



La movilidad
es de todos

Mintransporte



CAPÍTULO 6

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022



UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

6

Estructuras y drenajes

Excavaciones varias

Artículo 600 – 22

600.1 Descripción

600.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la excavación necesaria para las fundaciones de las estructuras a las cuales se refiere el presente artículo, de acuerdo con los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en los documentos del proyecto. Comprende, además, la construcción de sistemas de apuntalamientos y entibados, encofrados, ataguías y cajones y el sistema de drenaje que sea necesario para la ejecución de los trabajos de excavación; así como el retiro posterior de encofrados y ataguías. Incluye también, la remoción, el transporte, la disposición de todo material generado por las actividades de excavación y limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo.

No se incluyen en este artículo las excavaciones producidas para cualquiera de las estructuras consideradas en artículos específicos dentro de las presentes especificaciones, salvo que las mismas hagan referencia a este.

600.1.2 Clasificación

600.1.2.1 Excavaciones varias sin clasificar

Se refiere a los trabajos de excavaciones varias de cualquier material, sin importar su

naturaleza ni la presencia de la tabla de agua o nivel freático.

600.1.2.2 Excavaciones varias clasificadas

600.1.2.2.1 Excavaciones varias en roca en seco

Comprenden la excavación del mismo tipo de material descrito en el numeral 210.1.3.2.1. del artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

600.1.2.2.2 Excavaciones varias en roca bajo agua

Incluyen toda excavación cubierta por el numeral anterior, donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte su ejecución.

600.1.2.2.3 Excavaciones varias en material común en seco

Abarcan la excavación, en seco, de materiales no cubiertos por el numeral 600.1.2.2.1.

600.1.2.2.4 Excavaciones varias en material común bajo agua.

Corresponden a toda excavación de los materiales considerados en el numeral anterior, pero donde la presencia permanente de agua

sobre el nivel de la excavación dificulte su ejecución.

600.2 Materiales

Los materiales provenientes de las excavaciones varias que sean adecuados según lo dispuesto por las presentes especificaciones, y necesarios para la ejecución de rellenos deben ser almacenados por el constructor para aprovecharlos en su construcción, previa aprobación del interventor. Dichos materiales no se pueden desechar ni retirar de la zona de la obra para fines distintos a los definidos en los documentos del contrato, sin la aprobación previa del interventor. De igual manera, el constructor debe garantizar que el sitio de acopio de estos materiales no coincida con sitios de concentración de escorrentía, para evitar con esto pérdidas de material por lavado.

Los materiales de las excavaciones varias se consideran no utilizables para su uso en actividades propias del objeto contractual, si no cumplen con uno o más requisitos de los definidos en las presentes especificaciones. Estos materiales deben ser excavados, retirados y dispuestos en zonas destinadas para este fin, las cuales deben haber sido aprobadas por la autoridad ambiental competente, de acuerdo con lo establecido en los documentos del proyecto, y a los procedimientos aceptados por el interventor.

Las excavaciones deben ser restauradas con materiales que cumplan con los parámetros establecidos en el artículo 610, Rellenos para estructuras.

600.3 Equipo

El constructor debe proponer, para consideración del interventor, los equipos más apropiados para las operaciones a realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar y su profundidad, los cuales no deben producir daños innecesarios en vecindades o en la zona de los trabajos, y deben asegurar el avance físico según el programa de trabajo, permitiendo el correcto desarrollo de las etapas constructivas posteriores.

600.4 Ejecución de los trabajos

600.4.1 Generalidades

El constructor debe notificar al interventor, con suficiente antelación al comienzo de cualquier excavación, para que se efectúen todas las medidas y levantamientos topográficos necesarios y se fije la localización de la estructura en el terreno original, según el tipo de estructura de que se trate.

Antes de comenzar los trabajos de excavación, se deben haber completado las actividades previas de desmonte y limpieza, de conformidad con lo que resulte aplicable de lo especificado en el artículo 200, Desmonte y limpieza, de las presentes especificaciones.

Si dentro de los límites de la excavación se encuentran estructuras, cimientos antiguos u otros obstáculos no previstos en los documentos del proyecto, y que imposibiliten la construcción de la estructura objeto de la actividad, deben ser retirados por el constructor.

Para definir si existe o no afectación a la estructura a ser construida, la interventoría debe sustentar su decisión en un concepto técnico emitido por el diseñador de la misma.

En los casos en que la interventoría lo autorice, esta debe clasificar y medir estos materiales según lo establecido para tal fin en el numeral 201.6 del artículo 201, Demolición y remoción, para proceder con su pago.

Si la interventoría no autoriza su pago, o si se decide que las obstrucciones no generan afectación a la estructura a ser construida, sino solo a la implementación de los procedimientos constructivos desarrollados por el constructor, los costos de la actividad deben ser asumidos integralmente por el constructor.

Siempre que los trabajos lo requieran, y previa autorización emitida por la autoridad ambiental competente, las excavaciones varias deben comprender labores previas, tales como el desvío de corrientes de agua o la construcción de cauces provisionales, u otras que contemplen los documentos del proyecto.

Los bordes exteriores de las excavaciones deben ser delimitados perfectamente mediante estacas, jalones e hilos de demarcación de sus contornos. En las proximidades de toda excavación destinada a la cimentación de estructuras o a la instalación de alcantarillas, se debe colocar al menos una (1) estaca de referencia altimétrica. Es responsabilidad del constructor la conservación de la estaca de referencia altimétrica hasta la recepción de los trabajos; el interventor puede ordenar la paralización de las excavaciones que no cuenten con estas referencias.

Las excavaciones se deben adelantar de acuerdo con los documentos del proyecto. Las cotas de fundación de zapatas indicadas en ellos se consideran aproximadas y, por lo tanto, el interventor, previa justificación soportada en concepto técnico emitido por el diseñador de la estructura, puede ordenar que sean efectuados todos los cambios necesarios en las dimensiones de la excavación, para obtener una cimentación estable, así como también para garantizar la seguridad de las personas y equipos involucrados en la actividad.

El constructor debe tomar todas las precauciones para minimizar la alteración del suelo contiguo a la excavación.

El interventor puede ordenar, en el evento en que el suelo encontrado a la profundidad de cimentación definida en los documentos del proyecto sea inapropiado, una excavación a mayor profundidad (a efectos de obtener un material de fundación apropiado), o alternativamente, una excavación a mayor profundidad y restitución hasta la cota de cimentación con un material que cumpla con los requisitos establecidos en los numerales 220.2.2.1 o 220.2.2.2 del artículo 220, Terraplenes.

En el primer caso, el diseñador debe revisar los diseños de la estructura y efectuar las modificaciones que correspondan. En el segundo caso, el material de relleno es tratado conforme con lo establecido en el artículo 610 de las presentes especificaciones.

En ambos casos, el interventor debe definir las cotas hasta las cuales se incrementa la profundidad de la excavación.

Para las excavaciones en roca mediante procedimientos detonantes, se debe cumplir lo establecido en el numeral 210.4.1.5 del artículo 210, de las presentes especificaciones.

Para las excavaciones en roca mediante procedimientos no detonantes, se debe contar con la aprobación previa del interventor, para lo cual se requiere, mínimo, la siguiente información:

- Descripción del procedimiento de la actividad.
- Criterios de diseño para la selección de equipos, insumos, distribución de puntos de intervención y profundidad de intervención.
- Fecha de inicio y duración de las actividades propuestas.
- Fichas técnicas y certificados de calidad de los productos utilizados para el procedimiento. En caso de que no existan certificaciones de calidad emitidas por un organismo nacional, se deben aceptar, a discreción del interventor, las provenientes de organismos extranjeros.
- Medidas de seguridad para la obra y terceros.

Toda excavación que presente peligro de derrumbes que afecten el ritmo de los trabajos, la seguridad del personal o la estabilidad de las obras o propiedades adyacentes, debe ser protegida mediante técnicas aprobadas previamente por el interventor, siendo responsabilidad del constructor la elaboración y presentación de los soportes técnicos necesarios. Los sistemas de protección se deben retirar, en el caso de ser necesario, antes de rellenar las excavaciones.

Si los sistemas de drenaje por gravedad no resultan suficientes para mantener drenadas las excavaciones, se deben instalar y mantener en operación motobombas, mangueras, conductos deslizantes y todos los dispositivos necesarios que permitan mantener el agua a un nivel inferior al del fondo de las obras permanentes mientras duren las actividades de excavación. Durante el bombeo, se debe tener la precaución de no producir socavaciones en partes de las obras o alterar las propiedades de los suelos.

Cualquier daño o perjuicio causado por el desarrollo de los trabajos, en la obra o en propiedades adyacentes, es responsabilidad del constructor quien debe reponer, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), los daños y perjuicios causados, y constar para ello en los documentos soporte del contrato, la aprobación por parte del interventor.

600.4.2 Excavaciones para cimentaciones de estructuras de concreto

600.4.2.1 Excavación

Las excavaciones para cimentaciones a que se refiere el presente numeral se deben realizar conforme con las líneas de pago indicadas en los documentos del proyecto y a los procedimientos aceptados por el interventor. Estas deben permitir la construcción de las cimentaciones a todo su ancho y longitud, dejando un fondo con una superficie plana y horizontal.

Cuando la cimentación se deba asentar sobre una superficie excavada que no sea roca, el

constructor debe tomar las medidas necesarias para minimizar la alteración del fondo de la excavación, con la precaución adicional de no remover el material del fondo de la excavación, en mínimo veinte centímetros (20 cm) (o lo que autorice el interventor), hasta la cota de cimentación prevista, sino en el instante previo a la colocación del cimientado.

En las excavaciones de las fundaciones de estructuras en cajón y pilas, el constructor puede adoptar el sistema constructivo que estime conveniente, siempre y cuando cuente con la aprobación del interventor. Adicionalmente, este puede facilitar el procedimiento constructivo con el empleo de islas, plataformas, sistemas neumáticos, aire comprimido, lanzas de agua, equipos de alto rendimiento de origen minero, u otro sistema autorizado. El empleo de cualquiera de estos sistemas constructivos derivados de las dificultades de la ejecución de obra no implica ningún pago adicional al pactado para el precio unitario establecido en esta especificación.

Cuando se encuentre un fondo rocoso, la excavación se debe ejecutar de tal forma que la roca sólida quede expuesta y preparada en lechos horizontales o dentados para recibir el concreto, debiendo ser removidos todos los fragmentos de roca suelta o desintegrada, así como los estratos muy delgados. Las grietas y cavidades que queden expuestas deben ser limpiadas y rellenadas con concreto o mortero de retracción controlada, según los procedimientos aceptados por el interventor.

Para el caso de zapatas de estribos, pilas de puentes o viaductos, o cualquier estructura soportada sobre pilotes hincados, antes de iniciar la operación de instalación de los

pilotes, se debe haber completado la excavación del fondo del elemento que es apoyado en ellos. Una vez sea finalizada la operación de hincado de pilotes, el constructor debe retirar todo el material suelto o desplazado, con el fin de que quede un lecho plano y sólido para recibir el concreto.

600.4.2.2 Ataguías y encofrados

Las ataguías y encofrados que se conformen para la protección de las excavaciones donde se van a construir los cimientos, se deben llevar a profundidades por debajo del nivel de la base de los cimientos, y a alturas apropiadas para que sean seguras y tan impermeables como sea posible, para realizar adecuadamente el trabajo por ejecutar dentro de ellas. Las dimensiones internas de las ataguías y encofrados deben dejar espacio suficiente para la construcción de formaletas y la inspección de sus partes externas, así como para permitir el bombeo por fuera de aquellos.

Además, las ataguías y encofrados deben ser contruidos en tal forma que protejan el concreto fresco contra cualquier daño que pueda ocasionarle una creciente repentina, y para prevenir cualquier daño debido a la erosión. En las ataguías y encofrados no se deben dejar maderos o abrazaderas que puedan penetrar en el concreto del cimientado, salvo que el interventor lo autorice por escrito.

No se debe permitir ningún apuntalamiento de ataguías y encofrados que pueda producir esfuerzo, golpe o vibración en la estructura permanente.

Las ataguías y encofrados inclinados o desplazados lateralmente durante el proceso de

hincado deben enderezarse, relocalizarse o suplementarse por el constructor, para obtener el espacio necesario y el lugar apropiado para la cimentación de la estructura.

Al terminar el trabajo de que se trate, el constructor debe desmontar y retirar la obra falsa, de tal manera que no ocasione ningún daño al cimiento terminado.

600.4.2.3 Sello de concreto

Cuando ocurran circunstancias que no permitan vaciar el cimiento en seco, y exista aprobación por parte del interventor, se puede exigir la construcción de un sello de concreto de las dimensiones que sean necesarias. El concreto debe cumplir con lo especificado en el artículo 630, Concreto estructural, y con el cien por ciento (100 %) de su resistencia a la compresión simple, a la edad de diseño, especificadas en los documentos del proyecto.

Después de colocado el sello, se debe extraer el agua por bombeo, continuándose la ejecución del trabajo en seco.

Cuando se utilicen encofrados de peso considerable con el fin de compensar parcialmente la presión hidrostática que actúa contra la base del sello de concreto, deben proveerse anclajes especiales, tales como espigos o llaves, para transferir el peso total del encofrado a dicho sello.

Cuando el agua esté sujeta a mareas o corrientes, las paredes del encofrado se deben perforar a la altura de la marea más baja, para controlar y obtener igual presión hidrostática dentro y fuera del elemento, durante el vaciado y el fraguado de los sellos.

600.4.2.4 Conservación de los cauces

A menos que una especificación particular indique algo diferente, no se debe permitir ninguna excavación por fuera de los cajones, ataguías, encofrados o tablestacados, ni alterar el lecho natural de las corrientes adyacentes a la estructura, sin la aprobación por parte de la autoridad ambiental competente y el consentimiento del interventor.

Si se efectúa cualquier excavación o dragado en el sitio de la estructura antes de colocar los caissons, encofrados, ataguías o tablestacados, el constructor debe rellenar la zona excavada o dragada, sin costo adicional para INVÍAS, una vez colocada la cimentación, hasta la altura inicial del terreno o lecho del río medida al inicio de la excavación, con material aprobado por el interventor.

En cursos de agua navegables, el constructor debe mantener, en todo momento, la profundidad del agua y los gálbos requeridos para el paso del tránsito lacustre o fluvial. También, deben permanecer luces y señales adecuadas durante todo el período de construcción.

Los materiales provenientes de las excavaciones de cimientos o rellenos de ataguías que se depositen provisionalmente en la zona de la corriente de agua, deben ser retirados por el constructor, dejando el lecho de la corriente en las mismas condiciones en que se encontraba originalmente.

600.4.3 Excavaciones para alcantarillas

Las excavaciones para alcantarillas se deben efectuar de conformidad con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados

en los documentos del proyecto, y previa autorización del interventor, debiendo ceñirse a lo establecido en el numeral 600.5.2.

Cuando se vaya a colocar una alcantarilla por debajo de la línea del terreno original, se debe excavar una zanja a la profundidad requerida, de acuerdo con los requerimientos de los artículos 660, Tubería de concreto simple; 661, Tubería de concreto reforzado; 662, Tubería metálica corrugada o 663, Tubería de plástico, según corresponda, debiendo quedar confor-

mado el fondo de la misma de manera que asegure un lecho firme en toda la longitud de la alcantarilla.

El ancho de la zanja debe ser el mínimo necesario que permita trabajar a ambos lados de la alcantarilla y compactar adecuadamente el relleno alrededor de ella. Dicho valor está dado en función del material de fabricación de la tubería según lo establecido en la Tabla 600 – 1, y no debe ser menor de cero coma setenta metros (0,70 m).

Tabla 600 – 1. Anchos de zanja para tuberías en función del material de fabricación

Material de la tubería	Ancho de zanja (m)
Acero	1,50*DE + 0,20 (Nota)
CCP y concreto	DE + 0,50
Glass Fiber Reinforced Plastic Pipe (GRP)	1,25*DE + 0,30
Hierro dúctil (HD)	DE + 0,60
Policloruro de vinilo (PVC)	DE + 0,40

Nota: DE corresponde al diámetro exterior de la tubería.

En el caso de que no se haya definido en el estudio geotécnico, la excavación se puede realizar con paredes verticales sin ayuda de apuntalamientos, hasta una profundidad máxima, dada por el menor valor obtenido de las siguientes condiciones:

- El valor de la altura crítica (H_c), como se encuentra definido en el “Manual de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras” de INVÍAS (versión 2012).
- Un valor de uno coma cinco metros (1,5 m).

El proceso de cálculo y valor obtenido debe ser aprobado por el interventor.

En caso de que la profundidad de excavación sea mayor de uno coma cinco metros (1,5 m), se deben requerir sistemas de protección ante

el cierre accidental. El constructor debe presentar una alternativa técnica ante esta situación, así como los respectivos diseños y memorias de cálculo.

Cuando se encuentre roca, ya sea en estratos o en forma suelta, o cualquier otro material que por su dureza no permita conformar un lecho apropiado para colocar la tubería, dicho material debe ser removido hasta más abajo de la cota de cimentación y debe ser reemplazado por un material de subbase granular compactado, en un espesor mínimo de quince centímetros (15 cm). Esta capa se debe compactar, mínimo al noventa por ciento (90 %) de la densidad máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142), teniendo en cuenta la corrección por presencia de partículas gruesas

(norma de ensayo INV E-143), siempre que ella resulte necesaria.

Cuando se presenten materiales suaves, esponjosos o inestables que no permitan una base firme para la cimentación de la alcantari-lla, dichos materiales deben ser removidos en una profundidad igual al ancho de la excava-ción o la que autorice el interventor, debiendo rellenarse posteriormente con un material adecuado, según el numeral 220.2.1 del artículo 220 o de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto, el cual debe ser compactado, como mínimo, al noventa por ciento (90 %) de la densidad seca máxima obtenida a partir del procedimiento descrito en la norma INV E-142, teniendo en cuenta la corrección por presencia de partículas gruesas que se explica en la norma INV E-143, en caso se requiera.

600.4.4 Excavaciones para filtros

Las excavaciones para la construcción de filtros se deben efectuar hasta la profundidad que se requiera y de conformidad con las dimensiones, pendientes y detalles que indi-quen los documentos del proyecto aprobados por el interventor. Las paredes de las excava-ciones deben ser verticales y su fondo debe ser conformado, a efecto de que quede una superficie firme y uniforme en toda su longitud.

600.4.5 Excavaciones para gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, descoles y zanjas

Las excavaciones para la fundación de gavi-ones y muros de contención de suelo reforzado

con geotextil, así como las necesarias para la construcción de descoles, zanjas y obras similares, se deben realizar de conformidad con las dimensiones y detalles señalados en los documentos del proyecto y a los procedi-mientos aceptados por el interventor.

600.4.6 Bombeo

En cualquier excavación que lo requiera, el bombeo se debe hacer de manera que excluya la posibilidad de arrastrar cualquier porción de los materiales colocados. No se debe permitir bombear agua durante la colocación del concreto o durante las veinticuatro horas (24 h) siguientes, salvo que el bombeo se pueda efectuar desde un sumidero apropiado, separado de la obra de concreto por un muro impermeable, el uso de pozos excavados alrededor del sitio de la obra para control del nivel freático u otros medios efectivos.

No se debe iniciar el bombeo para drenar una ataguía o un encofrado sellado, hasta tanto el sello haya fraguado suficientemente para resistir la presión hidrostática y, en ningún caso, antes de siete días (7 d) o el lapso adicional que autorice el interventor.

600.4.7 Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el constructor debe limpiar y conformar las zonas laterales de la misma y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y a los procedimientos acepta-dos por el interventor.

600.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la tempe-

ratura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

600.4.9 Manejo ambiental y otras consideraciones

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de excavaciones varias se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y la protección de la comunidad.

Por ello, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas

actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Los desvíos provisionales de los cursos de agua, aprobados por la autoridad ambiental competente, no pueden dar lugar a modificaciones permanentes en los lechos de quebradas y ríos. Así mismo, debe evitarse el represamiento y el empozamiento de agua por las condiciones insalubres que esto pueda generar.

Todos los materiales removidos de las excavaciones y que no tengan uso previsto en la obra, deben ser cuidadosamente recuperados para evitar que puedan ser arrastrados a cursos de agua, y deben transportarse y depositarse en lugares apropiados, de la manera prevista en los documentos del proyecto y a los procedimientos aceptados por el interventor.

En cuanto a hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico, se debe seguir lo dispuesto en el numeral 210.4.6 del artículo 210.

600.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

600.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado del equipo de construcción.

- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Vigilar el cumplimiento del programa de trabajo.
- Confirmar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Verificar el alineamiento, el perfil y las secciones de las áreas excavadas.
- Comprobar la lisura del fondo de la excavación mediante lo establecido en el numeral 600.5.2, y considerando que la diferencia de pendiente existente entre dos (2) puntos de control consecutivos con relación a la contemplada en los documentos del proyecto no exceda de cero coma cinco por ciento (0,5%).
- Comprobar la firmeza del fondo de las excavaciones, según los valores de compactación definidos en los documentos del proyecto a ejecutar o en el presente artículo.
- Medir los volúmenes de trabajo realizado conforme a la presente especificación.

El interventor debe constatar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos para la ejecución de los trabajos.

600.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El trabajo se debe dar por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección de la excavación estén de acuerdo con los documentos del proyecto y la aprobación del interventor y este

considere, además, que la conservación de cauces es satisfactoria.

En ningún punto, la excavación realizada puede variar respecto de la autorizada por el interventor en más de tres centímetros (3 cm) en cota, ni en más de cinco centímetros (5 cm) en la localización en planta.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

600.6 Medida

La unidad de medida de las excavaciones varias debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los documentos del proyecto y en la presente especificación o autorizadas por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No debe haber ninguna medida por los sobreamochos que se requieran para colocar encofrados, ni por el material que se haya excavado antes de haber realizado los levantamientos topográficos mencionados en el numeral 600.4.1.

Todas las excavaciones deben ser medidas por volumen ejecutado, verificado antes y después de llevarse a cabo el trabajo de excavación. El constructor debe permitir que el interventor realice las mediciones y verificacio-

nes que considere pertinentes antes de cerrar la excavación. Si el constructor cierra la excavación antes de que el interventor realice las mediciones y verificaciones, se entiende que se aviene a lo que unilateralmente este determine.

En excavaciones para estructuras, alcantarillas y filtros, toda medida se debe hacer con base en caras verticales a partir de los bordes autorizados de la excavación. Las excavaciones efectuadas por fuera de estos límites y los volúmenes adicionales causados por facilidad constructiva, desprendimientos, derrumbes, hundimientos, sedimentaciones o rellenos debidos a causas naturales, descuido o negligencia del constructor, no se deben medir y su corrección debe correr por cuenta exclusiva de este, hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

En caso de ocurrir derrumbes que el interventor no atribuya a descuido o negligencia del constructor, se deben medir, para efectos de pago, conforme con lo establecido en el artículo 211, Remoción de derrumbes.

La medida de la excavación para la fundación de gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, así como para la ejecución de descoles, zanjas y similares, se debe hacer con base en secciones transversales, tomadas antes y después de realizar el trabajo respectivo. No se debe incluir en la medida las excavaciones ejecutadas por fuera de las líneas definidas en el proyecto o autorizadas por el interventor.

600.7 Forma de pago

El trabajo de excavaciones varias se debe pagar al precio unitario del contrato, por toda

obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por este.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de la excavación, eventual perforación, fragmentación mediante el método aprobado por el interventor, remoción, cargue, transporte y descargue de todos los materiales excavados en las zonas de utilización o desecho, así como su correcta disposición en estas últimas. El volumen que el constructor puede presentar como soporte para el pago de la actividad, es únicamente el contemplado en el numeral 600.6, no existiendo opción de realizar su cuantificación mediante el valor medido en volquetas o cualquier otro vehículo utilizado para el transporte de los materiales, ni en cualquier otra condición que involucre alteración en relación con el estado en el cual el material se encuentra antes de la ejecución de la excavación. También, debe cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua aprobados por autoridad ambiental competente, construcción de cauces provisionales, trabajos de conservación de cauces; ataguías, encofrados, caissons, tablestacados, andamios, entibados y desagües; y los equipos, bombeos, transportes, mano de obra, materiales y equipos para fragmentación detonante y/o no detonante según sea el caso, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Se debe incluir, dentro del precio unitario, los posibles costos inherentes a los derechos de disposición y/o conformación de materiales

sobrantes, los cuales incluyen todos los costos inherentes a las posibles obras requeridas en los sitios de disposición.

El constructor debe considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio de utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario debe cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el interventor. De los volúmenes de excavación se descuentan, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras, mampostería, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, concretos, filtros, subbases, bases y capas de rodadura.

En el caso de que los trabajos afecten una vía en la cual exista tránsito automotor, el precio unitario debe incluir, además, los costos de señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario debe incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Los trabajos de desmonte y limpieza previos a la ejecución de las excavaciones se deben medir y pagar de acuerdo con el artículo 200.

Por su parte, el sello de concreto para la protección del fondo de la excavación, cuando se requiera, se debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 630.

600.8 Ítem de pago

Opción 1: excavación sin clasificar

Ítem	Descripción	Unidad
600.1.1	Excavaciones varias sin clasificar	Metro cúbico (m³)

Opción 2: excavación clasificada

Ítem	Descripción	Unidad
600.2.1	Excavaciones varias en roca en seco	Metro cúbico (m³)
600.2.2	Excavaciones varias en roca bajo agua	Metro cúbico (m³)
600.2.3	Excavaciones varias en material común en seco	Metro cúbico (m³)
600.2.4	Excavaciones varias en material común bajo agua	Metro cúbico (m³)

Rellenos para estructuras

Artículo 610 – 22

610.1 Descripción

Este trabajo consiste en la colocación en capas, humedecimiento o secamiento, conformación y compactación de los materiales adecuados provenientes de la misma excavación, de los cortes, o de otras fuentes, para rellenos a lo largo de estructuras de concreto y alcantarillas, previa la ejecución de las obras de drenaje y subdrenaje contempladas en el proyecto o autorizadas por el interventor.

Incluye, además, la construcción de elementos filtrantes por detrás de los estribos, muros de contención y obras de arte, en los sitios y con las dimensiones señalados en los documentos del proyecto, en aquellos casos en los cuales dichas operaciones no formen parte de otra actividad de las presentes especificaciones o de una especificación particular.

610.2 Materiales

Los materiales que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras deben provenir de las excavaciones del proyecto, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; deben estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; no deben tener características expansivas ni colapsables. Su empleo debe ser autorizado por el interventor.

Los documentos del proyecto deben indicar los tipos de material por utilizar en las diferentes partes de los rellenos para estructuras. En los siguientes numerales se presentan las características de los materiales típicos que se deben usar en estos rellenos; los diferentes artículos, así como las especificaciones particulares, pueden establecer requisitos adicionales o diferentes a los aquí mencionados para cada uno de los tipos de material de relleno.

610.2.1 Suelos

Deben cumplir con lo establecido en el numeral 220.2.2.1 del artículo 220, Terraplenes, con las precisiones establecidas en la Nota de la Tabla 610 – 1. Igualmente, la muestra que se tome para la prueba de índice de colapso se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 610.5.2.2.1 y con la humedad correspondiente a esa densidad en el lado seco de la curva de compactación.

610.2.2 Recebo

El material de recebo debe cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 – 1; además, ajustarse a alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 610 – 2.

Tabla 610 – 1. Requisitos para material de recebo

Característica	Norma de ensayo	Requisito	
		Recebo tipo 1	Recebo tipo 2
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500)revoluciones (%)	INV E-218	50	65
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	INV E-125	45	45
Índice de plasticidad, máximo (%)	INV E-125 e INV E-126	10	12
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	INV E-121 / UNE 103204	1,0	1,0
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota)	INV E-148	2,0	2,0
Resistencia del material (F)			
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota)	INV E-148	10	10
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota)	INV E-148	2,0	2,0

Nota: los valores de CBR y expansión indicados en estos requisitos están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 610.5.2.2.1); el CBR y la expansión se deben medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.

Tabla 610 – 2. Franjas granulométricas para material de recebo

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S Standard)				
	75	38	25,0	4,75	0,075
	3 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	Nro. 4	Nro. 200
Pasa tamiz (%)					
RE-75	100	-	70 – 100	30 – 75	5 – 30
RE-38	-	100	70 – 100	30 – 75	5 – 30
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	7 %			6 %	3 %

610.2.3 Materiales granulares tipo SBG o BG

Estos materiales granulares se denominan tipo SBG, por su similitud con el material de

subbase granular para tránsito NT1 (artículo 320) y tipo BG, por su similitud con el material de base granular para tránsito NT1 (artículo 330). Deben cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 – 3; igualmente,

deben satisfacer alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 610 – 4.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material

que sea producido por el constructor debe dar lugar a una curva que cumpla con las siguientes condiciones:

- Para el caso de materiales cuyo porcentaje que pasa a través del tamiz de 0,075 mm

Tabla 610 – 3. Requisitos para materiales granulares tipo SBG o BG

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Tipo SBG	Tipo BG
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones	E-218	50	40
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las Partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 610 – 4. Franjas granulométricas para materiales granulares tipo SBG o BG

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)									
	50,0	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	½ Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)										
SGB-50	100	70 – 95	60 – 90	-	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	6 – 25	2 – 15
SGB-38	-	100	75 – 95	-	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
SGB-20	-	-	-	100	60 – 87	50 – 80	35 – 65	24 – 49	8 – 30	2 – 15
BG-38	-	100	70 – 100	-	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
BG-25	-	-	100	-	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %					6 %			3 %

(nro. 200) en masa sea menor de doce por ciento (12 %), se deben utilizar materiales clasificados según la norma INV E-181 como “bien gradados” (Tablas 181 – 3 y 181 – 4).

- En cualquier caso, que la curva resultante sea sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una “Fórmula de

Trabajo” la cual se debe ajustar durante la construcción del relleno, con las tolerancias que se indican en la Tabla 610 – 4, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40) no debe exceder de dos tercios (2/3) y el tamaño máximo nominal no debe exceder de un tercio (1/3) del espesor de la capa compactada.

Tabla 610 – 5. Requisitos de los agregados para material granular filtrante

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)		
- Quinientas (500) revoluciones (%)	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota)		
- Sulfato de sodio	E-220	12
- Sulfato de magnesio		18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	No plástico
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 610 – 6. Franjas granulométricas para material granular filtrante

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)											
	150	100	75	50	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,600	0,150	0,075
	6 Pulgadas	4 Pulgadas	3 Pulgadas	2 Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 30	Nro. 100	Nro. 200
Pasa tamiz (%)												
MF-150	100	90 – 100	80 – 100	70 – 95	60 – 80	40 – 70	-	10 – 20	0	-	-	-
MF-75	-	-	100	-	91 – 97	-	79 – 90	66 – 80	-	0 – 40	0 – 8	0 – 2
MF-50				100	70 – 90	55 – 80	-	35 – 65	25 – 50	15 – 30	0 – 3	0 – 2

610.2.4 Material granular filtrante

El material granular filtrante debe satisfacer los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 – 5; así mismo, debe cumplir con alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 610–6.

610.2.5 Gravilla

La gravilla de rellenos para estructuras debe satisfacer los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 610 – 7; además, debe cumplir con la granulometría que se indica en la Tabla 610–8.

610.2.6 Arena

La arena de rellenos para estructuras debe satisfacer los requisitos de calidad y gradación que se especifican en la Tabla 610 – 9 y la Tabla 610–10, respectivamente.

610.3 Equipo

Previo a la ejecución de actividades, el constructor debe presentar al interventor las especificaciones de los equipos, así como la cantidad destinada de estos para las diferentes etapas del proceso constructivo del relleno, las cuales son evaluadas y juzgadas como apropiadas si se considera que pueden

Tabla 610 – 7. Requisitos para gravilla de rellenos para estructuras

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)		
- Quinientas (500) revoluciones (%)	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota)		
- Sulfato de sodio	E-220	12
- Sulfato de magnesio		18
Limpieza (F)		
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	0,25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1,0
Geometría de las partículas (F)		
Índice de alargamiento, máximo (%)	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 610 – 8. Franja granulométrica para gravilla de rellenos para estructuras

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S.Standard)						
	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	½ Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10
Pasa tamiz (%)							
Única	100	70 – 100	54 – 100	20 – 80	0 – 60	0 – 25	0

Tabla 610 – 9. Requisitos para arena de rellenos para estructuras

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota)	E-220	10
- Sulfato de sodio		15
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo (%)	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0,5
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), máximo (%)	E-214	5
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual a muestra patrón

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 610 – 10. Granulometría para arena de rellenos para estructuras

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)						
	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150
	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100
Porcentaje de que pasa (%)							
Única	100	95 – 100	80 – 100	50 – 85	25 – 60	10 – 30	2 – 5

garantizar el cumplimiento de los parámetros necesarios para el recibo de la actividad (numeral 610.5.2), dentro de los plazos establecidos en el cronograma de obra aprobado.

610.4 Ejecución de los trabajos

610.4.1 Generalidades

El constructor debe notificar al interventor, con suficiente antelación al comienzo de la ejecución de los rellenos, para que este realice los trabajos topográficos necesarios y verifique la calidad del suelo de cimentación, las características de los materiales por emplear y los lugares donde ellos son colocados, sin que

ello exima, de manera alguna, la responsabilidad que tiene el constructor para garantizar la calidad de los trabajos.

Por ello, antes de iniciar los trabajos, las obras de concreto o alcantarillas contra las cuales se colocan los rellenos, deben contar con la aprobación del interventor.

Cuando el relleno se vaya a colocar contra una estructura de concreto, solamente se debe permitir su colocación a partir del momento en que se demuestre, mediante ensayo de resistencia a la compresión descrito en la norma INV E-410, que el concreto ha alcanzado al menos el ochenta y cinco por ciento (85

%) de la resistencia de diseño. En cualquier caso, el concreto debe lograr el cien por ciento (100 %) de la resistencia a la compresión simple, a la edad de diseño, según los documentos del proyecto, medida según lo establece la misma norma citada.

Los rellenos estructurales para alcantarillas pueden ser iniciados una vez que, desde el momento de la preparación del mortero de la junta, haya transcurrido un periodo no menor al tiempo de fraguado final Vicat del cemento, según procedimiento establecido en la NTC 118 (ASTM C191), incrementado en veinticuatro horas (24 h).

Si en los documentos del proyecto se establece el requisito de resistencia para el mortero de la junta, se puede iniciar el relleno estructural una vez se alcance, al menos, el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada, determinada a partir de los procedimientos descritos en la NTC 220 (ASTM C109).

Siempre que se vaya a asentar o apoyar el relleno sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficiales o subterráneas, previamente y solo si existe autorización de la autoridad ambiental competente, se deben desviar las primeras y captar y conducir las últimas fuera del área donde se vaya a construir el relleno, labores que se efectúan de acuerdo con los artículos 600, Excavaciones varias y 673, Subdrenes con geotextil y material granular, respectivamente.

Todo relleno colocado antes de que lo autorice el interventor debe ser retirado por el constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

610.4.2 Preparación de la superficie base de los rellenos

El terreno base del relleno debe estar libre de vegetación, tierra orgánica, materiales de desecho de construcción u otros materiales objetables, y debe ser preparado de acuerdo con lo señalado en el numeral 220.4.2 del artículo 220.

610.4.3 Extensión y compactación del material

Los materiales de relleno se deben extender en capas preferiblemente horizontales y de espesor uniforme, las cuales deben ser lo suficientemente delgadas para que, con los medios disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido, verificado en la totalidad del espesor de cada capa.

Cuando el relleno se deba depositar sobre agua, las exigencias de compactación para las capas solamente se aplican una vez se haya obtenido un espesor de un metro (1 m) de material relativamente seco.

Los rellenos alrededor de pilas y alcantarillas se deben depositar simultáneamente a ambos lados de la estructura y aproximadamente a la misma elevación. Los rellenos al respaldo de estribos, muros y otras estructuras, se deben realizar de manera que no se pongan en peligro la integridad y la estabilidad de dichas obras, empleando procedimientos propuestos por el constructor y aprobados por el interventor.

Cuando no se contemple la colocación de material filtrante al respaldo de la estructura, se debe colocar grava o roca triturada en las

cercanías de los orificios de drenaje, para evitar presiones excesivas y segregación del material de relleno.

Durante la ejecución de los trabajos, la superficie de las diferentes capas debe contar con una pendiente que garantice la evacuación de las aguas superficiales sin peligro de erosión.

Una vez extendida la capa, se debe proceder a su humedecimiento, si es necesario. El contenido óptimo de humedad se debe determinar en la obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan en los ensayos realizados.

En los casos especiales en que la humedad del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, el constructor debe tomar las medidas adecuadas, pudiendo proceder a la desecación por aireación o a la adición y mezcla de materiales secos u otras sustancias apropiadas, aceptadas por el interventor.

Obtenida la humedad apropiada, determinada mediante cualquiera de los procedimientos establecidos en las Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras de INVÍAS, se debe proceder a la compactación mecánica de la capa. En áreas inaccesibles a los equipos mecánicos, se autoriza el empleo de compactadores manuales que permitan obtener los mismos niveles de densidad del resto de la capa. La compactación se debe continuar hasta lograr los niveles de densidad a que se hace mención en el numeral 610.5.2.2.1.

La construcción de los rellenos debe hacerse con el cuidado necesario para evitar presiones

y daños a las estructuras contra las cuales se colocan.

610.4.4 Capas filtrantes

Cuando se contemple la colocación de capas filtrantes detrás de estribos, muros y obras de arte, ellas se deben disponer y compactar antes o simultáneamente con los demás materiales de relleno, tomando la precaución de que estos no se contaminen entre sí.

610.4.5 Acabado

Al concluir cada jornada de trabajo, la superficie de la última capa debe estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias, sin peligro de erosión.

610.4.6 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra

el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

610.4.7 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de rellenos para estructuras se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por lo tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

610.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

610.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento, tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Verificar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Confirmar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Corroborar que los materiales cumplan los requisitos de calidad mencionados en el numeral 610.2.
- Verificar el alineamiento, el perfil y las secciones de las áreas en las que se construyan los rellenos.
- Determinar la densidad de cada capa compactada. Este control se realiza en todo el espesor de cada capa realmente construida, de acuerdo con el proceso constructivo aprobado.
- Controlar que la ejecución del relleno contra cualquier parte de una estructura de concreto, solamente se comience cuando aquella adquiera la resistencia especificada según lo establecido en el numeral 610.4.1.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de relleno y material filtrante colocados conforme con la presente especificación.

610.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

610.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales empleados para la construcción de rellenos y para cualquier volumen previsto, se deben

tomar como mínimo dos (2) muestras y, de cada fracción de ellas, se deben determinar los parámetros indicados en el numeral 610.2 y sus respectivos sub-numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.4, 610.2.5 y 610.2.6, según el tipo de material de relleno. La totalidad de los resultados debe satisfacer las exigencias indicadas en ellos. El incumplimiento de una o varias de las exigencias planteadas en los sub-numerales anteriores conlleva al rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las descargas de los materiales, ordenando el retiro de aquellos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Teniendo en cuenta que los volúmenes de rellenos para estructuras suelen ser inferiores a los requeridos para terraplenes, es el interventor quien establece la frecuencia de ejecución de las diversas pruebas de calidad, basado en los criterios definidos por cada norma específica relacionada con la definición del tamaño de un lote o la frecuencia de realización de ensayos.

610.5.2.2 Calidad del producto terminado

Los taludes terminados no deben exhibir irregularidades a la vista.

La cota de cualquier punto de la subrasante, en rellenos para estructuras, no debe variar más de treinta milímetros (30 mm) de la proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

En las obras concluidas, no se debe admitir ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas superficiales.

En adición a lo anterior, se deben adelantar las siguientes comprobaciones:

610.5.2.2.1 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas de relleno para estructuras en suelo, recebo y materiales granulares tipo SBG o BG, se calcula el grado de compactación individual G_{Ci} para cada sitio de ensayo de densidad en el terreno, de acuerdo con lo indicado en el numeral 220.5.2.2.2 del artículo 220, fórmulas [220.1] o [220.2] según aplique.

Para suelos que clasifican como A-1, A-2-4 o A-3, recibos y suelos granulares tipo SBG o BG, el valor del peso unitario seco máximo se obtiene según la norma de ensayo INV E-142 y la capa de relleno se acepta si el grado de compactación individual G_{Ci} , calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple el siguiente criterio:

$$G_{Ci} \geq 90,0 \% \quad [610.1]$$

Para suelos que no clasifican como A-1, A-2-4 o A-3, el valor del peso unitario seco máximo se obtiene según la norma de ensayo INV E-141 y la capa de relleno se acepta si el grado de compactación individual G_{Ci} , calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple el siguiente criterio:

$$G_{Ci} \geq 95,0 \% \quad [610.2]$$

El número de pruebas por ejecutar en cada capa para realizar el control, debe ser definido por el interventor, pero nunca podrán ser inferiores a las exigidas por las normas de ensayo respectivas.

Las capas de relleno que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deben ser escarificadas, homogenizadas, llevadas a la humedad adecuada y compactadas nuevamente, hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

La compactación de las capas de material filtrante, gravilla y arena, se considera satisfactoria cuando no haya evidencia visible de consolidación adicional al paso del equipo de compactación aprobado por el interventor.

610.5.2.2.2 Protección de la superficie del relleno

Al respecto, se aplica el mismo criterio indicado en el numeral 220.5.2.2.4 del artículo 220, en relación con la protección de la corona de terraplenes.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias mencionadas deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

610.6 Medida

La unidad de medida para los volúmenes de rellenos debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material compactado, aceptado por el interventor, en su posición final. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes deben ser determinados con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de relleno. Dichas áreas están limitadas por las líneas de pago teóricas mostradas en los documentos del proyecto o autorizadas por el interventor. En los casos en que el volumen a compactar corresponda a una figura geométrica regular, se puede realizar su medición mediante fórmulas geométricas, siempre y cuando esto no conlleve a medir volúmenes por fuera de las líneas del proyecto.

No hay medida ni pago para los rellenos por fuera de las líneas o hilos del proyecto, efectuados por el constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Tampoco se deben medir los rellenos que haga el constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte del proyecto.

610.7 Forma de pago

El trabajo de rellenos para estructuras se debe pagar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes de materiales, la extracción, preparación y suministro de los materiales, así como su cargue, transportes, descargue, almacenamiento, colocación, humedecimiento o secamiento, compactación

y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los rellenos para estructuras de acuerdo con los documentos del proyecto, esta especificación y la aprobación del interventor.

No se debe pagar el suministro de materiales de relleno para estructuras que hayan sido obtenidos de las excavaciones de la explanación, canales y préstamos, ni de las excavaciones varias del contrato, según los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos, y 600 de estas especificaciones.

El precio unitario debe cubrir, además, los costos de adecuación de las fuentes de materiales al término de los trabajos para recuperar sus características hidrológicas superficiales, así como los de señalización preventiva de la vía y ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de los trabajos.

El precio unitario debe cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Por su parte, los costos por concepto de preparación de las superficies sobre las cuales se construyen los rellenos y capas filtrantes se deben reconocer de acuerdo con el artículo

220 o el artículo 600, el que resulte aplicable según las características de la obra que se construye. Si ninguno de estos artículos forma parte del contrato, los costos de la preparación de la superficie existente deben quedar incluidos dentro del precio unitario de los rellenos objeto del presente artículo.

610.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
610.1	Rellenos para estructuras con suelo	Metro cúbico (m ³)
610.2	Rellenos para estructuras con recebo	Metro cúbico (m ³)
610.3	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG-50	Metro cúbico (m ³)
610.4	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG-38	Metro cúbico (m ³)
610.5	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG-20	Metro cúbico (m ³)
610.6	Rellenos para estructuras con material granular tipo BG-38	Metro cúbico (m ³)
610.7	Rellenos para estructuras con material granular tipo BG-25	Metro cúbico (m ³)
610.8	Rellenos con material filtrante	Metro cúbico (m ³)
610.9	Relleno con gravilla	Metro cúbico (m ³)
610.10	Relleno con arena	Metro cúbico (m ³)

Pilotes prefabricados de concreto

Artículo 620 – 22

620.1 Descripción

Esta especificación establece los requisitos de la fabricación, el transporte y el hincado de pilotes de concreto reforzado, necesarios para la cimentación de pilas o estribos de puentes y otras estructuras, conforme con esta especificación y con los documentos del proyecto.

620.2 Materiales

Los materiales que se utilicen para la fabricación de los pilotes deben cumplir los requisitos aplicables de las siguientes especificaciones:

- Para el concreto, el artículo 630, Concreto estructural.
- Para el acero de las armaduras, el artículo 640, Acero de refuerzo.
- Para el acero estructural para puntas, el artículo 650, Estructuras de acero.

Para el caso de pilotes preesforzados, el acero de preesforzado debe ser del tipo y la resistencia establecidos en los documentos del proyecto y debe cumplir el artículo 641, Aceros de preesfuerzo. El acero debe estar libre de óxido, picado y aceite.

Se debe definir la clase de concreto, los requisitos por clase y los requisitos de durabilidad de los pilotes, de acuerdo con el artículo 630,

incluyendo la resistencia a la compresión del concreto, relación agua/material cementante (a/mc) y tamaño máximo nominal del agregado. Una vez definidos los aspectos anteriormente mencionados, se debe dejar un registro documental de la definición de estos parámetros. El concreto utilizado en la construcción de los pilotes no debe tener una resistencia a compresión menor de veintiocho megapascales (28 MPa) a veintiocho días (28 d), la relación a/mc no debe ser mayor de cero coma cuarenta y cinco (0,45) y el agregado no debe tener un tamaño mayor de veinticinco milímetros (25 mm).

Cualquier acelerante o aditivo que se use para el concreto debe estar libre de cloruro de calcio u otras materias corrosivas, su uso es de responsabilidad del constructor y debe ser aprobado por el interventor. Se prohíbe el uso de aditivos ricos en álcalis, a menos que se demuestre que no causan algún efecto que comprometa la resistencia y la durabilidad del concreto, y sean aprobados por el interventor.

620.3 Equipo

Se requieren equipos para la fabricación del concreto, formaletas para la fabricación de los pilotes y equipos apropiados para el transporte, izado e hincado de los pilotes. Se debe presentar un listado, la descripción y los documentos técnicos del equipo.

620.3.1 Equipo para la preparación del concreto

En relación con el equipo requerido para preparar el concreto, se debe aplicar lo pertinente del artículo 630.

620.3.2 Formaleta

Se deben cumplir los requisitos de la PCI MNL-116, *Manual for Quality Control for Plants and Production of Structural Precast Concrete Products*.

Las formaletas para la fabricación de los pilotes deben ser metálicas, con acceso para el vibrado del concreto. Sus láminas deben ser lo suficientemente robustas para que las caras del pilote queden planas y lisas. Solo se debe autorizar el uso de formaletas de madera, si el constructor demuestra construir en ellas pilotes con las dimensiones y los alineamientos exactos y con acabados iguales a los obtenidos con formaletas metálicas.

620.3.3 Martillo de hinca

Los requisitos mínimos para el martillo de hinca se establecen en la Tabla 620 — 1.

Tabla 620 — 1. Requisitos mínimos para el martillo de hinca de pilotes prefabricados de concreto

Tipo	Peso mínimo (N)	Caída máxima (m)	Energía mínima (N-m)
Neumático, Hidráulico o Vapor	El mayor entre: - 1/4 de peso del pilote - 13 500	1,5	La mayor entre: - 38 veces la carga de diseño en kN - 3 N-m por kg de masa del pilote
Diesel	El mayor entre: - 1/4 de peso del pilote - 12 500	2,5 (Nota)	

Nota: se pueden usar martillos diésel de menor peso o mayor caída, si un análisis efectuado mediante la ecuación de onda indica que la combinación del peso del martillo, la caída y el amortiguamiento no generan esfuerzos excesivos en el pilote.

Para determinar el cumplimiento inicial de los requisitos de la Tabla 620 — 1, la altura de caída de los martillos de acción sencilla debe ser dos coma un metros (2,1 m); para los martillos de acción doble, la calificación de la energía se debe hacer sobre el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la reportada por el fabricante.

Se pueden usar martillos que produzcan menor energía de la requerida en la Tabla 620 — 1, siempre y cuando un análisis efectuado con la ecuación de onda indique que el martillo puede hincar el pilote, hasta la profundidad especificada y alcanzar una resistencia de, al menos, tres (3) veces la carga de diseño, con una tasa de penetración superior a dos coma cinco milímetros (2,5 mm) por golpe.

Se debe realizar una evaluación para el uso de otros equipos que no se mencionan en esta especificación, mediante la aplicación de un análisis de ecuación de onda. También, se debe verificar que los esfuerzos en el pilote hallados con el análisis de ecuación de onda no excedan los siguientes valores:

- Los esfuerzos a tensión no deben ser mayores de $(7,9 * (f'c)^{0,5} + \text{preesfuerzo})$ con $f'c$ en kilopascales (kPa).
- Los esfuerzos a compresión no deben ser mayores de $(0,85 * (f'c) - \text{preesfuerzo})$ con $f'c$ en kilopascales (kPa).

Una vez realizado el análisis de la ecuación de onda, el uso del equipo y el procedimiento constructivo, este debe ser aprobado por el interventor.

Los martillos, los amortiguadores, las cabezas de hincado, las guías y los otros aditamentos, se deben someter a la aprobación previa del interventor. Una vez aceptado el sistema de hincado, el constructor no lo puede modificar sin su autorización.

