CAPÍTULO 6

CONCRETO NEUMÁTICO

6. CONCRETO NEUMÁTICO

6.1 ALCANCE

Este capítulo comprende los requisitos que se deben cumplir para la elaboración y aplicación del concreto neumático que sea necesario para la obra, y establece las normas para medida y pago de la parte de la obra relacionada con aplicación de concreto neumático para la protección de superficies y taludes naturales, de las excavaciones en corte abierto, rellenos y gaviones.

6.2 GENERALIDADES

Para el propósito de la obra, el concreto neumático se define como mortero o concreto conducido a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie, agregando el agua en la boquilla (método seco). El concreto neumático consistirá en una mezcla de cemento, agregados grueso y fino, un aditivo acelerante cuando sea necesario y agua. Este concreto tendrá malla de refuerzo y lagrimales donde se muestre en los planos o cuando así lo indique la UPES.

El empleo del método húmedo, en el cual la mezcla del cemento, agregados, agua y aditivo se lleva a cabo con anterioridad a la conducción y aplicación de los mismos, mediante una máquina impulsora, será permitido al CONTRATISTA, siempre y cuando que con el empleo de este método, se logre producir un concreto neumático que cumpla con todos los requisitos de estas Especificaciones, y previa aprobación de la UPES.

La UPES podrá incluir las modificaciones que sean necesarias a estas Especificaciones, en caso de aprobarse el uso del método húmedo, y todos los efectos y costos que se desprendan por este cambio deberán ser cubiertos por EL CONTRATISTA.

6.3 ESPECIFICACIONES DE OBRA

6.3.1 Materiales

6.3.1.1 Cemento

El cemento para el concreto neumático deberá cumplir con los requisitos correspondientes establecidos en el Capítulo 4 "Concreto".

6.3.1.2 Agregados

Los agregados para el concreto neumático deberán cumplir los requisitos establecidos en el Capítulo 4 "Concreto".

En la Tabla 6.1 se especifican los límites de granulometría del conjunto de agregados gruesos y finos, que deberán tener un tamaño máximo nominal de 12,5 mm. Los agregados combinados deberán ser bien gradados y deberán 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 la Tabla 6.1, o que tenga un contenido de finos (material que pase por los tamices #s. 100 y 200) mayor que el especificado en la Tabla 6.1.

TABLA 6.1

Límites Granulométricos

TAMIZ	TAMAÑO (mm)	% QUE PASA EN PESO
¾"	19,000	100
½"	12,500	75 - 95
3/8"	9,500	65 - 80
# 4	4,750	48 - 64
# 8	2,360	34 - 54
# 16	1,180	20 - 36
# 50	0,300	7 - 18
# 100	0,150	3 - 12
# 200	0,075	0 - 5

La granulometría de los agregados para mezclas con tamaños nominales menores de 12,5 mm deberá ser establecida por EL CONTRATISTA y sometida oportunamente a aprobación de la UPES.

6.3.1.3 Aditivos

Se deberá utilizar un aditivo en polvo acelerante de fraguado, aprobado por la UPES, para obtener altas resistencias en corto tiempo, de acuerdo con lo especificado en la Tabla 6.2. Los tiempos máximos de fraguado inicial y final de la mezcla cemento-aditivo deberán ser los establecidos en la Tabla 6.2.

TABLA 6.2

Ítem	Especificación
Tiempo máximo para el fraguado inicial	3 minutos
Tiempo máximo para el fraguado final	40 minutos
Resistencia mínima a la compresión inconfinada 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 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 norma ASTM C-109, excepto que el acelerante deberá agregarse a un mortero preparado con una relación agua-cemento de 0,40 en el porcentaje que se espera utilizar en la mezcla de concreto neumático. 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 concreto. Las cantidades y tipos de aditivos que se empleen, deberán ser tales que la resistencia final del

concreto sea siempre igual o mayor que la resistencia mínima especificada en el numeral 6.3.2.

Los aditivos en polvo deberán ser suministrados en bolsas a prueba de humedad y deberán 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.