La aprobación del equipo de hincado por parte del interventor no exonera al constructor de su responsabilidad en el hincado de los pilotes libres de averías, a garantizar la capacidad de soporte y a obtener la profundidad de punta indicadas en los documentos del proyecto o las especificadas en las disposiciones especiales contenidas en dichos documentos.

620.4 Ejecución de los trabajos

620.4.1 Procedimiento constructivo

El constructor debe presentar el procedimiento constructivo para aprobación del interventor,

con suficiente anticipación al inicio de los trabajos. Este procedimiento debe ser elaborado por un ingeniero geotecnista con experiencia en este tipo de trabajos. El informe debe contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

- Lista, descripción y documentos técnicos del equipo.
- Disposición y manejo del patio de fabricación de los pilotes.
- Procedimiento de fabricación (se debe incluir detalles de dosificación, colocación, curado y protección del concreto).
- Procedimiento de cargue, transporte e izado, y verificación de la capacidad del pilote para resistir los esfuerzos que se generan con estas operaciones.
- Método de hincado.
- Características del martillo, con sus respectivos soportes, acompañado del análisis del cumplimiento de los requisitos establecidos para el mismo en esta especificación.
- Verificación de la capacidad del martillo para el cumplimiento de los requisitos del proyecto, en cuanto a capacidad de carga, profundidad y penetración en el estrato portante.
- Verificación de la conservación de las características del pilote en el proceso de hinca.
- Criterio de rechazo.
- Programa de ejecución.
- Programa de control de calidad.

El constructor no puede iniciar la construcción de pilotes prefabricados mientras el procedimiento constructivo no haya sido aprobado por el interventor. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos. En caso de realizar algún cambio al plan del proceso constructivo, este no se puede realizar sin aprobación del interventor.

Se recomienda seguir las indicaciones en cuanto al procedimiento constructivo del documento ACI 543, Guía de Diseño, Fabricación e Instalación de Pilotes de Concreto. Los requisitos presentes en esta especificación se deben cumplir por encima de los encontrados en el documento ACI 543.

620.4.2 Fabricación de los pilotes de concreto

620.4.2.1 Generalidades

La fabricación de los pilotes se debe hacer de acuerdo con las partes pertinentes del artículo 630, artículo 640 y artículo 650. Los materiales y los procedimientos usados en la fabricación de los pilotes deben ser previamente aprobados por el interventor y deben estar sujetos a su inspección durante la ejecución de los trabajos; también deben permitir la producción, de manera ordenada, que garantice obtener un producto de características uniformes, de acuerdo con los diseños y dentro de las especificaciones. La densificación del concreto se debe hacer por vibración.

La zona de fabricación debe ser adecuada para el buen desarrollo de todas las operaciones, perfectamente lisa y plana. Adicionalmente, se debe comprobar que en el terreno no se produzcan asentamientos que generen esfuerzos indeseados en los elementos prefabricados, durante y después de su endurecimiento, ni deformaciones geométricas más allá de las tolerables.

El interventor puede exigir todos los cambios que considere necesarios para cumplir con estos preceptos.

La fabricación de los pilotes prefabricados y de los pilotes prefabricados preesforzados debe cumplir los requisitos de la presente especificación y los requisitos de la PCI MNL-116.

El suministro, la colocación y el tensionamiento del acero de preesfuerzo se deben realizar de acuerdo con el artículo 641.

620.4.2.2 Fabricación de los pilotes

Solamente se debe autorizar la colocación del concreto, cuando el interventor haya comprobado la exactitud en las dimensiones de las formaletas y la correcta colocación del acero de refuerzo, con un recubrimiento mínimo según los documentos del proyecto, pero no menor a cinco centímetros (5 cm).

El vaciado del concreto para cada pilote debe ser continuo desde el inicio hasta su terminación; se debe iniciar en la cabeza del pilote y continuar hacia la punta. El concreto debe ser vibrado, con procedimientos adecuados que no produzcan segregación de los agregados ni desplacen el acero de refuerzo o las formaletas. Al terminar la fabricación, de cada pilote se debe marcar cerca de la cabeza, con el número de identificación, la fecha de fabricación, la fecha de pretensado (si es aplicable), su longitud y los puntos de izada. Las marcas de identificación deben corresponder con las de los planos de montaje de los documentos del proyecto. Cualquier uso de acelerantes debe requerir la autorización previa del interventor.

En la fabricación de pilotes se debe tener en cuenta que estos deben ser capaces de soportar las operaciones de transporte, manejo e hinca, de forma que no se produzcan roturas ni

fisuras mayores de cero coma quince milímetros (0,15 mm). Los pilotes no deben tener una flecha, producida por peso propio, mayor de tres milésimas partes (0,003) de su longitud, ni pandeos locales superiores a un centímetro por metro de longitud (1 cm/m).

La superficie de la cabeza de cada pilote debe ser lisa, plana y perpendicular al eje longitudinal del mismo. En el caso de pilotes pretensados, el acero de preesfuerzo debe ser cortado debajo de la superficie final de la cabeza del pilote.

620.4.2.3 Curado

El curado del concreto se debe extender por un período mínimo de siete días (7 d), a no ser que el constructor pueda aplicar procedimientos que permitan acortar ese tiempo.

620.4.2.4 Manejo

El manejo de los pilotes durante la remoción de formaletas, curado, transporte y almacenamiento debe ser tal, que solo produzcan esfuerzos mínimos en el concreto, principalmente los de flexión, y evite fisuras, roturas, descascaramiento u otros daños, principalmente con pilotes que vayan a ser expuestos a agua salada o con sulfatos.

El transporte de los pilotes desde el sitio de fabricación, solamente se puede efectuar cuando el concreto haya alcanzado por lo menos un ochenta por ciento (80 %) de la resistencia mínima a compresión especificada para los veintiocho días (28 d).

Al izar un pilote para cualquier operación de manejo, este debe quedar suspendido en no

menos de dos puntos, según las instrucciones de los documentos del proyecto, de tal manera que no se comprometa su integridad estructural, ni se causen excesivas tensiones en el elemento. Cada pilote debe tener marcas que indiquen los puntos de izaje, las cuales deben concordar con lo indicado en los documentos del proyecto. El izado se debe suspender siempre que la velocidad del viento supere cincuenta kilómetros por hora (50 km/h).

Los pilotes solo se pueden hincar luego de veintiocho días (28 d) de su fabricación.

En el caso que un pilote resultara dañado por cualquier procedimiento inadecuado durante su manejo, se debe rechazar para hinca.

620.4.3 Instalación de los pilotes

620.4.3.1 Hincado

El constructor debe ejecutar los pilotajes bajo la dirección o la asesoría permanente de un especialista en esta clase de trabajos.

Las excavaciones para fundaciones en las cuales se contemplen pilotes prefabricados se deben terminar antes que se inicie el hincado del pilote.

Se debe garantizar que los impactos del martillo se distribuyan de manera uniforme y concéntrica en la cabeza del pilote. Se debe proteger la cabeza del pilote de los impactos del martillo.

En el estudio geotécnico se debe establecer si se requiere realizar una perforación previa, con o sin extracción de suelo, para facilitar el

hincado o para minimizar el desplazamiento de suelos blandos. En caso de requerir perforación previa, en el estudio geotécnico se debe indicar su diámetro, profundidad, si se necesita estabilizar la perforación con lodo con contenido mineral o polimérico, y demás especificaciones constructivas. El proceso constructivo se debe realizar siguiendo todo lo especificado en los estudios geotécnicos. El diámetro de perforación previa para pilotes de fricción no debe ser mayor que el setenta y cinco por ciento (75 %) del diámetro o lado del pilote. En caso de que no se logre hacer pasar el pilote en la perforación a través de capas duras intercaladas, exclusivamente estas se deben limar con herramientas especiales, generando un diámetro igual o ligeramente mayor que el del pilote.

Durante las operaciones de hincado, el constructor solo debe usar los métodos previamente aprobados. En caso que se requiera cualquier variación en el método, es indispensable la aprobación escrita del interventor. Los procedimientos para la instalación de pilotes deben garantizar su integridad. También, se debe garantizar que no se ocasione daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo.

El hincado de pilotes a través de terraplenes construidos recientemente se debe hacer mediante agujeros taladrados o punzonados a través del terraplén, cuando su altura sea superior a uno coma cincuenta metros (1,50 m). Los agujeros deben tener una dimensión no inferior a la mayor sección transversal del pilote más quince centímetros (15 cm). Una vez hincado el pilote, se debe rellenar con arena o gravilla el espacio en derredor hasta

el nivel de la superficie. El material resultante de los agujeros se debe disponer en un lugar aprobado por el interventor.

Los pilotes se deben hincar hasta alcanzar alguno de los siguientes requisitos:

- La resistencia nominal requerida.
- La resistencia nominal requerida y la mínima cota de punta.
- La cota de punta.

Se debe verificar la capacidad de carga de los pilotes, a partir de los conteos de golpes durante la hinca, empleando algún método debidamente reconocido.

El hincado se debe hacer en operación continua, hasta alcanzar la penetración final. Cuando se tenga que interrumpir la operación de hincado, no se debe empezar a medir la penetración por golpe, sino después de un minuto (1 min) de reiniciar la operación.

Los pilotes se deben hincar en los sitios exactos y con las inclinaciones indicadas en los documentos del proyecto, y se deben asegurar contra cualquier desplazamiento o movimiento lateral, mediante el uso de guías u otro sistema aprobado por el interventor.

Después del hincado, se deben demoler las cabezas de los pilotes siguiendo los requisitos del numeral 620.4.3.3.

El constructor debe llevar un registro completo del hincado de cada pilote con la siguiente información básica:

- Dimensiones del pilote.
- Número y localización del pilote.

- Fecha de colocación.
- Tipo, tamaño, peso y altura de caída del martinete.
- Energía de hincado por golpe.
- Tipo y dimensiones del bloque para protección de la cabeza del pilote.
- Número de golpes por minuto efectuados por el martillo.
- Número de golpes por pie de penetración.
- Número de golpes por pulgada para el último pie de penetración.
- Elevación final de la punta del pilote.
- Todos los demás datos que el interventor haya solicitado.

Si los documentos del proyecto así lo contemplan, se puede utilizar lanza de agua, en los casos en que sea difícil alcanzar la profundidad de hinca fijada en dichos documentos por tener que atravesar capas de suelos granulares densos. Esta inyección de agua se debe aplicar a una presión inferior a un megapascal (1 MPa), durante la hinca. La lanza de agua se debe emplear tan solo con aprobación del interventor y se debe aplicar con presiones y caudales no excesivos, para evitar daños en construcciones o pavimentos vecinos.

El empleo de la lanza de agua se debe suspender cuatro metros (4 m) por encima de la profundidad prevista para la terminación de la hinca, o la profundidad que se indique en los documentos del proyecto. La hinca se debe acabar siempre por el procedimiento ordinario. También se debe suspender, si el pilote se empieza a torcer, por producirse una perturbación excesiva del terreno.

En el caso de hinca de grupos cerrados de pilotes, se debe comenzar hincando las filas centrales y siguiendo después hacia las exteriores.

En el caso de pilotes compuestos por varias secciones que se vayan empalmando a medida que se hincan, la resistencia del pilote no se considera superior a la resistencia de la junta de empalme, la cual debe estar dispuesta de modo que asegure una perfecta alineación entre las diversas secciones.

620.4.3.2 Extensión

Se debe determinar en el terreno la longitud final requerida de los pilotes, con base en las cotas mínimas a que deban llegar, según lo indiquen los documentos del proyecto y de acuerdo con la información obtenida durante el hincado. Si los pilotes no soportan la respectiva carga de diseño, se deben extender con secciones prefabricadas o fundidas en sitio, como se indica a continuación.

Las conexiones deben ser construidas, de acuerdo con los documentos del proyecto.

El concreto de la parte superior del pilote se debe remover, dejando expuestas las varillas longitudinales en un tramo de cuarenta (40) diámetros. El corte final del concreto debe ser perpendicular al eje del pilote. Si la extensión se hace con una sección de pilote prefabricada, esta se debe preparar de la misma manera. Si la extensión se funde totalmente en el sitio, el acero de refuerzo de ella se debe colocar sobre el extremo recortado del pilote hincado.

Los traslapes del refuerzo se deben soldar en una longitud no inferior a treinta (30) diámetros de las varillas, o la que se indique en los documentos del proyecto. Las formaletas para la extensión no deben permitir filtraciones de la mezcla y deben estar dispuestas en tal forma, que la extensión quede perfectamente

centrada y alineada con el pilote hincado. El concreto empleado para la extensión debe ser de la misma calidad que el usado en el pilote. No se deben quitar las formaletas antes de siete días (7 d), ni se debe proseguir con la hinca, antes de los veintiocho días (28 d) después de haber vaciado el concreto para la extensión. Si el interventor acepta el uso de acelerantes, debe determinar el tiempo necesario para proseguir con la operación de hincado.

620.4.3.3 Recorte

Después de haber terminado el hincado, los pilotes permanentes se deben recortar al nivel especificado en los documentos del proyecto y, en todo caso, en la longitud suficiente para sanear todo el concreto que pueda haber quedado resentido por el golpe del martillo. El recorte se debe hacer con cuidado, para no afectar el concreto restante. Las fracciones de pilotes recortadas se deben conservar y, cuando el interventor lo indique, se pueden usar para alargar pilotes, haciendo el respectivo empalme. Al terminar todo el trabajo de hinca de los pilotes, los recortes hechos y los pilotes sobrantes se deben guardar cuidadosamente en el lugar de la obra o en uno adyacente a ella, para uso posterior, si es necesario. El constructor debe retirar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), todos los aditamentos que hayan sido necesarios para la hinca.

620.4.3.4 Gráficas de hincado

Para uso en la evaluación de la capacidad de carga de los pilotes, el constructor debe elaborar y entregar al interventor gráficas de hincado de un pilote permanente hincado en cada cimentación, además de las que debe elaborar para los pilotes de prueba. El

interventor debe indicar los pilotes para los cuales se deben hacer las gráficas.

620.4.3.5 Pilotes defectuosos

No se deben aceptar pilotes que resulten defectuosos por deterioro durante la hinca o por desviaciones en su posición en exceso de las tolerancias permitidas.

El constructor debe ejecutar, sin costo adicional para INVÍAS, las verificaciones técnicas, los diseños y las obras que se requieran para corregir los pilotes defectuosos y reforzar las estructuras que se apoyen en ellos, de manera que se conserven las condiciones de resistencia, seguridad y funcionalidad del diseño original establecido en los documentos del proyecto.

Las modificaciones propuestas por el constructor deben ser aprobadas por el interventor.

620.4.3.5.1 Pilotes deteriorados

No se deben aceptar los pilotes que se hayan roto o debilitado de alguna forma durante la hinca, afectando su resistencia o durabilidad. Ellos se deben extraer completamente y sustituir por otros hincados en el mismo lugar.

Si ello no es posible o si el constructor lo considera más conveniente, los pilotes defectuosos pueden ser sustituidos por pilotes hincados en sus proximidades. En este caso, el constructor debe proponer la sustitución mediante un informe técnico elaborado por un especialista estructural, con el diseño de la sustitución, que debe incluir el diseño de los nuevos pilotes y la verificación de todo el sistema de cimentación, con los ajustes y los

refuerzos que se requieran en la misma, debido al cambio en las condiciones de apoyo.

Siempre que haya duda sobre la integridad de un pilote, el interventor puede solicitar pruebas adicionales para determinar su estado, tales como pruebas de carga y pruebas de integridad de pilotes. De acuerdo con los resultados de estas pruebas, el interventor debe indicar las medidas por tomar para solucionar el problema.

620.4.3.5.2 Pilotes fuera de posición

En el caso de pilotes hincados con desviaciones en posición o inclinación fuera de tolerancias, el constructor debe ejecutar las verificaciones, los diseños y las obras de corrección y ajuste como en el caso de los pilotes deteriorados.

No se debe requerir la sustitución de los pilotes con desviaciones en su posición, si el resultado de las verificaciones técnicas efectuadas por el constructor y aprobadas por el interventor indica que la integridad de la cimentación se puede restablecer adecuadamente con un reforzamiento de los demás elementos de la cimentación.

620.4.3.6 Pilotes de prueba

Los pilotes de prueba y los pilotes utilizados para pruebas de carga estática, cuando se indique en los documentos del proyecto, deben ser suministrados en las longitudes ordenadas e hincados en los sitios y niveles indicados por el interventor, antes de ordenar el hincado de los pilotes definitivos.

El equipo de hinca y el procedimiento de ejecución que se utilice para los pilotes de prueba

deben ser idénticos a los que el constructor proponga utilizar para hincar los pilotes definitivos.

A menos que el interventor apruebe algo diferente, el constructor debe excavar el terreno hasta el fondo proyectado de la zapata o cabezal, en cada sitio de prueba, antes de comenzar el hincado del pilote.

Los pilotes de prueba se deben hincar con el número de golpes de martillo establecido a la elevación de punta estimada. Los pilotes que no obtengan el número especificado de golpes a una profundidad de treinta centímetros (30 cm) por encima de la elevación de punta estimada, indicada en los documentos del proyecto, se deben dejar reposar por un período de doce a veinticuatro horas (12 h – 24 h), antes de hincarse de nuevo.

Siempre que sea posible, se debe calentar el martillo antes de reiniciar el hincado, aplicando un mínimo de veinte (20) golpes a otro pilote. Si no se obtiene el número de golpes especificado, el interventor puede ordenar al constructor hincar parte o la totalidad del pilote de prueba o repetir el procedimiento de hincado, con intervalos de reposo.

Cuando lo requiera el interventor, los pilotes de prueba hincados a las cotas indicadas en los documentos del proyecto que no tengan el número de golpes especificado, deben ser empalmados e hincados, hasta obtener la capacidad de soporte especificada.

620.4.3.7 Seguridad

Los trabajos de pruebas de carga, hinca y recorte de pilotes involucran riesgos de operación que deben ser considerados

adecuadamente por el constructor. El personal que se emplee para ello debe acreditar experiencia en este tipo de trabajo y utilizar los elementos de seguridad adecuados. El interventor debe ordenar la suspensión de los trabajos, si detecta que el constructor descuida estas precauciones.

620.4.4 Pruebas de carga

El diseñador debe establecer las pruebas de carga a realizar para la evaluación de los

pilotes de concreto. Para la realización de las pruebas el constructor debe seguir las indicaciones del diseñador, contenidas en los documentos del proyecto, y del interventor.

Los tipos de prueba deben estar establecidos en los documentos del proyecto por parte del diseñador. Se debe utilizar el procedimiento que corresponda de los establecidos en las normas indicadas en la Tabla 620 — 2, según el tipo de prueba.

Tabla 620 — 2. Normas de referencia para pruebas de carga de pilotes

Tipo de prueba de carga	Norma ASTM
Carga de compresión axial estática	D1143
Carga de tensión axial estática	D3689
Carga lateral estática	D3966
Prueba de carga dinámica de alta deformación	D4945
Prueba de carga rápida a compresión por pulso de carga tipo <i>Statnamic</i>	D7383

Las pruebas de carga estática no se deben realizar antes de cumplirse cinco días (5 d) después de la instalación del pilote.

Se debe tener registro de la documentación de los equipos usados en las pruebas, en donde se incluya un certificado de la calibración de los equipos que lo requieran.

Se debe llevar registro por lo menos de los siguientes datos:

- Condiciones del subsuelo en el lugar de la prueba.
- Descripción del pilote o pila y datos obtenidos durante la instalación.

- Descripción del sistema de carga y del método de prueba.
- Tabla de cargas y deformaciones durante las etapas de carga y descarga del pilote o pila.
- Representación gráfica de la curva asentamientos-tiempo para cada incremento de carga.
- Observaciones e incidentes durante la instalación del pilote o pila y la prueba.

620.4.5 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores de pilotes prefabricados de

concreto se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o las evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

620.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

620.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aprobados.
- Comprobar que los materiales cumplen los requisitos de calidad exigidos en el numeral 620.3.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales requeridas.

Adicionalmente, el interventor, en particular, debe adelantar los siguientes controles principales:

- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del constructor.
- Verificar que el constructor emplee el equipo aprobado.
- Exigir al constructor la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.

- Ordenar las pruebas necesarias para comprobar la capacidad de carga de los pilotes y efectuar las determinaciones pertinentes.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el constructor, para cumplir la presente especificación.

620.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancia

620.5.2.1 Calidad del concreto

En relación con la calidad de los ingredientes y de la mezcla de concreto, debe regir todo lo aplicable del artículo 630.

No se deben aceptar los pilotes cuya calidad de concreto resulte defectuosa.

El constructor debe ejecutar, sin costo adicional para INVÍAS, las verificaciones técnicas, los diseños y las obras que se requieran para sustituir los pilotes defectuosos por nuevos pilotes y reforzar las estructuras que se apoyen en ellos, de manera que se conserven las condiciones de resistencia, seguridad y funcionalidad del diseño original.

Por cada grupo de diez (10) pilotes prefabricados o por cada día de trabajo, según determine el interventor, se deben tomar al azar dos (2) o tres (3) muestras de la mezcla, según el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-401. Con dichas muestras, se deben elaborar y curar cilindros, conforme se establece en la norma de ensayo INV E-420/NTC 550, los cuales se deben ensayar a compresión simple a los veintiocho días (28 d), según la norma INV E-410/NTC 673. La verificación de la resistencia del concreto se debe realizar, de acuerdo con lo especificado en el artículo 630.

Las modificaciones propuestas por el constructor solo se deben aplicar en caso de ser aprobadas por el interventor.

Se deben tener en cuenta las recomendaciones del artículo 630 para garantizar:

- La calidad de los ingredientes de la mezcla y de los productos de curado.
- La calidad de la mezcla:
 - Dosificación
 - Consistencia
 - Resistencia
- Los demás requisitos del concreto.

620.5.2.2 Acero de refuerzo

La calidad del acero de refuerzo debe cumplir lo establecido en el artículo 640.

En relación con la colocación de la armadura, se deben aceptar las tolerancias indicadas en el numeral 640.5.2 del mismo artículo.

620.5.2.3 Aceptación de pilotes para el hincado

Los pilotes prefabricados solamente se deben aceptar para el hincado, si cumplen las dimensiones del diseño establecidas en los documentos del proyecto, con estas especificaciones y con las especificaciones particulares de los documentos del proyecto, si las hay. Sus superficies deben ser lisas, uniformes, libres de bordes salientes, hormigueros u otros defectos.

Los pilotes que presenten desperfectos superficiales, deformaciones, deficiencias en dimensiones, grietas, o señales de haber sido averiados durante su manejo, pueden ser rechazados por el interventor.

620.5.2.4 Prueba de carga

El trabajo para las pruebas de carga se debe hacer de acuerdo con los planos y la metodología establecida por el diseñador, en los documentos del proyecto, y las instrucciones del interventor; y los materiales, los equipos y el personal calificado que sean necesarios, los debe suministrar el constructor.

En caso que las pruebas indiquen que el pilote no es estructuralmente adecuado, es responsabilidad del constructor realizar las reparaciones o los reemplazos requeridos. El trabajo de reparación o reemplazo debe ser aprobado por el interventor. El constructor debe corregir todo defecto de calidad de los materiales, de ejecución o terminación de los pilotes prefabricados, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con su aprobación.

620.5.2.5 Tolerancias en la posición de los pilotes

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, las tolerancias de construcción para los pilotes hincados de concreto deben ser las siguientes:

- La desviación del alineamiento de un pilote, respecto de la inclinación especificada, no puede ser mayor del tres por ciento (3 %) de la longitud del pilote.
- El desplazamiento de la cabeza del pilote no debe diferir del previsto en más de diez centímetros (10 cm), en cualquier dirección.

Los anteriores requisitos no se deben aplicar en el caso de los pilotes hincados desde plataformas flotantes, para los cuales se deben establecer las tolerancias en los

documentos del proyecto o en una especificación particular.

Cuando se trate de pilotes cuya punta deba descansar sobre estratos muy resistentes, se debe vigilar, mediante nivelación, que la hincada de unos pilotes no produzca la elevación de los ya hincados, lo cual podría ocasionar que estos perdieran el contacto con dicho estrato. Si así fuera, el constructor debe rehincar los pilotes hasta asegurar el mencionado contacto.

Todos los trabajos cuya calidad y terminación no cumplan lo especificado en el presente artículo, deben ser corregidos por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con su aprobación.

620.6 Medida

620.6.1 Pilotes prefabricados de concreto

La unidad de medida para los pilotes prefabricados de concreto debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de pilote realmente hincado, de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación. El resultado de la medida se debe informar con la aproximación establecida, mediante el método de redondeo de la norma INV E-823.

En la medida se deben incluir los pilotes empleados en las pruebas de carga efectuadas por indicación de los documentos del proyecto o por solicitud del interventor, así ellos no queden incorporados en la estructura permanente.

620.6.2 Extensión de pilotes

Las extensiones de pilotes, autorizadas y aprobadas por el interventor, deben tener como unidad de medida el metro (m), aproximado a la décima (0,1). El resultado de la medida se debe informar con la aproximación establecida, mediante el método de redondeo de la norma INV E-823.

620.6.3 Pruebas de carga

Las pruebas de carga efectuadas por indicación de los documentos del proyecto o por solicitud del interventor, se deben pagar por unidad (u). Si dichas pruebas se realizan a solicitud del constructor, no se deben medir ni tener compensación alguna.

620.7 Forma de pago

620.7.1 Pilotes prefabricados de concreto

El pago de los pilotes prefabricados de concreto y las extensiones de estos, se debe hacer a los respectivos precios unitarios del contrato y por toda obra aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de todos los materiales y los elementos empleados en la fabricación de los pilotes de las dimensiones especificadas, tales como el concreto, las formaletas, el acero de refuerzo y las puntas de acero estructural; los costos de fabricación, curado, eventuales patentes, transporte, almacenamiento, desperdicios, manejo, izada, hincado y recorte de los pilotes; los equipos requeridos y demás accesorios y, en general, todo costo relacionado con la

correcta ejecución de los trabajos especificados en este artículo.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

620.7.2 Extensión de pilotes

El precio unitario para extensiones de pilotes debe incluir todos los costos de preparación de la cabeza del pilote hincado y de materiales, fabricación, curado, transporte cuando corresponda y colocación de la extensión, de acuerdo con esta especificación y las instrucciones del interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

620.7.3 Pruebas de carga

El precio unitario para las pruebas de carga debe incluir todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución. Para reconocer el pago

de estas pruebas, se requiere que ellas estén contempladas en los documentos del proyecto o sean solicitadas por el interventor.

Las pruebas de carga en los pilotes de trabajo, realizadas por dudas en la calidad del pilote no se deben medir ni se debe pagar, como tampoco las que se efectúen por solicitud del interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

620.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
620.1	Pilotes prefabricados de concreto, de sección ____	Metro (m)
620.2	Extensión de pilotes, de sección ____	Metro (m)
620.3	Prueba de carga tipo ____	Unidad (u)

Nota: se deben elaborar ítems de pago independientes por cada sección de pilote y por cada tipo de prueba de carga que contemplen los documentos del proyecto.

Pilotes preexcavados

Artículo 621 – 22

621.1 Descripción

Esta especificación hace referencia a la construcción de pilotes de concreto vaciados *in situ*, con o sin bases acampanadas, cuya ejecución se efectúa excavando previamente el terreno y rellenando la excavación con concreto fresco y las correspondientes armaduras, con los diámetros, las longitudes y las profundidades indicadas en los documentos del proyecto.

De acuerdo con las condiciones del suelo y de instalación, la ejecución de pilotes preexcavados puede requerir la instalación de camisas metálicas de soporte que pueden o no ser retiradas al final de la colocación del concreto. También, puede requerir la ejecución de la perforación y el vaciado del concreto bajo agua o bajo lodos de perforación.

621.2 Materiales

621.2.1 Concreto

El concreto que se utilice en la fabricación de pilotes debe cumplir los requisitos aplicables del artículo 630, Concreto estructural.

Se deben definir la clase de concreto, los requisitos por clase y los requisitos de durabilidad de los pilotes de acuerdo con el artículo 630,

incluyendo la resistencia a la compresión del concreto, relación agua/material cementante (a/mc) y tamaño máximo nominal del agregado. Una vez definidos los aspectos anteriormente mencionados, se debe dejar un registro documentado de la definición de estos parámetros. El concreto utilizado en la construcción de los pilotes no debe tener una resistencia a compresión menor de veintiocho megapascuales (28 MPa) a veintiocho días (28 d), la relación a/mc no debe ser mayor a cero coma cuarenta y cinco (0,45) y el agregado no debe tener un tamaño mayor de treinta y dos milímetros (32 mm).

Cualquier acelerante o aditivo que se use para el concreto debe estar libre de cloruros u otros materiales corrosivos, y solo se puede usar si es aprobado por el interventor, se aclara que su uso es responsabilidad del constructor. Igualmente, se prohíben los aditivos ricos en álcalis, a menos que se demuestre que no causan efectos que comprometan la resistencia y durabilidad del concreto. En caso de usarse, deben ser aprobados por el interventor.

El concreto debe tener una fluidez suficiente para garantizar continuidad en su colocación. En la Tabla 621 — 1 se establecen los requisitos de asentamiento para el concreto de pilotes preexcavados, medido según la norma de ensayo INV E-404/NTC 396.

Tabla 621 — 1. Requisitos de asentamiento para concreto de pilotes preexcavados

Tipo de colocación	Límites de aceptación para construcción (mm)	
	Mínimo	Máximo
En seco	152	203
Construcción con camisa de acero o por método tremie	203	245

En caso de usar concretos autocompactantes, se debe verificar su idoneidad y seguir las indicaciones de la ACI 237R.

621.2.2 Acero de refuerzo

El acero empleado en la construcción de las canastas de refuerzo debe cumplir las características indicadas en el artículo 640, Acero de refuerzo.

Las armaduras transversales se sujetan a las longitudinales, por amarres o soldadura. En pilotes hasta de diez metros (10 m) de longitud se pueden admitir los amarres, pero a partir de esta longitud, las armaduras deben estar soldadas entre sí, al menos en uno (1) de cada dos (2) puntos de contacto. En caso de usar soldadura para sujetar el refuerzo transversal con el longitudinal, el acero de refuerzo debe cumplir la norma ASTM A706 y la soldadura debe ser puntos en electrodos 70XX o 60XX. Esta solo puede ser utilizada cuando sea requerida por temas constructivos mas no estructurales. Las soldaduras que cumplan una función estructural deben ser establecidas en el diseño estructural y construidas de acuerdo con los requisitos estructurales presentados en los documentos del proyecto.

La soldadura debe reemplazar únicamente el amarre, brindando mayor estabilidad. Es

importante aclarar que esta no reemplaza la longitud de traslapo, ni los ganchos.

621.2.3 Camisas de acero

El acero estructural empleado en la fabricación de las camisas de contención debe ser de calidad AASHTO M 270, grado treinta y seis (36), a no ser que los documentos del proyecto exijan algo diferente. Toda conexión soldada se debe realizar de acuerdo con los requisitos de conexiones soldadas establecidos en AASHTO LRFD *Bridge Design Specifications*.

Los revestimientos o camisas deben ser metálicos, lisos, sin residuos de concreto endurecido en la superficie interna, herméticos y suficientemente resistentes para soportar los esfuerzos de manejo e hincado, lo mismo que la presión ejercida por el concreto y el material de terreno circundante. El diámetro interior de las camisas no debe ser inferior al tamaño especificado del pilote.

621.2.4 Lodos de perforación

Se permite el uso de lodos con contenido mineral y/o polimérico. El lodo de perforación mineral empleado debe ser una suspensión de mineral arcilloso procesado, consistente en bentonita o atapulgita, con agua limpia. El

lodo de perforación debe tener la viscosidad suficiente y las características reológicas apropiadas para transportar el material excavado hasta un sistema de cernido adecuado; el porcentaje del mineral arcilloso en la suspensión y la densidad del lodo debe ser suficiente para mantener la estabilidad de la excavación y permitir el vaciado del concreto. En la Tabla 621 — 2 se indican los valores aceptables para las propiedades físicas de la suspensión mineral.

Los lodos de perforación con un contenido de polímeros o polímeros con bentonita pueden ser usados como lodos de estabilización, con base en la experiencia exitosa de casos previos, en condiciones geotécnicas

similares, o en el caso de realizar excavaciones de ensayo a escala natural *in situ* que demuestren un comportamiento satisfactorio. Los lodos de perforación deben cumplir lo especificado en la Tabla 621 — 2. Por su parte, las suspensiones con polímeros se deben usar siguiendo las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

Se pueden usar nuevas tecnologías de estabilización bajo la aprobación del interventor, previo sustento técnico de su funcionamiento y siguiendo las indicaciones y requisitos consignados en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante. Se debe realizar un acompañamiento técnico muy riguroso.

Tabla 621 — 2. Características de la suspensión mineral para lodos de perforación

Propiedad	Rango de resultados a 20 °C	Método de prueba (Nota 1)
Densidad antes de colocar el concreto, máximo (kg/m ³)	1 200	(Balanza de lodos) API RP 13B-1 Sección 4 o ASTM D4380
Viscosidad antes de colocar el concreto (s/qt)	26 – 45	(Cono Marsh) API RP 13B-1 Sección 6.2 o ASTM D6910
Contenido de arena por volumen antes de colocar el concreto (%)	≤ 4	(Medidor de contenido de arena) API RP 13B-1 Sección 9 o ASTM D4381
pH, durante la excavación	8 – 12	(Medidor pH o electrodo) API RP 13B-1 Sección 11 o ASTM D4972

Nota 1: API, *American Petroleum Institute*

Nota 2: en caso de ser aprobado el uso de lodos con agua salada, los valores de densidad pueden aumentar trescientos kilogramos por metro cúbico (300 kg/m³). No se debe permitir el uso de agua salada en caso de usar refuerzo o de no tomar medidas para garantizar la protección del acero de refuerzo.

Nota 3: el cono de Marsh especificado corresponde al modelo de ciento cincuenta y dos milímetros (152 mm) en boca de entrada y cuatro coma setenta y seis milímetros (4,76 mm) en boca de salida, embudo de trescientos cinco milímetros (305 mm) de altura y salida de cincuenta milímetros (50 mm) de altura.

Nota 4: las pruebas de viscosidad y pH se deben realizar durante la excavación del pozo, para establecer un patrón de trabajo consistente.

Nota 5: antes de colocar las armaduras del pilote de concreto armado, se deben tomar muestras del lodo de perforación a partir del fondo de la excavación y a intervalos que no excedan los tres metros (3 m) para la altura total del lodo de perforación. Cualquier lodo de perforación altamente contaminado que se haya acumulado en el fondo de la excavación del pilote debe ser reemplazado. Las características del lodo de perforación deben estar dentro de los requisitos especificados en la tabla al momento del vaciado.

621.3 Equipo

La construcción de pilotes preexcavados requiere de equipos para la elaboración de agregados pétreos y la fabricación del concreto, los cuales deben estar de acuerdo con el artículo 630.

En relación con el resto del equipo requerido, depende del sistema de construcción adoptado, pero básicamente incluye grúas, taladros, barrenos, baldes de achique, equipo desarenador, equipo de muestreo, tuberías de vaciado, tuberías de revestimiento, bombas de concreto y, en general, cualquier otro equipo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

621.4 Ejecución de los trabajos

621.4.1 Procedimiento constructivo

Para la ejecución de los trabajos el constructor debe seguir las indicaciones del estudio geotécnico y del diseño estructural de los documentos del proyecto. Este estudio debe definir si la perforación previa es estable en forma natural o si, por el contrario, se requiere estabilizarla con lodo mineral o polimérico, con entibado o encamisado. Los estudios, los diseños y las especificaciones deben estar avalados y firmados por el ingeniero geotecnista.

Se recomienda seguir las indicaciones en cuanto a procedimiento constructivo del documento ACI 336.3R, *Report on design and construction of drilled piers*. Es importante aclarar que los requisitos presentes en esta especificación se deben cumplir por encima de los encontrados en el documento ACI 336.3R. Con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos, el constructor debe presentar para aprobación del interventor el procedimiento constructivo. El informe debe contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Procedimiento de fabricación.
- Lista, descripción y documentos técnicos del equipo.
- Detalles de la secuencia de construcción.
- Detalles de los métodos de excavación de pozos.
- Detalles del método por utilizar para garantizar la estabilidad de la excavación y el plan de verificación de la idoneidad del método.
- Detalles del método propuesto para mezclar, recircular y desarenar el lodo de perforación, en caso de que se requiera.
- Detalles de los métodos de limpieza.
- Plan de disposición de material resultante de la excavación y lodos.
- Métodos para verificar la profundidad del pilote.
- Métodos para verificar la forma de las campanas, si ellas se requieren.

- Detalles de la colocación del refuerzo.
- Detalle de instalación y extracción de camisas temporales; instalación de camisas permanentes, en caso que se requieran.
- Detalles de dosificación, colocación, curado (cuando sea necesario) y protección del concreto.
- Detalles de las pruebas de carga requeridas, o pruebas especiales.
- Plan detallado de control de calidad.
- Información adicional requerida por el interventor.

Dentro de dicho informe se debe registrar la localización de los pilotes, las dimensiones generales de las perforaciones, las fechas de perforación y de vaciado, la profundidad y los espesores de los estratos y las características del material de apoyo. Durante la perforación se debe verificar que el material encontrado coincida con el estudio de suelos, para así hacer una verificación de la validez de los diseños de los documentos del proyecto, de acuerdo con lo encontrado en obra.

El constructor no puede iniciar la construcción de pilotes preexcavados mientras el procedimiento constructivo no haya sido aprobado por el interventor. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos. En caso de realizar algún cambio al plan del proceso constructivo, este debe tener la aprobación del interventor y los especialistas involucrados.

621.4.2 Protección de estructuras existentes

El constructor debe tomar las precauciones necesarias para evitar daños en las estructuras e instalaciones existentes en vecindades de la zona de los trabajos. Estas medidas

incluyen, pero no se limitan, a la selección de los métodos y procedimientos de construcción que eviten socavación excesiva en la excavación de pozos, monitoreo y control de vibraciones provenientes del hincado de camisas y de la perforación del pozo o de las voladuras, en caso de que estas se permitan.

Todos los daños y las molestias que se produzcan por este motivo son de su única y absoluta responsabilidad y, por tanto, todas las acciones técnicas y de cualquier otra índole que se deban acometer para enfrentar y resolver la situación planteada, deben ser ejecutadas por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

621.4.3 Métodos de excavación

Se debe construir una guía antes de iniciar la perforación con el objetivo de preservar la seguridad del personal y la calidad del pilote. El proceso de excavación se debe realizar de forma continua hasta que se complete la excavación y solo se permiten pausas para realizar empalmes de camisas o eliminación de obstrucciones. Se debe seguir el procedimiento constructivo determinado por el estudio geotécnico y se debe garantizar una zona de trabajo idónea, capaz de resistir el peso del equipo utilizado para la excavación.

Toda excavación de fundaciones en las cuales existan pilotes preexcavados o perforados, debe ser terminada antes de iniciar la construcción de los pilotes. Cuando se deban instalar pilotes preexcavados en conjunto con la colocación de terraplenes, los pilotes se deben construir después de la colocación del relleno, a menos que los documentos del proyecto o el interventor indiquen lo contrario.

Se debe llevar un registro continuo de la perforación de cada pilote, donde se consignen la profundidad y la calidad del terreno excavado, además de los rendimientos obtenidos durante el proceso, consecutivo de pilotes, localización (coordenadas), especificaciones de la estabilización, tipo de armadura de refuerzo, método constructivo y demás datos necesarios para la posterior construcción del pilote.

En caso de realizar excavaciones para pilotes a corta distancia entre sí o respecto a otro tipo de estructuras, se deben tomar las medidas necesarias para evitar colapsos, pilotes fuera de posición o daños de estos. El estudio geotécnico debe determinar las distancias mínimas entre pilotes, además del proceso constructivo. Se debe garantizar que en obra se siguen dichas indicaciones.

Las excavaciones de pilote no se deben realizar demasiado cerca de otra excavación en la que el concreto colocado no ha alcanzado la resistencia de diseño.

Para el caso de perforaciones para pilotes con ampliación de la base (campana), esta se debe realizar vertical en los primeros veinte centímetros (20 cm) y luego formar con la horizontal un ángulo no menor de sesenta grados (60°).

Las excavaciones para pilotes acampanados se deben efectuar de acuerdo con las dimensiones y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. El método por utilizar es el señalado en dichos documentos y debe ser el adecuado para los fines propuestos y los materiales existentes. Si no se indica ningún método en particular, el constructor puede seleccionar y utilizar el sistema que

considere apropiado para realizar el trabajo, el cual debe someter a la aprobación del interventor.

621.4.4 Verificación del fondo de la excavación

Antes de la fundida, se debe realizar la inspección directa o indirecta del fondo de la perforación (donde se apoya el pilote) para evaluar sus características y verificar que todos los materiales derrumbados han sido removidos. La cota de fondo del pilote mostrada en los documentos del proyecto se puede ajustar durante el proceso de construcción, si se determina que el material de fundación encontrado no es adecuado y difiere del considerado en el diseño de los pilotes.

El constructor debe tomar las muestras o núcleos de roca indicados en los documentos del proyecto u ordenados por el interventor para determinar las características del material que se encuentra por debajo de la excavación del pilote. El interventor debe determinar, una vez inspeccionados los núcleos o las muestras, la profundidad final de la excavación del pozo.

Los materiales provenientes de la excavación y los líquidos utilizados en la perforación deben ser retirados, de acuerdo con las disposiciones establecidas en los documentos del proyecto o según lo ordene el interventor.

Cuando los documentos del proyecto indiquen cimientos acampanados, estos deben ser excavados para conformar un área de apoyo de la forma y el tamaño indicados en dichos documentos. La forma de campana se obtiene mediante la utilización de métodos mecánicos de excavación.

621.4.5 Hinca de camisas

Las camisas, que pueden ser temporales o definitivas, se deben hincar con un procedimiento adecuado, empleando equipos previamente aprobados por el interventor.

En el caso de camisas definitivas, al término de la excavación, el encamisado se debe recortar a la cota indicada en los documentos del proyecto. Luego del vertimiento del concreto, todos los espacios entre la camisa y la excavación se deben llenar con material que se aproxime a las propiedades geotécnicas del suelo *in situ*. Cuando se presenten desplazamientos del terreno, se deben realizar mediciones frecuentes del diámetro en al menos dos direcciones; también, verificar las elevaciones de la camisa.

En el caso de camisa permanente y al término de la excavación, el encamisado se debe recortar a la cota indicada.

Las camisas temporales se deben retirar mientras el concreto sea manejable. Generalmente, el retiro de las camisas temporales no se debe iniciar hasta tanto el concreto no se encuentre al nivel o por encima de la superficie del terreno. Se permite el empleo de un movimiento de rotación de la camisa ejerciendo presiones hacia arriba para facilitar su extracción o la utilización de un implemento vibratorio. La extracción de la camisa se debe realizar lentamente, a una velocidad uniforme, con una tracción paralela al eje del pilote. Sobre el fondo de la camisa se debe mantener una cabeza de concreto suficiente para vencer la presión hidrostática ejercida por el agua o el líquido de perforación que esté por fuera de la camisa.

621.4.6 Lodos de perforación

Cuando se requiera emplear la suspensión, cuyas características se han definido en el numeral 621.2.4, su nivel se debe mantener a una altura adecuada para garantizar la estabilidad de la excavación. El nivel debe estar siempre, como mínimo:

- Uno coma cinco metros (1,5 m) por encima del nivel freático y zonas inestables para el caso de lodos minerales.
- Tres metros (3 m) por encima del nivel freático y zonas inestables para lodos con contenido de polímeros. Esta dimensión puede ser menor si la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante del lodo lo indica y el interventor lo aprueba.

La suspensión mineral debe ser premezclada con agua dulce y permitírsele suficiente tiempo de hidratación, antes de introducirla en la excavación del pozo.

Cuando lo indiquen los documentos del proyecto, se deben proporcionar tanques adecuados para la suspensión, pero en este caso no se permiten pozos excavados de suspensión, a menos que el interventor lo apruebe por escrito. Se deben tomar las medidas que se requieran, tales como agitación, circulación y ajuste de las propiedades de la suspensión, con el fin de evitar el fragüe de esta en la excavación del pozo.

Antes de colocar el concreto del pilote, se deben tomar muestras de la suspensión desde el fondo y a intervalos que no superen los tres metros (3 m) en toda la altura de la suspensión. Cualquier suspensión altamente contaminada que se haya acumulado en el fondo del pozo, debe ser renovada.

Inmediatamente antes de iniciar el vaciado del concreto para el pilote, la suspensión mineral o polimérica debe estar dentro de los requisitos establecidos en la Tabla 621 — 2. Si estos requisitos no se cumplen, la suspensión se debe renovar hasta obtenerlos para poder iniciar el proceso de colocación del concreto.

621.4.7 Inspección de la excavación

El constructor debe suministrar equipo para verificar las dimensiones y alineamientos de cada excavación de pilotes. Tal verificación la debe hacer bajo la dirección del interventor. La profundidad final del pozo se debe medir luego de completar la limpieza final.

La excavación del pozo se debe limpiar hasta que el cincuenta por ciento (50 %) de la base, como mínimo, tenga menos de un centímetro (1 cm) de sedimento y, en ningún lugar de la base, más de cuatro centímetros (4 cm) de sedimento.

La limpieza del pozo debe ser aprobada por el interventor.

621.4.8 Construcción y colocación de la canasta de refuerzo

La canasta de refuerzo comprende el acero indicado en los documentos del proyecto, adicionado de las varillas de refuerzo de la canasta y de espaciadores, centralizadores y otros accesorios necesarios completamente ensamblados y colocados como una unidad, inmediatamente después de que el interventor inspeccione y acepte la excavación del pozo, y antes de la colocación del concreto. La canasta de refuerzo se debe construir de acuerdo con las especificaciones y los

detalles presentados en los documentos del proyecto, incluyendo requisitos para traslapes de armadura, estribos, soldaduras y demás especificaciones de la canasta.

El acero de refuerzo dentro del pozo se debe amarrar y soportar dentro de las tolerancias permitidas, hasta que el concreto lo soporte por sí mismo.

Cuando se coloque el concreto por medio de tubería de vaciado, se deben utilizar dispositivos de anclaje temporales, para evitar que la canasta se levante durante la colocación del concreto.

Los espaciadores de concreto o cualquier otro dispositivo de separación no corrosivo aprobado, deben ser utilizados a intervalos que no excedan de uno coma cinco metros (1,5 m) a lo largo del pozo, para garantizar la posición concéntrica de la canasta dentro de la excavación. Cuando las varillas de refuerzo longitudinal exceden de veinticinco milímetros (25 mm) (nro. 8), dicho espaciamiento no debe ser mayor de tres metros (3 m).

621.4.9 Colocación, curado (cuando sea necesario) y protección del concreto

El concreto debe ser vaciado dentro del pozo, tan pronto como sea posible, luego de colocar la canasta de acero de refuerzo con todos sus aditamentos. La colocación del concreto se debe realizar con procedimientos que eviten la segregación de este y su contaminación. Esta contaminación puede ser con el lodo estabilizador de la perforación o con derrumbes de las paredes de la excavación.

El constructor debe cuidar que, en ningún momento, la altura de caída del hormigón sea mayor de un metro (1,0 m). En caso de que el concreto vaya a ser colocado bajo agua o suspensión, debe ser colocado mediante un tubo de vaciado (tubo tremie) o por medio de bombeo. El tubo tremie se debe mantener en todo momento con su punta hundida a lo menos dos metros (2 m) en el hormigón fresco. De esta forma, se debe garantizar la salida del hormigón contaminado a la superficie para su eliminación.

Se permite realizar la excavación y la construcción de los pilotes, mediante la metodología CFA (*Continuous Flight Auger*). El procedimiento constructivo y pruebas requeridas para los pilotes CFA deben ser presentadas al interventor y evaluadas por él mismo para su aprobación. Solo se puede iniciar la construcción una vez sea aprobado por el interventor.

La colocación del concreto debe ser continua hasta la cota superior del pozo y seguirse una vez llenado este, hasta que se evidencie la buena calidad del concreto. No se deben aceptar, en ningún caso, interrupciones, motivando el rechazo del pilote si esto sucediera.

Para pozos con diámetros inferiores a dos coma cuarenta metros (2,40 m), el tiempo transcurrido desde el comienzo de colocación del concreto hasta su terminación no debe exceder de dos horas (2 h). Para pozos de diámetro igual o mayor, la rata de colocación de concreto no debe ser inferior a nueve metros (9 m) de altura del pozo por cada periodo de dos horas (2 h).

La mezcla del concreto debe ser de un diseño tal, que permita mantener su estado plástico durante el límite de colocación de dos horas (2 h).

Cuando la cota superior del pilote queda por encima del terreno, la porción que sobresale debe ser conformada con una formaleta removable o una camisa permanente, cuando así lo establezcan los documentos del proyecto.

Cuando se desplante la cimentación sobre el concreto sano del pilote se debe dejar, en la parte superior, una longitud adicional de concreto equivalente al noventa por ciento (90 %) del diámetro de este. El concreto que acarrea las impurezas durante el proceso de vaciado, puede ser retirado con un equipo neumático hasta un nivel no menor de veinte centímetros (20 cm) arriba de la cota de desplante. Estos últimos veinte centímetros (20 cm) se deben retirar manualmente evitando que se produzcan fisuras en el concreto del pilote que recibe el resto de la cimentación. En el caso de pilotes excavados manualmente y vaciados en seco, la longitud adicional puede ser hasta de cincuenta por ciento (50 %) del diámetro del pilote, evitando remover el concreto en estado fresco. Esta parte se debe retirar siguiendo los lineamientos previamente indicados.

Se debe garantizar que las varillas de refuerzo del pilote descabezado tengan la longitud necesaria para su anclaje a los elementos estructurales que se deben conectar al pilote.

El concreto del pilote debe ser vibrado o manipulado con una varilla, hasta una profundidad de cinco metros (5 m) debajo de la superficie del terreno, con los equipos de vibrado del concreto necesarios, excepto cuando el material blando o suspensión que permanezca en la excavación se pueda mezclar con el concreto.

Luego de la colocación, las superficies expuestas transitoriamente del pilote de concreto

deben ser curadas. No se deben ejecutar operaciones de construcción por lo menos durante cuarenta y ocho horas (48 h) después de la colocación del concreto, para evitar movimientos del terreno adyacente al pilote. Solamente se permite un vibrado moderado.

Las partes de pilotes expuestas a cuerpos de agua deben ser protegidas contra la acción del agua, dejando las formaleas por lo menos siete días (7 d) después de la colocación del concreto.

Se debe realizar un control del volumen real colocado, es decir, se debe calcular el volumen teórico y compararlo con el volumen real instalado. En el caso en que el volumen real colocado sea apreciablemente menor que el volumen teórico, esto puede indicar que se presentaron colapsos de paredes laterales o contaminación del concreto, por lo cual el constructor debe tomar medidas al respecto.

621.4.10 Perforación de prueba para pilotes preexcavados

Se deben ejecutar perforaciones de prueba para pilotes preexcavados, cuando se establezca de esta forma en los documentos del proyecto o lo ordene el interventor. Dichas pruebas se deben utilizar para determinar si los métodos, el equipo y los procedimientos empleados por el constructor son suficientes para lograr excavaciones de pilotes que cumplan con los requisitos establecidos en los documentos del proyecto.

Durante la ejecución de las perforaciones de prueba, el constructor debe revisar en forma permanente el comportamiento de la excavación y el tipo de suelo obtenido de la

excavación, para verificar la información del estudio de suelos. El constructor debe realizar una comparación general entre el perfil de suelos reportado en el estudio de suelos de los documentos del proyecto y el obtenido en la excavación. Si es necesario, de forma oportuna debe solicitar la verificación de los diseños o realizar los ajustes necesarios de los métodos o, el equipo o los procedimientos empleados, con el fin de completar satisfactoriamente la excavación.

La localización de los sitios para la ejecución de las perforaciones de prueba de pilotes debe ser la indicada en los documentos del proyecto o la ordenada por el interventor. El diámetro y la profundidad de las perforaciones de prueba deben ser los mismos de los pilotes preexcavados definitivos mostrados en los documentos del proyecto u ordenados por el interventor. Las perforaciones se deben llenar de la misma manera que los pilotes definitivos, a menos que se muestre en los documentos del proyecto o se indique por el interventor un material diferente de relleno.

621.4.11 Pruebas de carga

En los documentos del proyecto, el diseñador debe establecer las pruebas de carga por realizar para la evaluación de los pilotes de concreto. Para la realización de las pruebas el constructor debe seguir las indicaciones del diseñador consignadas en los documentos del proyecto y aquellas impartidas por el interventor.

La localización de los pilotes de prueba y los pilotes de reacción, las cargas máximas por aplicar, el equipo de prueba que debe suministrar el constructor y la ejecución de las

pruebas de carga, corresponden a lo indicado en los documentos del proyecto, por el diseñador o en las disposiciones especiales allí establecidas. Los tipos de prueba son los establecidos en los documentos del proyecto.

Se debe utilizar el procedimiento que corresponda de los establecidos en las normas indicadas en la Tabla 621 — 3, según el tipo de prueba.

Tabla 621 — 3. Normas de referencia para pruebas de carga de pilotes

Tipo de prueba de carga	Norma ASTM
Carga de compresión axial estática	D1143
Carga de tensión axial estática	D3689
Carga lateral estática	D3966
Prueba de carga dinámica de alta deformación	D4945
Prueba de carga rápida a compresión por pulso de carga tipo <i>Statnamic</i>	D7383

Luego de completar la prueba, los pilotes de reacción que no han de ser utilizados como pilotes definitivos, se deben cortar a un metro (1 m) por debajo de la superficie del terreno, y la parte cortada debe ser retirada por el constructor.

El constructor debe suministrar las cotas de punta especificadas para los pilotes definitivos dentro de las dos (2) semanas posteriores a la última prueba de carga, lapso dentro del cual el interventor debe analizar la información de las pruebas. Las cotas de punta reportadas deben ser las establecidas y obtenidas durante la construcción del pilote.

Se debe llevar registro por lo menos de los siguientes aspectos:

- Condiciones del subsuelo en el lugar de la prueba.
- Descripción del pilote.
- Información obtenida durante la instalación y pruebas, incluyendo observaciones e incidentes.

- Datos y descripción del sistema de carga y del método de prueba.
- Tabla de cargas y deformaciones durante las etapas de carga y descarga del pilote.
- Gráfica de la curva asentamientos-tiempo para cada incremento de carga.

621.4.12 Pruebas de integridad

En los documentos del proyecto, el diseñador debe establecer el método (ASTM D5882 o ASTM D6760) para evaluar la integridad de los pilotes de concreto. Igualmente, se debe garantizar que el método es adecuado técnicamente para la relación diámetro profundidad del pilote. El porcentaje de pilotes a ser ensayados debe estar definido por el diseñador en los documentos del proyecto, pero no puede ser inferior del veinte por ciento (20 %) de los pilotes y la cantidad de pilotes a ser ensayados tampoco debe ser menor de dos (2) pilotes.

Para la realización de las pruebas, el constructor debe seguir las indicaciones del diseñador

consignadas en los documentos del proyecto. Se debe utilizar el procedimiento que corresponda de los establecidos en las nor-

mas indicadas en la Tabla 621 — 4, según el tipo de prueba.

Tabla 620 — 4. Normas de referencia para pruebas de integridad de pilotes

Tipo de prueba de integridad	Norma ASTM
Prueba de integridad de baja deformación por impacto	D5882
Prueba de integridad por ultrasonido mediante probetas introducidas en tubos paralelos instalados dentro del pilote (<i>crosshole testing</i>)	D6760

621.4.13 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores de pilotes preexcavados de concreto se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Para la disposición de desechos tales como material terreo, lodos (bentonítico o polimérico) y escombros como los obtenidos del descabece de los pilotes, el constructor debe destinar un área para recolectar dicho material y transportarlo a algún lugar autorizado por la autoridad ambiental. Para realizar el proceso de disposición de desechos, se debe

contar con los certificados de las entidades regulatorias de los botaderos donde se pretenden disponer estos. No se permite hacer vertimientos del lodo en el drenaje urbano.

621.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

621.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantan los siguientes controles principales:

- Comprobar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo de construcción.
- Vigilar que se apliquen métodos de trabajo apropiados para el tipo de obra en ejecución.
- Realizar métodos para verificar la verticalidad de la excavación en caso de ser solicitados por el interventor.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad establecidos en el numeral 621.2.

Adicionalmente, el interventor, en particular, debe adelantar los siguientes controles principales:

- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del constructor.
- Verificar que el constructor emplee el equipo aprobado.
- Exigir al constructor la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.
- Ordenar las pruebas necesarias para comprobar la integridad y la capacidad de carga de los pilotes y efectuar las determinaciones pertinentes.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el constructor, en acuerdo con la presente especificación.

621.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

621.5.2.1 Calidad del concreto

En relación con la calidad de los ingredientes y de la mezcla de concreto, rige todo lo aplicable del artículo 630.

No se deben aceptar los pilotes cuya calidad de concreto resulte defectuosa.

El constructor debe ejecutar, sin costo adicional para INVÍAS, las verificaciones técnicas, los diseños y las obras que se requieran para sustituir los pilotes defectuosos por nuevos y reforzar las estructuras que se apoyen en estos, de manera que se conserven las condiciones de resistencia, seguridad y funcionalidad del diseño original.

Las modificaciones propuestas por el constructor deben ser aprobadas por el interventor.

621.5.2.2 Acero de refuerzo

La calidad del acero de refuerzo debe cumplir lo establecido en el artículo 640.

En relación con las canastas de refuerzo, se deben aceptar las tolerancias indicadas en el mismo artículo.

Las canastas de refuerzo que no cumplan estos requisitos no pueden ser instaladas en los pilotes del proyecto.

621.5.2.3 Calidad de la suspensión

Sus características se deben ajustar, en todo, a las exigencias del numeral 621.2.4.

No se puede iniciar la construcción de los pilotes si la suspensión mineral o con polímero que está lista para su uso no cumple con los requisitos establecidos en el mencionado numeral para el momento de introducirla en la perforación; tampoco se debe autorizar el inicio del vaciado del concreto si la suspensión dentro de la perforación no cumple con los requisitos establecidos para el momento del vaciado.

La toma de muestras de la suspensión se debe realizar en presencia del interventor y se debe tomar registro de la fecha, hora, nombres de las personas que tomaron la muestra y los resultados obtenidos.

621.5.2.4 Camisas de acero

Su calidad debe satisfacer las exigencias del numeral 621.2.3. Su diámetro debe ser el establecido en los documentos del proyecto, con las tolerancias que se indican en el siguiente numeral.

Las camisas que no cumplan los requisitos no pueden ser instaladas en los pilotes del proyecto.

621.5.2.5 Tolerancias de construcción

En la construcción de los pilotes preexcavados se deben aceptar las siguientes tolerancias de construcción:

- El desplazamiento horizontal de los pilotes preexcavados, con respecto a la posición indicada en los documentos del proyecto, no debe exceder el menor valor entre el diez por ciento (10 %) del diámetro del pilote y siete coma cinco centímetros (7,5 cm), en cualquier dirección, en el nivel proyectado para la cabeza del pilote.
- El alineamiento vertical de la excavación del pilote no debe variar del alineamiento proyectado en más de dos centímetros por metro (2 cm/m) de profundidad.
- Luego de colocado el concreto, el extremo superior de la canasta de refuerzo no debe quedar más de quince centímetros (15 cm) por encima ni más de siete coma cinco centímetros (7,5 cm) por debajo de la posición proyectada.
- Cuando se utilicen camisas, su diámetro exterior no debe ser inferior al diámetro del pilote indicado en los documentos del proyecto. En caso contrario, el diámetro mínimo del pozo perforado debe ser igual al diámetro indicado en dichos documentos para diámetros de sesenta centímetros (60 cm) o menos, y hasta dos coma cinco centímetros (2,5 cm) menor de dicho diámetro, para pozos de diámetro superior a sesenta centímetros (60 cm).
- El área de apoyo de pilotes acampanados debe ser excavada, como mínimo, igual al área de apoyo proyectada. Cualquier otra

dimensión indicada para cilindros acampanados puede variar para ajustarse al equipo utilizado, siempre que lo apruebe el interventor.

- El nivel superior del pozo no debe exceder de dos coma cinco centímetros (2,5 cm) del nivel superior especificado.
- El fondo de la excavación del pozo debe quedar perpendicular a su eje, con una desviación máxima de seis centímetros por metro (6 cm/m) de diámetro del pozo.

No se debe aceptar ningún pilote que no cumpla con las tolerancias estipuladas. En tal caso, el constructor debe remitir para aprobación del interventor los métodos correctivos y no puede continuar con la construcción del pilote, hasta obtener la aprobación respectiva.

621.5.2.6 Ensayos no destructivos

Cuando el pilote se construya por el método húmedo y cuando lo exijan los documentos del proyecto o el interventor, el pilote terminado se debe someter a pruebas no destructivas para determinar el alcance de los defectos que se puedan presentar en este.

El trabajo para tales pruebas se debe realizar de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, y los materiales, equipos y personal calificado necesarios, deben ser suministrados por el constructor.

Si los resultados de los ensayos no destructivos, tales como ensayos sínicos o de impedancia mecánica, revelaran posibles anomalías, el interventor puede ordenar la comprobación del diseño teórico del pilote o la comprobación de la continuidad del pilote mediante sondeos, de cuya interpretación

puede establecer la necesidad de realizar pruebas de carga, la reparación del pilote o su rechazo, siendo los costos, en cualquier caso, a cargo del constructor.

Si las pruebas realizadas descubren la presencia de vacíos o discontinuidades que, a criterio del interventor, indiquen que el pilote no es estructuralmente adecuado, o que disminuyan su capacidad estructural en más del diez por ciento (10 %), este debe ser rechazado y suspendida la construcción de pilotes adicionales hasta que el constructor repare, reemplace o suplemente el trabajo defectuoso, y el interventor apruebe el trabajo de reparación. La suspensión en la construcción de pilotes preexcavados debe permanecer hasta que el interventor apruebe las modificaciones que se deban hacer a los métodos de construcción de los pilotes, presentadas por el constructor.

Todo defecto de calidad de los materiales, de ejecución o terminación de los pilotes preexcavados debe ser corregido por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y su aprobación.

621.6 Medida

621.6.1 Pilotes preexcavados

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de pilotes preexcavados de cada diámetro, construidos de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación, aprobados por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se debe realizar a lo largo del eje del pilote, a partir de las cotas de punta y de corte señaladas en los documentos del proyecto.

En la medida se deben incluir los pilotes empleados en las pruebas de carga efectuadas por indicación de los documentos del proyecto o por solicitud del interventor, así ellos no queden incorporados en la estructura permanente. No se deben medir para pago los pilotes empleados en las pruebas de carga ordenadas por el interventor por dudas en la calidad de algún pilote, como tampoco los empleados en las pruebas que se efectúan por solicitud del constructor.

621.6.2 Bases acampanadas

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la centésima (0,01), de base acampanada de concreto construida de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación, aprobada por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se debe calcular con base en las dimensiones y formas especificadas en los documentos del proyecto y corresponde al volumen por fuera de las dimensiones del pilote que se extiende hasta el fondo de la campana.

621.6.3 Perforación de prueba para pilotes

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de perforación de prueba para pilote del diámetro especificado, ejecutada; aprobada por el interventor.

La medida se debe realizar desde la cota del terreno al instante de iniciar la perforación, hasta el fondo de esta. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.6.4 Perforaciones de prueba para bases acampanadas

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la centésima (0,01), de perforación de prueba para base acampanada ejecutada; aprobada por el interventor. El volumen se debe calcular aplicando el mismo procedimiento descrito en el numeral 621.6.2. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.6.5 Camisas permanentes

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de camisa permanente de cada diámetro, suministrada e instalada; aprobada por el interventor. La medida se debe realizar a lo largo de la camisa, desde el nivel superior de ella o del pilote, el que sea menor, hasta el fondo de la camisa en cada lugar donde se haya autorizado su utilización. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.6.6 Pruebas de carga

Las pruebas de carga se deben medir por unidad (u), computándose únicamente las establecidas en los documentos del proyecto y las ordenadas por el interventor, salvo en el caso señalado en el párrafo siguiente.

Las pruebas de carga ordenadas por el interventor por dudas en la calidad del pilote no se deben medir para pago, como tampoco las que se efectúen por solicitud del constructor.

621.6.7 Pruebas de integridad

Si los documentos del proyecto contemplan que las pruebas de integridad se pagan por separado, ellas se deben medir por unidad (u), computándose únicamente las establecidas en los documentos del proyecto y las ordenadas por el interventor, salvo en el caso señalado en el párrafo siguiente.

Las pruebas de integridad ordenadas por el interventor por dudas en la calidad del pilote no se deben medir para pago, como tampoco las que se efectúen por solicitud del constructor.

621.6.8 Descabece de pilotes

El descabece de pilotes se debe medir al metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), a las cotas y niveles definidos en los documentos del proyecto, para lo cual se debe verificar el trazo y la nivelación de los pilotes conforme a los niveles establecidos en el diseño definitivo. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

621.7 Forma de pago

621.7.1 Pilotes preexcavados

El pago de pilotes preexcavados se debe realizar de acuerdo con el precio unitario del contrato y debe incluir todos los

costos relacionados con la excavación del pozo, retiro, cargue, transporte y disposición del material proveniente de la excavación, el suministro y la colocación del acero de refuerzo y el concreto, y el curado (cuando sea necesario) de este último, lo mismo que la mano de obra, equipo, materiales, suministro, instalación y remoción de las camisas temporales; así como la provisión de todos los demás accesorios necesarios para completar el trabajo de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación, aprobados por el interventor.

Si los documentos del proyecto así lo establecen, el precio unitario debe incluir los costos de las pruebas de integridad, incluyendo todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución.

El precio unitario debe incluir los costos de preparación de los planos de trabajo, así como los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.2 Bases acampanadas

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por todo volumen de base acampanada construido de acuerdo con esta especificación y aprobado por el interventor. El precio unitario debe incluir los costos de excavación, remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto por fuera del diámetro del pilote perforado; así como toda la mano de obra, materiales, equipo y demás costos adicionales que se requieran para la correcta terminación de las bases acampanadas.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.3 Perforación de prueba para pilotes

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por toda perforación de prueba para pilotes ejecutada satisfactoriamente. El precio unitario debe incluir todos los costos de excavación, remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto o material de relleno; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta ejecución de las perforaciones de prueba para pilotes de acuerdo con los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

Si los documentos del proyecto así lo establecen, el precio unitario debe incluir los costos de las pruebas de integridad, incluyendo todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución. En caso contrario, estas pruebas se deben pagar como se indica en el numeral 621.7.7.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.4 Perforaciones de prueba para bases acampanadas

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por toda perforación de prueba para bases acampanadas ejecutada, aprobada por el interventor. El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de excavación y remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto o material de relleno

por fuera del diámetro del pilote perforado; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta terminación de las perforaciones de prueba para bases acampanadas.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.5 Camisas permanentes

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, el cual debe cubrir todos los costos por concepto del suministro y la correcta instalación de las camisas permanentes en los sitios y con las dimensiones previstas en los documentos del proyecto o aprobadas por el interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.6 Pruebas de carga

Se deben pagar al respectivo precio unitario del contrato, el cual debe incluir todos los costos relacionados con su correcta ejecución, según lo determine el interventor, incluido el corte de los pilotes de reacción y el retiro y la disposición del material cortado.

Las pruebas de carga en los pilotes de trabajo realizadas porque, a criterio del interventor, existen dudas con respecto a la calidad del pilote, no se deben medir ni pagar, como tampoco las que se efectúen por solicitud del constructor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.7 Pruebas de integridad

Si los documentos del proyecto contemplan que las pruebas de integridad se deben pagar por separado, el pago se debe realizar al respectivo precio unitario, el cual debe incluir todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución.

Las pruebas de integridad realizadas porque, a criterio del interventor, existen dudas con respecto a la calidad del pilote, no se deben medir ni pagar, como tampoco las que se efectúen por solicitud del constructor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.8 Descabece de pilotes

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por toda actividad de descabece de pilotes ejecutada satisfactoriamente. El precio unitario debe incluir todos los costos de demolición, obra falsa, retiro, carga, transporte y disposición del material; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta ejecución de las actividades de descabece de pilotes de acuerdo con los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

621.7.9 Otras consideraciones

En todos los casos, el respectivo precio unitario debe incluir los costos necesarios para

la protección de las estructuras aledañas, así como los de señalización preventiva de la vía y ordenamiento del tránsito automotor durante el periodo de ejecución de los trabajos. Los ensayos no destructivos en los pilotes, realizados por dudas en la calidad del pilote surgidas al interventor por causas imputables al constructor, no se deben medir ni pagar, como tampoco los que se efectúen por solicitud de este último.

621.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
621.1	Pilote de concreto vaciado <i>in situ</i> , de diámetro ____	Metro (m)
621.2	Base acampanada	Metro cúbico (m ³)
621.3	Perforación de prueba para pilote, de diámetro ____	Metro (m)
621.4	Perforación de prueba para base acampanada	Metro cúbico (m ³)
621.5	Camisa permanente de diámetro exterior ____	Metro (m)
621.6	Prueba de carga tipo ____	Unidad (u)
621.7	Prueba de integridad tipo ____	Unidad (u)
621.8	Descabece de pilotes	Metro cúbico (m ³)

Nota: se deben elaborar ítems de pago independientes por cada diámetro de pilote, por cada diámetro de camisa permanente y por cada tipo de prueba de carga o de integridad que contemplen los documentos del proyecto.

Tablestacados

Artículo 622 – 22

622.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro o la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento e hincado de tablestacas de los tipos, secciones y longitudes indicados en los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

También, comprende el suministro y erección de cualquier arriostramiento, macizos de anclaje, tirantes y otros componentes que muestren los documentos del proyecto y que sean necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

622.2 Materiales

622.2.1 Tablestacado de madera

Se debe utilizar madera aserrada o desbastada, tratada o sin tratar, de la mejor calidad que se encuentre en la zona de las obras, y que su resistencia se haya considerado dentro del diseño previamente realizado a partir de resultados experimentales según lo descrito en la norma ASTM D143, o las que resulten aplicables en función de la propiedad física y mecánica requerida, de acuerdo con lo señalado en los documentos del proyecto o en sus especificaciones particulares. Su calidad debe ser tal, que soporte satisfactoriamente el hincado, sin presentar agrietamientos o daños por el proceso.

622.2.2 Tablestacado de concreto reforzado

Los documentos del proyecto deben definir la clase de concreto para las tablestacas de concreto reforzado; en caso de que esta información no esté indicada en los documentos del proyecto o en especificaciones particulares, el concreto debe tener una resistencia mínima a la compresión de veintiocho megapascales (28 MPa) a veintiocho días (28 d). Los materiales, su preparación y fabricación deben estar de acuerdo con el artículo 630, Concreto estructural. El acero para el refuerzo debe llenar los requisitos del artículo 640, Acero de refuerzo.

622.2.3 Tablestacado de concreto pre-esforzado

Los documentos del proyecto deben precisar la clase de concreto para las tablestacas de concreto pre-esforzado; en caso de que esta información no esté indicada en los documentos del proyecto o en especificaciones particulares, el concreto debe tener una resistencia mínima a la compresión de treinta y cinco megapascales (35 MPa) a veintiocho días (28 d). Los materiales, su preparación y fabricación deben estar de acuerdo con el artículo 630. El acero para refuerzo debe llenar los requisitos del artículo 640; los cables de alta resistencia los del artículo 641, Acero de

preesfuerzo y la lechada para ductos los del artículo 631, Lechada para ductos de concreto preesforzado.

622.2.4 Tablestacado metálico

Se deben utilizar láminas metálicas del tipo, espesores y características físicas, químicas y mecánicas señaladas en los documentos del proyecto o en las especificaciones particulares. Se pueden utilizar perfiles laminados de acero al carbono sin aleación especial, cuya resistencia característica a tracción cumpla con lo establecido en la norma ASTM A328. En todos los casos, el metal debe cumplir los requisitos del artículo 650, Estructuras de acero, de estas especificaciones.

El tablestacado debe cumplir, también, lo señalado en las especificaciones ASTM A328 y NTC 4537 (ASTM A6) salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares indiquen algo diferente.

El acero debe permitir soldadura eléctrica.

622.2.5 Consideraciones especiales respecto de la reutilización de tablestacas

Solamente se debe permitir la reutilización de tablestacas cuando así lo indiquen los documentos del proyecto; en este caso, se debe garantizar que cumplan las especificaciones de este artículo y las especificaciones particulares del proyecto en relación con el tipo, tamaño y calidad de los materiales.

En especial, se debe atender el requerimiento de la flecha formada por el elemento respecto de la recta que definen sus dos extremos, indicada en el numeral 622.5.2.2.

En el caso de que las tablestacas posean pestañas para adosarse unas con otras, estas se deben encontrar en un estado aceptable, permitiendo su unión sin ninguna dificultad.

622.2.6 Mortero

El mortero requerido para el sello de juntas y calafates de tablestacados de concreto debe estar especificado en los documentos del proyecto. En el caso de que no exista información, debe estar compuesto por una mezcla de una (1) parte de cemento y dos (2) de arena limpia, en volumen.

622.3 Equipo

El constructor debe disponer de todos los equipos necesarios para la preparación, transporte e instalación adecuada de las tablestacas. En particular, los equipos y métodos de instalación o hinca, deben ser los comúnmente recomendados para esta clase de trabajos; igualmente, las herramientas para el recorte de tablestacas deben ser adecuadas para el material por cortar.

Los equipos que utilicen martillos para la hinca de las tablestacas, deben tener guías en todo el recorrido para propiciar el golpe, las cuales deben contar con la aprobación del interventor.

622.4 Ejecución de los trabajos

622.4.1 Condiciones generales

En caso de que no existan diseños del tablestacado, es responsabilidad del constructor tanto el proyecto como su construcción. Estos deben poseer la rigidez suficiente para

soportar todas las cargas y demás acciones posibles de ocurrir durante la etapa constructiva y garantizar que la obra acabada tenga la geometría, las dimensiones y los alineamientos indicados en los documentos del proyecto.

622.4.2 Procedimiento constructivo

Con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos, el constructor debe presentar para aprobación del interventor, el procedimiento constructivo. El informe debe contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

- Lista completa del equipo.
- Disposición y manejo del patio de fabricación de las tablestacas (si se contempla prefabricación).
- Procedimiento de fabricación (si se contempla prefabricación).
- Procedimiento de cargue, transporte e izado y verificación de la capacidad de las tablestacas para resistir los esfuerzos que se generan con estas operaciones.
- Método y secuencia de hincado.
- Características del martillo, con sus respectivos soportes, acompañadas del análisis del cumplimiento de los requisitos establecidos para el mismo en esta especificación.
- Comprobación de la capacidad del martillo para el cumplimiento de los requisitos del proyecto en cuanto a profundidad y penetración en el estrato portante (si se requiere).
- Verificación de la conservación de las características de las tablestacas en el proceso de hinca.
- Criterio de rechazo, si aplica.

- Programa de ejecución.
- Programa de control de calidad.

El constructor no puede iniciar la construcción del tablestacado, mientras el procedimiento constructivo no haya sido aprobado por el interventor. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos.

622.4.3 Suministro, manejo y almacenamiento

El constructor debe suministrar los elementos con las dimensiones y las características físicas señaladas en los documentos del proyecto.

El manejo y el almacenamiento de las tablestacas se debe realizar buscando garantizar mayor seguridad de las personas e instalaciones circundantes a la obra, atendiendo la normativa al respecto. Cualquier daño o perjuicio causado es responsabilidad del constructor, quien debe responder por ello con sus propios recursos.

El transporte y manejo del tablestacado se deben efectuar con el mayor cuidado, para evitar cualquier deformación o ruptura total o parcial de los elementos.

Las piezas deben ser almacenadas en sitios limpios en todo momento, bien drenados y protegidos de los efectos de agua. Las piezas deben ser separadas mediante trozos de madera u otros elementos adecuados durante el almacenamiento, para evitar los deterioros que se puedan presentar por el contacto directo entre ellas o por cualquier otro agente, tales como el cambio de la geometría, daños en los elementos de unión y posibles revestimientos que se presenten.

Se debe poner especial cuidado en la forma de almacenamiento y la cantidad por apilamiento, para evitar daños por sollicitaciones estructurales no consideradas en el diseño de los elementos.

Si por alguna razón se debe variar alguna de las características geométricas de las tablestacas suministradas, esta debe ser aprobada por el interventor.

622.4.4 Hinca

Se debe disponer de guías para las tablestacas, las cuales pueden consistir en una doble fila de tablonos o piezas de madera de mayor sección, colocados a poca altura del suelo, de forma que el eje del hueco intermedio coincida con el de la pantalla de tablestacas a construir. Esta doble fila de tablonos debe estar sólidamente sujeta y apuntalada al terreno, y la distancia entre sus caras interiores no debe exceder del espesor de la pared de tablestacas en más de dos centímetros (2 cm).

Para tablestacas muy largas, se puede requerir la instalación de una segunda guía situada por encima de la primera, con el fin de garantizar la verticalidad del tablestacado.

El tablestacado se debe hincar, preferiblemente, mediante martillo vibratorio. En caso de que el martillo vibratorio no consiga hincar la tablestaca hasta las cotas definidas en el proyecto, se puede usar un martillo de hinca por golpes; en este caso, el martinete puede ser de gravedad o de cualquier tipo de acción que se use normalmente en la hinca de pilotes. Si se hinca con martinete, las cabezas de las tablestacas se deben proteger por medio de accesorios adecuados, para evitar su deformación o deterioro por los golpes.

Si los documentos del proyecto así lo contemplan, se puede complementar el trabajo de estos equipos con sistemas de inyección de agua a presión.

En los casos en que se necesiten chorros de agua, se requiere un mínimo de dos (2). El volumen y la presión de agua en las boquillas debe ser tal que erosione libremente el material adyacente.

La hinca de la tablestaca se debe realizar hasta la penetración o capacidad de soporte especificados y aceptados por el interventor.

Las ayudas a la hinca, tales como la preperforación o la lubricación de juntas, pueden ser utilizadas únicamente con el consentimiento por escrito del interventor.

Las tablestacas de concreto con unión machihembrada, en la porción bajo tierra y unión de acanaladura doble en la porción expuesta, deben tener, después de instaladas, las ranuras superiores libres de arena, fango o escombros y totalmente rellenas por un mortero, cuyas especificaciones deben estar contenidas en los documentos del proyecto. En el caso de que no exista información, se debe adoptar una dosificación de una (1) parte de cemento y dos (2) de arena, en volumen. El tratamiento de mortero se debe aplicar, también, para la corrección de desportilladuras del concreto a causa de la hinca.

622.4.5 Recortes

Terminada la hinca, se deben cortar, si es preciso, los extremos superiores de las tablestacas, de manera que sus cabezas queden alineadas según el perfil definido en los

documentos del proyecto. El corte se debe efectuar con la herramienta apropiada para el material de la tablestaca.

En los tablestacados de madera, después de recortar los excedentes, las partes superiores se tratan abundantemente con naftenato de cobre, con un contenido de cobre de por lo menos dos por ciento (2 %). Se puede emplear otro tratamiento, si así lo contemplan los documentos del proyecto o lo autoriza el interventor.

622.4.6 Limpieza

Terminado el trabajo de tablestacado, el constructor debe retirar del lugar de la obra todos los excedentes y recortes de las tablestacas y demás desperdicios, transportarlos y disponerlos en lugares apropiados según aprobación del interventor. El material retirado debe ser manejado según lo dispuesto en el numeral 106.5.8 del artículo 106, Aspectos ambientales.

622.4.7 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, todas las labores requeridas para la construcción de tablestacados se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento de esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del

proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Por ningún motivo se debe permitir arrojar materiales sobrantes a los cursos de agua.

622.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

622.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Comprobar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la hincas de los elementos.
- Determinar que los elementos cumplan en cuanto a resistencia, composición y dimensiones.

Adicionalmente, el interventor, en particular, debe adelantar los siguientes controles principales:

- Ordenar la ejecución de los ensayos de control de la madera, el concreto y del acero.
- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del constructor.
- Verificar que el constructor emplee el equipo aprobado.
- Exigir al constructor la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el constructor, en acuerdo con la presente especificación.

622.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

622.5.2.1 Calidad de los materiales

Las verificaciones de calidad de los materiales constitutivos de las tablestacas se deben realizar conforme lo establece la especificación correspondiente a dicho material.

Previo a la construcción de las tablestacas se debe presentar al interventor, para su aprobación, un informe con una descripción detallada

de todas las actividades, materiales, procedimientos y ensayos previstos, a efectos de garantizar la impermeabilidad, como lo indica el numeral 622.4.2.

622.5.2.2 Dimensiones, forma y peso

Las dimensiones, formas y peso de los elementos deben ser los que figuren en los documentos del proyecto y en sus especificaciones particulares, admitiéndose las tolerancias en dimensiones que indica la Tabla 622 – 1.

La flecha máxima, respecto de la recta formada por los dos extremos del elemento, no puede ser mayor a una ducentésima parte (1/200) de su longitud (L).

622.5.2.3 Posición y verticalidad

Salvo que los documentos del proyecto establezcan algo diferente, la posición y la verticalidad de las tablestacas, una vez colocadas, deben cumplir las tolerancias especificadas en la Tabla 622 – 2.

Los sistemas para medir la posición y la verticalidad del tablestacado, deben ser

Tabla 622 – 1. Tolerancias en dimensiones

Dimensión	Tolerancia
Longitud	Entre +200 mm y -50 mm
Ancho	Entre +10 mm y -10 mm
Espesor	Entre +3 mm y -3 mm

Tabla 622 – 2. Tolerancia en posición y verticalidad

Tipo de tablestaca	Descripción	Posición de la cabeza de la tablestaca (todas las direcciones horizontales)	Verticalidad del metro superior (todas las direcciones)
Sencilla	En tierra y en agua	≤ 100 mm	≤ 1,5 %
Combinada	Pilotes primarios	≤ 20 mm	≤ 0,5 %

acordes con la tolerancia permitida y aceptados y aprobados por el interventor.

622.5.2.4 Consideraciones especiales

Si existen estructuras o instalaciones sensibles en el entorno de la obra, se debe verificar mediante pruebas de hinca o por experiencias previas, su seguridad; en todo caso, cualquier daño o perjuicio causado es responsabilidad del constructor, quien debe responder por ello con sus propios recursos.

Todo trabajo de tablestacas donde la calidad de los materiales o del producto terminado exceda las tolerancias indicadas en esta especificación y en las complementarias a ella, debe ser corregido por el constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

622.6 Medida

622.6.1 Tablestacados

La unidad de medida del tablestacado debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), de tablestaca suministrada y colocada en obra, de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y la aprobación del interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El área de los tablestacados, cualquiera que sea su tipo, se debe medir sobre los documentos del proyecto y teniendo en cuenta las modificaciones aprobadas por el interventor.

622.6.2 Cortes de extremo superior

La unidad de medida para el corte del extremo superior del elemento, una vez hincado, debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), debidamente aceptado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se deben medir cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto y aprobadas por el interventor. Tampoco se deben medir, para efectos de pago, las lechadas de sello de tablestacados de concreto, los empalmes de soldadura de los tablestacados metálicos, ni los largueros, arriostramientos, macizos de anclaje, tirantes u otros miembros que el constructor deba suministrar y que sean necesarios para ejecutar el trabajo.

622.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos de proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de suministro, transportes, manejo, almacenamiento, corte, limpieza, colocación de todos los materiales y elementos requeridos para la construcción del tablestacado, equipos y mano de obra necesarios para ejecutar correctamente el trabajo especificado

El precio unitario debe cubrir, además, los costos de permisos y patentes que utilice el constructor, así como la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito

automotor durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario para el corte del extremo superior del elemento, para cada tipo de tablestacado, debe incluir los costos por concepto de mano de obra, equipo y el retiro de materiales sobrantes al sitio señalado por los documentos del proyecto o por el interventor y, en general, todo costo relacionado para terminar el trabajo de acuerdo con los documentos del proyecto y con la aprobación del interventor.

Cada uno de los precios unitarios debe cubrir, también, los costos de administración, impre-vistos y la utilidad del constructor.

622.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
622.1	Tablestacado de madera	Metro cuadrado (m ²)
622.2	Tablestacado metálico	Metro cuadrado (m ²)
622.3	Tablestacado de concreto reforzado	Metro cuadrado (m ²)
622.4	Tablestacado de concreto preesforzado	Metro cuadrado (m ²)
622.5	Corte del extremo superior del elemento	Metro (m)

Anclajes

Artículo 623 – 22

623.1 Descripción

Un anclaje se define como un dispositivo capaz de transmitir una carga de tracción en una zona del terreno que pueda soportar dicho esfuerzo. Los anclajes consisten en barras o cables de acero introducidos en el terreno mediante una perforación y adheridos a este mediante una inyección de lechada o mortero de cemento o resina sintética, para que, una vez tensionados, formen un bulbo de empotramiento dentro de la masa del terreno.

Este trabajo consiste en la perforación de barrenos y la eventual colocación de conductos de protección para la perforación, cuando estos sean requeridos; en la instalación e implementación de los sistemas de protección contra la corrosión; en la introducción de barras o cables de acero con dimensiones adecuadas para resistir las exigencias de su tensionamiento; en la instalación de todos los aditamentos y accesorios requeridos; en la inyección de la lechada o mortero de cemento o resina sintética y en el tensionamiento del elemento de anclaje, de acuerdo con los documentos del proyecto y lo aprobado por el interventor.

623.2 Materiales

623.2.1 Elementos de acero

Las barras de acero y cables deben cumplir los requisitos establecidos en los artículos 640, Acero de refuerzo y 641, Acero de preesfuerzo, respectivamente.

Para acero preesforzado, se acepta el uso de los siguientes materiales para anclajes en terreno:

- NTC 2010 (ASTM A416)
- ASTM A886
- ASTM A882

Cabe anotar que se debe permitir el uso de aceros de mayor resistencia, siempre y cuando el diseñador estructural apruebe su uso.

Las placas de apoyo deben ser fabricadas usando acero conforme con la norma AASHTO M 270 (grado 36) o la NTC 4005 (ASTM A709) (doscientos cincuenta megapascals (250 MPa) mínimo) o de fundición de hierro dúctil de acuerdo con la norma ASTM A536.

Las trompetas usadas para proveer una transición desde el anclaje hasta la longitud de protección de corrosión no adherida, deben ser fabricadas de tubo de acero o tuberías

conforme con los requerimientos de la NTC 3470 (ASTM A53) para tubo y la NTC 4526 (ASTM A500) para tubería. El espesor mínimo de la pared del tubo debe ser de cinco coma cero ocho milímetros (5,08 mm).

Las cubiertas de anclajes para encerrar anclajes expuestos, deben fabricarse de acero, tubo de acero, tubería de acero, fundición de hierro dúctil conforme con la norma AASHTO M 270 (grado 36) o la NTC 4005 (ASTM A709) (doscientos cincuenta megapascales (250 MPa) mínimo) para acero, la NTC 3470 (ASTM A53) para tubo y la NTC 4526 (ASTM A500) para tubería o la norma ASTM A536 para fundición de hierro dúctil. El espesor mínimo debe ser de dos coma cincuenta y cuatro milímetros (2,54 mm).

Las placas de apoyo, las trompetas y las cubiertas de anclajes, deben tener una protección de galvanizado por inmersión en caliente, cuando las condiciones de protección contra la corrosión así lo requieran o la interventoría lo determinen.

623.2.2 Elementos de protección contra corrosión

En especial, deben ser continuos y estancos a la humedad. Las juntas deben estar selladas herméticamente, de tal manera que se impida el paso de la humedad. En los documentos contractuales se define la clase de protección que requiere el anclaje de acuerdo con las condiciones de durabilidad y de agresividad del suelo y del ambiente; en ausencia de dicha definición, el constructor debe presentar, para revisión y aprobación de la interventoría, la clase de protección que va a implementar, para lo cual se deben utilizar las recomenda-

ciones de DC35.1 del *Post-Tensioning Institute* (PTI).

La grasa inhibidora de corrosión debe cumplir con 6.3.4 de *AASHTO LFRD Bridge Construction Specifications*.

Además, la cubierta para la longitud no adherida de un tendón debe consistir en uno de los siguientes elementos:

- Tubo de polietileno (PE) sin costura clasificado acorde con la NTC 2935 (ASTM D3350). El espesor mínimo del tubo de polietileno debe ser de uno coma cincuenta y dos más o menos cero coma doscientos cincuenta y cuatro milímetros (1,52 mm \pm 0,254 mm).
- Tubo de polipropileno sin costura clasificado acorde con la NTC 2966 (ASTM D4101). El espesor mínimo del tubo de polipropileno debe ser de uno coma cincuenta y dos más o menos cero coma doscientos cincuenta y cuatro milímetros (1,52 mm \pm 0,254 mm).
- Tubo termorretractil (Heat-shrinkable) consistente de tubo de radiación reticulada poliolefina cubierto internamente con un adhesivo sellante. El espesor mínimo de pared del tubo antes de encoger debe ser de cero coma sesenta y un milímetros (0,61 mm). El espesor mínimo del sellante adhesivo debe ser de cero coma cincuenta y un milímetros (0,51 mm).
- Tubo corrugado de policloruro de vinilo (PVC) con un espesor mínimo de cero coma setecientos sesenta y dos milímetros (0,762 mm).

La encapsulación, para la longitud adherida de tendón, debe consistir en uno de los siguientes:

- Tubo corrugado de polietileno de alta densidad (HDPE) con un espesor mínimo de cero coma setecientos sesenta y dos milímetros (0,762 mm) y de acuerdo con los requerimientos de la norma AASHTO M 252.
- Tubo o tubería deformada de acero con un espesor mínimo de cero coma setecientos sesenta y dos milímetros (0,762 mm).
- Tubo corrugado de PVC con un espesor mínimo de cero coma setecientos sesenta y dos milímetros (0,762 mm).
- Epoxy adherido por fusión conforme con los requerimientos de la norma AASHTO M 317 o ASTM D3963, con un espesor mínimo de película de cero coma treinta y ocho milímetros (0,38 mm).

La encapsulación para la longitud no adherida, debe realizarse de acuerdo con los documentos del proyecto; en ausencia de la especificación particular de diseño, el interventor debe definir la necesidad de esta y solicitar al constructor la implementación, si es requerida.

623.2.3 Cemento y agua

El agua y el cemento que se utilicen en la preparación del mortero deben cumplir todos los requisitos estipulados en el artículo 631, Lechada para ductos de concreto. El cemento debe cumplir con lo especificado en el artículo 501, Suministro de cemento hidráulico, y ser del tipo indicado en los documentos del proyecto. El agua utilizada en la mezcla del concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y demás sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el anclaje, debiendo cumplir lo estipulado en el numeral 630.2.1.4 del artículo 630, Concreto estructural. Si el agua a utilizar es potable, no se requiere la elaboración de ensayos de calidad. Respecto de la lechada y su control de calidad, se deben seguir las especificaciones contenidas en el artículo 631.

623.2.4 Arena

La arena para la preparación del mortero, debe cumplir los requisitos generales estipulados

Tabla 623 – 1. Granulometría del agregado para morteros utilizados en anclajes

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S Standard)		
	2,36	0,300	0,075
	Nro. 8	Nro. 50	Nro. 200
Porcentaje que pasa (%)			
Única	100	20 – 60	0 – 3

623.2.5 Aditivos para la lechada o mortero de cemento

Los aditivos que se utilicen en la lechada o mortero de cemento se deben someter a la aprobación previa del interventor. No se

pueden utilizar aditivos que contengan cloruro de calcio o iones de cloruro.

Los aditivos expansivos pueden ser utilizados únicamente en la lechada usada para llenar

encapsulaciones selladas, trompetas y anclajes cubiertos. No se deben usar aditivos acelerantes para la lechada.

623.2.6 Resina sintética

La resina sintética debe ser de marca aprobada por el interventor y se debe almacenar y manejar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Si los documentos del proyecto o el interventor lo indican, se deben suministrar dos (2) tipos de resina: una de fraguado rápido de tres a cinco minutos (3 min – 5 min) a cinco grados Celsius (5 °C), y otra de fraguado lento de quince a treinta minutos (15 min – 30 min) a veinticinco grados Celsius (25 °C).

623.2.7 Elementos varios

Los elementos de seguro para el tensionamiento deben ser los apropiados para tal fin, compatibles entre sí y deben contar con una adecuada calidad, soportar la tensión de diseño y ser avalados por el interventor.

El antiadherente para un tendón debe consistir de tubo o tubería lisa resistente a la luz ultravioleta y que sea capaz de resistir la abrasión, el impacto y la flexión durante el manejo y la instalación.

Por su parte, los espaciadores para la separación de elementos de tendones de múltiples elementos, deben permitir el flujo libre de la lechada. Deben ser fabricados de plástico, acero o materiales que no sean perjudiciales para el acero de preesfuerzo. No se debe permitir el uso de madera.

Los centralizadores deben ser fabricados de plástico, acero o materiales no perjudiciales

para el acero de preesfuerzo o cualquier elemento de protección de corrosión del tendón. No se puede utilizar madera. Los centralizadores deben ser capaces de mantener la posición del tendón hasta obtener una cobertura mínima de lechada del tendón de doce coma siete milímetros (12,7 mm), o que cubra la encapsulación.

623.3 Equipo

El constructor debe proporcionar para la perforación equipos de rotación o de avance con percusión y lavado, dependiendo de las características del suelo o macizo a perforar. La capacidad de los equipos debe ser compatible con los anclajes a instalar.

Para la inyección de la lechada, se debe disponer de una bomba con la capacidad necesaria para suministrar la presión de inyección requerida y cumplir con el numeral 631.3 del artículo 631. El equipo debe estar dotado de un manómetro adecuado para el control de la presión aplicada.

Los equipos de tensionamiento deben ser calibrados regularmente y estar dotados con dispositivos permanentes de medida, que permitan calcular con precisión la fuerza total aplicada al anclaje durante el tensado. Los equipos de tensado deben cumplir con el numeral 641.3 del artículo 641.

623.4 Ejecución de los trabajos

623.4.1 Fabricación

Los tendones para anclajes de terreno pueden ser fabricados en taller o en sitio, usando materiales que cumplan con el numeral 623.2, los tendones deben ser fabricados como se

muestra en los documentos del proyecto aprobados por el interventor. El tendón se debe dimensionar de tal manera que la carga máxima de prueba no exceda el ochenta por ciento (80 %) de la resistencia última garantizada del tendón.

Los anclajes de terreno deben protegerse contra corrosión, cumpliendo con el numeral 11.9.7 de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

623.4.1.1 Longitud adherida y longitud adherida del tendón

El constructor debe determinar la longitud adherida necesaria para satisfacer los requerimientos del test de carga. La mínima longitud adherida debe ser tres coma sesenta y cinco metros (3,65 m) en roca, cuatro coma cincuenta y siete metros (4,57 m) en suelo o la mínima longitud mostrada en los documentos del proyecto. La mínima longitud adherida del tendón debe ser tres coma cero cinco metros (3,05 m).

623.4.1.1.1 Tendón de anclaje al suelo protegido con lechada

Los espaciadores deben ser colocados a lo largo de la longitud adherida del tendón cumpliendo con el numeral 6.4.1.1 de AASHTO LFRD *Bridge Construction Specifications* o como lo indiquen los documentos del proyecto.

Los centralizadores deben ser colocados a lo largo de la longitud adherida del tendón cumpliendo con el numeral 6.4.1.1 de AASHTO LFRD *Bridge Construction Specifications* o como lo indiquen los documentos del proyecto.

No se requieren centralizadores en tendones instalados en suelos de grano grueso (norma INV E-181), utilizando sistemas de inyección con una presión de inyección mayor a uno coma cero cinco megapascales (1,05 MPa).

623.4.1.1.2 Tendón de anclaje al suelo protegido con encapsulación

La longitud adherida del tendón debe ser encapsulada por un tubo plástico o de acero deformado, relleno de lechada o por un recubrimiento epoxi adherido por fusión.

La inyección de lechada puede ser aplicada dentro de la encapsulación antes o después de insertar el tendón en la perforación. No se debe admitir abrir huecos en la encapsulación para permitir que la lechada fluya desde la encapsulación hacia el hueco o viceversa. El tendón debe ser centrado dentro de la encapsulación y el tubo dimensionado para proveer un promedio de cinco coma cero ocho milímetros (5,08 mm) de cobertura de lechada para el acero de preesfuerzo. Para tendones protegidos por lechada, los espaciadores y centralizadores deben ser usados para satisfacer los mismos requerimientos de 623.4.1.1.1. Los dispositivos de anclaje de tendones protegidos con epoxi adherido por fusión, deben ser eléctricamente aislados.

623.4.1.2 Longitud no adherida

La longitud no adherida del tendón debe ser como mínimo cuatro coma cincuenta y siete metros (4,57 m) o como se indique en los documentos del proyecto, aprobados por el interventor.

Se debe proveer protección contra corrosión por medio de funda o cobertura completamen-

te llena de grasa inhibidora de corrosión o lechada o tubo termocontraíble. Si se utiliza grasa inhibidora de corrosión, se deben tomar las previsiones adecuadas para evitar que la grasa escape por las puntas. La grasa debe cubrir completamente el tendón y llenar los intersticios entre los alambres del tendón. Se debe proveer continuidad de la protección contra la corrosión desde la transición de longitud adherida hasta la longitud no adherida del tendón.

Si la cubierta suministrada no corresponde a un tubo liso, se debe proveer un antiadherente.

623.4.1.3 Anclaje y trompeta

Se deben usar anclajes no reajustables a menos que los documentos del proyecto indiquen el uso de anclajes ajustables.

El tamaño de las placas de apoyo no debe ser menor a los mostrados en los documentos del proyecto aprobados por el interventor.

La trompeta debe ser soldada a la placa de apoyo y tener un diámetro interno de al menos seis coma treinta y cinco milímetros (6,35 mm) mayor que el diámetro del tendón en el anclaje. La trompeta debe tener una longitud suficiente para acomodar los movimientos de la estructura durante las pruebas de carga y el preesforzado. Para tendones con encapsulación sobre la longitud no adherida, la trompeta debe tener una longitud suficiente para permitir a los tendones hacer la transición desde el diámetro del tendón en la longitud no adherida hasta el diámetro del tendón en la cabeza de anclaje sin dañar la encapsulación. Las trompetas rellenas con grasa inhibidora de

corrosión, tienen una protección contra corrosión de un caucho permanente de Nitrilo (Buna-N) o un sello aprobado entre la trompeta y la longitud no adherida. Las trompetas rellenas con lechada deben tener una protección contra la corrosión de un sello temporal entre la trompeta y la longitud no adherida.