6.3.1.4 Agua

El agua para el concreto neumático deberá cumplir con los requisitos especificados en el Capítulo 4 "Concreto", para el agua a emplearse en la elaboración de concreto convencional.

6.3.1.5 Malla de refuerzo

La malla de refuerzo para concreto neumático deberá cumplir con todos los requisitos establecidos en el Capítulo 5 "Acero de Refuerzo".

6.3.2 Proporciones

Las proporciones de los materiales para el concreto neumático deberán ser determinadas por EL CONTRATISTA y sometidas a la aprobación de la UPES, pero dicha aprobación no relevará al CONTRATISTA en forma alguna de su responsabilidad de producir un concreto neumático de la calidad especificada, con resistencia mínima a la compresión inconfinada de 26,4 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 ± 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 0,4 dependiendo del tamaño, gradación y calidad de los agregados usados.

Las proporciones del aditivo acelerante serán las que apruebe la UPES. Estas proporciones se determinarán mediante la ejecución de los ensayos de paneles, indicados en el numeral 6.3.10 para diferentes porcentajes de aditivo. Estos mismos ensayos servirán para establecer el porcentaje máximo de aditivo a fin de obtener las resistencias inicial y final especificadas.

6.3.3 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 UPES. 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 4 "Concreto".

Los agregados y el cemento deberán mezclarse de tal forma que no presenten 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 grados Celsius (ºC).

El material ya mezclado deberá utilizarse dentro de un tiempo máximo de sesenta minutos, o de lo contrario se desechará sin pago alguno, excepto cuando dicho tiempo sea prorrogado a criterio de la UPES, si ella misma 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 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.

6.3.4 Equipo

De acuerdo con lo establecido en el numeral 6.2, se deberá emplear el método seco de aplicación de concreto neumático y, por consiguiente, todo el equipo deberá ser adecuado para la aplicación de concreto neumático por este procedimiento.

El equipo para aplicación de concreto neumático deberá consistir de una boquilla apta para la expulsión de agregados, cemento, aditivo y agua en una mezcla íntima; mangueras separadas para conducir la mezcla seca de agregados, cemento y aditivo y el agua 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 requerida, 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 28,5 mm (1-1/8 pulgada).

El sistema de agua podrá consistir de un recipiente portátil y de una bomba que sean capaces de suministrar el caudal de agua requerido, 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 permitirá el uso de sistemas de suministro de aire comprimido que suministre aire 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 concreto neumático, o para limpiar el trabajo terminado. Se deberá disponer, además, de una manguera adicional para remover mediante aire a presión el polvo y material de rebote durante la aplicación del concreto neumático.

Se deberán proveer plataformas de trabajo o andamios que permitan aplicar concreto neumático desde una distancia a partir de la boquilla, de aproximadamente un metro de la superficie que se va a recubrir.

Se deberán proveer manómetros para controlar que las presiones de aire y de agua, durante la aplicación del concreto neumático, 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 concreto neumático por no disponer de manómetros y demás equipos en perfectas condiciones de funcionamiento.

6.3.5 Preparación de las superficies

6.3.5.1 Limpieza

Todas las superficies, ya sean de roca descubierta o previamente revestidas con concreto neumático, que hayan de recibir concreto neumático 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 o cualquier otro método aprobado por la UPES 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 concreto neumático.

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

6.3.5.2 Calibradores para medir el espesor

Antes de aplicar el concreto neumático, EL CONTRATISTA deberá suministrar e instalar en las superficies que van a recibirlo, varillas de calibración aprobadas por la UPES, con el fin de medir el espesor de las capas de concreto neumático. Estas varillas deberán instalarse de tal manera que haya por lo menos una varilla de calibración por cada medio metro cuadrado de superficie preparada y aprobada para recibir el concreto neumático, distribuidas según el patrón indicado por la UPES. Este espaciamiento se podrá reducir si, a juicio de la UPES, se requieren más calibradores para asegurar espesores uniformes. Estas varillas de calibración deberán tener un diámetro mínimo de 4 mm. Su longitud será establecida por la UPES para las diferentes obras, dependiendo del espesor de concreto neumático que se requiera.