623.4.1.4 Almacenaje y manejo de tendones

Los tendones deben ser almacenados y manejados de tal manera que se evite el daño y la corrosión. Daños en tendones de acero de preesfuerzo como resultado de abrasión, cortes, abolladuras, soldadura y salpicadura de soldadura son causa de rechazo por el interventor. Antes de insertar un tendón dentro del hueco perforado, se deben examinar sus elementos de protección contra la corrosión. Cualquier daño encontrado en los elementos de protección debe ser reparado por el constructor y aprobado por el interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Las reparaciones de la encapsulación deben hacerse acorde con las recomendaciones del proveedor.

El transporte y el manejo del equipo se deben efectuar con las condiciones de seguridad necesarias para evitar inconvenientes y atrasos en la ejecución de los anclajes.

Todas las partes constitutivas del anclaje, sin excepción, deben ser almacenadas y manipuladas en ambientes limpios y secos, cuidando de no causar deterioros, golpes, torceduras o curvaturas excesivas a los elementos, lo cual debe ser causa de rechazo del anclaje.

623.4.2 Instalación

El constructor debe seleccionar el método de perforación, el procedimiento y la presión de inyección que debe usar para la instalación del anclaje de terreno, que sea necesario para satisfacer los requerimientos de los test de carga.

623.4.2.1 Planos de trabajo, metodología y programa de instalación

Al menos cuatro (4) semanas antes del comienzo de la instalación, el constructor debe someter para aprobación del interventor los planos completos de trabajo y los cálculos, describiendo el sistema y método de trabajo que va a implementar y el programa de instalación. La documentación para someter a aprobación debe incluir:

- La programación de anclajes de terreno, proporcionando:
 - Número de anclaje a terreno.
 - Carga de diseño de anclaje.
 - Tipo y tamaño del tendón.
 - Longitud mínima de anclaje.
 - Longitud mínima adherida.
 - Longitud mínima adherida del tendón y longitud mínima no adherida.
- Plano con el tendón de anclaje a terreno y el sistema de protección contra corrosión incluyendo:
 - Espaciadores separando elementos del tendón y su localización.

- Centralizadores y su localización.
 - Sistema de protección contra corrosión de la longitud no adherida.
 - Sistema de protección contra corrosión de la longitud adherida.
 - Anclaje y trompeta.
 - Sistema de protección contra corrosión del anclaje.
 - Tamaño del orificio perforado o del hueco formado.
 - Nivel de cada etapa de la inyección.
 - Detalles estructurales necesarios para acomodar el sistema de anclaje a terreno.
- Diseño de la mezcla de lechada y procedimiento de inyección.

El interventor debe aprobar o rechazar los planos y procedimientos de trabajo del constructor. No se pueden iniciar trabajos de anclajes de terreno hasta que los planos de los documentos del proyecto y procedimientos hayan sido aprobados por escrito por el interventor. Esta aprobación no exime al constructor de la responsabilidad por la correcta ejecución del trabajo y la estabilidad de la obra.

623.4.2.2 Perforación

El método de perforación usado debe prevenir la pérdida de suelo por encima del hueco perforado que pueda ser perjudicial para la estructura o estructuras existentes. Si se utilizan carcassas para huecos de anclaje, estas deben ser removidas. La localización, inclinación y alineamiento de los huecos perforados

debe ser la indicada en los documentos del proyecto. La inclinación y alineamiento de los huecos perforados debe estar dentro de los más o menos tres grados ($\pm 3^\circ$) del ángulo planificado en la placa de apoyo y dentro de los más o menos cero coma tres metros ($\pm 0,3$ m) de la localización planificada en la superficie del terreno (punto de entrada).

623.4.2.3 Inserción de tendón

El tendón debe ser insertado dentro del hueco perforado hasta la profundidad deseada sin ninguna dificultad. Cuando el tendón no pueda ser insertado completamente, este debe ser retirado, el hueco perforado limpiado o re-perforado para permitir la inserción. No se deben permitir tendones parcialmente introducidos o forzados para su introducción.

Las perforaciones para la instalación de los anclajes se deben realizar exactamente del diámetro que indiquen los documentos del proyecto aprobados por el interventor y hasta las profundidades indicadas en los mismos. Antes de instalar un anclaje, se debe limpiar con aire a presión, utilizando un compresor que genere un volumen de aire no menor a siete metros cúbicos por minuto ($7 \text{ m}^3/\text{min}$).

La operación de tensado de los anclajes se debe hacer, preferentemente, en una sola operación. La secuencia del proceso del tensado de los anclajes se debe especificar antes del inicio de los trabajos.

Durante los ensayos y las fases de tensado de los anclajes, se debe asegurar que no se produzca ningún deterioro en ellos.

623.4.2.4 Inyección de lechada

Se debe usar una lechada limpia de cemento o arena cemento conforme con el artículo 631. Los aditivos, si son usados, deben ser aprobados por el interventor, no deben exceder las cantidades recomendadas por el fabricante y cumplir con el numeral 623.2.5.

La lechada debe ser inyectada desde el punto más bajo del hueco perforado; puede ser bombeada a través de los tubos de inyección, carcasas, sinfines, huecos de barreno, o barras de perforación. La lechada puede ser colocada antes o después de la inserción del tendón. Se debe llevar un registro de la cantidad de lechada y la presión de inyección. La lechada y la presión de inyección deben ser controladas para prevenir levantamiento del suelo o la formación de fracturas en la roca.

Excepto en suelos de grano fino (INV E-181) con perforaciones mayores de quince centímetros (15 cm), la lechada sobre la parte superior de la longitud adherida puede ser colocada al mismo tiempo que la lechada de la longitud adherida, pero esta no puede ser colocada bajo presión. La lechada en la parte superior del hueco perforado debe parar quince centímetros (15 cm) desde la parte posterior de la estructura o desde la base de la trompeta la que sea menor.

Si el anclaje de terreno es instalado en un suelo de grano fino (INV E-181) usando un orificio perforado de diámetro mayor a quince centímetros (15 cm), entonces la lechada de la parte superior de la longitud adherida debe colocarse después de que el anclaje haya sido sometido a pruebas de carga. El orificio perforado se debe inyectar al mismo tiempo, si se demues-

tra que el sistema de anclaje a terreno no deriva una porción significativa de su resistencia a la carga del suelo por encima de la porción de longitud adherida del anclaje de terreno.

Las técnicas de inyección a presión deben ser implementadas si los tendones protegidos son usados para anclajes en roca.

La inyección a presión requiere que el orificio perforado sea sellado y que la lechada sea inyectada hasta que una presión de cero coma treinta y cinco megapascales (0,35 MPa) pueda ser mantenida dentro de la longitud adherida por un periodo de cinco minutos (5 min).

Una vez completada la inyección, el tubo de lechada puede permanecer en el orificio de perforación siempre que esté lleno de lechada.

Después de inyectado, el tendón no debe ser cargado hasta mínimo pasados tres días (3 d).

La inyección de la lechada o del mortero de cemento, se debe realizar con equipos y procedimientos aprobados por el interventor. El método empleado debe asegurar la eliminación del aire y del agua para conseguir rellenar íntegramente la perforación.

Cuando se utilice resina sintética, se debe hacer siguiendo las instrucciones del fabricante para los sitios indicados y aprobados por el interventor.

El tiempo transcurrido entre la perforación y la instalación del anclaje debe ser el mínimo posible, pero en ningún caso podrá exceder de seis horas (6 h).

623.4.2.5 Trompeta y anclaje

Se debe usar una lechada limpia de cemento o arena cemento conforme con el artículo 631. Los aditivos, si son usados, deben ser aprobados por el interventor, no exceder las cantidades recomendadas por el fabricante y cumplir con el numeral 623.2.5.

623.4.3 Limpieza

Terminado el trabajo de colocación e instalación de los anclajes, el constructor debe retirar del lugar de la obra todos los excedentes y equipos empleados en la perforación. En cuanto a los desperdicios, deben ser transportados y dispuestos en lugares apropiados y aprobados por el interventor.

623.4.4 Ensayos de carga y tensados

El ensayo de carga debe ser realizado con el fin de evaluar la calidad y la resistencia de los anclajes. Las pruebas de carga se deben utilizar para tres (3) propósitos: en la fase de experimentación, para poner a punto los procedimientos constructivos; para la aceptación del trabajo o en caso de duda, para verificar la calidad de los anclajes.

La localización de los anclajes de prueba, las cargas máximas por aplicar, el equipo de prueba que deba suministrar el constructor y la ejecución de las pruebas de carga, deben corresponder a lo indicado en los documentos del proyecto aprobados por el interventor.

Se deben realizar todos los ensayos y pruebas requeridos acorde con el numeral 11.9.8.1 de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y

el artículo 6.5.5 de AASHTO LRFD *Bridge Construction Specifications*.

De las aplicaciones de carga durante el tensado y las pruebas de carga, se deben llevar registros detallados sobre carga y deformación en el tiempo, según protocolo aprobado por la interventoría.

623.4.5 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de anclajes se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

623.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

623.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos se deben adelantar, principalmente, los siguientes controles:

- Verificar el estado de funcionamiento de todo el equipo de construcción y de ensayos, así como su calibración certificada.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los materiales que van a ser utilizados cumplan con los requisitos de calidad establecidos en el presente artículo.
- Efectuar los ensayos de control que sean necesarios para los materiales y la lechada.
- Verificar que se implementen los procedimientos e instalen los elementos de protección contra la corrosión.
- Supervisar la correcta aplicación del método previamente aceptado para la instalación de los anclajes.
- Efectuar los ensayos y pruebas requeridas en el numeral 11.9.8.1 de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y el artículo 6.5.5 de AASHTO LRFD *Bridge Construction Specifications*.
- Medir las cantidades de obra correctamente ejecutadas.

El interventor debe ordenar las pruebas necesarias para comprobar la capacidad de los anclajes.

623.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

623.5.2.1 Calidad de los materiales

En relación con la calidad de los materiales que componen el anclaje y la inyección, se debe cumplir con todas sus características y, en especial, con lo establecido en el numeral 623.2.

La diferencia máxima aceptable en el espesor de las cubiertas de protección es de más o menos diez por ciento ($\pm 10\%$).

El diámetro interno de la cubierta de protección debe ser al menos cero coma setenta y seis milímetros (0,76 mm) mayor que el diámetro del tendón.

623.5.2.2 Tolerancias de construcción

En la construcción de anclajes, se deben aceptar las tolerancias indicadas en el numeral 623.4.2.2.

- El desplazamiento de la cabeza del anclaje no debe diferir de lo prescrito, en más de cincuenta milímetros (50 mm), medidos en cualquier dirección.
- El alineamiento de la excavación del anclaje no debe variar del alineamiento proyectado en más de veinte milímetros por metro (20 mm/m) de profundidad, medidos en cualquier dirección.

623.5.2.3 Pruebas de carga

Los criterios de aceptación de las pruebas de carga son los establecidos por el artículo 6.5.5.5. de AASHTO LRFD *Bridge Construction Specifications*.

Si en la realización de las pruebas de carga establecidas por esta especificación, en los documentos del proyecto u ordenadas por el interventor, se producen desplazamientos mayores a los permitidos en los documentos del proyecto o en esta especificación, el interventor puede ordenar la ejecución de nuevas series de control sobre muestras de tres (3) anclajes por cada anclaje defectuoso encontrado, sin que ello implique costo adicional para INVÍAS.

Todo anclaje defectuoso por problemas de calidad de los materiales, por incumplimiento en las tolerancias de construcción o por comportamiento no satisfactorio en las pruebas de carga, debe ser reemplazado y ensayado por el constructor por uno o varios anclajes nuevos, sin costo adicional para INVÍAS, de manera que se conserven las condiciones de resistencia, seguridad y funcionalidad del diseño original. El plan de disposición de los nuevos anclajes que proponga el constructor para suplir los anclajes deficientes, debe ser aprobado por el interventor.

623.6 Medida

623.6.1 Anclajes

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de anclaje construido satisfactoriamente, con las dimensiones y alineamientos mostrados en los documentos del proyecto aprobados por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

No se deben medir, para efectos de pago, longitudes de anclaje en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto u ordenadas por el interventor.

El interventor solo debe medir los anclajes cuando el constructor los haya completado totalmente y hayan superado las pruebas de calidad establecidas en los documentos del proyecto y esta especificación.

623.6.2 Pruebas de carga

Las pruebas de carga se deben medir por unidad (u), computándose únicamente las establecidas en estas especificaciones, los documentos del proyecto y las ordenadas por el interventor. No deben ser contabilizadas, para pago, aquellas realizadas debido a los anclajes que no superen la prueba de carga, como se indica en el numeral 623.5.2.3.

Las pruebas de carga realizadas en anclajes por dudas en la calidad del mismo debido a trabajos defectuosos imputables al constructor, no se deben medir ni pagar, como tampoco las que se efectúen por solicitud de este último.

623.7 Forma de pago

623.7.1 Anclajes

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato. Debe cubrir el suministro e instalación de las barras y cables de anclaje. También debe incluir el suministro e instalación de todos los materiales y accesorios adicionales necesarios; la perforación de los barrenos; recubrimiento de la perforación, el suministro e instalación de los conductos de protección, recubrimientos, procedimientos y elementos

de protección contra corrosión, el suministro e inyección de la lechada o mortero de cemento o resina sintética; el tensionamiento y, en general, el suministro de todos los equipos y mano de obra necesarios para realizar correctamente los trabajos correspondientes a esta unidad de obra. No se deben pagar el retiro y el reemplazo de los anclajes que no hayan cumplido con lo establecido en esta especificación.

El precio unitario debe considerar, además, los costos de patentes que utiliza el constructor, la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario debe incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

623.7.2 Pruebas de carga

Se debe pagar al precio unitario del contrato, el cual debe incluir todos los costos relacionados con su correcta ejecución. El precio unitario debe incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

623.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
623-1	Anclaje tipo _____	Metro (m)
623-2	Prueba de carga	Unidad (u)

Concreto estructural

Artículo 630 – 22

630.1 Descripción

Esta especificación consiste en el suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado de los concretos de material cementante de tipo hidráulico, utilizados para la construcción de puentes, estructuras de drenaje, muros de contención y estructuras en general, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Algunos elementos o estructuras de concreto deben cumplir adicionalmente las especificaciones del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) realizadas para un fin específico. A continuación, se presenta una lista de dichas especificaciones disponibles por tipo de estructura o elemento:

- Artículo 500, Pavimento de concreto hidráulico.
- Artículo 505, Base de concreto hidráulico.
- Artículo 510, Pavimento de adoquines de concreto.
- Artículo 620, Pilotes prefabricados de concreto.
- Artículo 621, Pilotes preexcavados.
- Artículo 632, Barandas de concreto.
- Artículo 660, Tubería de concreto simple.
- Artículo 661, Tubería de concreto reforzado.
- Artículo 671, Cunetas revestidas en concreto.
- Artículo 672, Bordillos en concreto.
- Artículo 680, Muros de tierra estabilizada

mecánicamente con paneles de concreto.

- Y todas las demás estructuras de concreto estructural reglamentadas en las especificaciones INVÍAS.

630.2 Materiales

630.2.1 Concreto estructural

Está conformado por una mezcla homogénea de material cementante, agregados, agua, aditivos y eventualmente adiciones suplementarias y/o complementarias; materiales que deben cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

630.2.1.1 Cemento hidráulico

El cemento hidráulico y su suministro deben cumplir el artículo 501, Suministro de cemento hidráulico. Se pueden utilizar cementos bajo la denominación ASTM C150 y ASTM C595.

El constructor debe presentar los resultados de todos los ensayos físicos relacionados con el material cementante, como parte del diseño de la mezcla. De igual forma, todo material cementante usado en obra debe ser de la misma marca, tipo y planta de fabricación al empleado en el diseño de la mezcla. Es posible emplear diferentes tipos de material cementante siempre que se cuente con el diseño de la mezcla, mezclas de prueba y la aprobación del interventor.

Si por alguna razón el material cementante ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no se puede utilizar. Tampoco se debe utilizar el material cementante sobrante en bultos abiertos en jornadas anteriores, cuando este sea suministrado en bolsas.

630.2.1.2 Adiciones suplementarias

Cuando la adición suplementaria es incluida como materia prima para la fabricación del clínker o incluida durante la fabricación del cemento, se debe verificar que el material cementante resultante cumpla las exigencias de la NTC 121.

En caso de que la adición suplementaria sea incluida en la elaboración del concreto por parte del constructor o proveedor del concreto, se deben presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con las adiciones suplementarias, como parte del diseño de la mezcla. Las cenizas volantes y puzolanas naturales calcinadas o crudas deben satisfacer las exigencias de la NTC 3493 (ASTM C618) o ACI 232.1R, Reporte sobre el uso de puzolanas naturales o procesadas en concreto; las escorias de alto horno la NTC 4018 (ASTM C989) o ACI 233R, Escoria en concreto y mortero; y el humo de sílice la norma ASTM C1240.

No se permite el uso de otros tipos de adiciones diferentes a las mencionadas anteriormente.

No se deben utilizar adiciones suplementarias que presenten grumos o indicios de prehidratación. Se debe garantizar que la adquisición de la adición suplementaria cumpla los requisitos legales ambientales vigentes.

630.2.1.3 Agregados

En el presente numeral, se especifican los requisitos de los agregados para concreto estructural. Se permite el uso de agregados gruesos reciclados de tipo RCD (Residuos de Construcción y Demolición) si se comprueba que el desempeño de estos es, como mínimo, igual o mejor que el de los agregados gruesos que cumplen los requisitos de este artículo y son aprobados por el interventor.

Para la elaboración del concreto estructural, la cantidad de agregado grueso reciclado por adicionar en la mezcla de concreto no debe superar el diez por ciento (10 %) en peso sobre el contenido total de agregado grueso. En todos los casos en que se use se debe demostrar que no se afectan las condiciones de durabilidad del concreto.

Aparte de los requisitos presentados en este numeral, durante la selección y la caracterización de los agregados, se debe realizar la evaluación de la reactividad y el diseño de la mitigación de la reacción álcali-agregado descrito en el numeral 630.2.6.1.3.

Se debe garantizar que la adquisición del agregado cumpla los requisitos legales ambientales vigentes. Los documentos como títulos, licencias y permisos se deben entregar al interventor.

630.2.1.3.1 Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Debe provenir de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, a criterio del interventor. Cuando las arenas son de origen calizo,

el porcentaje de arena de trituración no puede constituir más del quince por ciento (15 %) del agregado fino, o hasta el treinta por ciento (30 %) si con un programa experimental aprobado por el interventor se demuestra que no tienen incidencia en el comportamiento del concreto en estado endurecido.

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se debe comprobar que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos, ni cualquier otro material que genere algún mecanismo de daño en el concreto o disminución de la resistencia.

El agregado fino debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 630 — 1 y su

gradación se debe ajustar a la indicada en la Tabla 630 — 2.

En ningún caso, el agregado fino puede tener más de cuarenta y cinco por ciento (45 %) de material retenido entre dos tamices consecutivos de los mostrados en la Tabla 630 — 2.

Un agregado fino que no cumpla los requisitos de granulometría y módulo de finura especificados en este numeral puede ser aceptado si se demuestra, a criterio del interventor, que hay una evidencia adecuada de comportamiento satisfactorio de concretos del mismo tipo y para el mismo uso, construidos con ese agregado.

Tabla 630 — 1. Requisitos del agregado fino para concreto estructural

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Composición		
Granulometría: - Análisis granulométrico de los agregados finos - Material que pasa tamiz de 0,075 mm (nro.200)	E-213 E-214	Ver Tabla 630 — 2
Módulo de finura (Nota 1)	E-213	2,3 — 3,1
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 2): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	10 15
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%). (Nota 3)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%): - Cuando la apariencia superficial del concreto sea de importancia, máximo (%) - Todos los demás concretos, máximo (%)	E-221	0,5 1,0
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual al color de referencia o de la placa orgánica nro. 3

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, máximo (%)	E-233	1,2

Nota 1: adicional a esta especificación, es necesario probar el comportamiento competente del material en obras ya construidas. Durante el período de construcción no se permiten variaciones mayores de dos décimas (0,2) en el módulo de finura, con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo. Cuando se presenten variaciones superiores del módulo de finura, se debe revisar que no haya modificaciones a la curva adoptada de trabajo y se deben chequear afectaciones en los diseños. Si hay variaciones, se debe ajustar una nueva curva de trabajo y se debe corregir el diseño en caso de que haya lugar.

Nota 2: el ensayo se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Nota 3: el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznablees puede ser hasta de un tres por ciento (3 %) siempre y cuando no afecte la durabilidad y la resistencia del concreto.

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla 630 — 1 para el contenido de materia orgánica, se puede aceptar si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia

del mortero, se obtiene una resistencia relativa a siete días (7 d) no menor de noventa y cinco por ciento (95 %), calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma de ensayo ASTM C87.

Tabla 630 — 2. Granulometría del agregado fino para concreto estructural

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Nro. 200
Pasa tamiz (%)								
Única	100	95 — 100	80 — 100	50 — 85	25 — 60	5 — 30	0 — 10	0 — 3 (Nota 1 y Nota 2)

Nota 1: para concretos que no estén sometidos a abrasión, el límite para el material más fino que el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) debe ser de máximo cinco por ciento (5 %).

Nota 2: para finos obtenidos de trituración u otros agregados reciclados, si el material más fino que el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) compuesto de polvo de trituración, esencialmente libre de arcillas o esquistos, este límite puede ser cinco por ciento (5 %) para concretos sometidos a abrasión y máximo siete por ciento (7 %) para concretos no sujetos a abrasión.

630.2.1.3.2 Agregado grueso

Se denomina agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Dicho agregado debe estar compuesto de grava, grava triturada o roca triturada o su combinación o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico que cumpla los requisitos para el agregado de este artículo. Sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permite la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

El agregado grueso debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 630 — 3 y su gradación se debe ajustar a alguna de las indicadas en la Tabla 630 — 4. La gradación por utilizar es la especificada en los documentos del proyecto para cada tipo de concreto, cuyo tamaño máximo depende de la

estructura que se trate, la separación del refuerzo y el tipo de concreto especificado.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto debe ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller, Bolomey o cualquier otro método validado por alguna institución técnica de reconocido prestigio nacional o internacional y aprobado por el interventor.

Optimización granulométrica: en caso de no cumplir los requisitos propuestos por algunas de las metodologías de dosificación mencionadas anteriormente, se pueden realizar optimizaciones granulométricas con base en métodos de empaquetamiento granular. El constructor debe revisar la propuesta con aprobación del interventor, mediante la elaboración de mezclas de prueba, con el fin de comprobar que las características proporcionadas en el diseño cumplan los requisitos del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido para el proyecto en particular.

Tabla 630 — 3. Requisitos del agregado grueso para concreto estructural

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%):		
- En seco, 500 revoluciones, máximo (%)	E-218	40
- En seco, 100 revoluciones, máximo (%)		8
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1):		
- Sulfato de sodio	E-220	12
- Sulfato de magnesio		18

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%). (Nota 2)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0,5
Geometría de las partículas (F)		
Índice de alargamiento, máximo (%)	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, máximo (%)	E-233	1,0

Nota 1: el ensayo se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Nota 2: para concreto arquitectónico, el límite máximo es dos por ciento (2 %).

Tabla 630 — 4. Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)													
	100	90	75	63	50	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36	1,10	0,3
INVIAS	4 Pulgadas	3 1/2 Pulgadas	3 Pulgadas	2 1/2 Pulgadas	2 Pulgadas	1 1/2 Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 50
	Pasa tamiz (%)													
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 — 100	10 — 40	0 — 10	0 — 5
89	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	5 — 30	0 — 10	0 — 5
8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 — 100	10 — 30	0 — 10	0 — 5	-
AG-19	-	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	40 — 70	0 — 15	0 — 5	-	-
AG-25	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	-	20 — 55	0 — 10	0 — 5	-	-
6	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	0 — 5	-	-	-
AG-38	-	-	-	-	-	100	95 — 100	-	25 — 60	-	0 — 10	0 — 5	-	-
56	-	-	-	-	-	100	90 — 100	40 — 85	10 — 40	0 — 15	0 — 5	-	-	-
5	-	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 10	0 — 5	-	-	-	-
AG-50-1	-	-	-	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	0 — 5	-	-	-
AG-50-2	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-	-
AG-63-1	-	-	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	-	0 — 5	-	-	-
AG-63-2	-	-	-	100	95 — 100	35 — 70	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-	-	-
2	-	-	100	90 — 100	35 — 70	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-	-	-	-
1	100	90 — 100	-	25 — 60	-	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-	-	-	-

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe tener un valor mayor que ninguno de los siguientes:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 de la altura de la losa.
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Los valores límite de tamaño máximo nominal se pueden omitir, si el interventor lo aprueba y el profesional facultado para diseñar la mezcla y los métodos de compactación del concreto garantizan la colocación sin hormigueros o vacíos.

630.2.1.3.3 Agregado liviano

El agregado liviano y el concreto estructural liviano deben cumplir lo requerido en la NTC 4045 (ASTM C330). Cuando el agregado liviano se utilice para realizar curado interno, debe cumplir lo establecido en la norma ASTM C1761.

630.2.1.3.4 Agregado para concreto ciclópeo

El agregado ciclópeo debe ser roca triturada o canto rodado de buena calidad, preferiblemente angular y su forma tendiente a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor

de cada piedra no debe ser mayor que dos a uno (2:1).

El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo depende del espesor y del volumen de la estructura de la cual forma parte. En cabezales, aletas y obras similares con espesor no mayor de ochenta centímetros (80 cm) se admiten agregados ciclópeos con dimensión máxima de treinta centímetros (30 cm). En estructuras de mayor espesor se pueden emplear agregados de mayor tamaño, previa aprobación del interventor y con las limitaciones establecidas en el numeral 630.4.8.4.

El material constitutivo del agregado ciclópeo no puede presentar un desgaste mayor de cuarenta por ciento (40 %), al ser sometido a la prueba en la máquina de Los Ángeles, según la norma de ensayo INV E-219 (NTC 93).

630.2.1.4 Agua

El agua que se emplee para las mezclas de concreto hidráulico o para el curado de las estructuras de concreto, debe cumplir los requisitos de la norma ASTM C1602. No debe contener aceites, ácidos, azúcares, detergentes, sólidos disueltos, sales, materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial para el concreto terminado. En cualquier caso, se deben cumplir los requisitos dados en la Tabla 630 — 5 y en la Tabla 630 — 6.

Tabla 630 — 5. Requisitos para el agua de mezclado

Propiedad	Norma de ensayo	Límites
pH, mínimo	NTC 3651 (ASTM D1293)	6,5
Resistencia a la compresión en cubos de mortero, porcentaje (%) mínimo en control a siete días (7 d)	NTC 220 (ASTM C109)	90
Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (horas:minutos)	NTC 118 (ASTM C403)	de 1:00 inicial a 1:30 final

Para aprobar el agua con la que se piensa preparar la mezcla de concreto se deben realizar dos series de ensayos sobre cubos de mortero, según la NTC 220 (ASTM C109). En la primera serie se preparan los cubos de mortero con el agua que se desea emplear en la obra, mientras que en la segunda serie se utiliza agua destilada. Las resistencias promedio a la compresión a la edad de siete días (7 d) del mortero con el agua que se desea

emplear en la obra deben ser superiores al noventa por ciento (90 %) de las obtenidas con el agua destilada.

En relación con el requisito sobre tiempo de fraguado, las medidas se realizan mediante la resistencia a penetración de morteros extraídos de muestras de concreto, elaboradas como se describió en el párrafo anterior.

Tabla 630 — 6. Límites químicos para el agua de mezclado

Contaminante	Norma de ensayo ASTM	Límite máximo (ppm) (Nota 1)
Ion Cloro (Cl)	C114	500 (Nota 2) o 1 000 (Nota 3)
Sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$)	C114	3 000
Álcalis como ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$). (Nota 4)	C114	600
Sólidos totales	C1603	50 000

Nota 1: ppm corresponde a partes por millón.

Nota 2: concreto pretensado.

Nota 3: concreto reforzado.

Nota 4: se pueden emplear también las normas ASTM D4191 y ASTM D4192.

630.2.1.5 Aditivos y adiciones complementarias

Se pueden usar aditivos y adiciones complementarias de reconocida calidad que cumplan los requisitos normativos correspondientes, para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares de la estructura a construir.

Los aditivos reductores de agua y para control de fraguado deben cumplir los requisitos de la NTC 1299 (ASTM C494). Los inclusores de aire se deben ajustar a las exigencias de la norma ASTM C260. El concreto reforzado con fibras debe cumplir los requisitos de la NTC 5541 (ASTM C1116). Los pigmentos utilizados en concretos, con el propósito de producir mezclas coloreadas integralmente, deben cumplir la norma ASTM C979. Adicionalmente, se permite el uso de todos los aditivos que cumplan ACI 212.3R, Reporte de aditivos químicos para el concreto.

Su empleo se debe definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin perturbar las propiedades restantes de la mezcla.

Los aditivos y las adiciones complementarias deben estar libres de sustancias que, por su naturaleza o cantidad, afecten la resistencia o la durabilidad del concreto, armaduras, aceros de alta resistencia u otros elementos insertados.

Los aditivos que contengan altos contenidos de cloruros no deben ser adicionados al concreto reforzado, concreto preesforzado, concreto que contengan aluminio embebido o en concreto construido con encofrados per-

manentes de acero, a menos que se demuestre experimentalmente que no se afecta su durabilidad y sean aprobados por el interventor. También, se prohíbe el uso de aditivos ricos en álcalis solubles para la elaboración de cualquier tipo de concreto, a menos que se demuestre experimentalmente que no se afecta la durabilidad del concreto y sean aprobados por el interventor.

Para la validación de los aditivos y adiciones complementarias se deben realizar mezclas de prueba con los materiales por usar, en las cantidades establecidas para la mezcla en obra y en las condiciones específicas de sitio a las que está expuesta la estructura. Para establecer la dosis del aditivo se deben realizar mezclas de prueba con el fin de verificar el desempeño requerido. Las dosis ensayadas y aprobadas no se deben modificar a menos que se realicen nuevamente mezclas de prueba y se verifique el desempeño requerido.

Para todo aditivo o adición complementaria que se utilice como parte del diseño de la mezcla de concreto, el constructor debe presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos que sean requeridos según el material y deben ser aprobados por el interventor.

El uso del aditivo es responsabilidad directa del constructor, así haya sido aprobado por el interventor.

El uso de aditivos y adiciones complementarias de cualquier naturaleza en las mezclas de concreto debe ser probado bajo las condiciones específicas del sitio de obra, de tal manera que se demuestre que no se afectan las propiedades y las características del concreto y se obtiene el desempeño deseado.

El proveedor debe suministrar un documento en donde se presenten las recomendaciones de uso del aditivo. El seguimiento, almacenamiento y demás requisitos para el uso del aditivo se deben realizar siguiendo el documento con las recomendaciones del proveedor.

630.2.2 Acero

En los documentos del proyecto se debe indicar el acero de refuerzo necesario para las diferentes estructuras de concreto. Al respecto, se deben cumplir los requisitos del artículo 640, Acero de refuerzo.

Para elementos preesforzados, el suministro, la colocación y el tensionamiento de acero de preesfuerzo, se debe dar cumpliendo a los requisitos del artículo 641, Acero de preesfuerzo.

Se deben tomar todas las medidas necesarias para evitar la corrosión del acero de refuerzo, tales como:

- Almacenar adecuadamente el acero y evitar su contacto con la humedad.
- Limitar el contenido total de cloruros en la mezcla de concreto, según las tablas de tipo de exposición y requisitos presentadas en este artículo.
- Garantizar que los recubrimientos cumplen los requisitos mínimos de diseño.
- Dosificar mezclas con relaciones agua/material cementante (a/mc) bajas que promuevan concretos densos y de baja permeabilidad.
- En vez de acero (barras, mallas, fibras) utilizar otros materiales que no sean afectados por los cloruros. Se debe establecer por parte del diseñador y el interventor la viabilidad de esta medida.

- Recubrir el acero con materiales que sirvan como barrera física a los agentes agresivos. Se debe establecer por parte del diseñador y el interventor la viabilidad de esta medida.

El concreto reforzado con fibras debe cumplir los siguientes requisitos:

- Las fibras deben cumplir la norma ASTM C1116.
- Se debe aplicar el método de ensayo presentado en la norma ASTM C1609.
- El tipo de fibra, la cantidad y las características de colocación de las fibras deben ser determinadas por el diseñador, esto debe quedar registrado en los documentos del proyecto y debe ser cumplido en obra.

630.2.3 Productos para el curado del concreto

El curado del concreto debe seguir los lineamientos de la guía ACI 308R, Guía para curado del concreto.

Este se puede llevar a cabo a través de:

- Métodos que mantienen un ambiente húmedo mediante la aplicación continua o frecuente de agua por medio de inundación, rociado, nebulización o cubiertas húmedas saturadas.
- Métodos que mantienen la presencia de parte del agua de mezclado de concreto, durante el periodo inicial de endurecimiento, mediante materiales que sellan la superficie expuesta, tales como láminas impermeables de papel o plástico o con la aplicación de compuestos químicos para formar membranas impermeables de curado.

- Métodos que aceleran la ganancia de resistencia suministrando calor y humedad adicional al concreto, esto se logra normalmente con la aplicación de vapor de agua directo, serpentines de calentamiento embebidos en el concreto o formaletas calentadas eléctricamente.
- Otros métodos que fomentan la retención del agua dentro del concreto mediante la utilización de productos químicos dentro de la masa, desde que no se afecten las propiedades establecidas para el concreto.

En caso de usar láminas de curado que pueden ser de polietileno blanco o de papel, se debe cumplir la norma ASTM C171. En caso de usar membranas de curado se debe cumplir la norma ASTM C309. El agua usada para el curado debe cumplir los requisitos del numeral 630.2.1.4 y no debe ser más fría en once grados Celsius (11 °C) que la temperatura interna del concreto.

Para cualquier metodología de curado que se realice en la estructura se debe hacer curado estándar y curado en campo, conforme lo establecido en la norma INV E-420/NTC 550, es decir, así como se toman muestras para el control de la calidad de la mezcla, se deben preparar y curar especímenes en las condiciones de la obra (elementos cerca de la estructura) para determinar la eficiencia del curado y la protección del concreto de la estructura.

La efectividad de los productos para el curado del concreto se debe demostrar mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto.

630.2.4 Productos para las juntas

Cuando el diseño lo requiera en los documentos del proyecto, el diseñador debe

proporcionar la ubicación y los detalles de todas las juntas de construcción, contracción y dilatación, estos detalles deben ser seguidos por el constructor en obra. El material utilizado para la elaboración de las juntas debe ser aplicado o instalado según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante. Los productos para juntas deben cumplir los requisitos del artículo 500.

630.2.5 Resina polimérica y material para reparación parcial de estructuras en concreto

Cuando se trate de anclaje de barras, reparación de fisuras y puente de adherencia para reparaciones, se debe usar un material que cumpla los requisitos establecidos en la norma ASTM C881. La selección del tipo de resina epóxica debe estar en función del tipo de adherencia, el grado de viscosidad (baja, media o alta), la clase (rangos de temperatura para su aplicación) y el color que estén planeados en los documentos del proyecto.

En anclajes con consideraciones de riesgo sísmico o concreto fisurado se deben considerar anclajes de resinas epóxicas que estén acorde con la ACI 355.4, Calificación de anclajes adhesivos post-instalados en concreto.

Para la reparación de desportillamientos y para el tratamiento de juntas de emergencia, se debe utilizar un mortero base cemento de alta especificación que cumpla los requisitos de la norma ASTM C928 tipo 3.

En todo caso, las resinas poliméricas y los materiales para la reparación parcial de estructuras en concreto deben ser aprobados por el interventor.

630.2.6 Requisitos de durabilidad, resistencia y clase del concreto

El diseño de mezcla de cada tipo de concreto debe cumplir todos los requisitos de:

- Durabilidad
- Clase de concreto
- Resistencia

Para ello, se deben tomar como requisitos límite, los parámetros más conservadores de estos tres aspectos.

Una vez definido el diseño de la mezcla de cada tipo de concreto por usar en obra, se debe entregar al interventor la caracterización de la mezcla de concreto, entre los documentos del proyecto. Cada tipo de concreto debe estar caracterizado, como mínimo, con los siguientes parámetros:

- Tipo de uso: concreto pretensado, postensado, reforzado, liviano, simple o ciclópeo.
- Tipo de colocación especial, si es aplicable. Por ejemplo: para instalar con bomba, para instalar bajo agua (tremie).
- Categoría y clase de exposición: se debe definir de acuerdo con el numeral 630.2.6.1.
- Reactividad álcali-sílice y álcali-carbonato.
- Requisitos asociados a la clase de exposición, según el numeral 630.2.6.1: relación a/mc, resistencia mínima a la compresión, contenido de aire y tipo de material cementante, entre otros.
- Tipo de cemento hidráulico y adiciones suplementarias, el cual debe ser definido en función de las condiciones particulares de cada estructura, teniendo en cuenta los requisitos asociados a la clase de exposición.
- Aditivos y adiciones complementarias, en el caso de ser requeridas.

- Tamaño máximo y tipo de gradación del agregado grueso.
- Relación a/mc, valor máximo.
- Mínima resistencia a la compresión (norma de ensayo INV E-410/NTC 673) para una edad específica.
- Asentamiento (norma de ensayo INV E-404/NTC 396), intervalo de valores, pero en caso de mezclas muy fluidas se debe realizar el ensayo para medir el flujo libre (NTC 5222).
- Contenido de aire (norma de ensayo INV E-406/NTC 1032), intervalo de valores.
- En caso de usar concretos especiales, se debe determinar el método constructivo.

630.2.6.1 Durabilidad

El concreto hidráulico se debe diseñar para las resistencias especificadas en los documentos del proyecto y para requisitos de durabilidad, según las condiciones de exposición. Además, se debe tener en cuenta el tipo de refuerzo de la estructura, especialmente en relación con los requisitos de corrosión del acero.

El diseño por durabilidad se puede hacer de manera prescriptiva o por desempeño verificado, según se explica a continuación. Así mismo, no se pueden combinar los dos métodos en el diseño. Si ambos llegan a quedar especificados, deben prevalecer para el diseño los requisitos más exigentes.

Es responsabilidad del diseñador establecer los requisitos de durabilidad aplicables, con base en las condiciones de exposición (FSPC) de la estructura de concreto hidráulico, tanto para métodos prescriptivos como para métodos por desempeño verificado. El constructor puede optar por construir la obra utilizando uno u otro método.

630.2.6.1.1 Método prescriptivo

Se deben definir las condiciones de exposición de la estructura de concreto y clasificarla según la categoría y grado de severidad, con el objetivo de determinar los requisitos por durabilidad que debe cumplir la mezcla.

El diseñador debe consignar en los documentos del proyecto, las categorías de exposición de forma completa según la Tabla 630 — 7.

Por ejemplo, F0S1P0C2, para un concreto que no está expuesto a ciclos de congelamiento y descongelamiento (F0), con exposición moderada a sulfatos (S1), sin requisitos de permeabilidad (P0), y concreto reforzado que está expuesto a la humedad y a fuentes externas de cloruros (C2).

Sin importar los requisitos dados por el tipo de exposición o resistencia, se deben cumplir

los requisitos de material cementante, expresados como el cemento hidráulico más los cementantes suplementarios (puzolanas), de acuerdo con lo establecido en la Tabla 630 — 7.

La Tabla 630 — 7 presenta las categorías y las clases de exposición para las estructuras de concreto hidráulico. Como una estructura puede estar expuesta a dos o más categorías de exposición, se deben aplicar los requisitos prescriptivos más estrictos que se especifican para cada requisito de formulación (relación a/mc ; $f'c$, y requisitos adicionales, tipo de cementantes, etc.).

Se deben aplicar los criterios de exposición para corrosión solo para estructuras de concreto hidráulico reforzado con acero, como mallas de refuerzo, macrofibras y microfibras de acero, barras de refuerzo, entre otros.

Tabla 630 — 7. Categorías de exposición, severidad y requisitos prescriptivos para el diseño por durabilidad del concreto

Categoría	Severidad	Clase	Condición	Rel. a/mc máx. (Nota 9)	f'c mín. (MPa)	Requisitos mínimos adicionales	
						Contenido de aire	Límites en los cementantes
F Congelamiento y deshielo	No aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo	-	17	-	-
	Moderada	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad	0,55	24	Tabla 630 – 8	-
	Severa	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad	0,45	31	Tabla 630 – 8	-
	Muy severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, que está en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	0,40	35	Tabla 630 – 8	Tabla 630 – 9
S Sulfato	No aplicable	S0	Sulfatos solubles en agua (SO4) en el suelo, porcentaje (%) en peso (Nota 1) $SO_4^- < 0,10$	N/A	17	Tipos de material cementante (Nota 3) Sin restricción en el tipo	Uso de aditivo cloruro de calcio Sin restricción
	Moderada	S1	$0,10 \leq SO_4^- < 0,20$ $150 \leq SO_4^- < 1\ 500$	0,50	28	Sin restricción en el tipo II (Nota 4 y Nota 5) Tipos con designación MS	Sin restricción en el tipo MS Sin restricción

Categoría	Severidad	Clase	Condición		Rel. a/mc máx. (Nota 9)	f'c mín. (MPa)	Requisitos mínimos adicionales			
			Sulfatos solubles en agua (SO4) en el suelo, porcentaje (%) en peso (Nota 1)	Sulfato (SO4) disuelto en agua (ppm) (Nota 2)			Contenido de aire		Límites en los cementantes	
S Sulfato	Severa	S2	0,20 ≤ SO ₄ < 2,00	1 500 ≤ SO ₄ < 10 000	0,45	31	Tipos de material cementante (Nota 3)			Uso de aditivo cloruro de calcio
							ASTM C150	ASTM C595	NTC 121	
	Muy severa	S3	SO ₄ > 2,00	SO ₄ > 10 000	0,45	31	V (Nota 5)	Tipos con designación HS	HS	No se permite
							V más puzolanas o escoria (Nota 6)	Tipos con designación HS más puzolanas o escoria (Nota 6)	HS y puzolanas o escoria (Nota 6)	No se permite
P Concreto en contacto con el agua	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad		N/A	17	Ninguno			
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiere baja permeabilidad		0,50	28	Ninguno			
							Contenido máximo de iones de cloruro (Cl-) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento			Requisitos relacionados
							Concreto reforzado	Concreto preesforzado		
	No aplicable	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad		N/A	17	1,00	0,06	Ninguno	

Categoría	Severidad	Clase	Condición	Rel. a/mc máx. (Nota 9)	f'c mín. (MPa)	Requisitos mínimos adicionales	
						Contenido de aire	Límites en los cementantes
C Protección del refuerzo para la corrosión	Moderada	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros	0,50	17	0,30	Contenido máximo de iones de cloruro (Cl-) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento
	Severa	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	0,40	35	0,15	Requisitos relacionados Concreto preesforzado
						0,06	0,06
							Ninguno

Nota 1: el porcentaje en masa de sulfato en el suelo se debe determinar por medio de la norma ASTM C1580.

Nota 2: la concentración de sulfatos disueltos en agua en partes por millón, se debe determinar por medio de la norma ASTM D516 o la norma ASTM D4130.

Nota 3: se permiten combinaciones alternativas de materiales cementantes diferentes a los mencionados en la Tabla 630 – 7, siempre y cuando sean ensayados para comprobar la resistencia a los sulfatos y se cumplan los criterios de la Tabla 630 – 11.

Nota 4: para exposición al agua marina, son permitidos otros tipos de cemento Portland, con contenidos de hasta diez por ciento (10 %) de aluminato tricálcico (C3A) si la relación a/mc no excede cero coma cuarenta (0,40).

Nota 5: se permiten otros tipos de cemento como el tipo III o el tipo I en exposiciones clase S1 o S2, si el contenido de C3A es menor al ocho por ciento (8 %) o cinco por ciento (5 %), respectivamente.

Nota 6: la cantidad de fuente específica de puzolana o escoria que se use, no debe ser inferior a la cantidad que haya sido determinada, por experiencia en mejorar la resistencia a sulfatos, cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V. De manera alternativa, la cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria usada, no debe ser menor a la cantidad ensayada, según la NTC 3330 (ASTM C1012) y debe cumplir los requisitos de la Tabla 630 – 11.

Nota 7: el contenido de iones cloruro, solubles en agua, provenientes de los ingredientes -incluyendo el agua-, agregados, materiales cementantes y aditivos de la mezcla de concreto, deben ser determinados según los requisitos de la NTC 4049 (ASTM C1218M), a edades que van de veintiocho días (28 d) a cuarenta y dos días (42 d).

Nota 8: se deben cumplir los requisitos de la NSR referentes a «Protección de concreto para el refuerzo: Pernos con cabeza para refuerzo de corte», «Protección de concreto para el refuerzo: Ambientes corrosivos» y «Protección contra la corrosión de tendones de preesforzado no adheridos».

Nota 9: los límites máximos de la relación a/mc no se aplican al concreto de peso liviano.

Como complemento de la Tabla 630 — 7, a continuación, se presentan requisitos adicionales para la exposición a congelamiento y deshielo en la Tabla 630 — 8. La tolerancia de aire incorporado debe ser de más o menos

uno coma cinco por ciento ($\pm 1,5 \%$). Para concretos de $f'c$ mayores de treinta y cinco megapascuales (35 MPa), los valores de la Tabla 630 — 8 se pueden reducir hasta en uno por ciento (1 %).

Tabla 630 — 8. Contenido total de aire para concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Contenido de aire (%)	
	Exposición Clase F1	Exposición Clases F2 y F3
9,5	6,0	7,5
12,5	5,5	7,0
19,0	5,0	6,0
25,0	4,5	6,0
37,5	4,5	5,5
50,0 (Nota)	4,0	5,0
75,0 (Nota)	3,5	4,5

Nota: estos contenidos de aire se aplican a la mezcla total. Al ensayar estos concretos, sin embargo, se retiran las partículas de agregado mayores de cuarenta milímetros (40 mm) sacándolas mediante tamizado y se determina el contenido de aire en la fracción tamizada (la tolerancia en el contenido de aire incorporado se aplica a ese valor). El contenido de aire de la mezcla total se calcula a partir del valor determinado en la fracción cribada que pasa el tamiz de 40 mm, indicado en la norma INV E-406/NTC 1032 (ASTM C231).

En la Tabla 630 — 9 se presenta el límite de materiales cementantes para concreto sometido a clase de exposición F3.

Tabla 630 — 9. Requisitos para concreto sometido a clase de exposición F3

Materiales cementantes	Porcentaje máximo sobre el total de materiales cementantes en peso (Nota 1)
Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen NTC 3493 (ASTM C618)	25
Escoria que cumple NTC 4018 (ASTM C989)	50
Humo de sílice que cumple ASTM C1240	10

Materiales cementantes	Porcentaje máximo sobre el total de materiales cementantes en peso (Nota 1)
Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria y humo de sílice	50 (Nota 2)
Total de cenizas volantes u otras puzolanas y humo de sílice	35 (Nota 2)

Nota 1: el total de materiales cementantes también incluye cementos ASTM C150, ASTM C595, NTC 4578 (ASTM C845) y NTC 121. Los porcentajes máximos de esta tabla incluyen:

- Cenizas volantes u otras puzolanas presentes en cementos adicionados tipo IP, según la norma ASTM C595 o NTC 121.
- Escoria usada en la fabricación de cementos adicionados Tipo IS, según la norma ASTM C595 o NTC 121.
- Humo de sílice, según la norma ASTM C1240, presente en cementos adicionados.

Nota 2: las cenizas volantes u otras puzolanas y el humo de sílice no deben constituir más del veinticinco por ciento (25 %) y diez por ciento (10 %).

Para el caso de elementos estructurales expuestos a condiciones ambientales, tales como obras hidráulicas y estructuras en contacto permanente con el agua, los requisitos de durabilidad son aplicables, a excepción de la relación a/mc y $f'c$ mínimo para las clases de exposición presentadas en la Tabla 630 — 10. Para el caso de estructuras que están expuestas a

condiciones de exposición severas, con presencia de agentes químicos concentrados, se deben cumplir ciclos de humedecimiento y secado, y ciclos de congelamiento y deshielo del concreto saturado en algunas regiones. La clase de exposición Q se refiere a concretos expuestos a químicos corrosivos.

Tabla 630 — 10. Requisitos de concreto adicionales para estructuras ambientales

Clase de exposición	Relación a/mc máx.	$f'c$ mín. (MPa)
F3	0,42	31
S0	0,45	28
S1	0,42	31
S2	0,40	35
S3	0,40	35
P1	0,45	28
Q1	0,42	31

Adicionalmente, se deben cumplir los requisitos de juntas, protección contra la erosión y la protección contra químicos, presentados en la norma NSR para elementos ambientales.

siempre y cuando se cumplan los requisitos de desempeño verificado y los requisitos de resistencia especificada para el concreto.

630.2.6.1.2 Métodos por desempeño verificado

630.2.6.1.2.1 Exposición a sulfatos

En caso de evaluar la durabilidad por el método de desempeño verificado, para exposiciones a sulfatos y al ion cloruro, el diseñador debe consignar en los documentos del proyecto los requisitos de diseño por desempeño verificado para los diferentes tipos de exposición, con base en los siguientes criterios: penetrabilidad al ion cloruro, en culombios (C), resistencia a sulfatos, en porcentaje (%) de expansión y permeabilidad al agua (NTC 4483). Se debe hacer la verificación experimental de los requisitos de durabilidad para el material colocado en obra.

Para la elaboración de concretos hidráulicos expuestos a sulfatos, provenientes del suelo, el agua freática y el agua marina, entre otras, se permite el uso de cualquier tipo de cemento que, solo o mezclado con un contenido mínimo de material suplementario, demuestre un valor máximo de expansión en relación con la severidad de la exposición, según el método de ensayo de la norma ASTM C1012 y lo establecido en la Tabla 630 — 11. No se permite la aprobación de la expansión a edades menores ni el uso de ecuaciones de proyección. En cuanto al diseño de la mezcla por exposición a sulfatos, se deben cumplir todos los requisitos límite dados en la Tabla 630 — 11.

No se establecen requisitos de contenido mínimo de cementante o de tipo de cemento,

Tabla 630 — 11. Requisitos del concreto con exposición de sulfatos

Tipo de exposición a sulfatos	Descripción	Sulfatos en el suelo, solubles en agua (SO ₄ ⁼), porcentaje (%) en peso	Sulfatos disueltos en agua (ppm)	Expansión según NTC 3330	Permeabilidad al agua según NTC 4483	f'c, mín. (MPa)	Uso de acelerantes basados en cloruros
S0	Sin requisitos	< 0,1	< 150	Sin requisitos	Media	28	Sin restricción
S1	Moderada	Entre 0,1 y 0,2	Entre 150 y 1 500	0,1 % a 6 meses	Media	31	Sin restricción
S2	Severa	Entre 0,2 y 2,0	Entre 1 500 y 10 000	0,5 % a 6 meses y 0,1 % a 1 año	Media	35	No se permite
S3	Muy severa	> 2,0	> 10 000	0,1 % a 18 meses	Baja	35	No se permite

Para la evaluación de la permeabilidad al agua se debe seguir lo indicado en la Tabla 630 — 12.

Tabla 630 — 12. Penetración de agua en el concreto según NTC 4483

Tipo de ensayo	Unidades	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Coefficiente de permeabilidad al agua	m/s	$< 10^{-12}$	Entre 10^{-12} y 10^{-10}	$> 10^{-10}$
Profundidad de penetración	mm	< 30	Entre 30 y 60	> 60

630.2.6.1.2.2 Penetración al ion cloruro

Para el caso de concreto que contenga acero de refuerzo, bien sea en barras, mallas, macrofibra, microfibra, entre otros, el diseño de la mezcla de concreto por desempeño verificado para la protección a la penetración del ion cloruro se puede realizar con base en la Tabla 630 — 13, de acuerdo con

el tipo de exposición. El ensayo se debe realizar de acuerdo con la norma de ensayo ASTM C1202. Los requisitos de durabilidad por desempeño verificado para la corrosión del refuerzo requieren, sin embargo, el cumplimiento de los valores de resistencia a la compresión mínima y relación a/mc máxima de la Tabla 630 — 7.

Tabla 630 — 13. Requisitos de penetrabilidad a cloruros y tipo de exposición de concreto

Carga que pasa (C) ASTM C1202	Penetración de ion cloruro	Tipo de exposición del pavimento con elementos de acero (se excluyen los pasadores de transferencia)
$> 4\ 000$	Alta	Concretos sin exposición a cloruros.
Entre 2 000 y 4 000	Moderada	Concretos con exposición leve a cloruros en ambientes secos o interiores.
Entre 1 000 y 2 000	Baja	Concretos en exposición directa a agua marina, o freática con alto contenido de cloruros (severa).
Entre 100 y 1 000	Muy baja	Pavimentos reforzados y continuamente reforzados, expuestos de forma directa al agua con cloruros (severa). Pavimentos en puertos, puentes y viaductos.
< 100	Despreciable	Estructuras que si son dañadas generan grandes pérdidas económicas y/o ambientales irreparables.

630.2.6.1.3 Diseño para la mitigación de la reacción álcali-agregado

Sin importar el tipo de exposición del concreto, se debe evaluar y mitigar, de ser necesario, la reacción álcali-agregado según lo establecido en la norma ASTM C1778 y los demás requisitos del presente artículo.

630.2.6.1.3.1 Evaluación de la reacción álcali-carbonato

Si el agregado por utilizar en un proyecto proviene de una fuente que contiene material calcáreo, se debe caracterizar el potencial de reactividad álcali-carbonato con base en su composición química, particularmente el

contenido de magnesio (MgO), cal (CaO) y alúmina (Al_2O_3). Se debe determinar si la relación CaO/MgO a Al_2O_3 del agregado se encuentra entre los rangos de composición de los

agregados que son considerados potencialmente expansivos según se muestra en la Figura 630 — 1.

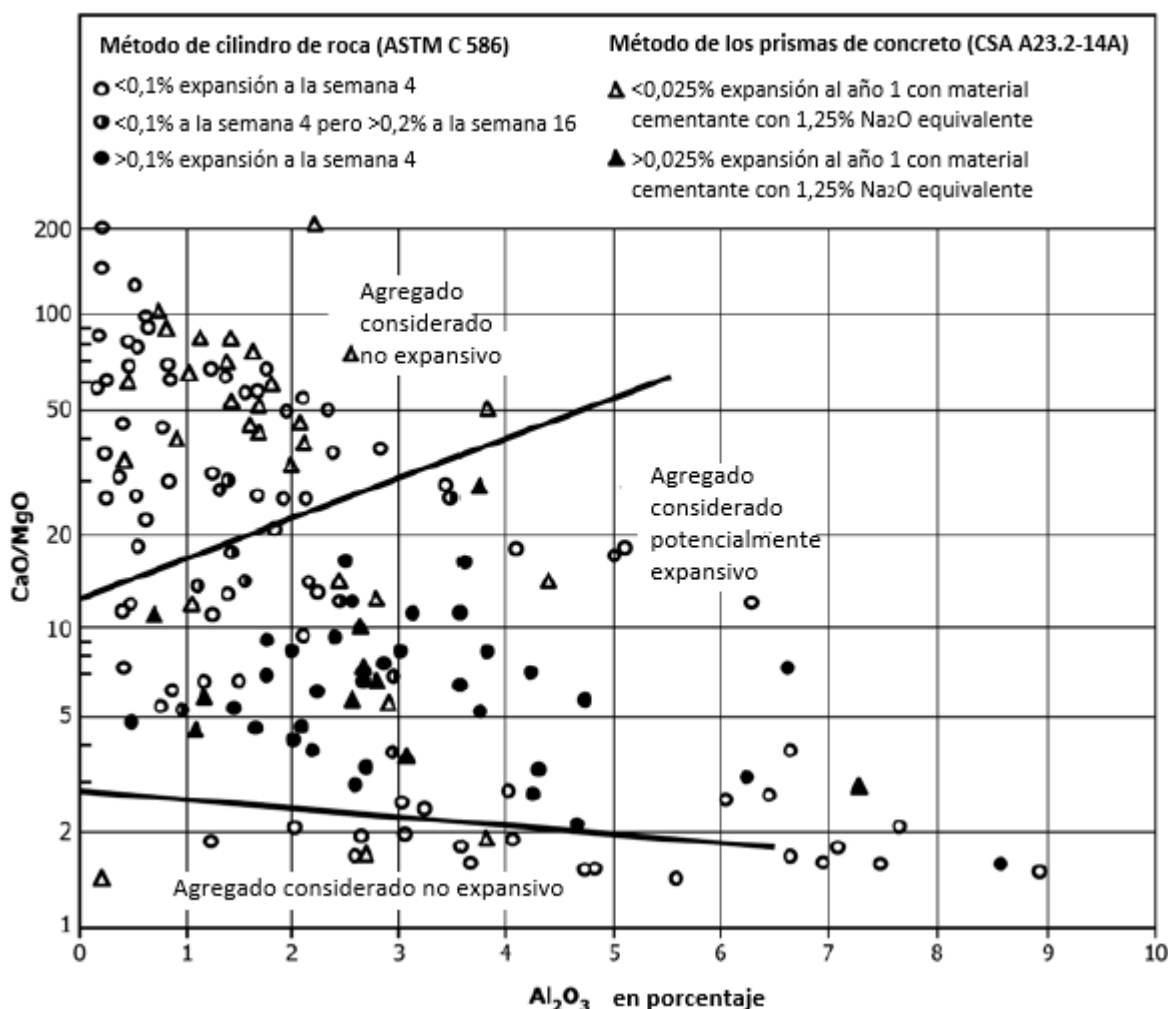


Figura 630 — 1. Franjas de composición para calificar el potencial de reacción álcali-carbonato de rocas calcáreas

Fuente: Figura adaptada de la norma ASTM C1778.

En cualquier caso, bien sea que el agregado se encuentre o no fuera de la franja de agregado potencialmente reactivo, el agregado calcáreo debe ser analizado para determinar su potencial, con el fin de desarrollar la

reacción álcali-sílice y si esta se presenta, se debe proceder a su mitigación.

Si el agregado calcáreo se encuentra en el rango considerado potencialmente expansivo

sivo para reacción álcali-carbonato, se debe ensayar utilizando el método de prismas de concreto por el método ASTM C1293 o por el método ASTM C1105, usando un contenido reducido de álcali (uno coma ocho kilogramos por metro cúbico ($1,8 \text{ kg/m}^3$) para minimizar el riesgo de una expansión perjudicial como resultado de la reacción álcali-sílice). Según los resultados obtenidos en estos ensayos, se puede utilizar o no el agregado para la elaboración de concreto con base en los siguientes criterios:

- Cuando se usa solamente el método de la norma ASTM C1293 y con este se determina una expansión mayor que cero coma cuatro por ciento (0,04 %) a doce (12) meses, se debe realizar un análisis petrográfico para determinar si en el concreto hubo reacción álcali-carbonato y reacción álcali-sílice. Si el análisis petrográfico muestra que ocurrió reacción álcali-carbonato, solo o en combinación con reacción álcali-sílice, el agregado no puede ser utilizado para hacer concreto. Solo se puede usar el agregado si se implementa una explotación selectiva de la fuente, que demuestre que el nuevo agregado obtenido cumple los requisitos de expansión máxima por reacción álcali-carbonato.
- Cuando se usa el método ASTM C1105, el procedimiento se debe modificar de tal forma que el contenido de álcalis en el ensayo se mantenga por debajo de uno coma ocho kilogramos por metro cúbico ($1,8 \text{ kg/m}^3$), para evitar que se genere reacción álcali-sílice. Si el resultado de expansión por este método es cero coma cero veinticinco por ciento (0,025 %) o mayor a los seis (6) meses, o cero coma

cero tres por ciento (0,03 %) o mayor a los doce (12) meses, el agregado se considera reactivo y no se puede utilizar para hacer concreto. Los agregados calcáreos que muestren valores de expansión menores pueden ser utilizados para la elaboración de concreto. Aun si cumple este requisito, se debe evaluar el potencial de expansión por reacción álcali-sílice por el método ASTM C1260 o ASTM C1293, y de ser necesario, realizar la mitigación.

630.2.6.1.3.2 Evaluación de la reacción álcali-sílice

En el caso de la reacción álcali-sílice, se puede realizar la inspección petrográfica de los agregados al cumplir la norma ASTM C295, la cual sirve para determinar la presencia de sílice amorfa, sílice microcristalina, policristalina o criptocristalina.

La evaluación petrográfica, por sí sola, no se debe tomar como un indicativo de la reactividad de los agregados, la cual se debe analizar solamente por desempeño verificado.

La evaluación del potencial de expansión por reacción álcali-sílice se debe realizar según lo establecido en la NTC 6222 (ASTM C1260) (método de las barras de mortero) o, alternativamente, por la norma ASTM C1293 (método de los prismas de concreto). Para estas pruebas diagnósticas, solo se debe usar el cemento estándar (Portland Tipo I) definido por dichas normas. No se puede usar el cemento que se va a emplear en la obra. La calificación de reactividad de los agregados se realiza con base en los parámetros que se dan en la Tabla 630 — 14.

Tabla 630 — 14. Calificación de reactividad de los agregados

Norma	Material involucrado	Proceso	Requisito	Calificación	Valor
ASTM C1260	Agregados finos y gruesos. Solo se ensaya el agregado fino si ambos son de la misma fuente.	Diagnóstico de reactividad	Expansión en barras de mortero	Agregado inocuo	< 0,1 %
				Agregado potencialmente reactivo	≥ 0,1 %
				Agregado reactivo	≥ 0,2 %
ASTM C1567	Agregados finos y gruesos. Solo se ensaya el agregado fino si ambos son de la misma fuente. Cementante suplementario.	Mitigación de la reactividad	Expansión en barras de mortero	Mezcla mitigada	< 0,1 % a 16 días, si la curva de expansión tiene tendencia asintótica horizontal a los 16 días
ASTM C1293	Agregados finos y gruesos que se usan en la mezcla.	Diagnóstico de la reactividad	Expansión de los prismas de concreto	Potencialmente no reactivo	< 0,04 % a 1 año
				Potencialmente dañino	≥ 0,04 % a 1 año
	Agregados finos y gruesos, y cementante suplementario que se van a usar en la mezcla.	Mitigación de la reactividad	Expansión de los prismas de concreto	Mezcla mitigada	< 0,04 % a 2 años (Nota)

Nota: si no se cuenta con datos, se trabaja solo con las normas ASTM C1260 y ASTM C1567, como lo establece la norma ASTM C1778.

La mitigación de la reacción álcali-sílice mediante la aplicación de la norma ASTM C1567 o ASTM C1293, solo se puede realizar usando el cemento especificado en la norma de ensayo. No se admite el diseño de la mitigación usando el cemento de la obra.

El diseño de la mitigación se puede realizar mediante el método por desempeño verificado o el método prescriptivo, ambos descritos en la norma ASTM C1778 secciones 7, 8 y 9.

Cuando se emplee el método ASTM C1567 y se utilice, para la elaboración del concreto, agregado de diferentes fuentes, se debe mitigar la reacción álcali-sílice, con base en el material más reactivo. Además, para la mitigación de la reacción álcali-sílice se usan los criterios de diseño por el método prescriptivo o por el método de desempeño verificado que son detallados en la guía ASTM C1778.

630.2.6.1.3.3 Mitigación de reacción álcali-sílice por método prescriptivo

Para aplicar el criterio de diseño prescriptivo del método ASTM C1778 se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Emplear los valores de expansión por reactividad álcali-sílice de los agregados, según los resultados de la NTC 6222 (ASTM C1260) o ASTM C1293, o ambas.
- Determinar la ocurrencia de la reacción álcali-agregado en función de la exposición.
- Determinar la clase de severidad de las consecuencias en los casos que ocurra reacción álcali-sílice.
- Determinar el nivel de prevención requerido, con base en los resultados anteriores.
- Especificar con los requisitos más restrictivos.

630.2.6.1.3.4 Mitigación de reacción álcali-sílice por el método de desempeño verificado

En el caso del diseño de la mitigación de la reacción álcali-sílice por el método de desempeño verificado, se deben conocer los valores de expansión de los agregados por la NTC 6222 (ASTM C1260) o ASTM C1293 o ambas cuando estén disponibles. Es decir, con los resultados de los ensayos se determina la reactividad del material y se procede a diseñar directamente la mitigación. Uno de los métodos de mitigación es emplear material cementante suplementario, determinando la cantidad por los métodos de la ASTM C1567 o ASTM C1293.

630.2.6.2 Clases de concreto

Para el caso de puentes, estructuras auxiliares de puentes, estructuras hidráulicas de

la infraestructura vial y muros de contención se debe definir la clase de concreto por usar, de acuerdo con la clasificación en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes (CCP).

Una vez determinada la clase del concreto, se debe realizar el diseño de mezcla cumpliendo con los requisitos por clase de concreto presentados en el CCP. Para el caso la de relación a/mc, contenido de aire y resistencia a la compresión a los veintiocho días (28 d), se deben cumplir los requisitos límite del CCP y los requisitos de los numerales 630.2.6.1 y 630.2.6.3, es decir, se debe diseñar la mezcla con los parámetros límite más conservadores entre los establecidos por clase de concreto, durabilidad y resistencia.

630.2.6.3 Resistencia

También, se deben cumplir los siguientes requisitos para la resistencia:

- Concreto ciclópeo: la resistencia no debe ser menor de diecisiete megapascales (17 MPa) a los veintiocho días (28 d).
- Concreto simple: la resistencia no debe ser menor de diecisiete megapascales (17 MPa) a los veintiocho días (28 d).
- Concreto reforzado: la resistencia no debe ser menor de veintiún megapascales (21 MPa) a los veintiocho días (28 d).
- Concreto pretensado y postensado: la resistencia no debe ser menor de treinta y dos megapascales (32 MPa) a los veintiocho días (28 d).

Para el caso de concreto liviano, los límites máximos de la relación a/mc hallados en el numeral 630.2.6.1 no aplican.

Por otra parte, el valor de resistencia a la compresión del concreto liviano no debe ser mayor de treinta y cinco megapascales (35 MPa), es decir, elementos que requieran concreto con una resistencia a la compresión mayor de treinta y cinco megapascales (35 MPa) no se pueden construir con este tipo de concreto, a menos que se demuestre experimentalmente que, elementos estructurales elaborados con el concreto liviano a usar en obra proporcionan una resistencia y tenacidad iguales o mayores que las de elementos comparables hechos con concreto de peso normal de la misma resistencia.

630.3 Equipo

Es responsabilidad del constructor disponer de los equipos y elementos para el suministro de los materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado del concreto estructural. También, equipos y elementos necesarios para la ejecución de juntas, equipos para limpieza, reparaciones, etc.

El constructor debe garantizar la calibración periódica de los equipos, de acuerdo con el plan de mantenimiento y calibración de estos, fijado en el plan de calidad del proyecto. Las calibraciones deben ser realizadas por laboratorios de calibración que cuenten con la acreditación por parte del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para la unidad de medida por verificar, garantizando que las mediciones realizadas por la empresa sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

A continuación, se presentan los requisitos de los principales equipos y herramientas requeridos para la elaboración de concretos y la construcción de estructuras con este material.

630.3.1 Equipo para la elaboración de agregados

Para la producción de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, cargue, transporte y proceso. La unidad de proceso consiste en una unidad clasificadora y una planta de trituración provista de trituradora primaria, secundaria y terciaria, siempre que esta última se requiera, así como un equipo de lavado. La planta debe estar provista de los filtros y demás accesorios necesarios para controlar la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

630.3.2 Producción de la mezcla de concreto

La producción del concreto debe cumplir los lineamientos establecidos en la NTC 3318 (ASTM C94), tanto para el concreto producido *in situ* como para el concreto producido por un proveedor externo, en planta externa.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central debe dosificarlos con precisión suficiente. Los aditivos en polvo se deben dosificar en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta en masa o en volumen, con una precisión no inferior al tres por ciento ($\pm 3\%$) de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deben estar protegidos de tal forma que, durante el funcionamiento del mezclador, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

630.3.2.1 Mezcla en el sitio

Se permite el empleo de mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra, previa aprobación del interventor, cuya capacidad no debe exceder de tres metros cúbicos (3 m³).

630.3.3 Equipo para el transporte del concreto al sitio de las obras

La utilización de cualquier sistema de transporte o de conducción del concreto debe contar con la aprobación del interventor. Dicha aprobación no se debe considerar definitiva por el constructor y la condición del uso del sistema de conducción o transporte se debe suspender inmediatamente, si el asentamiento o flujo de la mezcla (según sea el tipo de consistencia del concreto) excede los límites especificados o si la segregación de esta es excesiva. Se debe garantizar la homogeneidad de la mezcla mediante la prueba de uniformidad del concreto, de acuerdo con el procedimiento definido en el apéndice A de la NTC 3318 (ASTM C94).

Se debe garantizar la homogeneidad de la mezcla de concreto. Para esto es necesario que el transporte cumpla el horario programado considerando los tiempos de fraguado. De lo contrario, se debe hacer uso de aditivos retardantes de fraguado.

630.3.3.1 Transporte del concreto en camiones mezcladores

El transporte del concreto a la obra se realiza en camiones mezcladores o agitadores provistos de tambor giratorio cerrado con paletas internas, los cuales están equipados con cuentarrevoluciones. Deben ser capa-

ces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

630.3.3.2 Transporte del concreto en volquetas

Para distancias cortas se emplean camiones del tipo volqueta, sin elementos de agitación, de forma que se impida toda segregación, exudación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños. Su caja debe ser lisa y estanca, y estar limpia, para lo cual se debe disponer de un equipo adecuado. El sistema de descarga puede ser basculante o por medio de bandas o tornillos. Estos camiones deben estar siempre provistos de una lona o cobertor para proteger el concreto fresco durante su transporte, evitando la excesiva evaporación del agua o la intrusión de elementos extraños.

Se debe disponer de los equipos necesarios para la limpieza de los elementos de transporte, antes de recibir una nueva carga de concreto.

630.3.3.3 Transporte del concreto en otros tipos de equipos

Se pueden utilizar otros vehículos de transporte de concreto tales como camiones agitadores, *buggies*, entre otros, si el concreto no pierde sus propiedades y uniformidad.

Los diferentes tipos de equipo de transporte deben ser seleccionados, de acuerdo con la tecnología utilizada para la construcción, la logística y el entorno del proyecto y el tipo de concreto, previa aprobación del interventor.

El constructor debe tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones vigentes sobre

tránsito automotor y ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Independiente del sistema de transporte escogido, el interventor tiene la autoridad de rechazar o aceptar la mezcla antes de su colocación. Debe verificar que las propiedades y la uniformidad del concreto no se modificaron durante el transporte.

630.3.4 Equipos de puesta en obra del concreto

El constructor debe disponer de los medios de colocación del concreto que permitan una buena regulación de la cantidad de mezcla depositada, para evitar salpicaduras, segregación y choques contra las formaletas o el refuerzo.

630.3.4.1 Formaleta y obra falsa

El constructor debe suministrar e instalar todas las formaletas necesarias para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en los documentos del proyecto. Las formaletas se deben poder ensamblar firmemente y tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes u otras desviaciones de las líneas y contornos que muestran los documentos del proyecto, ni se pueda escapar el mortero.

La obra falsa o armazones provisionales deben ser construidos sobre cimientos suficientemente resistentes para soportar las cargas sin asentamientos perjudiciales. Toda la obra falsa debe ser diseñada y construida con la

solidez necesaria que le permita soportar, sin sufrir deformación apreciable, las cargas a que puede estar sometida, las cuales deben incluir, además del peso de la superestructura, las correspondientes a las formaletas, arriostramientos, carriles de circulación y otras cargas que le puedan ser impuestas durante la construcción. La obra falsa debe ser convenientemente apuntalada y amarrada, para prevenir distorsiones y movimientos que puedan producir vibraciones y deformaciones en la formaleta de la superestructura.

630.3.4.2 Vibradores

Los vibradores para la compactación del concreto deben ser de tipo interno simple y tener una intensidad suficiente para producir la plasticidad y la adecuada consolidación del concreto, pero sin llegar a causar la segregación de los materiales.

Para fundiciones delgadas, donde las formaletas estén especialmente diseñadas para resistir la vibración, se deben emplear vibradores externos de formaleta, reglas y mesas vibratorias, entre otras.

En la selección del equipo más apropiado para cada elemento estructural se recomienda consultar el documento ACI 309R, Guía para la consolidación del concreto.

630.4 Ejecución de los trabajos

630.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

630.4.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determina las proporciones en que se deben combinar los diferentes materiales componentes, como son: agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, de modo que se obtenga un concreto que cumpla la resistencia, la consistencia, la manejabilidad, la durabilidad y las demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares de los documentos del proyecto y las presentes especificaciones.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe suministrar al interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y, eventualmente, adiciones complementarias por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el interventor realice las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales con base en el cumplimiento de los requisitos de la presente especificación, el constructor debe diseñar la mezcla y debe definir una fórmula de trabajo, la cual debe someter a consideración del interventor. Dicha fórmula señala:

- El tipo y la marca de cemento.
- El tipo y la marca de adiciones suplementarias.
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por

los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta.

- Las dosificaciones de material cementante, agregados grueso y fino, adiciones suplementarias, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, se deben hacer en peso por volumen unitario de concreto (usualmente un metro cúbico de concreto, o fracción de este). La cantidad de agua y aditivos líquidos se puede dar por peso o por volumen. Cuando se contabilice el cemento por bolsas, la dosificación de la bachada por producir debe corresponder a un número entero de bolsas (aproximado al entero superior).
- El módulo de finura del agregado fino.
- El contenido de aire (si se ha especificado).
- La resistencia a compresión de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen en el concreto a usar, la cual se mide según la norma INV E-410/NTC 673.
- La consistencia del concreto debe estar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada tipo de concreto. Si la consistencia se mide según el ensayo de asentamiento, se debe utilizar la norma de ensayo INV E-404/NTC 396 (aplicable para mezclas entre los trece y los doscientos treinta milímetros (13 mm – 230 mm) de asentamiento). Si la consistencia se mide según el ensayo de flujo libre, se debe utilizar la NTC 5222 (aplicable para mezclas de más de doscientos treinta milímetros (230 mm)). Se pueden utilizar medios electrónicos para medir la consistencia del concreto desde que previamente se realicen correlaciones con los ensayos de las normas INV E-404/

NTC 396 o NTC 5222, la que sea aplicable, y con aprobación del interventor. Para la aprobación de cualquier medio electrónico, el interventor puede solicitar los datos experimentales que dan sustento a las correlaciones, sin perjuicio de los datos que sean presentados por parte del fabricante del equipo.

- Cumplimiento de la ACI 308, Guía para el curado del concreto.

El constructor debe determinar la consistencia de cada concreto teniendo en cuenta las condiciones específicas del proyecto (sistema de colocación, condiciones ambientales, tipo de estructura, materiales componentes, entre otras) y este debe ser aprobado por el interventor.

La fórmula de trabajo se debe reconsiderar cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo o clase del material cementante.
- El tipo, absorción y tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0,2).
- La gradación del agregado combinado en una magnitud tal, que ella se salga de la tolerancia fijada.
- La naturaleza y la proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra del concreto.
- La procedencia del agua.
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 630 — 18.

En caso de variar cualquier otro parámetro, el interventor puede exigir la modificación de la fórmula de trabajo para que esta se ajuste a la variación de los parámetros realizada.

El constructor debe considerar que el concreto sea dosificado y elaborado para asegurar una

resistencia a la compresión promedio suficientemente superior a la especificada en los documentos del proyecto, según el tipo de concreto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor especificado. La dosificación también debe estar en función de los requisitos mínimos de durabilidad. Se deben cumplir los lineamientos de dosificación del concreto de la NSR. Con este fin, el constructor debe tener en cuenta que, la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño, depende de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Para casos en que los valores se encuentren por debajo de la especificación, se debe cumplir lo especificado en la NSR: «El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos siguientes requisitos:

- a. Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a $f'c$.
- b. Ningún resultado del ensayo de resistencia es menor que $f'c$ por más de 3,5 MPa cuando $f'c$ es 35 MPa o menor; o por más de $0,10 * f'c$ cuando $f'c$ es mayor a 35 MPa».

Al efectuar las mezclas de prueba en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deben ser elaboradas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402/NTC 1377 y ensayadas según la norma de ensayo INV E-410/NTC 673. Se deben elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a la

compresión a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el tipo de concreto) en función de la relación a/mc y del contenido de material cementante. Estas curvas se deben basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5) puntos, que representen mezclas de prueba que den lugar a resistencias a la compresión por encima y por debajo de la requerida. Cada punto debe representar el promedio de, por lo menos, dos (2) cilindros estandarizados de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de diámetro por trescientos milímetros (300 mm) de altura o tres (3) cilindros estandarizados de cien milímetros (100 mm) de diámetro por doscientos milímetros (200 mm) de altura, ensayados a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el tipo de concreto).

Los valores de la relación a/mc máxima y el contenido mínimo de material cementante admisibles por resistencia para el concreto a emplear en la estructura, son los que permiten obtener una resistencia promedio por encima de la resistencia de diseño del elemento y cumplir los requisitos de durabilidad y clase de concreto.

En todos los casos, la relación a/mc y el contenido de material cementante deben cumplir los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad y clase de concreto correspondientes a los definidos en los documentos del proyecto.

La aprobación que dé el interventor al diseño de la mezcla no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan con base en dicho diseño, ni exime al constructor de su responsabilidad de cumplir todos los requisitos de

los documentos del proyecto. La aceptación de las obras para fines de pago depende de su correcta ejecución, el cumplimiento de los requisitos de durabilidad y clase de concreto, y de la obtención de la resistencia a la compresión mínima especificada para el respectivo tipo de concreto, resistencia que debe ser comprobada con base en las mezclas realmente incorporadas en tales obras.

No se permite ningún cambio al diseño de la mezcla, sin aprobación del interventor.

El diseño debe llevar una copia de todos los resultados de ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, indicando tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos. También, debe incluir el módulo de finura de la arena y el contenido de aire en la mezcla. La producción industrial de la mezcla no puede comenzar hasta que el interventor apruebe el informe de diseño por escrito.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el desarrollo de la fórmula de trabajo de la mezcla deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con

la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes deben ser entregados rutinariamente al interventor, el profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

630.4.3 Almacenamiento de materiales

Los agregados, el material cementante, las adiciones suplementarias, los aditivos y las adiciones complementarias se deben almacenar, de tal forma que se prevenga su deterioro o contaminación. Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado no se debe usar para la elaboración del concreto. Para prevenir esta situación, los materiales se deben almacenar de acuerdo con las siguientes indicaciones.

630.4.3.1 Almacenamiento de los agregados pétreos

Los agregados se deben producir o suministrar en fracciones granulométricas diferenciadas, que se deben acopiar y manejar por separado, hasta su introducción en las tolvas de agregados. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, atendiendo las precauciones que se detallan a continuación:

- El agregado grueso no debe permanecer almacenado durante un tiempo prolongado porque los finos de este tienden a asentarse y acumularse. Sin embargo, cuando el almacenamiento sea necesario, el método de almacenamiento utilizado debe minimizar la segregación, rotura de agregados, excesiva variación en la granulometría y contaminación.
- Las existencias se deben acumular en capas horizontales o de pendiente suave, garantizando la homogenización del material en acopio.
- Se deben disponer sistemas de drenaje apropiados. Para tal efecto, los patios de almacenamiento deben estar en pendiente, de tal manera que se garantice la captación, conducción y evacuación del agua, con el objeto de que los agregados finos y gruesos mantengan una humedad homogénea.
- Los camiones, cargadores u otros equipos no deben ser operados sobre los acopios porque, además de fracturar el agregado, lo contaminan.
- Se debe proteger el agregado seco y fino ante la posibilidad de ser separado por el viento, mediante el uso de lonas o rompavientos.

- Se debe prevenir la contaminación cruzada entre los diferentes tamaños de agregado mediante muros o amplios espacios entre acopios.
- El almacenamiento de los agregados se puede realizar sobre patios pavimentados contruidos para este fin. Sin embargo, si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos.
- En lo posible, los acopios deben ser cubiertos. En caso, de no contar con cubiertas, se deben implementar todos los procedimientos y los controles que garanticen el producto.
- Cuando se detecten anomalías en el suministro de los agregados, ellos se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación. Esta misma medida se debe aplicar cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado. No se deben emplear métodos de transporte, desde los acopios hasta las tolvas de la central, que pudieran causar segregación, degradación o mezcla de fracciones de distintos tamaños.
- El sistema de abastecimiento de agregados se debe programar de manera tal que la cantidad de agregado sea suficiente para cumplir la programación prevista en el proyecto.

Para todo lo anterior, se sugiere consultar el documento ACI 304R, Guía para medir, mezclar, transportar y colocar concreto; que contiene las prácticas recomendables de almacenamiento y manejo de agregados.

630.4.3.2 Almacenamiento del material cementante y adiciones suplementarias

El material cementante en sacos se debe almacenar en sitios secos y aislados del suelo

(sobre estibas) y de muros, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura.

Si el material cementante se suministra a granel, se debe almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento debe ser la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Todo cemento y adición suplementaria que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos, o tres (3) meses en silos, debe ser evaluado y avalado por el interventor, para verificar si aún es susceptible de utilización.

630.4.3.3 Almacenamiento de aditivos y adiciones complementarias

Los aditivos y las adiciones complementarias se deben proteger convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los productos que vengan en sacos se deben almacenar bajo cubierta y conservando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del material cementante y las adiciones suplementarias. Los aditivos y las adiciones complementarias suministrados en forma líquida se deben almacenar en recipientes estancos. Para todo caso, los proveedores de los productos deben suministrar dentro de la ficha técnica o por separado, en documento escrito, las recomendaciones para el almacenamiento de los productos, de tal manera que no se afecte su calidad. Se deben seguir todas las disposiciones y recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

630.4.4 Preparación de la zona de los trabajos

La excavación necesaria para las cimentaciones de las estructuras de concreto y su

preparación para la cimentación, incluyendo su limpieza y apuntalamiento, cuando sea necesario, se debe efectuar conforme se estipula en el artículo 600, Excavaciones varias. Cualquier deterioro ocurrido después de terminada la excavación, debe ser subsanado por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, utilizando procedimientos aprobados por el interventor.

630.4.5 Instalación de la formaleta y obra falsa

Todas las formaletas para confinar y soportar la mezcla de concreto mientras se endurece, deben ser diseñadas por el constructor y aprobadas por el interventor, de tal manera que permitan la colocación y la consolidación adecuadas de la mezcla en su posición final y su fácil inspección. Así mismo, deben ser suficientemente herméticas para impedir pérdidas del mortero de la mezcla.

La aprobación del diseño de las formaletas por parte del interventor no exime al constructor de su responsabilidad respecto de la seguridad, la calidad del trabajo y el cumplimiento de todas las especificaciones.

Las formaletas se deben ensamblar firmemente y deben tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto sin deformaciones y manteniendo las tolerancias propias de la norma vigente (por ejemplo: reglamento NSR vigente, código de puentes u otros).

Antes de iniciar la colocación del concreto se deben limpiar de impurezas, incrustaciones de mortero y cualquier otro material extraño. Su superficie interna se debe cubrir

con productos antiadherentes, que no manchen la superficie del concreto, que impida la absorción de humedad por parte del encofrado y no sea absorbido por el concreto. La colocación del desmoldante en el encofrado se debe realizar siguiendo las indicaciones del proveedor que deben ser suministradas en un documento escrito. Se debe aplicar el desmoldante antes de colocar el acero y no se debe permitir que este entre en contacto con el acero.

Las abrazaderas que se utilicen para sostener las formaletas y que queden embebidas en el concreto, deben ser pernos de acero provistos de rosca, tuercas y acoples adecuados, que permitan retirar los extremos exteriores, sin producir daños en las superficies del concreto. Todos los huecos resultantes del retiro de las abrazaderas se deben llenar con un mortero de consistencia seca.

No se puede colocar concreto dentro de las formaletas si estas no han sido inspeccionadas y aprobadas por el interventor. No se debe mover la cimbra o hacer alguna modificación cuando el concreto haya alcanzado su fraguado inicial.

Las formaletas se pueden remover parcial o totalmente, tan pronto como la mezcla haya adquirido la resistencia suficiente, comprobada mediante ensayos, para sostener su propio peso y el peso de cualquier otra carga.

De acuerdo con los lineamientos del diseñador establecidos en los documentos del proyecto, el constructor debe presentar al interventor un procedimiento apropiado para el retiro de la obra falsa, de manera tal, que la estructura vaya tomando las cargas en la secuencia indicada por el diseñador de la estructura.

Toda obra falsa o cimbra para la construcción de puentes u obras similares debe ser diseñada por el constructor, quien debe someter el diseño a consideración del interventor. Para la aprobación de la obra falsa o cimbra se deben entregar al interventor las memorias de cálculo y los planos de taller debidamente avalados por el profesional facultado para el diseño de estos elementos. En el diseño se deben tener en cuenta las cargas muertas y vivas a las que puede estar sometida la obra falsa durante y después de la colocación del concreto. Las eventuales deflexiones de la obra falsa, debido a las cargas, se deben compensar mediante contraflechas, de tal forma que la estructura terminada se ajuste a los niveles indicados en los documentos del proyecto.

En la construcción de cimbras para arcos, se deben proveer los medios adecuados que permitan un descenso gradual de los centros hasta obtener el autosoporte del arco.

630.4.6 Elaboración de la mezcla

Cuando la mezcla se produce en una planta central, sobre camiones mezcladores o por una combinación de estos procedimientos, el trabajo se debe efectuar de acuerdo con los requisitos aplicables de la NTC 3318 (ASTM C94).

630.4.6.1 Mezclado manual para concretos no estructurales

La mezcla manual solo se puede efectuar, previa aprobación del interventor, para estructuras pequeñas no estructurales que requieran concreto de resistencia a la compresión no superior a catorce megapascales (14 MPa) a los veintiocho días (28 d), o en casos de emergencia que requieran un reducido volumen de concreto. En tal caso se debe colocar un

veinte por ciento (20 %) adicional de cemento, en peso, sobre el requerido según el diseño de la mezcla.

El mezclado manual se debe hacer en bachadas no mayores de cero coma veinticinco metros cúbicos (0,25 m³), sobre una superficie lisa e impermeable.

Las cargas mezcladas a mano no se pueden emplear para concreto colocado debajo del agua, ni concreto estructural.

630.4.6.2 Reablandamiento del concreto

Solo se permite la adición de agua a la mezcla en estado plástico, en el sitio de obra, hasta recuperar la consistencia de diseño de la mezcla, siempre y cuando se realice antes de que se haya presentado el tiempo de fraguado inicial del concreto y que no se exceda por ningún motivo la relación a/mc de diseño, determinada previamente, verificada por medio de mezclas de prueba y aprobada por el interventor.

En caso de adicionar agua en el sitio de obra, se debe demostrar y registrar de forma documental que la relación a/mc no excede el valor de diseño y que este procedimiento se realizó antes de que se haya presentado el tiempo de fraguado inicial del concreto. Todo lo anterior también debe ser corroborado por el interventor.

También se permite la adición de aditivos súper reductores, los cuales deben ser contemplados desde el diseño inicial.

630.4.7 Descarga, transporte y entrega de la mezcla

El concreto, al ser descargado de mezcladoras estacionarias, debe tener la consistencia,

la trabajabilidad y la uniformidad requeridas para la obra.

Cuando se empleen camiones mezcladores o agitadores, la descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y la colocación del concreto deben ser completados en un tiempo máximo de uno coma cinco horas (1,5 h), desde el momento en que el material cementante se añade a los agregados, salvo que el interventor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte y que así esté definido desde el diseño de la mezcla.

El concreto descargado de camiones mezcladores o de camiones agitadores debe ser entregado con la consistencia, la trabajabilidad y la uniformidad requeridas para la obra. La velocidad de descarga del concreto premezclado debe ser controlada por la velocidad de rotación del tambor, en la dirección de la descarga, con la canaleta o compuerta de descarga completamente abierta. Si es necesario agregar agua adicional a la mezcla para alcanzar o mantener el asentamiento especificado, sin exceder la relación a/mc requerida, se debe mezclar nuevamente el contenido del tambor, por un mínimo de veinte (20) revoluciones a la velocidad de mezclado, antes de proceder a la descarga del concreto. En caso de adicionar agua en el sitio de la obra, se debe cumplir con los requisitos del numeral 630.4.6.2.

El concreto puede ser transportado en camiones tipo volqueta u otro equipo provisto de agitadores, si los documentos del proyecto lo admiten o el interventor aprueba por escrito esta posibilidad. En tal caso, los recipientes deben ser metálicos, lisos en su interior,

con las esquinas redondeadas, equipados con compuertas para controlar la descarga y provistos de cobertores adecuados para proteger el concreto contra la intemperie. El concreto transportado en estos equipos debe ser mezclado previamente y entregado con la consistencia y la uniformidad requeridas en la NTC 3318 (ASTM C94). La descarga en el punto de entrega debe ser completada en cuarenta y cinco minutos (45 min) desde que el cemento sea puesto en contacto con los agregados, lapso que el interventor puede variar según las condiciones climáticas del lugar o el uso de aditivos.

A su entrega en la obra, el interventor debe rechazar todo concreto que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, así como aquel que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado o no tenga el asentamiento dentro de los límites especificados.

El concreto que por cualquier causa haya sido rechazado por el interventor, debe ser retirado de la obra y reemplazado por el constructor, a su costa, por un concreto satisfactorio.

630.4.8 Colocación del concreto

630.4.8.1 Preparación para la colocación del concreto

Por lo menos cuarenta y ocho horas (48 h) antes de colocar concreto en cualquier lugar de la obra, el constructor debe notificar por escrito al interventor al respecto, para que este verifique y apruebe los sitios de colocación.

La colocación no puede comenzar, mientras el interventor no haya aprobado el encofrado, el refuerzo, las partes embebidas y

la preparación de las superficies que han de quedar contra el concreto. Dichas superficies deben estar completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, partículas sueltas y cualquier otra sustancia perjudicial. La limpieza puede incluir el lavado por medio de chorros de agua y aire, excepto para superficies de suelo o relleno, para las cuales este método puede no ser el adecuado.

Se debe eliminar toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se coloque la mezcla y controlar que, durante la colocación de esta y el fraguado, no se mezcle agua que pueda lavar o dañar el concreto fresco.

Las fundaciones en suelo contra las cuales se coloque el concreto, deben ser humedecidas completamente, o recubrirse con una delgada capa de concreto, si así lo exige el interventor.

630.4.8.2 Requisitos generales

La colocación del concreto se debe efectuar en presencia del interventor, salvo en determinados sitios específicos aprobados previamente por este.

El concreto no se puede colocar cuando esté lloviendo, a no ser que el constructor suministre cubiertas que, a criterio y aprobación del interventor, sean adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado.

Todo el concreto debe ser vaciado en horas de luz solar y su colocación en cualquier parte de la obra no se debe iniciar si no es posible completarla en dichas condiciones, a menos que se disponga de un adecuado sistema de iluminación, aprobado por el interventor.

El concreto no se debe exponer a la acción del agua antes del fraguado final, excepto lo

que se dispone en el numeral 630.4.8.5 para el concreto depositado bajo agua. El concreto se debe colocar en un ambiente seco y, durante su colocación o después de ella, no ser expuesto a la acción de aguas o suelos que contengan soluciones alcalinas, hasta pasado un periodo por lo menos de tres días (3 d), o de agua salada hasta los siete días (7 d). Durante este lapso, el concreto se debe proteger bombeando el agua perjudicial fuera de las formaletas y ataguías.

En todos los casos, el concreto se debe depositar lo más cerca posible de su posición final y no se debe hacer fluir por medio de vibradores. Los métodos utilizados para la colocación del concreto deben permitir una buena regulación de la mezcla depositada, evitando su caída con demasiada presión o chocando con las formaletas o el refuerzo. No se permite la caída libre del concreto desde alturas superiores a un metro (1,0 m), a menos que se compruebe que a una mayor altura el concreto no presente segregación y cambios en la mezcla que conlleven a reducciones del desempeño, la resistencia y la durabilidad, y debe ser aprobado por el interventor.

Al verter el concreto se debe remover enérgica y eficazmente, para que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente los sitios en que se reúna gran cantidad de ellas, y procurando que se mantengan los recubrimientos y separaciones de la armadura.

En todos los casos que sea difícil colocar el concreto junto a las formaletas, debido a las obstrucciones producidas por el acero de refuerzo o por cualquier otra condición, se debe procurar el contacto apropiado entre el concreto y las caras interiores de

las formaletas, vibrando estas últimas por medio de golpes en sus superficies exteriores con mazos de caucho o madera o por medio de vibradores de formaleta.

Cuando se vayan a usar equipos inclinados (canoas, canaletas), estos deben tener

una longitud máxima de siete metros (7 m), manteniendo un flujo continuo, a una velocidad uniforme del concreto, con pendientes según el asentamiento del concreto (norma de ensayo INV E-404), no sobrepasando los valores de la Tabla 630 — 15.

Tabla 630 — 15. Pendientes máximas de equipos según el asentamiento del concreto

Asentamiento del concreto (mm)	Pendiente (V:H)
10 — 80	1:2
80 — 120	1:3

No se permite la colocación de concreto al cual se haya agregado agua después de salir de la mezcladora. Tampoco se permite la colocación de la mezcla fresca sobre concreto, total o parcialmente endurecido, sin que las superficies de contacto hayan sido preparadas como juntas, según se describe en el numeral 630.4.15.

El constructor debe tener la precaución de no mover los extremos del refuerzo que sobresalga del concreto, por lo menos durante las primeras veinticuatro horas (24 h) luego de colocado el concreto.

A menos que los documentos del proyecto indiquen algo contrario por el tipo de obra, el concreto se debe colocar en capas continuas horizontales cuyo espesor no exceda de treinta centímetros (0,3 m).

Las descargas deben suceder una tras otra, y cada una de ellas se debe colocar y compactar antes de que la precedente haya alcanzado el fraguado inicial, para que no quede una separación entre las mismas. La superficie superior de cada capa de concreto se debe

dejar algo áspera para lograr una liga eficiente con la capa subsiguiente. Cada capa superior debe ser compactada de forma que se evite la formación de una junta de construcción entre ella y la capa inferior.

Las capas que se completen en un día (1 d) de trabajo o que hayan sido colocadas poco antes de interrumpir temporalmente las operaciones, se deben limpiar de cualquier material objetable tan pronto como las superficies sean lo suficientemente firmes para retener su forma. En ningún caso se debe suspender o interrumpir temporalmente el trabajo dentro de los cuarenta y cinco centímetros (45 cm) debajo de la parte superior de cualquier superficie, a menos que los detalles de la obra tengan en cuenta un coronamiento de menos de dicho espesor, en cuyo caso, la junta de construcción se puede hacer en la parte inferior de dicho coronamiento.

El método y la manera de colocar el concreto se deben regular de forma que todas las juntas de construcción se coloquen en las zonas de bajo esfuerzo cortante y, en lo posible, en sitios que no sean visibles.

630.4.8.3 Colocación por bombeo

La colocación del concreto por bombeo puede ser permitida dependiendo de la adaptabilidad del método que se va a usar en la obra. El equipo se debe disponer de manera que las vibraciones derivadas de su operación no deterioren el concreto recién colocado.

Al emplear bombeo mecánico, la operación de la bomba debe ser tal que se produzca una corriente continua del concreto, sin bolsas de aire. Cuando se terminen las operaciones de bombeo, en caso de que se vaya a usar el concreto que quede en las tuberías, este se debe expeler de tal manera que no se contamine o se produzcan segregaciones.

Al emplear bombeo neumático, el equipo de bombeo se debe colocar lo más cerca posible del depósito de concreto. Las líneas de descarga deben ser horizontales o inclinadas hacia arriba respecto de la máquina de bombeo.

Cuando se utilice equipo de bombeo, siempre se debe disponer de los medios alternativos para continuar la operación de colocación del concreto en caso de que se dañe la bomba. El bombeo debe continuar hasta que el extremo de la tubería de descarga quede completamente por fuera de la mezcla recién colocada.

Los equipos de bombeo se deben limpiar cuidadosamente después de cada periodo de operación.

630.4.8.4 Colocación del agregado ciclópeo

La colocación del agregado ciclópeo se debe ajustar al siguiente procedimiento:

La roca, limpia y húmeda, se debe colocar cuidadosamente a mano, sin dejarla caer por gravedad en la mezcla de concreto simple, para no causar daño a las formaletas, a las alcantarillas, en el caso de cabezales, o al concreto adyacente parcialmente fraguado.

En estructuras cuyo espesor sea inferior a ochenta centímetros (80 cm), la distancia libre entre rocas o entre una roca y la superficie de la estructura, no debe ser inferior a diez centímetros (10 cm). En estructuras de mayor espesor, la distancia mínima se aumenta a quince centímetros (15 cm). En estribos y pilas no se puede usar agregado ciclópeo en los últimos cincuenta centímetros (50 cm) debajo del asiento de la superestructura o placa.

Si se interrumpe la fundición, al dejar una junta de construcción se deben dejar rocas sobresaliendo no menos de diez centímetros (10 cm) para formar una llave. Antes de continuar el vaciado del concreto, se debe limpiar la superficie donde se va a colocar el concreto fresco y humedecer la misma con agua limpia.

El concreto ciclópeo no se debe usar en estructuras cuya altura sea menor de sesenta centímetros (60 cm) y/o en las que el espesor sea inferior a treinta centímetros (30 cm).

La proporción máxima del agregado ciclópeo debe ser el cuarenta por ciento (40 %) del volumen total de concreto.

630.4.8.5 Colocación del concreto bajo agua

La construcción de estructuras de concreto bajo agua contempla diferentes técnicas,

entre las cuales está el tipo tremie o descargas directas, para ello la mezcla debe ser de alta cohesión (antideslave). En otros casos, se debe estudiar la posibilidad de remover el agua mientras se hace el vaciado del concreto.

En cada caso, se debe revisar el diseño de la mezcla para ajustarla a las condiciones de colocación y debe ser aprobado por el interventor. Se debe verificar la efectividad de la mezcla de concreto antideslave, mediante la realización de una mezcla de prueba y sometiéndola a procedimientos o ensayos de laboratorio, aprobados por el interventor, que demuestren que el producto cumple su propósito.

Cuando haya colocación de concreto bajo agua, este se debe ubicar cuidadosamente en su lugar, en una masa compacta, mediante un sistema de colocación que permita depositarla en una operación continua.