6.3.5.3 Perforaciones de control

Cuando EL CONTRATISTA complete la aplicación de concreto neumático en un sector determinado, deberá ejecutar perforaciones de control de 38 mm de diámetro mínimo a través del concreto neumático en los sitios que ordene la UPES, 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 cinco por cada 100 m² de superficie cubierta con concreto neumático.

Se medirá y pagará el concreto neumático cuando cuatro de las cinco perforaciones de control cumplan con el espesor especificado u ordenado, y la perforación restante indique por lo menos un 70% del espesor especificado y ordenado.

En el caso en que no se cumpla con lo anterior y el espesor de concreto neumático sea 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 UPES. En este caso EL CONTRATISTA deberá ejecutar otras cinco perforaciones de control como lo ordene la UPES; 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 concreto neumático cumplen con lo establecido en las Especificaciones, mostrado en los planos o indicado por la UPES.

Si en una zona donde se haya aplicado concreto neumático y haya sido aceptado para pago, se ejecutan perforaciones con el fin de otros trabajos, y si por la localización de esas nuevas perforaciones se establece que el espesor real de concreto neumático es menor que el indicado por las perforaciones de control que sirvieron de base para su aceptación, EL CONTRATISTA deberá completar en dichas zonas el espesor inicialmente requerido, y deberá realizar nuevas perforaciones de control a fin de lograr la aceptación final de estos trabajos, so pena de que los pagos ya efectuados pueden ser descontados.

6.3.6 Aplicación

6.3.6.1 Mano de obra

El concreto neumático 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 concreto neumático con agregado grueso, y 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 UPES, que tiene habilidad en la aplicación de concreto neumático sobre paneles de prueba verticales y horizontales antes de empezar el trabajo de aplicación de concreto neumático en la obra. La UPES 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 concreto neumático en la obra, hasta que

haya realizado las pruebas que permitan demostrar que dispone de personal con amplia experiencia en la realización de estas actividades.
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.

6.3.6.2 Manejo de agua

Los flujos e infiltraciones de agua que se encuentren en las superficies donde se va a aplicar concreto neumático, se deberán manejar en tal forma que sus efectos perjudiciales, tanto para la aplicación del concreto neumático como para la duración del mismo, se eliminen completa y permanentemente. Para esto, EL CONTRATISTA deberá colectar el agua por medio de elementos embebidos en el concreto como tubos, mangueras, ranuras, o por cualquier otro método apropiado que haya sido aprobado por la UPES. En algunos casos, si la superficie sobre la cual se va a aplicar concreto neumático está completamente saturada, se deberán realizar perforaciones cortas, separadas a poca distancia, con el objeto de colectar las aguas de infiltración antes de aplicar el concreto neumático. 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 ítemes de pago correspondientes al concreto neumático.

6.3.6.3 Remoción y disposición del rebote

EL CONTRATISTA deberá remover de las áreas de trabajo todo el material de rebote del concreto neumático, de tal manera que no haya acumulación del mismo. El material de rebote se deberá transportar a las zonas de botadero autorizados por la UPES. Bajo ninguna circunstancia se permitirá la reutilización del material de rebote, ni su disposición en un sitio diferente al indicado.

6.3.6.4 Curado

El concreto neumático que haya endurecido lo suficiente, se deberá curar siguiendo las Especificaciones establecidas en el Capítulo 4, referente al curado del concreto.

6.3.7 Concreto neumático en superficies de excavación a corte abierto

Siempre que lo requiera la UPES, EL CONTRATISTA deberá aplicar concreto neumático sobre las superficies de las excavaciones en corte abierto, con el espesor indicado por la UPES.

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 concreto neumático.