No se debe colocar concreto dentro de corrientes de agua, y las formaleatas diseñadas para retenerlo deben ser impermeables. El concreto se debe colocar de tal manera que se logren superficies aproximadamente horizontales, y que cada capa se deposite antes de que la precedente haya alcanzado su fraguado inicial, con el fin de asegurar la adecuada unión entre las mismas.

630.4.8.6 Temperatura del concreto

En condiciones normales de exposición y en concretos convencionales, la temperatura de la mezcla de concreto, inmediatamente antes de su colocación, debe estar entre diez y treinta y cinco grados Celsius (10 °C – 35 °C). Cuando existan otras condiciones particulares específicas, ya sean del material, del

ambiente o ambas, se deben realizar análisis pertinentes para determinar la temperatura máxima apropiada antes de la colocación, o el tratamiento más adecuado para reducir la temperatura del concreto.

Cuando se pronostique una temperatura ambiente inferior a cuatro grados Celsius (4 °C) durante el vaciado o en las veinticuatro horas (24 h) siguientes, la temperatura del concreto no puede ser inferior a trece grados Celsius (13 °C) cuando se emplee en secciones de menos de treinta centímetros (30 cm) en cualquiera de sus dimensiones, ni inferior a diez grados Celsius (10 °C) para otras secciones.

Durante la colocación, la temperatura no debe exceder de treinta y cinco grados Celsius (35 °C), para que no se produzcan pérdidas en el asentamiento, fraguado falso o juntas frías. Cuando la temperatura de las formaleatas metálicas o de las armaduras exceda de cincuenta grados Celsius (50 °C) se deben enfriar mediante rociadura de agua, inmediatamente antes de la colocación del concreto.

En caso de lluvia, se permite la colocación del concreto siempre y cuando se implementen las acciones necesarias para garantizar la calidad del material y de la estructura.

630.4.9 Recubrimiento

Los recubrimientos del refuerzo en general deben cumplir lo establecido en el diseño de la estructura en los documentos del proyecto, pero en ningún caso estar por debajo de los mínimos establecidos en la NSR (requisitos de recubrimiento del refuerzo convencional y de tendones de preesfuerzo no adheridos).

La tolerancia del recubrimiento debe estar, de igual manera, de acuerdo con la NSR.

630.4.10 Agujeros para drenaje

Los agujeros para drenaje o alivio se deben construir de la manera y en los lugares señalados en los documentos del proyecto. Los dispositivos de salida, bocas o respiraderos para igualar la presión hidrostática se deben colocar más abajo que las aguas mínimas y también de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto.

Los moldes para practicar agujeros a través del concreto pueden ser de tubería metálica, plástica o de concreto, cajas de metal o de madera. Si se usan moldes de madera, estos deben ser removidos después de colocado el concreto.

630.4.11 Vibración

El concreto colocado se debe consolidar mediante vibración interna, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se debe operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición casi vertical y con su cabeza sumergida profundamente dentro de la mezcla.

Para lograr la compactación de cada capa antes de que se deposite la siguiente sin demorar la descarga, se debe usar un número suficiente de vibradores, con el fin de consolidar el concreto que se está recibiendo, dentro de los quince minutos (15 min) siguientes a su colocación dentro de las formaletas. Para

evitar demoras en el caso de averías, se debe disponer de un (1) vibrador auxiliar en el sitio de la obra para fundiciones individuales hasta de cincuenta metros cúbicos (50 m³), y dos (2) vibradores auxiliares para fundiciones de mayor volumen.

Las vibraciones se deben aplicar en el punto de descarga y donde haya concreto depositado poco antes.

Los vibradores no deben ser empujados rápidamente, sino que se permite que ellos mismos se abran camino dentro de la masa de concreto y se retiren lentamente para evitar la formación de cavidades.

La vibración debe ser tal, que el concreto fluya alrededor del refuerzo y otros elementos que deban quedar embebidos en este y llegue hasta las esquinas de las formaletas.

La vibración no debe ser aplicada sobre el refuerzo, ni forzarse a secciones o capas de concreto que hayan endurecido a tal grado que el concreto no pueda volverse plástico por su revibración.

No se debe colocar una nueva capa de concreto, si la precedente no está debidamente consolidada.

La vibración no se debe usar para transportar mezcla dentro de las formaletas, ni aplicar directamente a estas o al acero de refuerzo, especialmente si ello afecta masas de mezcla recientemente fraguada.

Con el fin de obtener un concreto debidamente compactado, carente de cavidades, hormigueros y similares, la vibración mecánica

debe ser completada con la compactación manual que sea necesaria a lo largo de las superficies de las formaletas, y en las esquinas y puntos donde sea difícil obtener una vibración adecuada.

Las dimensiones de las agujas de los vibradores de inmersión y, en general, los tiempos de vibrado deben ser cuidadosamente controlados, de manera que se obtengan las densidades máximas sin sobrevibrar.

En el evento de que se utilicen mezclas autocompactantes, se debe estudiar la conveniencia de usar vibradores o no.

630.4.12 Protección y curado

Las medidas de protección y curado del concreto se deben implementar en todo momento, antes, durante y después de la colocación, con el fin de garantizar el desarrollo de las propiedades del concreto y de la estructura en general.

Los sistemas de protección y curado se deben utilizar, de acuerdo con las características del concreto, las condiciones ambientales en el sitio de la construcción (humedad relativa, temperatura ambiente, velocidad del viento, entre otras) y las características de la estructura. En todo caso se debe seguir lo establecido en el documento ACI 308R, Guía para el curado del concreto. El constructor debe realizar las pruebas necesarias para determinar el método más eficaz y eficiente de curado, el cual debe ser aprobado por el interventor.

En casos especiales, en los documentos del proyecto, el diseñador de la estructura debe

establecer los tipos, los métodos, los procedimientos y los tiempos de protección y curado del concreto, específicos para el proyecto.

Se deben tomar todas las precauciones necesarias para proteger el concreto fresco contra las altas temperaturas y los vientos, que puedan causar un secado prematuro y la formación de agrietamientos superficiales. De ser necesario, se deben colocar cortinas protectoras contra el viento, hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para recibir el tratamiento de curado.

Durante el curado del concreto, este no debe estar expuesto a cargas e impactos no previstos por el diseñador.

También, se pueden usar selladores o sellantes regidos por la norma ASTM C1315, que al entrar en contacto con el concreto forman una película que endurece y sella, y poseen propiedades especiales como resistencia a los álcalis, resistencia a los ácidos, cualidades adhesivas y resistencia a la degradación por la luz ultravioleta. Estos compuestos ayudan al curado, protegen la estructura de daños causados por la penetración de líquidos perjudiciales para el concreto, brindan mayor durabilidad y minimizan la generación de polvo, algunos mejoran la apariencia del concreto.

630.4.13 Requisito en concretos masivos

Se debe realizar un plan de control de temperatura para la colocación y el curado del concreto masivo, con el fin de tomar todas las medidas pertinentes para no comprometer la resistencia y la durabilidad del concreto. El plan de control debe contener:

- Materiales y dosificación de la mezcla de concreto.
- Elevación de la temperatura ya sea calculada o medida.
- Temperatura máxima del concreto en el momento de su colocación y detalle de las medidas y equipos usados para garantizar que esta no se exceda.
- Descripción de las medidas y los equipos por usar para garantizar que no se exceda la diferencia de temperatura máxima.
- Descripción de los equipos y la metodología para el monitoreo de la temperatura del concreto y el diferencial de temperatura a lo largo del tiempo.
- Ubicación de los sensores de temperatura. La ubicación de estos sensores debe ser determinada por el diseñador en los documentos del proyecto, y como mínimo deben estar ubicados en los puntos en donde se presente la mayor y la menor temperatura.
- Medidas para el manejo y la reducción de la temperatura y del diferencial de la misma.
- Descripción de los procedimientos de curado.
- Descripción de la metodología para retirar la formaleta evitando altos diferenciales de temperatura.

Durante el proceso de fraguado y curado, la temperatura máxima del concreto no debe exceder los setenta grados Celsius (70 °C), y la diferencia de esta entre el centro y la superficie del concreto no debe exceder los diecinueve grados Celsius (19 °C). Cuando se proyecten estructuras con la presencia de concretos masivos, el diseñador estructural puede establecer, en los documentos del proyecto, los requisitos de temperatura máxima para la verificación del interventor. El constructor debe establecer todas las estra-

tegias necesarias para no sobrepasar dichos valores, y se debe hacer seguimiento a las temperaturas durante los primeros días de construcción.

Se puede usar cemento con bajo o moderado calor de hidratación, o un material cementante con contenido de ceniza volante o escoria clase F. No se deben usar aditivos acelerantes. Durante el mezclado, la colocación y el curado de un elemento con concreto masivo, se debe seguir el plan de control de temperatura aprobado por el interventor.

Se recomienda seguir la ACI 207.1R, Guía para el concreto masivo.

630.4.14 Remoción de las formaletas y de la obra falsa

El tiempo de remoción de formaletas y obra falsa está condicionado por el tipo y la localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto.

El constructor debe cumplir lo establecido por el diseñador estructural en los documentos del proyecto en cuanto a las resistencias mínimas a las cuales se puedan remover las formaletas.

Si las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencia de cilindros de concreto, la remoción de formaletas y demás soportes, se puede efectuar al lograrse las resistencias fijadas en el diseño. Los cilindros de ensayo deben ser curados bajo condiciones iguales a las más desfavorables de la estructura que representan.

La remoción de formaletas y soportes se debe hacer cuidadosamente y en forma tal, que permita al concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su peso propio.

De acuerdo con los lineamientos del diseñador consignados en los documentos del proyecto, el constructor debe presentar al interventor un procedimiento apropiado para el retiro de la obra falsa, de manera tal, que la estructura vaya tomando las cargas en la secuencia indicada por el diseñador de la estructura.

630.4.15 Juntas

Se deben construir juntas de construcción, contracción y dilatación, con las características y en los sitios indicados en los documentos del proyecto. El constructor no puede introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en dichos documentos, sin la aprobación del interventor. La resistencia y la durabilidad de la estructura no se debe ver afectada por las juntas.

En superficies expuestas, las juntas deben ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario. En general, se debe dar un acabado pulido a las superficies de concreto en las juntas y se deben utilizar para las mismas los rellenos, los sellos o los retenedores indicados en los documentos del proyecto.

630.4.16 Acabado

Todas las superficies de concreto deben recibir un acabado inmediatamente después del

retiro de las formaletas. El tipo de acabado depende de lo establecido por el diseñador, en los documentos del proyecto, para cada estructura en particular.

Independiente del tipo de acabado establecido por el diseñador en los documentos del proyecto, se deben mantener los recubrimientos mínimos establecidos en el diseño.

630.4.16.1 Acabado convencional

Es el procedimiento usado para la mayoría de las estructuras. Inmediatamente después de remover las formaletas, todas las rebabas y salientes irregulares de la superficie del concreto se deben cincelar a ras de la superficie.

No se permite que sobresalgan elementos de refuerzo estructural como varillas, alambres o elementos no estructurales. En caso de que sobresalgan de la superficie se deben realizar procedimientos de intervención y acabado, aprobados por el interventor.

Cualquier irregularidad de la superficie, como cavidades pequeñas, grandes, profundas u hormigueros, debe ser corregida por el constructor, a su costa, mediante procedimientos adecuados para cada situación, previamente aprobados por el interventor.

Las zonas con hormigueros excesivos pueden ser causa de rechazo de la estructura, en cuyo caso, el constructor debe demoler y reconstruir, a su costa, la parte afectada.

Todas las juntas de construcción y de dilatación en la obra terminada, se deben dejar cuidadosamente trabajadas y sin restos de mortero y concreto. El relleno de las juntas

debe quedar con los bordes limpios en toda su longitud.

630.4.16.2 Acabado de pisos de puentes

Si el piso va a ser cubierto con una capa asfáltica, basta con asegurar que la superficie de concreto sea correctamente nivelada, para que presente las pendientes transversales indicadas en los documentos del proyecto.

Si el piso del puente se va a usar como capa de rodadura, debe ser sometido a las operaciones de acabado descritas en el artículo 500, para los pavimentos de concreto hidráulico.

630.4.16.3 Acabado de losas de pisos

Si los documentos del proyecto no establecen otra cosa diferente, su acabado debe ser como el descrito en el artículo 500, para los pavimentos de concreto hidráulico, exceptuando el macrotexturizado.

630.4.16.4 Acabado de andenes de concreto

El acabado superficial de los andenes debe ser el establecido en los documentos del proyecto, evitando superficies resbaladizas.

El diseño debe incluir la modulación y ejecución de las juntas, en cuyo caso se deben seguir los mismos procedimientos establecidos en el artículo 500.

630.4.17 Limpieza final

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el constructor debe retirar del lugar toda obra falsa, materiales excavados

o no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable. Cumpliendo todos los requisitos de manejo de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) establecidos en la legislación colombiana.

630.4.18 Afectaciones por sismo

En la eventualidad de que se produzca un sismo durante el proceso de curado, el constructor debe tener especial cuidado en efectuar una revisión detallada del concreto colocado y de la estructura, luego de su ocurrencia, informando al interventor sobre cualquier daño motivado por el fenómeno. Sin perjuicio de ello, si así lo estima el interventor, se deben realizar los ensayos que considere convenientes para verificar la calidad del concreto, pudiendo ordenar el retiro de este si, a su criterio, los ensayos realizados revelaren alteraciones al concreto colocado.

630.4.19 Conservación

El concreto hidráulico debe ser mantenido en perfectas condiciones por el constructor, cumpliendo los requisitos mínimos establecidos en el presente artículo, hasta el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para INVÍAS.

Todo concreto defectuoso o deteriorado que no cumpla las características establecidas en los documentos del proyecto, debe ser intervenido por el constructor para llevarlo a las condiciones de diseño, sin costo adicional

para INVÍAS. En todo caso, los procedimientos deben ser aprobados por el interventor, cualquiera sea el tipo de intervención. Se deben dejar registrados, en los documentos del proyecto, las reparaciones realizadas y el método de reparación.

630.4.20 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores de ejecución de obras de concreto estructural se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Se debe asegurar que la adquisición de los recursos y el manejo de los residuos cumplan los requisitos legales ambientales vigentes. Se deben realizar todos los estudios, los trámites, los procedimientos y las actividades en obra necesarios para cumplir con las normas ambientales. Se debe entregar al interventor la documentación de la gestión ambiental.

630.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales por parte del constructor, con la supervisión y la aprobación del interventor:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, el transporte, la colocación, la consolidación, la ejecución de juntas, el acabado y el curado de las mezclas.
- Comprobar, mediante ensayos por parte del constructor, que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y en la mezcla de concreto, durante el periodo de ejecución de las obras.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y ambiente.
- Tomar, de manera cotidiana, muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia, de acuerdo con el plan de calidad, previamente aprobado por el interventor, y la NSR.
- Realizar medidas para determinar las dimensiones de la estructura y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de obra satisfactoriamente ejecutados.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el control de la calidad de los materiales del concreto y el control de la calidad del concreto deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal

de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI, mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes de ensayos deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

630.5.1 Control de materiales

Para cada uno de los materiales se deben realizar los ensayos y procedimientos definidos en el plan de calidad. Si estos no son satisfactorios, se debe rechazar el material y el concreto que se haya elaborado con este.

Además, cada vez que lo considere necesario, el interventor debe efectuar u ordenar la ejecución de los ensayos de control que permitan verificar la calidad del material.

Se debe tener un registro de todos los ensayos y procedimientos de calidad, los cuales deben ser presentados al interventor.

630.5.1.1 Calidad del cemento hidráulico

Para todo cemento que llegue a la central de fabricación, sea esta de propiedad del constructor o de un proveedor, se deben realizar los ensayos de las normas mencionadas en el artículo 501 y con la frecuencia especificada en el mismo. Los resultados de los ensayos deben ser remitidos para su aprobación por parte del interventor.

630.5.1.2 Calidad de las adiciones suplementarias

El constructor debe verificar, mediante ensayos, las características de las adiciones suplementarias definidas en el plan de calidad o las especificadas en los documentos del proyecto. Para cada adición se deben verificar los requisitos de las normas definidas en el numeral 630.2.1.2 con la siguiente frecuencia:

- Una (1) vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses.
- Cada vez que se modifique el material suministrado.
- Cada vez que el interventor lo solicite.

630.5.1.3 Calidad del agua

Se deben ejecutar los ensayos relacionados en la Tabla 630 — 5 y la Tabla 630 — 6. El agua usada en la mezcla y el curado debe cumplir los límites establecidos en estas, y solo se acepta si se cumplen dichos límites.

630.5.1.4 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de concreto y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y se deben ejecutar los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en los numerales 630.2.1.3.1 y 630.2.1.3.2.

Para el caso de los agregados ciclópeos, de igual forma se deben realizar y documentar los ensayos para la verificación del cumplimiento de los requisitos mencionados en este artículo.

Los resultados de todas estas pruebas deben satisfacer las exigencias de los numerales anteriormente citados. Los agregados que no las cumplan no pueden ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto, a no ser que se realicen pruebas o ensayos adicionales que demuestren que, la mezcla de concreto cumple las características establecidas para cada proyecto y sean aprobadas por el interventor.

En el caso de uso de agregados reactivos, se deben evaluar procedimientos o diseños de mezcla que permitan mitigar esa condición, previa aprobación del interventor. El proceso de evaluación de la reactividad y el diseño del plan de mitigación se debe realizar conforme

a los requisitos de este artículo, en el numeral 630.2.6.1.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar los acopios y ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos vegetales, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, debe ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación, partículas alargadas o aplanadas y debe vigilar la disposición de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, sea que el constructor elabore la mezcla o tenga un proveedor que se la suministre, se debe verificar la calidad de los agregados, mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 630 — 16, con la frecuencia indicada en ella.

La curva granulométrica de cada ensayo individual, se debe ajustar a la franja de tolerancia construida a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 630 — 18.

En caso de que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida para la fórmula de trabajo, pero no se salgan de las franjas normativas, el proveedor o el constructor deben preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa, la cual se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el presente artículo. En caso de que no cumpla todos los requisitos, el constructor debe demoler, a sus expensas, los elementos cuestionados y los debe reponer, sin costo alguno para INVÍAS.

Tabla 630— 16. Ensayos de verificación sobre los agregados para concreto estructural

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia (Nota 1)
Composición (F)		
Granulometría	INV E-213	1 por jornada
Módulo de finura	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos (Nota 2)	INV E-220	1 por mes
Reactividad de los agregados	Ver numeral 630.2.6.1.3	Tabla 630 — 17
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales	INV E-211	1 por semana
Partículas livianas	INV E-221	1 al inicio del proyecto, 1 cada cambio de fuente y 1 cada 2,5 meses
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	INV E-214	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Índice de alargamiento	INV E-230	1 por semana
Índice de aplanamiento	INV E-230	1 por semana

Nota 1: se entiende como jornada, un día (1 d) de producción de agregados.

Nota 2: el ensayo se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Tabla 630 — 17. Ensayo para determinar la reactividad de los agregados (RAA)

Casos	Frecuencia mínima
Al inicio de todos los proyectos.	Se debe tomar una (1) lectura inicial del agregado de la fuente a usar
En todos los proyectos cuando se presente un cambio de fuente de agregado o de material cementante.	Se debe tomar una (1) lectura cada vez que se presente este caso
En todos los proyectos, excepto cuando se presente riesgo de RAA clase SC4.	Se debe tomar una (1) lectura cada 6 meses
En proyectos con riesgo de RAA clase SC4.	Se debe tomar una (1) lectura cada 3 meses

Cada vez que se realicen los ensayos para la evaluación de la reactividad del agregado, a partir de los resultados, se debe establecer la

mitigación de acuerdo con lo indicado en el numeral 630.2.6.1.

El interventor puede modificar la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 630 — 16, siempre que considere que los materiales son suficientemente

homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Tabla 630 — 18. Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo

Tolerancia	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	≥ 9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
	≥ 3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Nro. 200
Puntos de porcentaje (%) sobre la masa seca de los agregados								
	± 4		± 3				± 1	

630.5.1.5 Calidad del acero

El constructor debe presentar certificaciones periódicas originales de los fabricantes o de los proveedores del acero empleado en pasadores, barras de amarre y refuerzos requeridos para la construcción del pavimento, donde se demuestre que este satisface a cabalidad las exigencias del presente artículo. Ninguna certificación puede tener una antigüedad superior a treinta días (30 d).

Así mismo, cada vez que lo considere conveniente, el interventor debe ordenar o efectuar las pruebas necesarias para verificar que la calidad del acero empleado cumple las exigencias de este artículo, y lo establecido en el artículo 640.

630.5.1.6 Calidad de los aditivos, adiciones complementarias y productos químicos de curado

El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y la eventual aprobación de uso por parte del interventor.

630.5.2 Control del concreto

630.5.2.1 Control de requisitos de durabilidad

En el caso de que el proyecto tenga una especificación por desempeño, cuando sea aplicable, se deben controlar las características de durabilidad especificadas para el concreto en el numeral 630.2.6.1, siguiendo las normas de ensayo aplicables. Se debe definir el lote como una jornada de trabajo.

Tabla 630 — 19. Control de requisitos de durabilidad por método de desempeño verificado

Requisitos de durabilidad	Frecuencia
Penetración del ion cloruro del concreto	un (1) control al inicio del proyecto y un (1) control máximo cada 30 lotes
Permeabilidad al agua del concreto	un (1) control al inicio del proyecto y un (1) control máximo cada 30 lotes
Contracción	un (1) control al inicio del proyecto y un (1) control máximo cada 30 lotes
Resistencia a sulfatos	Solo en la validación de la mezcla de prueba

Para el caso de los proyectos que tengan una especificación por el método prescriptivo, se deben cumplir los requisitos límite de los tipos de exposición en el que se haya clasificado la estructura, los requisitos presentados en el numeral 630.2.6.1. De igual forma, se deben cumplir los requisitos por clase de concreto y resistencia presentados en los numerales 630.2.6.2 y 630.2.6.3. Entre estos requisitos está la relación a/mc , la resistencia ($f'c$), el contenido de aire, el material cementante y el contenido máximo de ion cloruro soluble en agua en el concreto. Todos estos parámetros se deben establecer durante la validación de la mezcla de prueba, deben ser aprobados por el interventor y se deben mantener durante todo el proyecto. En caso de requerir un cambio de estos parámetros, se debe realizar nuevamente una mezcla de prueba con todos los ensayos pertinentes, verificar que se cumplan los requisitos de durabilidad, resistencia y clase de concreto, y debe ser aprobada nuevamente por el interventor. Todo este control debe quedar documentado.

Se deben reportar los valores obtenidos. En cada característica, el concreto colocado debe cumplir los rangos máximos o mínimos que le son aplicables. Las estructuras en

concreto, que no cumplan una o varias características de durabilidad especificadas, deben ser demolidas y sus escombros transportados a los sitios aprobados para su recepción, todo a expensas del constructor, quien además debe reemplazar estas estructuras con otras que cumplan todas las exigencias de la especificación, sin que ello implique costo alguno para INVÍAS.

630.5.2.2 Control de los requisitos por clase de concreto

Cuando aplique se deben cumplir los requisitos límite por clase de concreto, requisitos presentados en el numeral 630.2.6.2. Todos estos parámetros se deben establecer durante la validación de la mezcla de prueba, deben ser aprobados por el interventor y se deben mantener durante todo el proyecto. En caso de requerir un cambio de estos parámetros se debe realizar nuevamente una mezcla de prueba con todos los ensayos pertinentes, verificar que se cumplan los requisitos de durabilidad, resistencia y clase de concreto, y debe ser aprobada nuevamente por el interventor. Todo este control debe quedar documentado.

630.5.2.3 Dosificación

La mezcla se debe efectuar en las proporciones establecidas en la fórmula de trabajo; se admiten las variaciones establecidas en la NTC 3318 (ASTM C94).

La tolerancia del agua de mezclado se debe medir con la tolerancia especificada, corregida según la condición de humedad de los agregados y la cantidad de aditivo líquido, si se usa.

Para las mezclas dosificadas por fuera de estos límites, el constructor las debe tratar como producto no conforme para llevarlas a las características requeridas y, en caso de no cumplir, deben ser rechazadas por el interventor.

630.5.2.4 Consistencia

Se debe controlar la consistencia de cada carga entregada, para lo cual se debe tomar una muestra representativa de ella que se debe someter al ensayo de asentamiento (según la norma INV E-404/NTC 396) o flujo libre (según la NTC 5222), cuyo resultado debe estar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada tipo de concreto, según lo mencionado en el numeral 630.4.2. Por ningún motivo se permite la adición de agua al concreto elaborado para incrementar su asentamiento o flujo, según el tipo de mezcla. La tolerancia del asentamiento debe estar en conformidad con el ACI 117, Especificación para la tolerancia de estructuras de concreto y materiales.

630.5.2.5 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se debe controlar

en cada uno de los tres (3) primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y en los tres (3) primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de dicha jornada, según la norma de ensayo INV E-406 (NTC 1032), la cual describe el método a presión. También, se permite medir el contenido de aire siguiendo la norma de ensayo ASTM C173. Los resultados deben corresponder al valor establecido al definir la fórmula de trabajo. Si el resultado de la muestra de algún camión está por fuera de los límites de tolerancia, se debe tomar una segunda muestra del mismo camión y se repite el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites de tolerancia especificada se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se debe rechazar. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se debe suspender la producción de la mezcla y la construcción, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

630.5.2.6 Peso unitario y densidad del concreto

Se debe controlar el peso unitario del concreto en estado fresco siguiendo la norma de ensayo INV E-405 (NTC 1926).

A los testigos extraídos se les debe determinar su densidad, según la norma de ensayo ASTM C642 (NTC 5653).

En principio, los resultados deben ser reportados, pero no se deben emplear como criterio para aceptación o rechazo de la estructura construida, salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular así lo indiquen y establezcan un criterio para su calificación. Sin embargo, si la densidad promedio

de los núcleos de un lote es menor de noventa y siete por ciento (97 %), o algún núcleo presenta densidad menor de noventa y seis por ciento (96 %), con respecto a la densidad del concreto elaborado al definir la fórmula de trabajo, es indispensable que el constructor mejore el vibrado del concreto, de manera que los requisitos establecidos anteriormente se logren en las posteriores verificaciones.

En cualquier caso, la presencia de hormigueros en los núcleos hace obligatoria la demolición del elemento de concreto estructural afectado y su reconstrucción con elementos que cumplan todos los requisitos de esta especificación.

630.5.2.7 Temperatura del concreto en estado fresco

Se debe controlar la temperatura del concreto en estado fresco, de manera que se cumpla la NTC 3357 (ASTM C1064). Si la temperatura del concreto, medida en la entrega de este, no cumple los requisitos del numeral 630.4.8.6 o el plan de control de temperatura para el caso de concretos masivos, se debe realizar inmediatamente una medición adicional sobre una nueva muestra del mismo despacho. Si no se cumplen los requisitos de temperatura, el concreto no se puede usar en obra.

630.5.2.8 Módulo elástico del concreto

La determinación del módulo de elasticidad del concreto se debe realizar cuando, en los documentos del proyecto, se requiera la determinación del módulo de elasticidad o por solicitud del interventor. Sobre los núcleos cilíndricos extraídos de la estructura

de concreto se debe determinar el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-424 (NTC 4025).

El valor promedio de cada lote debe ser reportado y se debe emplear, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales de los documentos del proyecto.

630.5.2.9 Resistencia

Las muestras de concreto para fines de determinar la resistencia especificada deben ser tomadas, elaboradas, curadas y ensayadas bajo las normas INV E-420/NTC 550 e INV E-410/NTC 673.

Las muestras para los ensayos de resistencia de cada tipo de concreto colocado en obra, se deben tomar por lo menos una (1) vez al día, o cada cuarenta metros cúbicos (40 m³) de concreto, o cada doscientos metros cuadrados (200 m²) de superficies de losas y muros.

La resistencia del concreto debe ser evaluada, con fines de aceptación o rechazo, de acuerdo con el procedimiento y los parámetros establecidos en la NSR.

Si en algún momento no se cumplen las exigencias establecidas en la NSR, se deben tomar las acciones contempladas en este documento, en la sección «Investigación de los resultados de ensayo con baja resistencia».

Se deben tomar tres (3) núcleos por cada valor no conforme. Los núcleos deben ser extraídos, deben ser colocados en recipientes o bolsas herméticas de tal forma que la humedad se preserve, deben ser transportados al

laboratorio y se deben ensayar de acuerdo con la norma INV E-418/NTC 3658.

Se considera aceptable la resistencia del concreto de la zona representada por los núcleos, si el promedio de la resistencia a la compresión de los tres (3) núcleos, corregida por la esbeltez, es al menos igual al ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada ($f'c$) en los documentos del proyecto, siempre que ningún núcleo tenga menos del setenta y cinco por ciento (75 %) de dicha resistencia. Cuando los núcleos den valores erráticos, se debe permitir extraer núcleos adicionales de la misma zona.

Si los criterios de aceptación anteriores no se cumplen, el constructor puede solicitar que, a sus expensas, se hagan pruebas de carga en la parte dudosa de la estructura conforme lo especificado en la NSR. Si estas pruebas dan un resultado satisfactorio, se acepta el concreto en discusión. En caso contrario, el constructor debe adoptar las medidas correctivas que solicite el interventor, las cuales pueden incluir la demolición parcial o total de la estructura, si fuere necesario, y su posterior reconstrucción, a costa del constructor, sin costo alguno para INVÍAS.

Siempre que se produzcan rechazos, se debe reiniciar el promedio de las medias móviles (fm) para las evaluaciones subsiguientes.

630.5.2.10 Curado

Toda fundida de concreto que no sea correctamente curada, puede ser rechazada por el interventor. Si se trata de una superficie de contacto con fundidas subsecuentes de concreto, deficientemente curada, el interventor

puede exigir la remoción de una capa hasta de cinco centímetros (5 cm) de espesor, por cuenta del constructor, y su consecuente reposición con una mezcla satisfactoria, correctamente curada.

Los especímenes curados en las mismas condiciones de la obra, deben dar como mínimo el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia de los especímenes curados en agua para control de calidad. El cumplimiento de este requisito es garantía de que se está realizando un curado efectivo en obra.

Solo para efectos de aceptación y rechazo de la estructura construida se debe medir la resistencia del concreto, tanto en especímenes de control de calidad de obra como en especímenes de control del desarrollo de resistencia del concreto ya instalado, mediante la disposición de cilindros de control de la calidad al pie del elemento y/o extracción y ensayo de núcleos (norma INV E-418/NTC 3658). Lo anterior para determinar la efectividad de las labores de compactación y curado, si existe alguna incertidumbre con la estructura o con la resistencia en probetas. Únicamente, se debe permitir el uso de ensayos no destructivos, donde se obtuvieron resultados de ensayos con baja resistencia y es necesario realizar una investigación. Los casos en los que se deben realizar estos ensayos son los siguientes:

- Inadecuados procesos de compactación (ACI 309R, Guía para la consolidación del concreto).
- Inadecuados procesos de cuidado y control de muestras (ACI 308R, Guía para curado del concreto; INV E-420/NTC 550).
- Cuando el curado en la estructura genere reducciones en la resistencia mayores de

un quince por ciento (15 %) respecto a los obtenidos bajo la condición estándar.

Los ensayos no destructivos que se permiten son los contenidos en el ACI 228.2R, Reporte de métodos de ensayo no destructivos para la evaluación del concreto en estructuras. Estos ensayos se pueden usar, si se realiza una calibración del método con el concreto de obra, empleando un número suficiente de muestras, y con la aprobación del interventor. Estos ensayos son válidos principalmente para hacer comparaciones del concreto en la misma estructura, mas no para evaluar la resistencia.

630.5.3 Calidad del producto terminado

Todo concreto donde los materiales, las mezclas y el producto terminado excedan las tolerancias de esta especificación, debe ser corregido por el constructor, quien debe asumir los costos adicionales, de acuerdo con las indicaciones del interventor y la aprobación de este. Dicha corrección puede contemplar, inclusive, la demolición parcial o total de la estructura.

630.5.3.1 Desviaciones máximas admisibles en las dimensiones laterales

- Vigas pretensadas y postensadas: de menos cero coma cinco centímetros a más uno coma un centímetro (- 0,5 cm a + 1,1 cm).
- Vigas, columnas, placas, pilas, muros y estructuras similares de concreto reforzado: de menos un centímetro a más dos centímetros (- 1,0 cm a + 2,0 cm).
- Muros, estribos y cimientos: de menos dos centímetros a más cinco centímetros (- 2,0 cm a + 5,0 cm).

630.5.3.2 Desplazamiento

El desplazamiento de las obras, con respecto a la localización indicada en los documentos del proyecto, no puede ser mayor que la desviación máxima positiva (+) indicada para las desviaciones en el numeral 630.5.3.1.

630.5.3.3 Otras tolerancias

- Espesores de placas: de menos un centímetro a más dos centímetros (- 1,0 cm a + 2,0 cm).
- Cotas superiores de placas y andenes: de menos un centímetro a más un centímetro (- 1,0 cm a + 1,0 cm).
- Recubrimiento del refuerzo: más o menos diez por ciento ($\pm 10\%$).
- Espaciamiento entre varillas: de menos dos centímetros a más dos centímetros (- 2,0 cm a + 2,0 cm).

Se deben cumplir los requisitos de la ACI 117, Especificación para la tolerancia de estructuras de concreto y materiales; para las especificaciones de tolerancia que no se presentan en este documento.

630.5.3.4 Regularidad de la superficie

La superficie no puede presentar irregularidades que superen los límites que se indican a continuación, al colocar sobre esta una regla de tres metros (3 m).

- Placas y andenes: cero coma cuatro centímetros (0,4 cm).
- Otras superficies de concreto simple o reforzado: un centímetro (1,0 cm).
- Muros de concreto ciclópeo: dos centímetros (2,0 cm).

630.5.4 Defectos a edades tempranas

Si se presentan fisuras a una edad temprana, se deben revisar detalladamente las mezclas utilizadas, los asentamientos medidos, el manejo de las películas o el procedimiento de protección y curado, las condiciones ambientales y el concreto y, en general, todos los elementos que puedan haber incidido en la ocurrencia del fenómeno.

Se deben tomar medidas de corrección y reparación, de acuerdo con el origen de estos defectos, las cuales deben ser asumidas por el constructor y aprobadas por el interventor.

En todos los casos, el constructor debe presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas propuestas, incluyendo materiales, dimensiones y procedimientos que pretende utilizar para la reparación.

630.6 Medida

La unidad de medida del concreto estructural debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada y consolidada en obra, debidamente acabada y curada; aprobada por el interventor.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

El volumen se debe determinar multiplicando la longitud horizontal, medida a lo largo de la estructura, por el ancho y el espesor especificados en los documentos del proyecto. No se debe medir, para los fines de pago, ninguna

obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto.

De los volúmenes calculados se deben deducir los correspondientes a las tuberías de drenaje y elementos de acero, excepto los ocupados por el acero de refuerzo y de preesfuerzo.

630.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con esta especificación y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y alquiler de las fuentes de las cuales se extraen los agregados pétreos, así como el descapote y la preparación de las zonas por explotar y la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar sus características hidrológicas superficiales al terminar la explotación.

Debe cubrir, también, todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, y los de la explotación de ellas; la selección, la trituración y el eventual lavado y la clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, los cargues, los transportes, los descargues y las mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluyendo los aditivos, adiciones suplementarias y complementarias.

El precio unitario debe incluir, también, los costos por concepto de patentes utilizadas

por el constructor; el suministro, la instalación y la operación de los equipos; la preparación de la superficie de las excavaciones si no está contemplada en el artículo 600; el suministro de materiales y accesorios para las formaletas y la obra falsa y su construcción y remoción; el diseño y la elaboración de las mezclas de concreto, su cargue, su transporte al sitio de la obra, la colocación y el vibrado; el suministro y la aplicación del producto para el curado del concreto terminado, la ejecución de juntas y de agujeros para drenaje, el acabado, la limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

También, debe incluir el costo de la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, y los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Las obras de concreto que estén cubiertas por otro ítem de pago, tampoco se consideran incluidas en el presente artículo.

El acero de refuerzo se debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 640 y el de preesfuerzo de acuerdo con el artículo 641.

630.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
630.1	Tipo de concreto	Metro cúbico (m³)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada tipo de concreto que tenga el proyecto. Cada tipo de concreto se debe describir completamente, de acuerdo con las indicaciones del numeral 630.2.6.

630.9 Glosario

Las siguientes definiciones son aplicables a esta especificación:

630.9.1 Material cementante

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuada. Los principales cementantes son los cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el nivel de cementación y los requisitos específicos de las aplicaciones, estos cementantes se pueden utilizar en forma individual o combinados entre sí.

630.9.2 Adiciones suplementarias

Son materiales inorgánicos de origen natural o artificial que tienen propiedades puzolánicas, hidráulicas o ambas, y que al ser incorporadas en las mezclas cementicias (lechadas, morteros o concretos) o directamente adicionadas durante la fabricación del cemento, permiten alcanzar mejoras tecnológicas de desempeño, ya sea en su estado fresco, durante su fraguado y/o en su estado endurecido (propiedades resistentes y durables).

Algunos ejemplos son las cenizas volantes (clases C y F según la NTC 3493/ASTM C618), el humo de sílice, las puzolanas naturales o calcinadas, las escorias de alto horno (granulada y molida), el metacaolín (arcilla calcinada), entre otros.

De acuerdo con la disponibilidad de materiales, las propiedades finales deseadas y las

capacidades tecnológicas, se puede utilizar más de un tipo de adición suplementaria, en forma combinada con los demás materiales. Los cementos o mezclas «ternarias» son aquellas que contienen dos adiciones suplementarias diferentes en su composición, además del Clinker, yeso y aditivos de proceso (si se usan).

Dependiendo de la naturaleza de la adición, estas pueden no solo contribuir con las propiedades de ganancia de resistencia del cemento, sino también con otras propiedades de las mezclas.

Tabla 630 — 20. Naturaleza de las adiciones suplementarias

Material	Naturaleza cementante o tipo de reacción
Puzolana natural (clase N) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante sílicea (clase F) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante de alta cal (clase C) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland, pero también ligeramente hidráulica
Escoria de alto horno granulada y molida	Potencialmente Hidráulica
Humo de sílice (Nota 2)	Puzolánico con cemento Portland
Relleno calcáreo	Llenante con acción hidráulica ligera con cemento Portland
Metacaolín (arcilla calcinada)	Puzolánica con cemento Portland

Nota 1: clasificación de acuerdo con la NTC 3493 (ASTM C618).

Nota 2. debe cumplir lo establecido en la norma técnica ASTM C1240.

630.9.3 Adiciones complementarias

Son materiales que se incorporan a las mezclas de concreto para mejorar o modificar otras prestaciones del concreto diferentes a las características cementantes o de actividad hidráulica que sí ofrecen las adiciones suplementarias.

Las adiciones complementarias pueden ser fibras, pigmentos, llenantes, polímeros, entre otros.

- Las fibras para el concreto consisten en elementos de corta longitud y pequeña sección que son incorporadas a su masa,

con el objetivo de mejorar algunas de sus prestaciones, tanto en estado fresco como una vez endurecido. Estas fibras generalmente son de acero, polímeros, vidrio (protegida al álcali), o su combinación, disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños y espesores.

- La utilización de fibras contribuye a modificar el comportamiento del concreto, ya sea, para disminuir la fisuración, modificar la resistencia, conceder ductilidad, aumentar la durabilidad, o las que sean aplicables según el diseño. Es conveniente que se determine la dosificación y el tipo de fibras por utilizar, dependiendo de las normas

- que las estipulan, para que de este modo se logre proporcionar la funcionalidad del material en los diferentes espacios y a su vez se garantice un adecuado desempeño de la estructura.
- Los pigmentos son partículas de polvo más fino que el cemento, químicamente inertes y que resisten la alcalinidad del cemento, modificando el color del concreto y que pueden ser naturales o sintéticos. El color depende de la pureza del pigmento, del porcentaje de la sustancia colorante, de su finura y su granulometría. Se recomienda no pasar del diez por ciento (10 %) de pigmentos en la mezcla, para no tener exceso de partículas finas.
 - Los llenantes son materiales inertes químicamente conocidos como «rellenos» que fomentan la densificación de la pasta de cemento o pueden tener un efecto físico contribuyendo a la dispersión de los granos de cemento, a la vez que actúan como centros de nucleación, facilitando mejores condiciones para la hidratación y el desarrollo de resistencia a edad temprana.

630.9.4 Norma Sismo Resistente (NSR)

Se refiere al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones, con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

Lechada para ductos de concreto preesforzado

Artículo 631 – 22

631.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro de materiales y la mezcla de cemento, adiciones suplementarias, agua, 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 Cemento

El cemento para la lechada debe cumplir con lo especificado en el artículo 501, Suministro de cemento hidráulico, y debe ser del tipo indicado en los documentos del proyecto. El cemento que se use en la inyección debe ser fresco y no debe tener signos de hidratación o fraguado falso ni contener grumos, cuya detección se puede realizar con el tamiz de 0,850 mm (nro. 20) como lo indica la norma INV E-301.

631.2.2 Adiciones suplementarias

Las adiciones suplementarias que se empleen para la lechada deben cumplir con lo especificado en el numeral 630.2.1.2 del artículo 630, Concreto estructural.

631.2.3 Arena

La arena que se emplee eventualmente en la lechada debe pasar, en su totalidad, el tamiz de 0,600 mm (nro. 30) y no debe contener partículas de tamaño inferior al tamiz de 0,075 mm (nro. 200).

Debe, además, estar exenta de impurezas, materia orgánica y sustancias perjudiciales, tales como iones ácidos, cloruros y de partículas laminares procedentes de mica o pizarra.

631.2.4 Aditivos

Se debe permitir el uso de aditivos, si se demuestra que ellos mejoran las propiedades de la mezcla y no causan efectos perjudiciales sobre el acero de preesfuerzo. Su empleo se debe efectuar siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los aditivos que se empleen deben cumplir con la NTC 1299 (ASTM C494) y la NTC 4023 (ASTM C1017) y no pueden contener iones de cloruro. En cualquier caso, el máximo contenido final de cloruro de la lechada debe ser de cero coma cero ocho por ciento (0,08 %).

631.2.5 Agua

El constructor debe 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 físico-químicos respectivos, realizados en laboratorios que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos reportes de resultados, contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El agua que se utilice para fabricación de la lechada, debe 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 debe contener más de doscientos cincuenta mili-

gramos (250 mg) de ion cloro por litro de agua, según la norma de ensayo ASTM D-512; su pH, determinado según la norma ASTM D-1293 debe estar entre seis (6) y ocho (8); y no puede presentar trazas de hidratos de carbono.

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

Si se usan aguas subterráneas, se deben realizar las pruebas de calidad del agua para concreto.

En caso de cualquier aprovechamiento de recursos hídricos, se debe contar con los permisos y autorizaciones por parte de la autoridad ambiental.

631.3 Equipo

El equipo para la inyección debe incluir un mezclador capaz de realizar una mezcla mecánica continua con una velocidad mínima de mil revoluciones por minuto (1 000 rpm) y 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. Debe proveerse, además, equipos accesorios que proporcionen medidas de los sólidos y líquidos para obtener una mezcla adecuada.

Entre el mezclador y la bomba se debe instalar un filtro a través del cual se debe tamizar la lechada, las aberturas máximas del filtro deben ser de tres milímetros (3 mm). Este filtro debe ser de fácil inspección y limpieza. En caso de retención de grumos, se debe realizar una inspección de la mezcla.

La bomba debe ser de desplazamiento positivo y ser capaz de producir una presión de salida de al menos un megapascal (1 MPa). Debe, además, disponer de sellos adecuados para prevenir el ingreso de aceite, aire o sustancias extrañas en la mezcla, y para evitar la pérdida de agua; igualmente, debe estar provista de un dispositivo de seguridad que evite sobrepresiones que se puedan producir por atascos en el interior de los ductos. Su alimentación debe ser por gravedad, desde una tolva colocada directamente sobre ella; la tolva debe tener un rotor de mezcla para mantener la lechada agitada y 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 debe ser capaz de suministrar lechada al tendón más largo en un tiempo inferior a veinte minutos (20 min).

631.4 Ejecución de los trabajos

631.4.1 Generalidades

La inyección se debe llevar a cabo lo antes posible después del tensado, no debiendo transcurrir entre la iniciación de este 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 deben limpiar los ductos con aire a presión, obser-

vando si este 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 deben tomar las medidas oportunas para asegurar que el conducto quede correctamente inyectado.

El interventor debe verificar la necesidad de la instalación de boquillas de purga para garantizar la continuidad de la lechada al interior del ducto.

Si los cables han sido lubricados o protegidos provisionalmente, se debe inyectar agua hasta eliminar el producto utilizado. Los residuos de lechada y las aguas de lavado deben tener un manejo ambiental adecuado antes de su disposición final.

631.4.3 Diseño y elaboración de la lechada

La composición de la mezcla debe contar con la aprobación del interventor y se puede establecer mediante ensayos efectuados acorde con la norma ASTM C938. Composiciones de mezclas basadas en experiencias previas con materiales y equipos similares en condiciones climáticas equivalentes, deben tener el soporte técnico documental respectivo de ensayos. Salvo que los documentos del proyecto establezcan lo contrario, no se puede utilizar la arena fina en la inyección de ductos de diámetro inferior a quince centímetros (15 cm).

La lechada debe tener la consistencia máxima compatible con la inyectabilidad. Sus características se indican en el numeral 631.5. Por lo

general, la relación agua/material cementante no debe exceder de cero coma cuarenta y cinco (0,45).

Para su fabricación, los componentes se deben introducir en el depósito de mezcla en el siguiente orden: agua, arena y cemento con las adiciones suplementarias, en el caso de recomendarse el uso de la arena. Si se emplea algún aditivo, este se debe incorporar en la segunda mitad del tiempo de mezclado, a no ser que el fabricante recomiende algo diferente.

El tiempo de mezclado depende del tipo de mezclador utilizado, pero debe 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 cuatro minutos (4 min). La lechada debe ser permanentemente agitada durante el bombeo. No se debe permitir la adición de agua para incrementar la manejabilidad de la mezcla, cuando esta haya disminuido por uso tardío de la lechada.

631.4.4 Inyección

Se debe presentar para aprobación del interventor un plan de inyección, el cual debe contener al menos los siguientes aspectos: procedimiento de inyección, calificaciones y/o certificaciones del personal de inyección, diseño de la mezcla, resultados de pruebas de laboratorio de la lechada, aprobación de la fuente de agua, equipo de inyección y protocolo de inspección y prueba, inspección de ductos y pruebas de reparación en caso de que se detecte fugas, dirección y secuencias de inyección, procedimiento de inspección de llenado de ductos, procedimientos de rellena-

do en caso de ser necesario, formatos y registro de la operación.

Todas las coberturas de llenado y ventilación deben estar abiertas en el momento de iniciar la inyección. La inyección se debe 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 deben ir cerrando estos, 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 cinco a quince metros por minuto (5 m/min – 15 m/min), con una presión compatible con la resistencia de los ductos y, como mínimo, cero coma cincuenta y dos megapascuales (0,52 MPa) y como máximo un megapascal (1 MPa).

La inyección de cada ducto se debe hacer 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 debe cerrar el orificio de salida y dejar que la presión de bombeo llegue hasta la utilizada, presión que se debe mantener durante un mínimo de tres minutos (3 min), procediendo a continua-

ción, a tapar la entrada. Los tapones, válvulas y demás accesorios no se deben remover hasta que la lechada haya secado.

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

Para evitar grumos, se recomienda pasar el mortero por un tamiz de 2 mm (nro. 10) al momento de efectuar la inyección. Este tamiz es el encargado de eliminar, al mismo tiempo, las posibles impurezas.

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, estos deben ser reparados hasta lograr que la lechada los llene perfectamente. En caso de taponamientos en los ductos, deben ser localizados y eliminados; para ello, se debe lavar en sentido contrario a la inyección, introduciendo agua a alta presión hasta lavar totalmente el ducto en sentido contrario. Luego se debe lavar nuevamente en sentido de la inyección y repetir la operación de inyección.

Si no se logra eliminar el taponamiento, se debe 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 debe permitir que un ducto o parte de este, quede sin la protección que proporciona la lechada.

631.4.5 Limitaciones en la ejecución

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

La temperatura del concreto debe 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/cm²).

La lechada no debe 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 debe ser enfriada. En todo caso la relación agua cemento máxima debe estar conforme con el numeral 631.4.3.

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:

- Atmósfera muy húmeda, con humedad relativa mayor a setenta por ciento (70 %), no debe pasar más de siete días (7 d).
- Atmósfera moderada, con humedad relativa entre un cuarenta y setenta por ciento (40 % – 70 %), no debe pasar más de quince días (15 d).
- Atmósfera muy seca, con humedad relativa menor a cuarenta por ciento (40 %), no debe pasar más de veinte días (20 d).

631.4.6 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la elaboración de lechada para ductos de concreto preeesforzado, se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

631.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

631.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales, teniendo en cuenta que los ensayos, cantidad y frecuencias de los mismos, se deben establecer en el Plan de Calidad aprobado por la interventoría:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Corroborar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Controlar la calidad y dosificación de los materiales que componen la lechada.
- Constatar la resistencia de la lechada endurecida conforme con la norma ASTM C942, acorde con la cantidad y frecuencia establecida en el plan de calidad.
- Desarrollar la verificación de asentamiento de acuerdo con la norma ASTM C953.
- Incluir la verificación de resistencia a la penetración de iones de cloruro ASTM C1202, con un valor menor a dos mil quinientos culombios (2 500 C) a seis horas (6 h) a treinta voltios (30 V) como criterio de aceptación.
- Realizar la verificación de cambio de volumen ASTM C1090 con un criterio de aceptación entre el cero coma cero y cero coma uno por ciento (0,0 % – 0,1 %) a las veinticuatro horas (24 h) y menor o igual al cero coma dos por ciento ($\leq 0,2$ %) a los veintiocho días (28 d).
- Verificar la fluidez acorde con la norma ASTM C939, con criterio de aceptación entre cinco a treinta segundos (5 s – 30 s) después del mezclado y de treinta segundos (30 s) después de treinta minutos (30 min) en reposo y con remezclado de treinta segundos (30 s).
- Efectuar la verificación de sangrado ASTM C1741 con un criterio de aceptación de cero coma cero por ciento (0,0 %) de sangrado después de tres horas (3 h) a veinte grados Celsius (20 °C).
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.

- Calibrar los manómetros y equipos de medición, para lo cual se debe presentar evidencia del registro válido de calibración actualizado, de acuerdo con el plan de calidad del proyecto.
- Controlar las presiones del manómetro de la bomba durante la inyección.

El interventor, en caso de duda sobre la calidad de la inyección realizada, puede exigir la realización de radiografías del ducto, las cuales deben ser tomadas a costa del constructor.

631.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

631.5.2.1 Calidad de los materiales

Se deben efectuar todas las comprobaciones y ensayos que el interventor 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, debe ser rechazado.

631.5.2.2 Calidad de la lechada

La lechada debe tener la máxima consistencia que sea compatible con la inyectabilidad y su fluidez se aprueba acorde con la norma ASTM C939.

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 puede ser superior al dos por ciento (2 %) a las tres horas (3 h), ni al cuatro por ciento (4 %), como máximo absoluto y la propia lechada debe reabsorber el agua exudada pasadas veinticuatro horas (24 h).

Por su parte, la reducción de volumen o contracción, medida sobre la misma probeta, no debe ser superior al dos por ciento (2 %).

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

La resistencia a compresión de la pasta no debe ser inferior a treinta y cinco megapascuales (35 MPa) o trescientos cincuenta kilogramos por centímetro cuadrado (350 kg/cm²), a los veintiocho días (28 d), a menos que el diseñador estructural especifique una resistencia diferente.

631.5.2.3 Calidad del producto terminado

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

El interventor no puede aceptar materiales y mezcla cuya calidad no se ajuste a las exigencias de la presente especificación, como tampoco trabajos cuyas deficiencias atenten contra la calidad y la duración de la obra en la cual se inyecta la lechada. Cualquier corrección o modificación debe ser realizada por el constructor y aprobada por el interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

631.6 Medida

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

631.7 Forma de pago

No debe haber 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, prepa-

ración de ductos, inyección, radiografías y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de los trabajos especificados en este artículo, deben estar incluidos en el ítem correspondiente al artículo 641, Acero de preesfuerzo.

Barandas de concreto

Artículo 632 – 22

632.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de barandas de concreto reforzado, de acuerdo con las formas, dimensiones, refuerzos, y en los sitios señalados en los documentos del proyecto o determinados por el interventor.

632.2 Materiales

632.2.1 Concreto

Se debe utilizar concreto de acuerdo con el diseño indicado en los documentos del proyecto, que cumpla con lo señalado en el artículo 630, Concreto estructural.

632.2.2 Acero de refuerzo

El acero empleado en la construcción de las barandas, debe cumplir con los requerimientos del diseño y con las características indicadas en el artículo 640, Acero de refuerzo.

632.3 Equipo

Al respecto, debe regir todo lo que sea aplicable del numeral 630.3 del artículo 630.

632.4 Ejecución de los trabajos

632.4.1 Construcción de la baranda

Las barandas de concreto se deben construir conforme con los requerimientos y exigencias del numeral 630.4 del artículo 630.

Para barandas de puentes, estas deben cumplir con los requisitos de la Sección 13 de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

Igualmente, las barandas en puentes o vías, así como su sistema de conexión al puente o vía, deben cumplir con el nivel de ensayo contra choque que corresponda al tipo de vía según 13.7.2. de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

No se debe permitir la colocación de barandas de concreto en luces de puentes en las cuales no se haya retirado toda la obra falsa o estructura de soporte.

Por su parte, el constructor debe tener especial cuidado en la colocación de formaletas, con el fin de que estas se puedan retirar sin causar daño o deterioro del concreto. Las formaletas y tiras de bisel deben construirse de acuerdo con los planos de detalle del proyecto, con las esquinas bien terminadas, libres de fisuras, astilladuras u otro defecto.

Las barandas se deben construir por tramos, para instalar las respectivas juntas que permitan la libre dilatación y contracción de los elementos, acorde con los documentos del proyecto aprobados o máximo cada cuatro metros (4 m). No se deben admitir juntas con geometría plana.

Para iniciar el vaciado del concreto, el constructor debe tener previa autorización del interventor.

En caso de construcción de barandas de concreto, en zonas donde haya presencia de tránsito o peatones, el constructor debe colocar la señalización respectiva para garantizar la seguridad de los mismos, así como la del personal de trabajo.

632.4.2 Elementos reflectantes

En los lugares de las barandas donde los documentos del proyecto o el interventor lo exijan, se deben colocar elementos retrorreflectantes de materiales flexibles apernados o fijados según las exigencias del artículo 740, Captafaros, o de la especificación particular respectiva.

632.4.3 Barandas mixtas

Los elementos de concreto de la baranda deben ceñirse a lo estipulado en el presente artículo y, los requerimientos de los elementos metálicos, que no conforman el acero de refuerzo del concreto, se ajustan a las especificaciones particulares del proyecto y al artículo 650, Estructuras de acero.

Las barandas combinadas cuyo uso sea para peatones y ciclistas, deben cumplir con los

requerimientos del numeral 13.10 de la Sección 13 de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

632.4.4 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de barandas de concreto se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

632.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

632.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Resultan aplicables los descritos en el numeral 630.5.1 del artículo 630.

Las barandas en puentes o vías, así como su sistema de conexión al puente o vía, deben

cumplir con el nivel de ensayo contra choque que corresponda al tipo de vía según 13.7.2. de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

632.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

632.5.2.1 Calidad de los materiales

En relación con la calidad del cemento, adiciones suplementarias, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, deben aplicar los requisitos establecidos en el artículo 630, numerales 630.5.1.1, 630.5.1.2, 630.5.1.3, 630.5.1.4 y 630.5.1.6.

En relación con la calidad del acero para el refuerzo, aplican los requisitos establecidos en el artículo 640, numeral 640.5.2.

632.5.2.2 Calidad de la mezcla

En cuanto a la calidad de la mezcla de concreto, incluyendo su resistencia, se debe aplicar lo descrito en el numeral 630.5.2 del artículo 630, excepto lo referente a la ejecución de pruebas de carga a expensas del constructor. En consecuencia, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, el interventor debe rechazar la longitud de baranda representada por dichos núcleos y el constructor debe demoler la obra que no cumple especificaciones técnicas o los documentos del proyecto, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados mediante procedimientos satisfactorios para el interventor, y reconstruir la baranda en total acuerdo con el presente

artículo; operaciones que se deben efectuar sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

632.5.2.3 Calidad del producto terminado

El interventor solamente debe aceptar tramos de baranda de concreto cuya forma, resistencia y dimensiones, correspondan a las señaladas en los documentos del proyecto o autorizadas por él.

En particular, debe rechazar aquellas piezas que presenten desviaciones que superen el rango de un centímetro (1 cm) en las dimensiones, así como toda baranda cuyo desplazamiento, respecto de la localización indicada en los documentos del proyecto, exceda de cuatro centímetros (4 cm).

El interventor se debe abstener de recibir barandas cuyos bordes y esquinas no estén bien terminados o presenten fisuras, hendiduras, astilladuras u otros defectos.

Toda baranda de concreto donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, debe ser corregida por el constructor, sin cargo adicional al presupuesto del contrato de obra, de acuerdo con procedimientos aceptados por el interventor.

632.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de baranda de concreto realmente terminada en obra, debidamente aceptada por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la

aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

La medida se debe efectuar a lo largo del eje de la baranda.

No se deben medir, para efectos de pago, longitudes de baranda construida por fuera de los límites indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el interventor.

632.7 Forma de pago

El pago se debe realizar al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto del suministro, colocación y retiro de formaletas; el suministro de materiales, producción, transporte, colocación y curado del concreto; la señalización preventi-

va de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor a que haya lugar durante la ejecución de los trabajos; todo equipo y mano de obra requeridos para la correcta elaboración y terminación de la baranda, patentes y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Solamente debe haber pago separado por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo, actividades que se deben realizar con cargo al artículo 640 y, en caso de barandas mixtas, los elementos metálicos de acuerdo con el artículo 650.

632.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
632.1	Baranda de concreto	Metro (m)

Acero de refuerzo

Artículo 640 – 22

640.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, corte, doblamiento y colocación de barras de acero en estructuras de concreto, en concordancia con los documentos del proyecto y esta especificación.

640.2 Materiales

640.2.1 Barras de refuerzo

Deben cumplir las que sean pertinentes de las siguientes normas, según se establezca en los documentos del proyecto: NTC 161, ASTM A615 (Grado 420), NTC 2289 (ASTM A706), NTC 4013 (ASTM A767), ASTM A996, ASTM A955, ASTM A1035 y ASTM A184.

Las barras de refuerzo galvanizadas deben cumplir con la NTC 4013 (ASTM A767); las barras con recubrimiento epóxico con el numeral 9.2.2. de la norma AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications y con la NTC 4004 (ASTM A775) o la norma ASTM A934; las barras que se vayan a galvanizar deben cumplir con la NTC 2289 (ASTM A706).

En caso de usar barras de acero reciclado, proveniente de rieles o ejes, este debe ser tipo R, acorde con la norma ASTM A996 (Grado 420).

Las barras de acero inoxidable deben ser corrugadas y cumplir con la norma ASTM A955.

El acero utilizado en el refuerzo para concreto compuesto por fibras dispersas de acero, debe ser corrugado y cumplir con la NTC 5214 (ASTM A820). Las fibras de acero, a su vez, deben tener una relación longitud-diámetro no menor a cincuenta (50) y no mayor a cien (100).

El refuerzo liso solo se debe permitir como refuerzo de espirales no preesforzado, siempre y cuando así esté contemplado en los documentos del proyecto. Este refuerzo solo se debe permitir en los casos admitidos por el ACI 318, Requisitos de reglamento para concreto estructural.

640.2.2 Mallas electrosoldadas

Los alambres para mallas y las mallas en sí, deben cumplir con las normas NTC 5806 (ASTM A1064) y ASTM A1022.

Las mallas con recubrimiento epóxico, con la norma ASTM A884.

Las mallas galvanizadas deben cumplir con la norma ASTM A1060.

En mallas de alambre liso, las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de trescientos milímetros (300 mm), ni a más de cuatrocientos milímetros (400 mm) en mallas de alambre corrugado, excepto cuando las mallas se utilizan como estribos.

Se debe permitir el uso de alambre corrugado de los tamaños MD25 a MD200.

Se puede sustituir el refuerzo de alambre soldado con barras de refuerzo en los siguientes casos: recubrimiento de taludes y zanjas revestidas, muros de contención, barreras de hormigón, aceras, bordillos y cunetas en estructuras, adiciones estéticas no estructurales, muros de cabecera de alcantarillas, muros de extremo y muros de alas o aletas, concreto

lanzado, sobrecapas de cubiertas. Si el refuerzo de alambre soldado no proporciona el área de acero requerida, se puede completar con barras de refuerzo

640.2.3 Masas teóricas de las barras de refuerzo

Para efectos de la comprobación de la designación y del pago de las barras, se deben considerar las masas unitarias que se indican en las Tablas 640 – 1 y 640 – 2.

Tabla 640 – 1. Masa de las barras por unidad de longitud (diámetros basados en octavos de pulgada)

Barra	Diámetro nominal		Masa (kg/m)
	(mm)	(pulgadas)	
Nro. 2	6,4	1/4	0,250
Nro. 3	9,5	3/8	0,560
Nro. 4	12,7	1/2	0,994
Nro. 5	15,9	5/8	1,552
Nro. 6	19,1	3/4	2,235
Nro. 7	22,2	7/8	3,042
Nro. 8	25,4	1	3,973
Nro. 9	28,7	1 1/8	5,060
Nro. 10	32,3	1 1/4	6,404
Nro. 11	35,8	1 3/8	7,907
Nro. 14	43,0	1 3/4	11,380
Nro. 18	57,3	2 1/4	20,240

Tabla 640 – 2. Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en milímetros)

Barra	Diámetro nominal		Masa (kg/m)
	(mm)		
6M	6,0		0,22
8M	8,0		0,39
10M	10,0		0,62
12M	12,0		0,89
16M	16,0		1,58
18M	18,0		2,00
20M	20,0		2,47
22M	22,0		2,98
25M	25,0		3,85
32M	32,0		6,31
45M	45,0		12,48
55M	55,0		18,64

Los números de designación son iguales al número de octavos de pulgada del diámetro nominal de referencia. La letra M indica que son diámetros nominales en milímetros (mm).

640.3 Equipo

Se requiere de equipo adecuado para el corte y el doblado de las barras de refuerzo.

Si se autoriza el empleo de soldadura, el constructor debe disponer del equipo apropiado para dicha labor y de personal capacitado para la misma, el cual debe contar con el respectivo certificado de calificación de soldador vigente y válido para el tipo de procedimiento que debe efectuar en concordancia con la AWS. Se debe requerir, además, la certificación del fabricante del acero que indique que el producto es apto para ser soldado.

Se deben requerir, además, elementos que permitan asegurar correctamente el refuerzo en su posición, así como herramientas menores.

640.4 Ejecución de los trabajos

Se deben tener en cuenta las exigencias del ACI 318 y de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes, en sus versiones vigentes, en todos los aspectos que resulten aplicables.

640.4.1 Planos y despiece

Antes de cortar el material según las formas indicadas en los documentos del proyecto, el constructor debe verificar además de las dimensiones y longitudes de los elementos en obra, las listas de despiece y los diagramas de doblado. Si los documentos del proyecto no los

muestran, las listas y los diagramas deben ser preparados por el constructor para someterlos a la aprobación del interventor, pero tal aprobación no exime a aquel de su responsabilidad por la exactitud de los mismos. En este caso, el constructor debe contemplar el costo de la elaboración de las listas y los diagramas mencionados, dentro de los precios de su oferta.

Si el constructor desea replantear una junta de construcción en cualquier parte de una estructura para la cual el interventor le haya suministrado planos de refuerzo y listas de despiece, y dicho replanteo es aprobado por el interventor, el constructor debe revisar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), los planos y las listas de despiece que correspondan a la junta propuesta, y someter las modificaciones respectivas para aprobación del interventor, al menos treinta días (30 d) antes de la fecha prevista para el corte y el doblamiento del refuerzo para dicha parte de la obra. Si, por cualquier razón, el constructor no cumple con este replanteo, la junta y el refuerzo correspondientes deben ser dejados sin modificación alguna, según se muestre en los documentos del proyecto.

640.4.2 Suministro y almacenamiento

Todo envío de acero de refuerzo que llegue al sitio de la obra o al lugar donde vaya a ser doblado, debe estar identificado con etiquetas en las cuales se indiquen la fábrica, el grado del acero y el lote o colada correspondiente.

El acero debe almacenarse en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y debe ser protegido contra daños

mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie, manteniéndolo en un ambiente seco, ventilado y fuera de ambientes corrosivos.

640.4.3 Doblamiento

Las barras de refuerzo deben doblarse en frío, de acuerdo con las listas de despiece aprobadas por el interventor. Los diámetros mínimos de doblamiento, medidos en el interior de la barra, con excepción de flejes y estribos, no deben ser menores que los indicados en la Tabla 640-3.

El diámetro mínimo de doblamiento para estribos no debe ser menor que los indicados en la Tabla 640-4.

El doblamiento de las barras se debe realizar en frío y a una velocidad moderada y debe evitarse el doblado a temperaturas inferiores a cinco grados Celsius (5 °C).

Barras o mallas galvanizadas deben repararse en sus extremos acorde con la NTC 6092 (ASTM A780), cuando sean cortadas o cuando su recubrimiento de galvanización sea removido o dañado. No se deben admitir barras con más del dos por ciento (2 %) de área superficial dañada.

640.4.4 Colocación y amarre

Todo acero de refuerzo al ser colocado en la obra y antes de la fundición del concreto, debe estar libre de polvo, escamas de óxido, rebabas, pintura, aceite, grasa o cualquier otro tipo de suciedad que pueda afectar la adherencia del acero en el concreto. Todo mortero seco debe ser quitado del acero.

Las barras se deben colocar con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los documentos del proyecto, y se deben asegurar firmemente en las posiciones señaladas, de manera que no sufran desplazamientos durante la

Tabla 640 – 3. Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas a tracción

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado (mm)	Extensión recta [1], ℓ_{ext} (mm)	Tipo de gancho estándar
Gancho de noventa grados (90°)	Nro. 10 a nro. 25	6_{db}	12_{db}	
	Nro. 29 a nro. 36	8_{db}		
	Nro. 43 y nro. 57	10_{db}		
Gancho de ciento ochenta grados (180°)	Nro. 10 a nro. 25	6_{db}	Mayor de 4_{db} y 65 mm	
	Nro. 29 a nro. 36	8_{db}		
	Nro. 43 y nro. 57	10_{db}		

Tabla 640 – 4. Diámetro mínimo interior de doblado y geometría del gancho estándar para estribos y estribos cerrados de confinamiento

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado (mm)	Extensión recta [1], l_{ext} (mm)	Tipo de gancho estándar
Gancho de noventa grados (90°)	Nro. 10 a nro. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	Nro. 19 a nro. 25	$6d_b$	$12d_b$	
Gancho de ciento treinta y cinco grados (135°)	Nro. 10 a nro. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	Nro. 19 a nro. 25	$6d_b$		
Gancho de ciento ochenta grados (180°)	Nro. 10 a nro. 16	$4d_b$	Mayor de $4d_b$ y 65 mm	
	Nro. 19 a nro. 25	$6d_b$		

colocación y el fraguado del concreto. Las tolerancias en la posición de todo tipo de refuerzo deben cumplir con las especificaciones establecidas en ACI 117, Especificación para la tolerancia de estructuras de concreto y materiales. La posición del refuerzo dentro de las formaletas debe ser mantenida por medio de tirantes, bloques, silletas de metal, espaciadores o cualquier otro soporte aprobado por el interventor. Los bloques deben ser de mortero de cemento prefabricado o de concreto, de calidad, forma y dimensiones aprobadas, con una resistencia igual a la especificada para el elemento de concreto. Las silletas de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto, deben ser galvanizadas. No se debe permitir el uso de guijarros, fragmentos de piedra o de ladrillo, tubería de metal o bloques de madera.

Las barras deben amarrarse con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de trescientos milímetros (300 mm), para lo cual se deben amarrar alternadamente. El alambre usado para el amarre debe ser del tipo negro calibre número dieciocho (nro. 18). No se debe admitir la soldadura en las intersecciones de las barras de refuerzo.

Si el refuerzo de malla se suministra en rollos para ser usados en superficies planas, la malla debe ser enderezada en láminas planas, antes de su ubicación.

Cuando se coloquen dos (2) o más filas de barras, las barras de las filas superiores deben colocarse directamente encima de las de la fila inferior y la separación libre entre filas no debe ser menor de veinticinco milímetros (25 mm).

La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa, debe ser la mayor entre veinticinco milímetros (25 mm), o el diámetro de la barra mayor, o uno coma treinta y tres (1,33) veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Estos requisitos se deben cumplir, también, en la separación libre entre un empalme por traslapo y otros empalmes u otras barras.

Además, se deben cumplir con los recubrimientos mínimos especificados en el ACI 318 y de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes, cumpliendo con las tolerancias máximas exigidas en ACI 117 o del ACI 318.

El interventor debe revisar y aprobar el refuerzo de todas las partes de las estructuras, antes de que el constructor inicie la colocación del concreto.

640.4.5 Traslapos y uniones

Los traslapos de las barras de refuerzo deben cumplir los requisitos establecidos en el ACI 318 y en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y se deben efectuar en los sitios mostrados en los documentos del proyecto o donde lo indique el interventor, debiendo ser localizados de acuerdo con las juntas del concreto.

El constructor puede introducir traslapos y uniones adicionales, en sitios diferentes a los mostrados en los documentos del proyecto, siempre y cuando dichas modificaciones sean aprobadas por el diseñador estructural y el interventor, que los traslapos y uniones en barras adyacentes queden alternados según

su exigencia, y que el costo del refuerzo adicional requerido sea asumido totalmente por el constructor.

En los traslapos, las barras deben quedar colocadas en contacto entre sí, amarrándose con alambre, de manera que mantengan la alineación y su espaciamiento dentro de las distancias libres mínimas especificadas en relación con las demás varillas y las superficies del concreto.

El constructor puede reemplazar las uniones traslapadas por uniones soldadas empleando soldadura que cumpla las normas de la American Welding Society (AWS) D1.4. En tal caso, los soldadores deben estar certificados y calificados para el tipo de unión especificada, los procedimientos deben precalificarse por el interventor de acuerdo con los requisitos de la AWS y las juntas soldadas deben ser revisadas radiográficamente o por otro método no destructivo que esté contemplado por la práctica. El costo de este reemplazo y el de las pruebas de revisión del trabajo así ejecutado, debe correr por cuenta del constructor.

Las láminas de malla o parrillas de varillas se deben traslapar suficientemente entre sí, para mantener una resistencia uniforme y deben asegurarse en los extremos y bordes. El traslapo de mallas debe ser mínimo uno coma tres (1,3) la longitud de desarrollo requerida y debe cumplir con ACI 318.

640.4.6 Cuantías del refuerzo

Se deben cumplir en toda sección de un elemento estructural, las disposiciones de

cuantías máximas y mínimas establecidas en el ACI 318 y en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

640.4.7 Sustituciones

La sustitución de cuantías de refuerzo solo se puede efectuar con autorización del diseñador estructural. En tal caso, el acero sustituido debe tener un área y perímetro equivalentes o mayores que el área y perímetro de diseño, sin exceder los límites establecidos en el numeral 640.4.6.

640.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de acero estructural, se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto, por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

640.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

640.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumpli-

miento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación; para tal efecto, se deben realizar los ensayos especificados en ACI 318 y la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y constatar que se cumpla con los ensayos especificados en 640.5.2.1
- Verificar que el corte, doblado, colocación y cuantía del refuerzo se efectúen de acuerdo con los documentos del proyecto, con esta especificación y con sus instrucciones.
- Comprobar que cuando se sustituya el refuerzo indicado en los documentos del proyecto, se cuente con el aval del diseñador estructural responsable.
- Efectuar las medidas correspondientes para el pago del acero de refuerzo correctamente suministrado y colocado.

640.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

640.5.2.1 Calidad del acero

Las barras y mallas de refuerzo deben ser ensayadas en fábrica y sus resultados deben

satisfacer los requerimientos de las normas correspondientes NTC, ASTM o AASHTO relacionadas en el numeral 640.2.

El constructor debe suministrar al interventor una certificación de los resultados de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante para el lote correspondiente en cada envío de refuerzo a la obra. En caso de que el constructor no cumpla con este requisito, el interventor puede ordenar, a expensas de aquel, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el refuerzo, antes de aceptar su utilización, acorde con los volúmenes y frecuencias establecidas en el ACI 318 y en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

Deben tomarse muestras de los aceros de refuerzo utilizados en la obra, de todos los diámetros de barra utilizados, por lo menos una vez por cada doscientas toneladas (200 t) de acero de refuerzo utilizado, cuando se trate de aceros de fabricación nacional, y cada cien toneladas (100 t) de acero de refuerzo empleado, cuando se trate de aceros importados, para ser ensayados a tensión. Los ensayos se deben realizar de acuerdo con lo especificado en la NTC 3353 (ASTM A370), NTC, ASTM o AASHTO referenciadas en 640.2, correspondiente a cada tipo de acero.

Cuando se autorice el empleo de soldadura para las uniones, su calidad y la del trabajo ejecutado, se deben verificar de acuerdo con lo indicado en el numeral 640.4.5.

Las varillas que tengan fisuras o hendiduras en los puntos de flexión, deben ser rechazadas.

640.5.2.2 Calidad del producto terminado

La tolerancia en la colocación del acero de refuerzo debe cumplir las máximas permitidas por el ACI 117.

Se deben aceptar las siguientes tolerancias en la colocación del acero de refuerzo:

640.5.2.2.1 Desviación en el espesor de recubrimiento

- Con recubrimiento menor o igual a setenta y cinco milímetros (≤ 75 mm): cinco milímetros (5 mm).
- Con recubrimiento superior a setenta y cinco milímetros (> 75 mm): diez milímetros (10 mm).

640.5.2.2.2 Desviación en los espaciamientos prescritos

Se debe cumplir lo indicado en el numeral 640.4.4.

640.5.2.2.3 Área

No se debe permitir la colocación de acero con áreas y perímetros inferiores a los de diseño.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de esta especificación, debe ser corregido por el constructor, sin costo alguno para INVÍAS, de acuerdo con procedimientos aceptados por el interventor.

640.6 Medida

La unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al entero, de acero de refuerzo para estructuras de concreto realmente

suministrado y colocado en obra y debidamente aceptado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida no debe incluir el peso de soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio; ni los empalmes adicionales a los indicados en los documentos del proyecto, que hayan sido autorizados por el interventor, para conveniencia del constructor.

Tampoco se debe medir el acero específicamente estipulado, para pago en otras unidades de obra del contrato.

Si se sustituyen barras a solicitud del constructor y como resultado de ello se usa más acero del que se ha especificado, no se debe medir la cantidad adicional.

La medida para barras se debe basar en la masa computada para los tamaños y longitudes de barras utilizadas, usando las masas unitarias indicadas en las Tablas 640 – 1 y 640 – 2.

La medida para malla de alambre debe ser el producto del área en metros cuadrados de malla efectivamente incorporada y aceptada en la obra por su masa real en kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2), aproximado al kilogramo entero. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se deben medir cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto o las ordenadas por el interventor.

640.7 Forma de pago

El pago se debe realizar al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con esta especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de suministro, ensayos, transportes, almacenamiento, corte, desperdicios, doblamiento, limpieza, colocación y fijación del refuerzo y por la mano de obra, materiales, patentes, equipos e imprevistos necesarios para terminar correctamente el trabajo, de acuerdo con los documentos del proyecto, con esta especificación y lo aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir también, todos los costos por concepto de elaboración de listas de despiece y diagramas de doblado cuando ellos no hayan sido suministrados, por el suministro e instalación de abrazaderas, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el refuerzo en su sitio, así como los de la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

No debe haber lugar a pago separado por el acero de refuerzo para concreto colocado con el propósito de reemplazar estructuras de concreto que se deterioren o queden defectuosas o en el concreto que el constructor

haya utilizado para su conveniencia con o sin autorización del interventor. Tampoco se debe pagar por separado el acero cuyo pago se haya estipulado en otras unidades de obra del contrato, ni por los trabajos de soldadura que se autoricen para uniones soldadas en reemplazo de uniones traslapadas.

640.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
640.1	Acero de refuerzo $f_y =$ ____ MPa	Kilogramo (kg)
640.2	Malla de refuerzo $f_y =$ ____ MPa	Kilogramo (kg)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para resistencia de acero que se especifique en el proyecto.

Acero de preesfuerzo

Artículo 641 – 22

641.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, colocación y tensionamiento de acero de preesfuerzo, de acuerdo con los detalles indicados en los documentos del proyecto y las exigencias de esta especificación. Consiste, además, en el suministro e instalación de todos los accesorios necesarios para los diferentes sistemas de preesfuerzo usados, incluyendo ductos, ancla-jes e inyecciones de lechada.

641.2 Materiales

641.2.1 Acero de preesfuerzo

El acero de preesfuerzo consiste en cables de acero de alta resistencia de siete (7) alambres, alambre de acero de alta resistencia o barras de alta resistencia del tipo y grado especificados en los documentos del proyecto o en las especificaciones que se mencionan a continuación.

Si los documentos del proyecto solo indican las fuerzas de preesfuerzo y las ubicaciones de aplicación, la selección del tamaño y tipo de acero debe corresponder al constructor. Dicha selección debe contar con la aprobación del diseñador conforme con el numeral 5.4.4.1. de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes y la aprobación del interventor.

641.2.1.1 Cables

Los cables (torones) de siete (7) alambres de baja relajación, sin revestimiento, deben cumplir lo especificado en las normas AASHTO M 203, NTC 2010 (ASTM A416).

641.2.1.2 Alambres

Los alambres de acero sin recubrimiento, deben cumplir los requisitos de las normas AASHTO M 204, NTC 159 o ASTM A421.

641.2.1.3 Barras

Las barras de alta resistencia sin recubrimiento, deben cumplir los requisitos de las normas AASHTO M 275, NTC 2142 o ASTM A722. Se pueden usar barras con resistencia última mayor a la señalada en las normas anteriores, siempre y cuando se demuestre que poseen propiedades superiores a las especificadas y sea autorizado su uso por el diseñador estructural.

Todo cable, alambre o barra que se remita al sitio, debe tener un número de envío para efectos de identificación. Los anclajes se deben identificar de igual manera.

Cada lote de alambre o barras y cada rollo de cable, deben estar acompañados de un certificado de fábrica que incluya: características técnicas, composición química, sección

transversal, esfuerzos de fluencia y último, elongación a la rotura, módulo de elasticidad, y curva esfuerzo deformación del acero que se pretende utilizar. La resistencia real del acero de preesfuerzo no debe ser menor que la especificada en los diseños y en la norma aplicable, y las pruebas se deben realizar según los procedimientos de dicha norma.

641.2.2 Anclajes y acoples

Todos los anclajes y acoples deben desarrollar al menos el noventa y cinco por ciento (95 %) de resistencia última especificada para el acero de preesfuerzo, al ser probados antes de adherirlos, sin exceder el asentamiento del anclaje esperado en el diseño. Los acoples de tendones no deben reducir la elongación de rotura por debajo de los requisitos del tendón mismo. Los acoples o sus componentes deben estar encerrados en camisas que permitan los movimientos necesarios. Los acoples solamente se pueden utilizar en los sitios mostrados en los documentos del proyecto o aprobados por el diseñador y el interventor. No se pueden emplear en sitios donde se presenten fuertes curvaturas de los torones.

Los dispositivos de anclaje para cables no adheridos, deben ser capaces de transmitir al concreto una carga igual a la capacidad del cable bajo las condiciones de carga estática y cíclica. Se deben verificar los asentamientos en los anclajes acorde con lo exigido en el numeral 5.9.5.2.1. de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

Para sistemas adheridos, se realizan dos (2) pruebas dinámicas en un espécimen de acople y anclaje representativo, los tendones

deben soportar sin falla quinientos mil (500 000) ciclos del sesenta al sesenta y seis por ciento (60 % – 66 %) de su resistencia última mínima especificada y cincuenta (50) ciclos del cuarenta al ochenta por ciento (40 % – 80 %) de su resistencia última mínima especificada. Se pueden usar diferentes especímenes para cada en-sayo.

Para aceptación de los dispositivos de anclaje, el interventor puede ordenar la ejecución de las pruebas especificadas en el numeral 10.3.2.3 de AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, las cuales debe ejecutar el constructor, sin costo adicional con cargo al contrato de obra celebrado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Por tanto, en la elaboración del presupuesto de obra, el constructor debe tener en cuenta esta especificación para que no se afecte la economía del contrato durante la ejecución.

Los acoples deben alojarse en cajas suficientemente largas para permitir los movimientos necesarios.

Cualquier refuerzo suplementario requerido en la zona local del anclaje, para resistir concentraciones de esfuerzos en la vecindad de este, que sea dependiente de la configuración del anclaje, debe ser considerado parte integrante del anclaje. Dicho refuerzo debe diseñarse por el proveedor del anclaje, y colocado adicionalmente al refuerzo general de la zona que se muestre en los documentos del proyecto.

641.2.3 Ductos

Los ductos utilizados para proveer las cavidades en el concreto, para la colocación de cables de postensionamiento, pueden estar

formados bien sea por núcleos removibles o por ductos rígidos o semirrígidos que se deben colocar dentro del concreto. Los ductos formados por núcleos removibles, no deben tener reducciones que tiendan a cerrar el paso de la lechada. Todos los materiales del núcleo de-ben removerse. Los ductos formados, que deban quedar embebidos, no deben permitir el paso de la lechada, deben ser capaces de transferir los esfuerzos de contacto y deben conservar su forma bajo el peso del concreto, manteniendo el alineamiento sin pandeos visibles durante el vaciado del concreto.

641.2.3.1 Ductos metálicos

Los ductos laminados deben ser metálicos, a menos que se apruebe algo diferente; de metal ferroso galvanizado y fabricados con uniones soldadas o trabadas. No se requiere la galvanización de la unión soldada. Los ductos rígidos deben tener paredes interiores suaves y deben ser capaces de resistir curvaturas hasta los límites requeridos, sin sufrir achatamiento. Los ductos semirrígidos deben ser corrugados, y cuando los tendones sean insertados con posterioridad a la colocación del concreto, el espesor mínimo de pared debe ser calibre veintiséis (26) para ductos de diámetros menores o iguales a sesenta y siete milímetros (67 mm), y calibre veinticuatro (24) para diámetros mayores. Cuando los tendones son preensamblados con dichos ductos, el espesor de pared del ducto no debe ser inferior al calibre treinta y uno (31).

641.2.3.2 Ductos plásticos

Como alternativa a los ductos metálicos, los ductos para tendones transversales en placas

de piso y en otros sitios mostrados en los documentos del proyecto o aprobados por el interventor, pueden ser de polietileno de alta densidad, de acuerdo con la NTC 2935 (ASTM D3350), con una clasificación de celda de 345464A. Los ductos de polietileno no se pueden usar cuando el radio de curvatura del tendón sea inferior a nueve metros (9 m).

Si se usan ductos de polipropileno, deben cumplir con la NTC 2966 (ASTM D4101) con una clasificación de celda entre PP0340B14541 a PP0340B67884. Usar resina conteniendo antioxidantes con un tiempo mínimo de inducción de oxidación (OIT) acorde con la norma ASTM D3895 de no menos de veinte minutos (20 min). Los ductos de polipropileno no se pueden usar cuando el radio de curvatura del tendón sea inferior a nueve metros (9 m).

Los ductos semirrígidos de polietileno, que se usen completamente embebidos en el concreto, deben ser corrugados, con un espesor mínimo de material de uno coma tres milímetros más o menos cero coma tres milímetros ($1,3 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$). Tales ductos deben tener una cubierta exterior blanca, o ser de material blanco con estabilizadores ultravioletas incorporados.

Los ductos rígidos de polietileno para uso donde el tendón no esté embebido en el concreto, deben ser de tubería rígida fabricada según la NTC 2935 (ASTM D3350) con una clase de celda mínima de 344464C. Una resina conteniendo antioxidantes con un tiempo mínimo de inducción de oxidación (OIT) acorde con la norma ASTM D3895 de no menos de cuarenta minutos (40 min). Estos

ductos deben tener una relación diámetro/espesor de pared de diecisiete (17) conforme con ASTM D3895 o ASMT F714.

Para aplicaciones donde los ductos de polietileno estén expuestos a la luz solar o ultravioleta, se debe incorporar un compuesto negro de carbón a la resina de polietileno del ducto, para proveer resistencia a la degradación por luz ultravioleta (Clase D) de acuerdo con la norma ASTM D 1248.

641.2.3.3 Área de ductos

El diámetro interior de los ductos debe ser al menos de seis coma treinta y cinco milímetros (6,35 mm) mayor que el diámetro nominal del alambre, barra o cable o, en el caso de tendones de varios cables, el área del ducto debe ser al menos dos (2) veces el área neta del acero de preesfuerzo. Cuando los tendones se coloquen por el método de halado a través del ducto, el área del ducto debe ser al menos dos coma cinco (2,5) veces al área neta del acero de preesfuerzo.

El tamaño de los ductos no debe ser mayor que cero coma cuatro (0,4) veces el menor espesor bruto del concreto en el sitio del ducto.

641.2.3.4 Accesorios de los ductos

Los acoples y transiciones de los ductos formados por láminas deben ser de metal ferroso o polietileno, deben ser a prueba de entrada de lechada y poseer la suficiente resistencia para prevenir distorsión o desplazamiento de los ductos durante la colocación del concreto. Todos los ductos de los ensambles de anclaje deben proveerse de tubos u

otras conexiones apropiadas en cada extremo del ducto para la inyección de lechada posterior al preesfuerzo. Deben tener, también, orificios de ventilación en los puntos altos y de drenaje en puntos intermedios bajos. Los tubos de ventilación y drenaje deben ser de un diámetro mínimo de diecinueve milímetros (19 mm) para tendones o al menos de doce coma cinco milímetros (12,5 mm) para tendones de barra simple o tubos plásticos apropiados. Las conexiones a ductos se deben hacer con sujetadores metálicos o plásticos. Las ventilaciones y drenajes deben ser a prueba de mortero y se deben proveer medios para inyección a través de las ventilaciones y para sellado que evite fugas de lechada.

641.2.3.5 Inhibidor de corrosión

Debe ser del tipo VPI según la especificación MIL-P-3420F-87. Cuando sea aprobado por el interventor, se puede utilizar aceite soluble en agua.

641.2.3.6 Lechada

Los materiales para la lechada de inyección, deben cumplir los requisitos indicados en el numeral 631.2 del artículo 631, Lechada para ductos de concreto preesforzado.

Se requiere una (1) prueba diaria en campo de fluidez, sangrado a los tres días (3 d) y permeabilidad de la lechada.

641.3 Equipo

Los gatos hidráulicos usados para tensionar el acero, deben ser capaces de proveer y sostener las fuerzas necesarias y deben estar equipados con manómetros de presión o

celdas de carga, para determinar el esfuerzo de gateo. El sistema debe permitir medir independientemente la elongación del cable. El manómetro debe tener una escala apropiada, y debe estar debidamente calibrado, hecho del cual el constructor debe entregar al interventor la certificación correspondiente. Las celdas de carga deben tener un indicador que permita establecer la fuerza de tensionamiento. El rango de lectura debe ser tal, que no se utilice el diez por ciento (10 %) inferior de la capacidad certificada por el fabricante, para determinar la fuerza de gateo. Los manómetros y celdas de carga se deben recalibrar con frecuencia. Solamente se puede usar llama de oxígeno o elementos mecánicos de corte para cortar cables, después de la instalación del elemento o después del preesfuerzo. No se deben usar soldadores de arco eléctrico.

El equipo para la preparación e inyección de la lechada se describe en el numeral 631.3 del artículo 631.

641.4 Ejecución de los trabajos

641.4.1 Planos de trabajo

Cuando los documentos del proyecto no incluyan detalles completos del sistema de preesfuerzo y su método de instalación, o cuando los detalles completos mostrados en los documentos del proyecto puedan ser objeto de modificación por parte del constructor, este debe preparar y remitir sin costo adicional para INVÍAS y aprobación del interventor, la información completa sobre los sistemas que se propone utilizar. Los planos de trabajo deben mostrar detalles completos y memorias de cálculo justificativas, descripción de materiales y equipos, e incluir posibles

modificaciones a la disposición del acero de refuerzo o a las dimensiones del concreto evidenciadas en los documentos del proyecto. Estos detalles deben mostrar la secuencia de preesfuerzo, especificaciones del acero, de los anclajes, esfuerzos de trabajo, esfuerzos en el anclaje, elongación de los tendones, tipos de ductos y cualquier otro dato pertinente, incluyendo la distribución del acero de preesfuerzo en el miembro. Los planos de trabajo deben ser enviados al interventor con la suficiente anti-cipación para permitir su revisión, ajuste y aprobación, sin que se afecte el programa de trabajo.

641.4.2 Pruebas del acero de preesfuerzo y anclaje

El interventor puede ordenar las pruebas que considere necesarias sobre muestras tomadas de los lotes suministrados por el constructor, las cuales deben ser proporcionadas por este, sin costo para INVÍAS.

Para acero de pretensado se debe suministrar una muestra de dos metros (2 m) de largo, como mínimo, por cada lote de veinte toneladas (20 t) de acero, debiendo cortarse las muestras de los extremos de los rollos.

Para las pruebas requeridas en el acero de postensado, se proporcionan las siguientes longitudes:

- Uno coma cinco metros (1,5 m) para alambres que requieran cabezas.
- Para alambres que no requieran cabezas, una longitud suficiente para hacer un cable de tendido paralelo de uno coma cinco metros (1,5 m) de largo, consistente del

mismo número de alambres con que el cable va a ser habilitado en obra.

- Para torones con accesorios de anclaje, uno coma cinco metros (1,5 m) entre los extremos más cercanos de los accesorios.
- Para barras con extremos roscados y tuercas, uno coma cinco metros (1,5 m) entre los extremos más cercanos de las roscas.

Si las pruebas a ser efectuadas así lo requieren, se deben proporcionar dos (2) anclajes adicionales completos, incluyendo placas de repartición y demás aditamentos propios del sistema.

641.4.3 Protección, transporte y almacenamiento

El constructor debe proteger tanto el acero de preesfuerzo como los anclajes, ductos y otros accesorios a ser utilizados, cuidando la limpieza de los mismos y tomando las medidas necesarias para preservarlos de la corrosión, con el fin de garantizar que, en todo momento, se mantenga su calidad.

Durante el transporte, tanto el acero de preesfuerzo como los demás elementos de acero, se deben envolver en papel impermeable u otro material que los proteja de la humedad.

Los alambres y cables no se deben enrollar en diámetros pequeños, para evitar la formación de microfisuras superficiales que propician la corrosión a bajo esfuerzo.

Los ductos se deben manejar con cuidado durante su carga, transporte y descarga, para

evitar daños y dobleces que los puedan perjudicar posteriormente.

El almacenamiento de estos materiales se debe efectuar en locales cerrados y secos, evitando su proximidad a refinerías y plantas industriales. Los rollos se deben apilar según los diferentes lotes de fabricación e identificar adecuadamente. El apilamiento se debe hacer sobre tarimas que queden separadas del suelo por lo menos treinta centímetros (30 cm).

Para almacenamiento por períodos no superiores a tres (3) meses, se debe permitir el recubrimiento del material con un toldo, además de protegerlo con el inhibidor de corrosión.

641.4.4 Dirección y asesoría de los trabajos

El constructor debe proporcionar un técnico calificado en el uso del sistema de preesfuerzo a ser utilizado, quien debe dirigir la correcta ejecución de todas las operaciones requeridas.

641.4.5 Aprobación del sistema por usar

Para cualquier sistema que utilice el principio de preesfuerzo, el constructor debe demostrar y garantizar plenamente su eficacia, seguridad y funcionalidad, puestas de manifiesto en obras similares ejecutadas con anterioridad.

641.4.6 Colocación de los ductos

Los ductos se deben soportar rígidamente en intervalos adecuados dentro de las formaletas mediante amarres al acero de refuerzo, que

eviten el desplazamiento durante la colocación del concreto. De ser necesario, se deben usar barras suplementarias. Las juntas entre secciones de ductos deben acoplarse con conexiones efectivas que no resulten en cambios de ángulo en las juntas y que prevengan la entrada de pasta de cemento del concreto. Después de colocar los ductos, y el refuerzo y la formaleta se encuentren en su sitio, se debe realizar una inspección para detectar posibles daños a los ductos. Todos los orificios no intencionales en los ductos deben ser reparados antes de la colocación del concreto. Las aberturas para inyección y ventilación deben anclarse seguramente al ducto y a la formaleta o al acero de refuerzo, para evitar su desplazamiento en las operaciones de vaciado. Después de instaladas las formaletas, los extremos de ductos deben cubrirse, para prevenir la entrada de agua o lechada.

Todos los ductos de estructuras continuas deben ser ventilados en los puntos más altos del perfil, excepto cuando la curvatura es pequeña, como en placas continuas, y en los sitios adicionales indicados en los documentos del proyecto. Donde se anticipe congelamiento antes de la inyección, se deben instalar drenajes en los puntos más bajos, para prevenir la acumulación de agua. Estos drenajes deben permanecer abiertos hasta la iniciación de los trabajos de inyección. Los extremos de ventilaciones y drenajes se deben remover hasta veinticinco milímetros (25 mm) por debajo de la superficie del concreto después de terminar la inyección, y los orificios llenados con mortero.

641.4.7 Colocación del acero de preesfuerzo

641.4.7.1 Colocación para pretensionamiento

El acero de preesfuerzo se debe instalar precisamente dentro de las formaletas y mantener en su sitio mediante los gatos o anclajes temporales u otros accesorios especiales. Los accesorios que se implementan en los cambios de pendiente de la trayectoria, deben ser de baja fricción, debidamente aprobados. El acero de preesfuerzo no se debe retirar de su cubierta protectora mientras no se vaya a colocar el concreto, debiéndose tomar todas las medidas necesarias para evitar la corrosión. Todo el acero de preesfuerzo preensamblado en ductos e instalado antes de la colocación del concreto, debe ser asegurado y mantenido en su sitio adecuadamente.

641.4.7.2 Colocación para postensionamiento

Cuando el acero se instale con posterioridad a la colocación del concreto, el constructor debe demostrar que los ductos se encuentran libres de agua o lechada antes de la instalación del acero. El número total de cables en un tendón individual puede ser colocado en un solo tiempo, o los cables individuales pueden ser colocados uno a uno. Los accesorios de anclaje deben ser ubicados en su sitio, de modo que su eje coincida con el eje del tendón y las platinas de anclaje sean normales en todas direcciones al tendón.

El acero de preesfuerzo se debe distribuir de modo que la fuerza en cada elemento corresponda a las indicaciones de los documentos del proyecto. Para vigas cajón con más de dos (2) nervios, si los documentos del proyecto así lo permiten, la fuerza de preesfuerzo puede variar hasta un cinco por ciento (5 %) respecto de la fuerza teórica requerida por nervio, siempre que la fuerza total requerida se obtenga, y que esta se distribuya simétricamente en la sección.

641.4.7.3 Protección del acero después de la instalación

El acero de preesfuerzo instalado en elementos antes del vaciado y curado del concreto, o instalado en el ducto, pero no inyectado dentro de los límites de tiempo dados a continuación, debe ser protegido contra corrosión mediante un compuesto inhibidor colocado en el ducto o directamente sobre el acero. El acero de preesfuerzo colocado con posterioridad al vaciado y curado del concreto e inyectado dentro de los límites de tiempo siguientes, no requiere el uso de inhibidores de corrosión.

- Atmósfera húmeda o a nivel del mar, con humedad relativa mayor del setenta por ciento (70 %), no deben pasar más de siete días (7 d).
- Atmósfera moderada, con humedad relativa entre el cuarenta y setenta por ciento (40 % – 70 %), no deben pasar más de quince días (15 d).
- Atmósfera seca, con humedad relativa menor del cuarenta por ciento (40 %), no deben pasar más de veinte días (20 d).

Una vez que los tendones se hayan colocado en los ductos, las aberturas en los extremos deben ser selladas para prevenir la entrada de humedad. Cuando se use curado con vapor, el acero de preesfuerzo no se debe instalar hasta tanto no se haya terminado el curado. Cuando se realice soldadura eléctrica en cercanías de miembros que tengan acero de preesfuerzo, la conexión a tierra se debe sujetar directamente al acero que se esté soldando. Todos los elementos se deben proteger de la caída de chispas o escoria de soldadura.

641.4.8 Tensionamiento

641.4.8.1 Generalidades

El acero de preesfuerzo debe ser tensionado mediante gatos hidráulicos para producir las fuerzas mostradas en los documentos del proyecto, con los debidos márgenes para pérdidas. Las pérdidas deben corresponder adecuadamente con los análisis. Para el caso de postensionamiento, se debe, además, incluir la pérdida por corrimiento del anclaje, dependiendo del sistema utilizado.

Durante el tensionamiento de cables, las fallas individuales de alambres pueden ser aceptadas por el interventor, siempre y cuando no más de un alambre en el cable se rompa, y el área de los alambres rotos no exceda el dos por ciento (2 %) del área total del acero de preesfuerzo en el miembro. En tal caso, la fuerza total de tensionamiento necesaria se debe alcanzar aumentando la tensión de los alambres restantes, siempre que para ello no sea preciso elevar la tensión de cada alambre individual en más de dos por ciento (2 %) del

valor inicialmente previsto. La aplicación de tensiones superiores requiere un nuevo estudio, el cual se debe efectuar con base en las características mecánicas de los materiales realmente utilizados; este nuevo estudio debe ser adelantado por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, y contar con la aprobación del interventor.

El método de tensionamiento empleado debe ser uno de los siguientes, según haya sido aprobado:

641.4.8.1.1 Pretensado

El cable o tendón se debe esforzar antes de ser embebido en el concreto. Una vez el concreto ha alcanzado su resistencia, se debe liberar el acero de los anclajes externos y la fuerza se debe transferir, por adherencia, al concreto.

641.4.8.1.2 Postensado

Los cables o tendones se deben instalar en ductos dentro del concreto y deben ser tensados y anclados después de que el concreto ha adquirido la resistencia de diseño. Como operación final, los ductos deben ser inyectados con lechada a presión.

641.4.8.1.3 Método combinado

Parte del refuerzo se debe pretensionar y parte se debe postensionar. Para este método se deben aplicar todas las condiciones particulares de cada uno de los métodos anteriores.