Tales elementos deberán consistir en tubos de hierro galvanizado de diámetro no menor de 0,50 m, los cuales deben quedar empotrados dentro del terreno en una longitud no menor de 0,20 m. La UPES establecerá si tales tubos deben instalarse con anterioridad a la aplicación del concreto neumático o si pueden colocarse después de aplicado el concreto neumático, para lo cual EL CONTRATISTA deberá perforar lagrimales a través del concreto neumático, e insertar el tubo de hierro galvanizado y sujetarlo firmemente al terreno y al concreto neumático mediante inyecciones, o mediante cualquier otro procedimiento aprobado por la UPES. Si se instalan los tubos de hierro galvanizado con anterioridad a la aplicación del concreto neumático, EL CONTRATISTA deberá proveer tales tubos con tapones temporales para asegurar que los tubos no se obstruyan durante las operaciones de aplicación de concreto neumático. Tales tapones se deberán remover después de terminadas las operaciones de aplicación del concreto neumático.

Los tubos de hierro galvanizado deberán sobresalir de la superficie de concreto neumático en una longitud no menor de 0,15 m. Los tubos de hierro galvanizado se deberán colocar de acuerdo con el patrón establecido por la UPES, y a espaciamientos tales que haya por lo menos un tubo por cada 4 m² de superficie que se vaya a cubrir con concreto neumático. Estos espaciamientos se deberán reducir, si a juicio de la UPES se requiere un mayor número de tubos para asegurar el drenaje adecuado de la superficie que se vaya a cubrir con concreto neumático.

En algunos casos se requerirá el uso de varillas de acero para obtener una unión adecuada entre el concreto neumático 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 19 mm y deberán cumplir con todos los requisitos especificados en el Capítulo 5 “Acero de Refuerzo”. Las varillas deberán empotrarse dentro del terreno en una longitud no menor de 0,50 m. Para tal fin, EL CONTRATISTA deberá perforar huecos de un diámetro no menor de 0,05 m, insertar las varillas y sujetarlas firmemente al terreno mediante mortero o inyecciones de acuerdo con las instrucciones de la UPES. Las varillas se deberán instalar de acuerdo con el patrón establecido por la UPES, pero en ningún caso los espaciamientos podrán ser

mayores de un metro. Donde, de acuerdo con las instrucciones de la UPES se deban emplear varillas y malla metálica, EL CONTRATISTA deberá instalar primero las varillas, colocar después la malla metálica, asegurar la malla metálica a las varillas mediante soldadura o amarrándola firmemente con alambre y posteriormente aplicar el concreto neumático.

EL CONTRATISTA deberá tomar todas las precauciones necesarias para no cubrir con concreto neumático o con material de rebote, cualquier parte de la obra que no se vaya a recubrir con concreto neumático.

6.3.8 Concreto neumático para protección de superficies de muros de contención en suelo reforzado y gaviones

Siempre que lo requiera la UPES, EL CONTRATISTA deberá aplicar concreto neumático sobre las superficies de los muros de contención en suelo reforzado con geomalla y en las superficies de los gaviones, con el espesor indicado por la UPES.

EL CONTRATISTA deberá suministrar e instalar todos los elementos que son necesarios para lograr un drenaje adecuado de los muros de contención en suelo reforzado con geomalla y de los gaviones.

Tales elementos deberán consistir en tubos de hierro galvanizado de diámetro no menor de 0,04 m, los cuales deben quedar empotrados dentro del relleno de los muros de contención en suelo reforzado, o del relleno de los gaviones, en una longitud no menor de 0,20 m. La instalación de los drenajes deberá cumplir con lo especificado en el numeral 6.3.7.

6.3.9 Concreto neumático dañado o defectuoso

Cuando así lo indique la UPES, el concreto neumático que no se adhiera a las superficies tratadas 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 concreto neumático nuevo de las mismas características y a entera satisfacción de la UPES.

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

El pago por demoliciones de concreto neumático dañado 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 en corte abierto adicional.

El concreto neumático nuevo se pagará de acuerdo con el ítem para aplicación de concreto neumático en la parte de la obra correspondiente.

Cuando el concreto neumático 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 concreto neumático endurecido, representativas del concreto neumático aplicado en cualquier parte de la obra, sea menor que 26,4 MPa, la UPES decidirá si dicho concreto neumático debe ser retirado y reemplazado por y a cuenta del CONTRATISTA, o aceptarlo, ordenando espesores adicionales a costa del CONTRATISTA, como se especifica en el numeral 6.3.10.4. No se permitirá por ninguna circunstancia efectuar reparaciones manuales en el concreto neumático.

6.3.10 Ensayos

6.3.10.1 Generalidades

Se deberán ejecutar ensayos con anterioridad a la aplicación de concreto neumático en cualquier parte de la obra y ensayos durante la construcción, en un todo de acuerdo con lo especificado en esta sección y con las indicaciones de la UPES.

Todos los ensayos previos a la aplicación del concreto neumático 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 concreto neumático 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 o las instalaciones, equipos y procedimientos de aplicación de concreto neumático, 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 UPES, y deberá realizar nuevos ensayos, previos a la aplicación del concreto neumático, de acuerdo con las instrucciones de la UPES, hasta que se demuestre, a satisfacción de la UPES, que EL

CONTRATISTA está en capacidad de elaborar y aplicar concreto neumático que cumpla con todos los requisitos establecidos en este Capítulo. No habrá medida ni pago por el concreto neumático 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 concreto neumático que EL CONTRATISTA aplique en la obra con anterioridad a la ejecución de los ensayos previos a la aplicación de concreto neumático que se especifican en el numeral 6.3.10.2, o con anterioridad a la aprobación por escrito de la UPES 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 concreto neumático cumplan con lo establecido en estas Especificaciones.

No habrá medida ni pago por el concreto neumático que EL CONTRATISTA aplique en la obra para la obtención de los ensayos de concreto. Estos ensayos consistirán en la obtención de paneles en el frente de trabajo para su posterior corte en cubos a ser ensayados a la compresión en el laboratorio. Se deberá obtener un panel por cada 5,0 m³ de concreto lanzado.

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.

6.3.10.2 Ensayos previos a la aplicación de concreto neumático

Por lo menos con 45 días de anterioridad a la iniciación de la aplicación de concreto neumático 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:

6.3.10.2.1 Agregados

EL CONTRATISTA deberá suministrar a la UPES por lo menos 5 muestras de los agregados que esté elaborando y que se proponga emplear en la elaboración de concreto neumático, para que la UPES verifique el cumplimiento de los requisitos granulométricos establecidos en el numeral 6.3.1, y los requisitos aplicables establecidos en el Capítulo 4 “Concreto”, para agregados para concreto.

En caso de que una o más de las muestras no cumplan con los requisitos establecidos en este Capítulo y en el Capítulo 4 "Concreto", EL CONTRATISTA deberá tomar 5 muestras adicionales, de acuerdo con las instrucciones de la UPES. 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.

6.3.10.2.2 Cemento y aditivos

EL CONTRATISTA deberá suministrar muestras del cemento y aditivos que se propone emplear para la obra, en las cantidades establecidas por la UPES, y ejecutar los ensayos necesarios para verificar que el cemento cumple con los requisitos establecidos en el Capítulo 4 "Concreto", 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 6.3.1.

6.3.10.2.3 Pruebas de las mezclas

EL CONTRATISTA deberá efectuar ensayos de mezclas por lo menos con 45 días de anterioridad a la aplicación del concreto neumático 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 concreto neumático hasta que EL CONTRATISTA demuestre a satisfacción de la UPES, que dispone de todos los equipos y accesorios necesarios para la correcta aplicación del concreto neumático, los cuales deberán estar y mantenerse en correcto estado de funcionamiento.

EL CONTRATISTA deberá aplicar concreto neumático para cada una de las mezclas, por lo menos sobre dos paneles de madera colocados en posición vertical y dos paneles de madera colocados en posición horizontal. La UPES establecerá la forma y dimensiones de los paneles de madera.

El concreto neumático aplicado sobre los paneles de madera se deberá someter a curado de acuerdo con las instrucciones de la UPES, a quien le serán entregados los paneles de madera. De estos paneles se deberán cortar probetas cúbicas de aproximadamente 75 mm de lado para ensayos a las edades de 8 horas, 3 días, 7 días y 28 días. EL CONTRATISTA deberá

suministrar un número suficiente de paneles para obtener un mínimo de 10 probetas cúbicas para cada mezcla y para cada una de las edades establecidas anteriormente.

La UPES llevará a cabo ensayos de resistencia a la compresión inconfinada sobre estas probetas cúbicas.

Las mezclas del concreto neumático se deberán diseñar para obtener en los cubos de prueba resistencias a la compresión de 4,1 MPa a las 8 horas, 15,5 MPa a las 72 horas y 31,0 MPa a los 28 días de edad. Este criterio se basa en la resistencia a la compresión de 3,5 MPa a las 8 horas, de 13,2 MPa a las 72 horas y de 26,4 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 concreto neumático 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 concreto de la última versión del American Concrete Institute, ACI-304R.

No se deberá aplicar en la obra ninguna mezcla de concreto 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 concreto neumático que se vaya a aplicar en la obra y no podrán variarse sin la aprobación previa de la UPES.

EL CONTRATISTA deberá efectuar pruebas semejantes a las descritas cuando se deseen cambiar las proporciones de los componentes del concreto neumático.

6.3.10.3 Pruebas durante la construcción

EL CONTRATISTA deberá extraer núcleos de concreto neumático colocado en la obra, por medio de perforaciones con broca de diamante, según la norma ASTM C-42 y como se especifica más adelante. EL CONTRATISTA deberá suministrar las brocas de diamante, 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 concreto neumático deberá ser como mínimo de dos por cada 50 m³ aplicados. Los núcleos se deberán obtener cuando lo indique la UPES, en el sitio y a la profundidad determinados por ésta.

La perforación para núcleos se deberá hacer perpendicularmente a la superficie del concreto y deberá cubrir el espesor total del concreto neumático colocado y penetrar, además, 75 mm dentro de la roca.

Los núcleos deberán tener diámetros finales de 50 mm cuando el espesor requerido de concreto neumático sea igual o menor que 75 mm y de 75 mm cuando el espesor requerido de concreto neumático sea mayor de 75 mm. 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 malla de refuerzo y en la mejor condición posible. Cada núcleo se deberá perforar con la anticipación suficiente, antes de los 28 días, determinada por la UPES, 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 UPES, un registro preciso de todas las perforaciones, incluyendo una descripción de las condiciones encontradas, características del concreto neumático perforado, y la localización de cualquier grieta, junta o rotura en los núcleos. Este registro deberá estar a disposición de la UPES 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 concreto neumático, según lo determine la UPES.

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.

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 UPES.

Con el objeto de establecer un adecuado control sobre las resistencias iniciales del concreto neumático, periódicamente se realizarán ensayos sobre cubos a las edades de 8 horas y de un día. Para la obtención de estos cubos se seguirá un procedimiento similar al especificado en el numeral 6.3.10.2.3, 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 concreto neumático. Una vez realizada la aplicación sobre los paneles, EL CONTRATISTA deberá trasladar los paneles a los patios de los portales y entregarlos a la UPES. No habrá pago por separado por la aplicación de concreto neumático sobre los paneles, los cuales se deberán realizar con la frecuencia que determine la UPES, pero siempre con una frecuencia mínima de uno por cada 50 m³ de concreto neumático colocado. No habrá compensación ni prórroga de

plazo por la interrupción o modificación que la aplicación de concreto neumático en los paneles pueda ocasionar en la ejecución de otras operaciones.

Periódicamente la UPES realizará los ensayos especificados en el numeral 6.3.1.3, 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 UPES.

6.3.10.4 Aumento de espesores por baja resistencia

Si la resistencia promedio de los núcleos sometidos al ensayo de compresión, tomados con la frecuencia especificada en el numeral 6.3.10.3, indica que el concreto neumático colocado no tiene la resistencia especificada de 26,4 MPa, la UPES podrá aceptar el volumen de concreto neumático de baja resistencia representado por dichos núcleos de prueba, pero EL CONTRATISTA deberá colocar, a su costa, espesores adicionales de concreto neumático, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 6.3, en cuyo caso y en el evento de que la UPES así lo decida, se deberá demoler a costa del CONTRATISTA el concreto aplicado con baja resistencia y procederá con su restitución. En ningún caso, el espesor adicional de concreto neumático será inferior a 50 mm. La capa deberá aplicarse dentro de los límites establecidos por la UPES; dichos límites definirán un área no menor que el área que se cubriría con un volumen teórico de concreto neumático de 50 m³, aplicado en una capa del espesor especificado para el área donde se tomaron los núcleos cuyas resistencias fueron bajas. Una vez colocado este concreto, se deberán realizar de nuevo las perforaciones de control que involucren el concreto aplicado como compensación a las bajas resistencias obtenidas, y se procederá nuevamente con la verificación de su resistencia, de acuerdo con los criterios ya anotados.

TABLA 6.3

Resistencia de los núcleos de prueba (MPa a 28 días)	Espesor adicional
21,2 a 26,3	20% del espesor aplicado
18,6 a 21,1	30% del espesor aplicado
15,8 a 18,5	40% del espesor aplicado
menos de 15,7	El concreto neumático deberá ser retirado y reemplazado por y a costa del CONTRATISTA

6.4 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 concreto neumático. Todo el personal durante la aplicación del concreto neumático deberá llevar una máscara apropiada, equipada con un dispositivo de filtro que retenga materiales tóxicos; asimismo, deberá proveerse a todo el personal que opere el equipo, de guantes y todo el vestuario necesario para protegerlos de la acción del álcalis y otros químicos contenidos en las mezclas del concreto neumático.

EL CONTRATISTA deberá proveer todos los elementos necesarios para una aplicación del concreto neumático 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 concreto neumático.

Por lo menos 30 días antes de la iniciación de los trabajos de colocación del concreto neumático en la obra, EL CONTRATISTA deberá presentar para aprobación de la UPES, 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.

6.5 MEDIDA Y PAGO

6.5.1 Generalidades

La parte de la obra por llevar a cabo a los precios unitarios de la Lista de Cantidades y Precios, consistirá en la aplicación de concreto neumático sobre superficies y taludes naturales, excavaciones en corte abierto y rellenos, en los sitios mostrados en los planos o indicados por la UPES.

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 concreto neumático, así como también la dosificación, mezcla, transporte y aplicación del concreto neumático, según lo especificado.

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

- Suministro e instalación de acero de refuerzo por instalar en superficies de excavaciones, según lo especificado en el Capítulo 5 "Acero de Refuerzo".

- Perforación de lagrimales y huecos de drenaje, según lo especificado en el Capítulo 3 "Protección de Superficies y Taludes".

- La remoción del concreto neumático dañado 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 UPES, según lo especificado en el numeral 6.3.9, se medirán y pagarán de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 1 "Excavación en Corte Abierto", para excavación adicional.

6.5.2 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 concreto neumático.

- Suministro e instalación de calibradores para medir espesores de concreto neumático y ejecución de perforaciones para verificar espesores.

- Control y manejo del agua de infiltración que se encuentre en las superficies sobre las cuales se vaya a aplicar concreto neumático.

- Remoción y disposición del material de rebote.

- Curado del concreto neumático.

- Suministro e instalación de tubos de drenaje en superficies de excavaciones en corte abierto.

- Retiro y reemplazo de concreto neumático dañado o defectuoso que haya sufrido deterioro por causas imputables al CONTRATISTA.

- Retiro y reemplazo de concreto neumático con resistencias inferiores a 26,4 MPa, cuando lo exija la UPES, o aplicación de espesores adicionales según lo especificado en el numeral 6.3.10.4.

- Retiro y, si es necesario, excavación del terreno y reemplazo del concreto neumático que quede por dentro de los límites de soporte mostrados en los planos o indicados por la UPES.

- Suministro de muestras, toma de núcleos, aplicación de concreto neumático en paneles de prueba y ejecución de todo lo necesario para los ensayos, de acuerdo con lo especificado en el numeral 6.3.10, incluyendo el relleno con mortero de las perforaciones para control y extracción de núcleos.

- Concreto neumático usado por EL CONTRATISTA para su propia conveniencia, incluido el concreto neumático que EL CONTRATISTA aplique con anterioridad al cumplimiento de todos los requisitos previos establecidos en este Capítulo.

- Todos los demás trabajos que deberá ejecutar EL CONTRATISTA para cumplir lo especificado en este Capítulo y que no son objeto de Itemes separados de pago.

6.5.3 Requisitos para la medida y pago de concreto neumático

La UPES autorizará la medida y pago de los ítemes enumerados en el numeral 6.5.6, cuando EL CONTRATISTA haya completado a satisfacción de la UPES y en todo de acuerdo con estas Especificaciones, los siguientes trabajos:

- Suministro de muestras y ejecución de todos los ensayos establecidos en el numeral 6.3.10.

- Realización de pruebas de aplicación de concreto neumático 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 concreto neumático con los espesores mínimos requeridos por la UPES.

- Utilización de dosificadores mecánicos de aditivo.

- Comprobación de espesores de concreto neumático mediante perforaciones de control.

- Cargue, acarreo y disposición en las zonas de depósito de materiales estériles del material de rebote del concreto neumático.

6.5.4 Medida

La medida para el pago del concreto neumático en protección de superficies y taludes naturales, excavaciones en corte abierto y rellenos, será el volumen teórico en metros cúbicos del concreto neumático colocado y aceptado por la UPES. El volumen teórico de concreto neumático colocado será calculado multiplicando el área sobre la cual se aplica, que corresponderá siempre a la línea de excavación, talud o relleno, por el espesor mostrado en los planos o autorizado por escrito por la UPES. Por lo tanto, no se reconocerá el pago por el material de rebote, ni por el concreto neumático adicional que se aplique a causa de las sobreexcavaciones o baja resistencia.

La medida para el pago por el aditivo acelerante en polvo será el peso teórico en kilogramos de aditivo usado para la elaboración del concreto neumático que se esté aplicando en la obra. Dicho peso teórico se calculará con base en el peso de cemento que se esté empleando en la mezcla y en la proporción de cemento - aditivo que sea aprobada por la UPES y de acuerdo con el volumen teórico de concreto neumático colocado.

6.5.5 Pago

La parte de la obra por llevar a cabo a los precios unitarios de los Itemes de la Lista de Cantidades y Precios, consistirá en la elaboración y aplicación de concreto neumático 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 6.5.2, 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 6.3.10.

6.5.6 Ítemes 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 Ítemes:

Ítem	Descripción	Unidad de Medida
6.1	Concreto neumático en superficies de excavación en corte abierto.	m^3
6.2	Aditivo acelerante de fraguado	kg

TABLA DE CONTENIDO

6. CONCRETO NEUMÁTICO 1
6.1 ALCANCE 1
6.2 GENERALIDADES 1
6.3 ESPECIFICACIONES DE OBRA 2
6.3.1 Materiales 2
6.3.2 Proporciones 4
6.3.3 Dispositivos para dosificación y mezcla 5
6.3.4 Equipo 5
6.3.5 Preparación de las superficies 7
6.3.6 Aplicación 8
6.3.7 Concreto neumático en superficies de excavación a corte abierto 10
6.3.8 Concreto neumático para protección de superficies de muros de contención en suelo reforzado y gaviones 11
6.3.9 Concreto neumático dañado o defectuoso 11
6.3.10 Ensayos 12
6.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL 18
6.5 MEDIDA Y PAGO 18
6.5.1 Generalidades 18
6.5.2 Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado 19
6.5.3 Requisitos para la medida y pago de concreto neumático 20
6.5.4 Medida 21
6.5.5 Pago 21
6.5.6 Ítemes de pago 22