641.4.8.2 Resistencia del concreto

Las fuerzas de preesfuerzo no deben ser aplicadas o transferidas al concreto hasta

tanto este no haya alcanzado la resistencia especificada para el tensionamiento inicial. Además, el concreto vaciado en sitio, diferente al de puentes segmentados, no debe ser postensionado hasta que hayan pasado al menos diez días (10 d) de la colocación.

641.4.8.3 Secuencia de tensionamiento

Cuando la secuencia de tensionamiento de tendones individuales no haya sido especificada, el tensionamiento de elementos postensados y la liberación de elementos pretensados deben ser realizadas en una secuencia que produzca el mínimo de fuerzas excéntricas en el miembro.

641.4.8.4 Medida de esfuerzos

El constructor debe llevar un reporte de las presiones y elongaciones de cada tendón, para revisión y aprobación del interventor. Las elongaciones se deben medir con una precisión de un milímetro (1 mm). Los sobrantes de cable de elementos postensados no deben ser cortados hasta tanto no se hayan aprobado los reportes de tensionamiento.

Los esfuerzos en los tendones durante el tensionamiento, deben ser determinados mediante las lecturas de manómetros o celdas de carga y deben ser verificados con las elongaciones medidas. Los cálculos de elongaciones esperadas deben realizarse con base en el módulo de elasticidad suministrado por el fabricante y tomando como base el área nominal, o usando propiedades medidas mediante ensayos sobre el acero utilizado en la obra.

Todos los tendones deben ser tensados preliminarmente, hasta la fuerza necesaria

para eliminar cualquier falla en el sistema de tensionamiento que pueda afectar la lectura de deformaciones. Esta fuerza preliminar puede variar entre el cinco y el veinticinco por ciento (5 % – 25 %) de la fuerza final de gateo. La fuerza inicial debe medirse con un dinamómetro o por otro método aprobado, de modo que su magnitud pueda ser usada como verificación de las elongaciones. Cada cable debe ser marcado antes del esfuerzo final, para permitir medidas de deformación y asegurar que las cuñas se acomodan correctamente.

Cuando existan discrepancias entre las medidas tomadas con manómetros y las deformaciones leídas, se debe usar una carga que, leída en el manómetro, produzca ligeros sobreesfuerzos antes que esfuerzos más bajos de lo previsto. Si esta discrepancia es mayor del cinco por ciento (> 5 %) en tendones con longitudes superiores a quince metros (15 m) y del siete por ciento (7 %) en tendones de menor longitud, toda la operación se debe revisar cuidadosamente para encontrar la fuente de error y corregirla antes de continuar con el tensionamiento.

641.4.8.5 Requisitos del método de pretensionamiento

El preesfuerzo se puede obtener mediante tensionamiento de cables individuales o grupos de ellos. La cantidad de preesfuerzo que se debe dar a cada cable, debe ser la indicada en los documentos del proyecto o aprobada por el diseñador y el interventor. Todo cable que se deba esforzar en grupo, se debe llevar a una tensión inicial antes del tensionamiento definitivo. El rango de esta fuerza de tensionamiento debe ser el mismo

indicado para cables postensados; su magnitud depende de la pista de tensionamiento y del número de cables en el grupo.

Los tendones colgados pretensados deben ser tensionados parcialmente por gateo en los extremos de la pista y por levantamiento o descenso de los cables, o ser tensados en su totalidad por gateo, sosteniendo los cables mediante rodillos, pasadores u otros medios aprobados. Se deben usar accesorios de baja fricción aprobados, en los cambios de pendiente.

Si la carga en un tendón, determinada mediante las medidas de elongación, es inferior a la indicada en los manómetros del gato, en más de cinco por ciento (5 %), el cable debe ser tensionado desde ambos extremos de la pista, y las cargas calculadas con base en la suma de las dos (2) elongaciones en los extremos, deben corresponder dentro del cinco por ciento (5 %) especificado.

Cuando el interventor así lo solicite, los cables de pretensionamiento se deben verificar para pérdidas de preesfuerzo, no más de tres horas (3 h) antes de colocar el concreto. El método y los equipos de medición deben estar sujetos a aprobación del interventor. Todo cable que indique pérdidas superiores al tres por ciento (3 %) debe tensionarse hasta alcanzar la fuerza original de gateo.

Los esfuerzos en todos los cables se deben mantener mediante anclajes, hasta que el concreto alcance la resistencia especificada al momento de la transferencia. Cuando se tensionen miembros a temperaturas de más de catorce grados Celsius (14 °C) por debajo

de la temperatura del concreto en el fraguado inicial, la elongación calculada de acero de preesfuerzo debe ser incrementada para compensar la pérdida de esfuerzo ocasionada por el cambio de temperatura, pero en ningún caso el esfuerzo en el gateo debe exceder el ochenta por ciento (80 %) de la resistencia última a tensión especificada para el acero.

Los métodos de traslapeo de cables deben aprobarse por el interventor, el método de traslapeo debe ser capaz de desarrollar la resistencia última de los cables. Solamente se debe permitir el traslapeo de un cable cuando el tensionamiento se realice por cables individuales; si el tensionamiento se hace simultáneamente en varios cables, solo se debe admitir el traslapeo de un diez por ciento (10 %) de ellos, como máximo. Los cables traslapados deben ser de características similares y con el mismo giro. Todos los traslapos deben quedar por fuera de los elementos que se preesfuercen.

Todas las formaleas o accesorios que impidan las deformaciones de los elementos, deben retirarse antes de liberar el acero.

A menos que se indique algo diferente en los documentos del proyecto, todos los cables de elementos pretensados se deben cortar a ras con el extremo del miembro, y los extremos expuestos, así como una franja de veinticinco milímetros (25 mm) del concreto alrededor del cable; se deben limpiar y pintar. La limpieza se debe hacer mediante cepillo, para remover materiales que no estén firmemente adheridos. Las superficies se deben cubrir con una capa gruesa de pintura rica en zinc conforme con los requerimientos de la norma MIL-P-24441/20.

641.4.8.6 Requerimientos para postensionamiento

Antes de postensar cualquier elemento, el constructor debe demostrar que el acero de preesfuerzo esté libre y no adherido al ducto que lo contiene. A menos que el interventor apruebe lo contrario, todos los cables de cada tendón, excepto aquellos que estén en ductos planos con no más de cuatro (4) cables, deben ser tensados simultáneamente con un gato múltiple. Excepto que se apruebe algo diferente, los tendones en miembros continuos postensados deben ser gateados en cada extremo del tendón. Para tendones rectos, y cuando se permita tensionamiento en un solo extremo, el tensionamiento se puede realizar en uno (1) o ambos extremos, a decisión del constructor y aprobación del interventor.

Cabe anotar que debe llevarse rigurosamente un registro de las operaciones de tensionamiento de cada tendón, según lo indicado en el numeral 641.5.1.

641.4.9 Inyección

Cuando se use el método de postensionamiento, el acero de preesfuerzo se debe proteger permanentemente adhiriéndolo al concreto, llenando los vacíos de los ductos con lechada. El trabajo se realiza conforme se describe en el artículo 631.

641.4.10 Protección permanente de los anclajes

Siendo los anclajes mecanismos altamente esforzados, requieren una protección completa contra la corrosión y el fuego, motivo por el

cual deben ser recubiertos por algún medio que resulte satisfactorio para el interventor.

641.4.11 Medidas de seguridad

El preesfuerzo implica la utilización de fuerzas muy grandes, esforzándose el acero y el concreto en un porcentaje alto de su carga última. Además, durante la construcción y el montaje se ponen en juego fuerzas hidrostáticas de vibración, desbalances y fuerzas dinámicas, por lo que se deben tomar las medidas y disposiciones adecuadas para la seguridad del personal y del equipo. Estas medidas deben incluir una planificación adecuada, el uso de los arriostramientos temporales que se requieran para la manipulación, transporte y montaje de los elementos estructurales, la instalación de avisos de prevención y la instrucción del personal mediante un programa continuo.

641.4.12 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para el suministro de acero de preesfuerzo se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Igualmente, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades se deben incluir en los

costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

641.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

641.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

En el desarrollo de los trabajos, deben adelantarse los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los materiales empleados cumplan las exigencias de calidad de la presente especificación.
- Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el período de ejecución de los trabajos.
- Verificar que los trabajos se realicen de acuerdo con el sistema aprobado, los documentos del proyecto y la presente especificación.
- Efectuar las pruebas pertinentes para comprobar la calidad del trabajo ejecutado.
- Vigilar la correcta implementación de medidas para garantizar la seguridad del personal y de los equipos durante la ejecución de los trabajos.

Durante las operaciones de tensionamiento debe llevarse un registro de los siguientes aspectos, para cada tendón instalado:

- Responsables de la operación (constructor e interventor).
- Localización, tamaño y tipo de tendón.
- Fecha de instalación del tendón en el ducto.
- Número de carrete o bobinas para hilos o alambres.
- Área transversal asumida y actual.
- Módulo de elasticidad asumido y actual.
- Fecha de tensionamiento.
- Número del gato, manómetros y características.
- Fuerza requerida de gateo.
- Presiones manométricas.
- Elongaciones (esperadas y actuales).
- Secuencia de tensionamiento indicando los tendones antes y después de este tendón.
- Modo de tensionamiento (un (1) extremo, dos (2) extremos, simultáneo).
- Testigos o participantes durante la operación de tensionamiento.
- Fecha de aplicación de la lechada.
- Días desde el tensionamiento hasta la inyección de la lechada.
- Presión de inyección.
- Registro de cualquier otra información que se considere relevante reportar.

El interventor debe evaluar y aprobar, cuando corresponda, el sistema de preesfuerzo propuesto por el constructor.

El interventor debe medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

641.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

641.5.2.1 Calidad del acero

Los elementos de acero utilizados en los trabajos objeto de la presente especificación, deben ser ensayados en la fábrica y sus resultados deben satisfacer los requisitos que indiquen las normas NTC, AASHTO o ASTM relacionadas en el numeral 641.2.

El constructor debe suministrar al interventor una certificación de los resultados de análisis químicos y pruebas físicas realizados por el fabricante para el lote correspondiente a cada envío de acero a la obra. En caso que el constructor no cumpla este requisito, el interventor debe ordenar, a expensas de aquel, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el acero, antes de aceptar su utilización. Si los resultados no son satisfactorios, debe rechazar todo acero representado por ellos.

641.5.2.2 Calidad de los materiales de los ductos y sus accesorios

El constructor debe entregar al interventor certificaciones de los fabricantes que garanticen que la calidad de los ductos y sus accesorios se ajustan a las exigencias de la presente especificación. Si el constructor no las presenta, o en caso de duda, el interventor

debe ordenar la ejecución de todas las pruebas pertinentes, a expensas de aquel, antes de aceptar la utilización de dichos materiales. Si los resultados de tales pruebas no son satisfactorios, se deben rechazar los materiales representados por ellos.

641.5.2.3 Calidad del inhibidor de corrosión

El interventor debe verificar que el producto por utilizar sea apropiado para el trabajo y que, además, no se utilice después de cumplida su fecha de vencimiento.

641.5.2.4 Calidad de la lechada de inyección

Tanto los ingredientes como la lechada elaborada, deben cumplir las exigencias de esta especificación y del numeral 631.5.2.2 del artículo 631.

641.5.2.5 Distancias entre armaduras y recubrimientos

La distancia libre entre alambres, barras o cables, medida en los extremos de un elemento, no debe ser inferior a cuatro (4) diámetros para alambres, ni tres (3) diámetros para torones. En la porción media de la luz, se debe permitir una separación menor y el agrupamiento de torones.

Los ductos para colocar el acero de tensionamiento, pueden ser agrupados si el constructor demuestra que no se dificulta la colocación del concreto. Además, se deben tomar medidas preventivas para evitar que el acero rompa a través del ducto cuando aquel se tensione.

Las armaduras, ductos y anclajes deben cumplir los recubrimientos mínimos indicados en la sección 5.10 de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

641.5.2.6 Tolerancias de colocación

Salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular establezcan algo diferente, la posición de los tendones en cualquier sección transversal del elemento puede variar hasta un tres por ciento (3 %) de la dimensión de la pieza, paralela al desplazamiento del tendón, siempre que dicho valor no exceda de veinticinco milímetros (25 mm).

641.5.2.7 Tolerancias en el tensionamiento

Los alargamientos no pueden diferir de los previstos en el programa de tensionamiento en más de cinco por ciento (5 %) en tendones con longitudes superiores a quince metros (15 m) y de siete por ciento (7 %) en los de menor longitud. Si esta tolerancia se excede, se deben examinar las posibles causas de variación, tales como errores de lectura, de sección de armaduras, de módulos de elasticidad o de los coeficientes de rozamiento, rotura de algún elemento del tendón, tapones de lechada, etc., y se debe proceder a un nuevo tensionamiento con una nueva medida de alargamientos.

En caso de rotura de alambres, debe procederse como se indica en el numeral 641.4.8.1. La pérdida total en la fuerza de tensionamiento, originada en la rotura de alambres irremplazables, no puede exceder nunca de dos por ciento (2 %) de la fuerza total prevista.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de esta especificación, debe ser corregido por el constructor, sin reconocimiento del costo en el presupuesto de la obra, de acuerdo con procedimientos aceptados por el interventor.

641.6 Medida

La unidad de medida del acero de preesfuerzo debe ser la tonelada fuerza-metro (tf-m) efectiva, medida en el centro de la luz, o el kilogramo (kg), suministrado y correctamente instalado y tensado, de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

La cantidad de toneladas fuerza-metro efectivas se debe precisar multiplicando el número de metros lineales de cable, aproximados al centímetro (cm), por el número de toneladas fuerza efectivas en el centro de la luz.

A su vez, el número de toneladas fuerza efectivas en el centro de la luz se debe determinar con aproximación a la décima (0,1).

Si la medida se realiza por kilogramos (kg), esta se debe efectuar con aproximación al entero.

En todos los casos, el resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

641.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato para el acero de preesfuerzo, por todo trabajo aceptado por el interventor. El precio unitario debe cubrir todos los costos

por concepto de suministro, almacenamiento, transportes y colocación de acero, ductos, anclajes y demás accesorios requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo. También, debe cubrir todos los costos de tensionamiento del acero y los de suministro de materiales para la lechada requerida para llenar los ductos, su almacenamiento, manejo, transportes, cargues, descargues, mezcla, preparación de ductos e inyección; el suministro y la aplicación del inhibidor de corrosión; el suministro y la aplicación de las pinturas necesarias; todo el equipo, mano de obra, asesoría, preparación de planos, patentes, muestras de ensayo, medidas de seguridad, limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario debe incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

641.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
641.1	Acero de preesfuerzo	Tonelada fuerza-metro (tf-m)
641.2	Acero de preesfuerzo	Kilogramo (kg)

Apoyos y sellos para juntas de puentes

Artículo 642 – 22

642.1 Descripción

Este trabajo se refiere al suministro e instalación de almohadillas elastoméricas de apoyo para vigas de puentes, de acuerdo con los detalles indicados en los documentos del proyecto y/o autorizados por el interventor. El suministro e instalación de apoyos de otro tipo deben ser considerados en las especificaciones particulares.

El trabajo objeto de este artículo también comprende el suministro e instalación de sistemas elastoméricos para sello de juntas en tableros de puentes, del tipo y dimensiones mostrados en los documentos del proyecto y/o autorizados por el interventor.

642.2 Materiales

642.2.1 Apoyos de material elastomérico

Los apoyos de material elastomérico incluyen almohadillas simples y apoyos reforzados con acero o tela. Todos los materiales utilizados deben ser nuevos.

Los apoyos deben ser suministrados con las dimensiones, propiedades de material, grado de elastómero y tipo de laminado requerido por los documentos del proyecto. El método y la carga de diseño también deben indicarse en los documentos del proyecto y las pruebas se

deben realizar de conformidad con ellos. Los apoyos elastoméricos deben cumplir con la norma AASHTO M 251 o ASTM D4014. A falta de información más específica, los apoyos deben ser grado 3, de elastómero de dureza Shore 60, y refuerzos de acero. Los requisitos para pruebas de carga a que se encuentran sometidos corresponden al diseño del denominado Método A.

642.2.1.1 Elastómero

El elastómero bruto puede ser neopreno virgen (policloropreno) o caucho natural (polisopreno). Los compuestos de elastómero se clasifican como grado 0, 1, 2, 3, 4 o 5, dependiendo de las bajas temperaturas. Los grados están definidos en las Tablas 642 – 1 y 642 – 2 por los requerimientos de prueba. Un mayor grado de elastómero puede ser sustituido por uno inferior.

Los compuestos deben cumplir los requisitos mínimos de las tablas recién mencionadas, salvo que el interventor lo autorice de otra manera. Los requisitos de prueba pueden interpolarse para durezas intermedias. Si el material se especifica de acuerdo con el módulo de corte, el módulo de corte medido debe estar dentro del quince por ciento (15 %) del valor especificado. Además, se debe suministrar un valor de dureza consistente, con el fin de determinar los límites para las pruebas de las Tablas 642 – 1 y 642 – 2. Si se

especifica la dureza, el módulo de corte medido debe encontrarse dentro del rango de la Tabla 642 – 3. Cuando las muestras de prueba se toman del producto terminado, las propiedades físicas pueden variar en un diez por ciento (10 %) de las especificadas en las Tablas 642 – 1 y 642 – 2. Todas las pruebas de material se deben realizar a veintitrés más o menos dos grados Celsius ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a menos que se establezca algo diferente. Las

pruebas del módulo de corte se deben llevar a cabo utilizando el aparato y el procedimiento descritos en el anexo A de la norma ASTM D4014.

Los elastómeros basados en cauchos de Etileno-Propileno (EPDM), Caucho Butílico (IIR) y Clorobutil (CIIR), requieren aprobación especial por parte de la interventoría y en todo caso deben cumplir con la norma ASTM D4014.

Tabla 642 – 1. Pruebas de control de calidad del neopreno

Norma de ensayo	Requisito de prueba	Neopreno		
Propiedades físicas				
NTC 467 (ASTM D2240)	Dureza (Shore A Durometer)	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5
NTC 444 (ASTM D412)	Resistencia a la tracción, mín. (psi)	2 250	2 250	2 250
	Elongación mín. (%)	400	350	300
Resistencia al calor				
NTC 447 (ASTM D573) Setenta horas (70 h) a setenta grados Celsius (70 °C)	Cambios en la dureza del durómetro			
	Puntos máximos	15	15	15
	Cambios en resistencia a la tracción, máx. (%)	-15	-15	-15
	Cambio en elongación última, máx. (%)	-40	-40	-40
Deformación por compresión				
NTC 724 (ASTM D395) Método B OZONO ASTM D1149	Veintidós horas (22 h) a cien grados Celsius (100 °C), máx. (%) Cien (100) ppm de ozono por volumen de aire Veinte por ciento (20 %) deformación entre treinta y seis coma siete y treinta y ocho coma nueve grados Celsius (36,7 °C – 38,9 °C) Cien horas (100 h) procedimiento de montaje ASTM D518, Procedimiento A	Sin grietas	Sin grietas	Sin grietas
Fragilidad a bajas temperaturas				
NTC 3336 (ASTM D746) Procedimiento B	Grados 0 al 2: No se requiere prueba Grado 3: fragilidad a – 40 °C Grado 4: fragilidad a – 48,3 °C Grado 5: fragilidad a – 56,7 °C	Sin falla Sin falla Sin falla	Sin falla Sin falla Sin falla	Sin falla Sin falla Sin falla
Rigidez térmica instantánea				
ASTM D1043	Grados 0 al 2: probada a – 18,9 °C Grado 3: probada a – 40 °C Grado 4: probada a – 45,6 °C Grado 5: probada a – 53,9 °C	La rigidez a temperaturas de prueba no debe exceder de cuatro (4) veces la rigidez medida a veintidós coma ocho grados Celsius (22,8 °C)		
Cristalización a bajas temperaturas				
Prueba de corte Quad según se describe en el anexo A de la norma ASTM D4014	Grados 0: probada a – 31,7 °C Grado 2: siete días (7 d) a – 17,8 °C Grado 3: catorce días (14 d) a – 26,1 °C Grado 4: veintiún días (21 d) a – 37,2 °C Grado 5: veintiocho días (28 d) a – 37,2 °C	La rigidez al tiempo y temperatura de prueba no puede exceder cuatro (4) veces la rigidez medida a veintidós coma ocho grados Celsius (22,8 °C) sin demora. La rigidez debe medirse con un equipo para prueba de corte en una unidad de refrigeración encerrada. Las muestras de prueba deben tomarse de un apoyo escogido al azar. Se debe utilizar un ciclo de deformación más o menos veinticinco por ciento ($\pm 25\%$) y debe aplicarse un ciclo completo de deformación con un periodo de cien segundos (100 s). Se descartan los primeros tres cuartos ($\frac{3}{4}$) de ciclo y se debe determinar la rigidez de la pendiente de la curva fuerza deflexión para el siguiente medio ($\frac{1}{2}$) ciclo de carga.		

Tabla 642 – 2. Pruebas de control de calidad del caucho natural

Norma de ensayo	Requisito de prueba	Neopreno		
Propiedades físicas				
NTC 467 (ASTM D2240)	Dureza (Shore A Durometer)	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5
NTC 444 (ASTM D412)	Resistencia a la tracción, mín. (psi)	2 250	2 250	2 250
	Elongación mín. (%)	400	350	300
Resistencia al calor				
NTC 447 (ASTM D573) Setenta horas (70 h) a setenta grados Celsius (70 °C)	Cambios en la dureza del durómetro			
	Puntos máximos	10	10	10
	Cambios en resistencia a la tracción, máx. (%)	-15	-15	-15
	Cambio en elongación última, máx. (%)	-40	-40	-40
Deformación por compresión				
NTC 724 (ASTM D395) Método B OZONO ASTM D1149	Veintidós horas (22 h) a cien grados Celsius (100 °C), máx. (%)			
	Cien (100) ppm de ozono por volumen de aire			
	Veinte por ciento (20 %) deformación entre treinta y seis coma siete y treinta y ocho coma nueve grados Celsius (36,7 °C – 38,9 °C)	Sin grietas	Sin grietas	Sin grietas
	Cien horas (100 h) procedimiento de montaje ASTM D518, Procedimiento A			
Fragilidad a bajas temperaturas				
NTC 3336 (ASTM D746) Procedimiento B	Grados 0 al 2: No se requiere prueba			
	Grado 3: fragilidad a – 40 °C	Sin falla	Sin falla	Sin falla
	Grado 4: fragilidad a – 48,3 °C	Sin falla	Sin falla	Sin falla
	Grado 5: fragilidad a – 56,7 °C	Sin falla	Sin falla	Sin falla
Rigidez térmica instantánea				
ASTM D1043	Grados 0 al 2: probada a – 31,7 °C Grado 3: probada a – 40 °C Grado 4: probada a – 45,6 °C Grado 5: probada a – 53,9 °C	La rigidez a temperaturas de prueba no debe exceder de cuatro (4) veces la rigidez medida a veintidós coma ocho grados Celsius (22,8 °C)		
Cristalización a bajas temperaturas				
Prueba de corte Quad según se describe en el anexo A de la norma ASTM D4014	Grados 0: probada a – 31,7 °C Grado 2: siete días (7 d) a – 17,8 °C Grado 3: catorce días (14 d) a – 26,1 °C Grado 4: veintiún días (21 d) a – 37,2 °C	La rigidez al tiempo y temperatura de prueba no puede exceder cuatro (4) veces la rigidez medida a veintidós coma ocho grados Celsius (22,8 °C) sin demora. La rigidez debe medirse con un equipo para prueba de corte en una unidad de refrigeración encerrada. Las muestras de prueba deben tomarse de un apoyo escogido al azar. Se debe utilizar un ciclo de deformación más o menos veinticinco por ciento (± 25 %) y debe aplicarse un ciclo completo de deformación con un periodo de cien segundos (100 s). Se descartan los primeros tres cuartos (¾) de ciclo y se debe determinar la rigidez de la pendiente de la curva fuerza deflexión para el siguiente medio (½) ciclo de carga.		

Tabla 642 – 3. Propiedades del elastómero para diferentes durezas

Característica	Dureza shore		
	50	60	70
Módulo cortante a veintitrés grados Celsius (23 °C) (kg/cm ²)	6,65 – 9,10	9,10 – 14	14 – 21
Deformación por flujo plástico en veinticinco (25) años dividida por deformación instantánea (%)	25	35	45
K (Constante dependiente de la dureza del elastómero)	0,75	0,60	0,55

642.2.1.2 Laminados de acero

Los laminados de acero utilizados para refuerzo deben cumplir con la norma AASHTO M 251 y deben hacerse de acero dulce laminado que cumpla con las normas NTC 1920 (ASTM A36), NTC 6 (ASTM A1011) o equivalentes.

Los laminados deben tener un espesor mínimo nominal uno coma cincuenta y dos milímetros (1,52 mm) (calibre dieciséis (16)). No se deben permitir agujeros en las platinas para fines de fabricación, a menos que se hayan tenido en cuenta en el diseño, como se muestre en los documentos del proyecto.

642.2.1.3 Refuerzo de tela

El refuerzo de tela debe ser tejido cien por ciento (100 %) en fibra de vidrio de estopa tipo “E” con fibras continuas. El número mínimo de hilos en cada dirección debe ser de diez (10) hiladas por centímetro. La tela debe ser un tejido pata de gallo o un tejido raso de dureza ocho (8). Cada capa de tela debe tener una resistencia de rotura mínima de ciento cuarenta kilonewtons por metro (140 kN/m) en cada dirección de hilada, la cual se debe determinar de acuerdo con la norma ASTM D751. No se deben permitir agujeros en la tela.

642.2.1.4 Adherencia

La unión vulcanizada entre la tela y el refuerzo debe tener una resistencia mínima al desprendimiento de cinco coma dos kilonewtons por metro (5,2 kN/m).

Los apoyos laminados de acero deben desarrollar una resistencia mínima al desprendi-

miento de seis coma nueve kilonewtons por metro (6,9 kN/m). Las pruebas de desprendimiento se deben ejecutar de acuerdo con la norma ASTM D429, Método B.

642.2.1.5 Marca y certificación

El fabricante debe certificar que cada apoyo satisface los requisitos de los documentos del proyecto y de las especificaciones, y suministrar una copia certificada de los resultados de la prueba del material. Cada apoyo reforzado debe ser marcado con tinta indeleble o pintura adaptable. La marca debe incluir la orientación, número de orden, número de lote, número de identificación del apoyo, lo mismo que el tipo y el grado del elastómero. La marca se debe colocar en el lado que quede visible luego del montaje, a menos que se especifique algo diferente en los documentos contractuales.

642.2.2 Materiales para sello de juntas

642.2.2.1 Sellos de compresión

Los sellos deben ser preformados y manufacturados a partir de un compuesto elastomérico vulcanizado usando cloropreno como único polímero base. El tamaño, la forma y las tolerancias en las dimensiones de los sellos se deben indicar en los documentos del proyecto o en las especificaciones particulares.

El material se debe ajustar a los requisitos establecidos en la especificación AASHTO M 297 o ASTM D3542.

Además, los sellos deben ser continuos, sin juntas en todo el ancho de la calzada.

642.2.2.2 Marca de identificación

Los sellos deben estar identificados con la marca de fábrica y la fecha de producción, a intervalos no mayores de uno coma veintidós metros (1,22 m). En la superficie superior de los sellos, se debe colocar una marca cada treinta centímetros (30 cm), suficientemente clara y durable para facilitar las medidas de longitud luego de la instalación.

642.2.2.3 Lubricante – adhesivo

El lubricante-adhesivo utilizado con los sellos elastoméricos preformados, debe ser un compuesto del mismo polímero base de los sellos, combinado con solventes volátiles adecuados; de igual manera, debe tener una consistencia apropiada a la temperatura de instalación de los sellos, debe ser compatible con estos y con el concreto y relativamente inmune a la humedad normal del concreto. El lubricante-adhesivo debe cumplir con la especificación ASTM D4070.

642.3 Equipo

El constructor debe disponer de los equipos y herramientas necesarias para transportar los apoyos y sellos al sitio de las obras y para instalarlos de manera apropiada.

642.4 Ejecución de los trabajos

642.4.1 Apoyos

642.4.1.1 Planos de trabajo

Cuando los documentos del proyecto no muestren detalles completos de los apoyos y sus anclajes, el constructor debe preparar sin costo adicional para el Instituto Nacional de

Vías (INVÍAS), los planos de trabajo que muestren todos los detalles de los apoyos y los materiales que se propone utilizar; dichos planos deben contar con la aprobación del interventor antes de empezar la fabricación de los apoyos. Tal aprobación no debe exonerar al constructor de cualquier responsabilidad contractual por la exitosa terminación del trabajo.

642.4.1.2 Fabricación

Los apoyos con laminados de acero se deben fundir en moldes como una sola unidad, unir y vulcanizar bajo calor y presión. El acabado de los moldes debe hacerse de acuerdo con la práctica estándar de los talleres. Los laminados internos de acero se deben limpiar mediante chorros de arena y, antes de la fusión, deben estar completamente limpios de herrumbre, escamas de laminación, mugre y libres de rebabas y bordes agudos. Las platinas de carga externas (platinas de asiento) deben estar protegidas contra la corrosión por parte del fabricante y unirse preferiblemente en caliente a los apoyos durante la vulcanización. Los apoyos diseñados para actuar como una sola unidad con un factor de forma dado, deben fabricarse como una sola unidad.

Los apoyos de tela reforzados se pueden vulcanizar en grandes láminas y cortar al tamaño deseado. El corte se debe realizar de forma que se evite el calentamiento de los materiales y se produzca un acabado liso sin separaciones entre el elastómero y la tela. El refuerzo de tela se hace en pliegues sencillos en la parte superior e inferior de los apoyos y en pliegues dobles en las capas interiores. La tela debe estar libre de dobleces y rizos y estar paralela entre las superficies superior e inferior.

Las almohadillas simples se pueden moldear o troquelar y vulcanizar en grandes láminas y cortar al tamaño deseado. El corte no debe calentar los materiales y producir un acabado liso conforme con ANSI/ASME 46.1 de seis coma tres micrómetros (6,3 μm).

La tolerancia de laminado, acabado y apariencia debe cumplir los requisitos de la más reciente edición del Manual de Caucho publicado por la Rubber Manufacturers Association, Inc., de acuerdo con las normas RMA F3 y T.063 para apoyos moldeados y RMA F2 para apoyos troquelados.

Los ensambles de los apoyos, antes de su envío a la obra, deben haber sido preensamblados en el taller por el fabricante y verificados respecto de la geometría y la terminación correcta.

A menos que se especifique otra cosa, con excepción del acero inoxidable, los componentes de los apoyos, incluyendo los pernos de anclaje, se deben galvanizar.

Los apoyos deben ensayarse cumpliendo los requerimientos de la norma AASHTO M 251.

642.4.1.3 Empaque, manejo y almacenamiento

Con anterioridad al despacho de la fábrica, los apoyos se deben empacar en forma adecuada, para garantizar que estén protegidos contra daños de manejo, del medio ambiente y cualquier otro factor de riesgo durante el envío y el almacenamiento. Cada apoyo completo debe tener sus componentes identificados claramente, estar atornillados firmemente, atados o asegurados para evitar cualquier movimiento relativo, y marcados en la parte

superior respecto de la posición y orientación en cada estructura del proyecto, de conformidad con los documentos del proyecto.

De igual manera, todos los apoyos y sus partes componentes se deben almacenar en el sitio de la obra y en un área protegida contra daños físicos y ambientales. Una vez instalados, los apoyos deben estar limpios y libres de sustancias extrañas.

642.4.1.4 Instalación

Los apoyos se deben instalar con la asistencia de personal calificado.

Deben colocarse sobre superficies conforme con los diseños, que estén planas con precisión al milímetro, salvo que los apoyos se coloquen en pares opuestos, horizontales hasta dentro de cero coma cero un radianes (0,01 rad). Cualquier falta de paralelismo entre la parte superior del apoyo y la parte inferior de la viga que exceda de cero coma cero un radianes (0,01 rad) se debe corregir mediante lechada de cemento o siguiendo las instrucciones del interventor.

No se deben soldar las placas exteriores de los apoyos a menos que entre la soldadura y el elastómero existan treinta y ocho milímetros (38 mm) de acero, como mínimo. En ningún caso el elastómero o la unión deben estar sometidos a temperaturas mayores de doscientos cuatro grados Celsius (204 °C).

642.4.2 Sellos para juntas

642.4.2.1 Planos de trabajo

El constructor debe presentar al interventor los planos de trabajo que ilustren el procedimiento

de instalación y el ensamble de unión para tableros de puentes. Además, se deben remitir, para aprobación del interventor, los planos de taller para juntas que tengan un movimiento total superior a cuatro coma cinco centímetros (4,5 cm).

Los planos de trabajo deben traer aprobación del interventor con anterioridad a la ejecución de los trabajos; tal aprobación, no debe exonerar al constructor de cualquier responsabilidad contractual para la terminación satisfactoria de la obra.

642.4.2.2 Instalación

Todos los materiales y ensambles para juntas se deben proteger contra posibles daños; los ensambles deben estar soportados para mantener su forma y alineamiento. Los sellos para juntas se deben construir e instalar para proporcionar suavidad al paso de vehículos. Después de la instalación, las juntas se deben cubrir con un material protector hasta la limpieza final de la cubierta del puente.

Al tiempo de la instalación, la junta debe estar completamente limpia y seca y libre de astillas de piedra e irregularidades que puedan perjudicar un sello correcto de la junta. Las superficies metálicas o de concreto deben estar limpias, libres de óxido, lechada, aceite, grasa, mugre, polvo u otros materiales nocivos.

Los sellos elastoméricos preformados de compresión para juntas, deben instalarse por métodos manuales adecuados o herramientas mecánicas sin causar daño al sello. El lubricante-adhesivo se debe aplicar a ambas caras de la junta con anterioridad a la instalación y en concordancia con las instrucciones del

fabricante. El sello elastomérico preformado se debe comprimir al espesor especificado en los documentos del proyecto o al aprobado por el interventor para la abertura estimada y la temperatura ambiente al tiempo de la instalación. No se deben permitir puntos abiertos o ajustes flojos entre el sello y la cubierta.

642.4.2.3 Ensamblados de sellos para juntas

Los ensambles de sellos para juntas de expansión se deben construir para proporcionar absoluta libertad de movimiento a través de un rango consistente con aquel prescrito por el interventor, o como se muestra en los documentos del proyecto de diseño. La instalación se debe hacer de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los ajustes finales del ensamble de sellos para juntas de cubierta al tiempo de la fundición en los anclajes de la unidad, dependen de la relación de la temperatura corriente de la superestructura a su temperatura media esperada, y deben estar de acuerdo con las especificaciones del fabricante, o como se muestre en los documentos del proyecto.

Luego de la instalación, y con anterioridad a la aceptación final, los sellos para juntas se deben probar en presencia del interventor para detectar filtraciones de agua a través de la junta. Cualquier goteo en el sello de la junta debe ser causa de rechazo.

642.4.2.4 Sistemas Modulares de Juntas de Puente (MBJS)

Cuando el proyecto contemple la instalación de Sistemas Modulares de Juntas de Puente, diseñados acorde con el numeral 14.5.6.9. de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes,

estos y todos sus componentes se deben fabricar, ensayar, transportar, almacenar, instalar, inspeccionar y aprobar o rechazar siguiendo las especificaciones del AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, aplicables para Sistemas Modulares de Juntas de Puentes (MBS). El interventor puede exigir, sin costo adicional para INVÍAS, los ensayos o pruebas adicionales que considere necesarias para la aprobación de dicho tipo de juntas.

642.4.2.5 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de apoyos y sellos de juntas para puentes se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

642.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

642.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que la calidad de los materiales satisface las exigencias de esta especificación.
- Corroborar que los trabajos se realicen de acuerdo con el sistema aprobado, los documentos del proyecto y la presente especificación.
- Comprobar la calidad del trabajo ejecutado.
- Medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

El interventor debe exigir al constructor las certificaciones de fábrica que respalden la calidad de los materiales utilizados.

642.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

642.5.2.1 Calidad de los materiales para los apoyos elastoméricos de los apoyos terminados

642.5.2.1.1 Generalidades

La calidad se debe verificar de acuerdo con las pruebas mencionadas en las Tablas 642 – 1, 642 – 2 y 642 – 3.

642.5.2.1.2 Pruebas de temperatura ambiente

El elastómero utilizado debe satisfacer los límites prescritos en la Tabla pertinente 642 – 1 o 642 – 2 en cuanto a dureza de durómetro, resistencia a la tracción, elongación última, resistencia al calor, deformación por compresión y resistencia de ozono. La adherencia al refuerzo, si la hay, debe también satisfacer el numeral 642.2.1.4. El módulo de corte del material se debe probar a veintitrés grados Celsius (23 °C) utilizando el aparato y procedimientos contemplados en el anexo A1 de la norma ASTM D4014. Este se debe encontrar dentro del quince por ciento (15 %) del valor especificado, o en el rango de su dureza dado en la Tabla 642 – 3, si no se ha especificado el módulo de corte.

Las pruebas de temperatura ambiente deben hacerse para los materiales utilizados en cada lote de apoyos. En lugar de realizar una prueba del módulo de corte para cada colada de material, el fabricante puede elegir suministrar certificados de las pruebas llevadas a cabo sobre procesos idénticos en el año anterior, a menos que el interventor autorice otra cosa. Los certificados de prueba del fabricante deben proveerse para cada lote de refuerzo.

642.5.2.1.3 Pruebas a bajas temperaturas

Los elastómeros de grados 3, 4 y 5 están sujetos a pruebas de fragilidad a bajas temperaturas (NTC 3336 (ASTM D746)), a pruebas de rigidez instantánea a bajas temperaturas (ASTM D1043), y a pruebas de cristalización a bajas temperaturas (ASTM D4014). Por su parte, los elastómeros de grados 0 al 2 están sujetos a pruebas de rigidez instantánea a bajas temperaturas (ASTM D1043). Las

pruebas se deben ejecutar de acuerdo con los requisitos de las Tablas 642 – 1 y 642 – 2 y el compuesto debe satisfacer todos los límites de su grado.

Estos tres (3) tipos de pruebas, a baja temperatura en el elastómero, se deben realizar en el material utilizado en cada lote de apoyos para el material de grados 3, 4 y 5; la prueba de rigidez térmica instantánea se debe conducir en material de grado 0 al 2. Para el material de grado 3, en lugar de la prueba de cristalización a baja temperatura, el fabricante puede escoger suministrar certificados de pruebas de cristalización a baja temperatura realizadas en material idéntico en el último año, a menos que el interventor ordene lo contrario. Los materiales de grados 0 al 2 no requieren pruebas de cristalización y fragilidad a bajas temperaturas, salvo que el interventor lo solicite especialmente.

642.5.2.1.4 Inspección visual de los apoyos terminados

Cada apoyo terminado se debe inspeccionar para verificar si está de acuerdo con las tolerancias dimensionales especificadas en el numeral 642.5.2.1.8 y con la calidad total de fabricación. En los apoyos reforzados de acero, los bordes del acero deben ser protegidos en todas partes contra la corrosión.

642.5.2.1.5 Pruebas de compresión de corta duración

Los apoyos deben ser sometidos a cargas de compresión hasta uno coma cinco (1,5) veces la máxima carga muerta de diseño más la carga de compresión viva de servicio. La carga se debe sostener constante durante cinco minutos (5 min), retirar y aplicar de nuevo por

otros cinco minutos (5 min). El lote se debe examinar visualmente cuanto está sometido a la segunda carga y si se observa un paralelismo de laminado por la forma de pandeo evidente, que el espesor de una capa está por fuera de las tolerancias especificadas o la unión del laminado es deficiente, el apoyo debe ser rechazado. También debe ser causa de rechazo del lote la existencia de tres (3) o más grietas separadas de superficie con un ancho mayor de dos milímetros (2 mm) y dos milímetros (2 mm) de profundidad o una simple grieta de tres milímetros (3 mm) de profundidad o más ancha que seis milímetros (6 mm).

642.5.2.1.6 Pruebas de compresión de larga duración

El apoyo se debe someter a cargas de compresión hasta uno coma cinco (1,5) veces su carga máxima de diseño; la primera carga debe mantenerse por cinco minutos (5 min) y la segunda carga durante un período de quince horas (15 h). Si durante la prueba, la carga cae por debajo del noventa por ciento (90 %) del valor máximo de diseño, la carga debe aumentarse hasta el valor de diseño y, la duración de la prueba debe ser incrementada por un período de tiempo igual al que la carga esté por debajo de este límite. La muestra para este ensayo debe estar constituida, por lo menos, por un apoyo escogido al azar de cada tamaño y colada de material e incluir el diez por ciento (10 %) del lote, como mínimo. Los criterios de falla de la prueba o rechazo deben ser los mismos establecidos en el numeral 642.5.2.1.5 de esta especificación. Si falla un apoyo de la muestra, deben rechazarse todos los apoyos de aquel lote, a menos que el fabricante elija probar cada apoyo del lote por su cuenta, bajo la vigilancia del interventor.

A cambio de este procedimiento, el interventor puede exigir que se pruebe cada apoyo del lote.

642.5.2.1.7 Pruebas de módulo de corte

El módulo de corte del material de los apoyos terminados, se debe evaluar mediante el ensayo de una muestra cortada del material utilizando el aparato y el procedimiento descritos en el anexo A1 de la norma ASTM D4014. El módulo de corte debe quedar dentro del quince por ciento (15 %) del valor especificado o en el rango de su dureza dada en la Tabla 642 – 3, si no se especifica el módulo de corte. Si la prueba se realiza en apoyos terminados, el módulo de corte del material debe calcularse de la rigidez de corte medida en los apoyos, teniendo en cuenta la influencia de la geometría y carga compresiva del apoyo sobre la rigidez de corte.

642.5.2.1.8 Tolerancias de fabricación

Las almohadillas simples y los apoyos laminados se deben construir según las dimensiones especificadas, dentro de las siguientes tolerancias o las que fijen la especificación AASHTO M 251 o las que sean más estrictas.

642.5.2.1.8.1 Altura total

Espesor de diseño:

- 32 mm o menos: -0, +3 mm.
- Mayor de 32 mm: -0, +6 mm.

642.5.2.1.8.2 Dimensiones horizontales totales

- 0,914 m o menos: -0, +6 mm.
- Mayor de 0,914 m: -0, +12 mm.

642.5.2.1.8.3 Espesor de las capas individuales de elastómero (apoyos laminados solamente)

En cualquier punto dentro de los apoyos: ± 3 mm.

642.5.2.1.8.4 Paralelismo con la cara opuesta

Lados superior e inferior: 0,005 radianes.

642.5.2.1.8.5 Posición de los elementos de conexión expuestos

Agujeros, ranuras o aditamentos: ± 3 mm.

642.5.2.1.8.6 Cubierta de borde

Laminados embebidos o elementos de conexión: -0, +3 mm.

642.5.2.1.8.7 Espesor, el que sea menor entre

Capa de cubierta superior e inferior (si se requiere): +1,5 mm y +20 % del espesor nominal de la capa de cubierta.

642.5.2.1.8.8 Tamaño

Agujeros, ranuras o aditamentos: ± 3 mm.

642.5.2.2 Calidad e los materiales para sello de juntas

642.5.2.2.1 Generalidades

Cada vez que lo exija el interventor, el constructor debe suministrar, sin cargo para INVÍAS, una muestra de ensayo de uno coma

ocho metros (1,8 m) de longitud, por cada novecientos catorce metros (914 m) de sello o fracción, para cada fecha de manufactura; así como quinientos mililitros (500 ml) de cada lote de lubricante-adhesivo.

Los especímenes de prueba deben ser cortados de las muestras remitidas, de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D3183.

Así mismo, los especímenes que deben ser ensayados tras envejecimiento acelerado, deben ser cortados de una porción de la muestra envejecida.

Los especímenes para ensayos de recuperación a baja y alta temperatura deben tener aproximadamente ciento veinticinco milímetros (125 mm) de longitud y deben tomarse al azar de la muestra representativa del lote bajo prueba. Los especímenes para prueba a baja temperatura deben ser espolvoreados con talco tanto en su superficie interna como en la externa, mientras que los de ensayo a alta temperatura solamente espolvoreados levemente en su superficie exterior.

Las muestras para ensayo de cambio de peso en aceite, deben tener unos setenta y cinco milímetros (75 mm) de longitud y se deben tomar al azar de muestras representativas del lote recibido.

642.5.2.2.2 Ensayos

Las pruebas sobre el material sellante de juntas se deben efectuar de acuerdo con los procedimientos mencionados en la especificación ASTM D3542 y sus resultados deben cumplir los requisitos exigidos en la Tabla 1 de dicha especificación.

642.5.3 Calidad del producto terminado

El interventor solo debe aceptar los materiales que cumplan con las exigencias de calidad de este artículo y las especificaciones que lo complementan y que, además, hayan sido instalados correctamente, de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de este artículo, debe ser corregido por el constructor, a su costa, de acuerdo con procedimientos aceptados por el interventor, sin costo adicional alguno para INVÍAS.

642.6 Medida

642.6.1 Apoyos elastoméricos

La unidad de medida debe ser la unidad (u) de apoyo elastomérico de cada tipo y dimensiones, elaborado de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación e instalado y aprobado por el interventor.

642.6.2 Sello para juntas de puentes

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la centésima (0,01), de sello de calidad apropiada, adecuadamente instalado y aceptado por el interventor. La medida se debe realizar directamente sobre el sello, dentro de los límites de colocación autorizados por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

642.7 Forma de pago

El pago se debe realizar al respectivo precio unitario del contrato, por todo apoyo o sello elaborado, instalado y aprobado por el interventor. El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de suministro de materiales, manufactura de los apoyos o sellos, transporte, mano de obra, equipo y desperdicios, así como por la instalación del apoyo o sello, incluyendo los materiales y operaciones necesarias para la preparación de superficies, ensambles, protecciones y, en general, toda actividad que resulte necesaria para terminar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

El ítem y nombre de pago se puede adaptar según los tipos o medidas posibles (reforzado o simple, dimensiones, entre otros) y el sistema y ancho de junta.

El precio unitario debe incluir, además, los costos de patentes que utilice el constructor, la elaboración de los planos de trabajo, el costo de las pruebas y ensayos, el suministro de muestras para ensayo y la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante el lapso de ejecución de los trabajos. También, debe incluir la administración, los imprevistos y la utilidad del constructor.

642.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
642.1	Apoyo elastomérico	Unidad (u)
642.2	Sello para juntas de puentes	Metro (m)

Estructuras de acero

Artículo 650 – 22

650.1 Descripción

Este trabajo consiste en el diseño, fabricación, transporte, montaje y pintura de estructuras de acero, soldadas y/o pernadas, de acuerdo con los documentos del proyecto, las especificaciones, la Norma Colombiana de Diseño de Puentes, la NTC 5832, la AISC-360, la AISC-303, el *Steel Construction Manual* (AISC). Comprende, además, el suministro de todos los materiales requeridos para la fabricación de las estructuras, tales como láminas, perfiles, platinas, pernos, remaches, elementos para soldadura y piezas o metales especiales.

650.2 Materiales

650.2.1 Acero

El acero se debe suministrar de acuerdo con las especificaciones que se indican a continuación. Mientras los documentos del proyecto o las especificaciones particulares no establezcan lo contrario, debe ser del tipo de acero al carbono.

650.2.1.1 Acero estructural

El acero estructural implementado en elementos principales al carbono debe cumplir las especificaciones AISC 360.

En estas especificaciones se acepta el uso de los materiales que cumplen las siguientes normas:

- Perfiles de acero aleado templado y revenido con resistencia máxima a la tensión de novecientos ochenta megapascuales (980 MPa), que cumplan con todas las propiedades químicas y mecánicas de la NTC 4005 (ASTM A709) grado HPS 100W, deben ser considerados como NTC 4005 (ASTMA709) Grado HPS 100W.
- NTC 1920 (ASTMA36).
- NTC 3470 (ASTMA53 Grado B).
- NTC 1950 (ASTMA242).
- NTC 1986, ASTM A1085, ASTM A500, Grados B o C o, ASTMA847.
- NTC 2374 (ASTMA501).
- NTC 6 (ASTMA1011).
- NTC 1985 (ASTMA572).
- NTC 2012 (ASTMA588).
- NTC 4001 (ASTMA618).
- NTC 4005 (ASTMA709).
- NTC 4007 (ASTMA529).
- NTC 4009 (ASTMA606).
- NTC 4014 (ASTMA514).
- NTC 5091 (ASTMA1008).
- ASTMA913.
- NTC 6147 (ASTMA992).
- ASTMA847.
- ASTMA1065.
- NTC 6207 (ASTMA1085).
- ASTMA1066.

Se puede considerar como prueba suficiente del cumplimiento de las anteriores normas, el informe certificado que en tal sentido extienda la acería, de acuerdo con sus ensayos, o de los ensayos que realice el fabricante con base en los requisitos de las normas NTC 4537 (ASTM A6) o NTC 7 (ASTM A568), según sea aplicable, en un laboratorio que cuente con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad del acero, que pueda demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica al SI.

Si se le solicita, el fabricante debe proporcionar una certificación en que conste que el acero

estructural del suministro cumple los requisitos del grado especificado.

Con autorización del diseñador estructural, se puede utilizar acero sin identificar, si su aspecto superficial es aceptable según los criterios de la NTC 4537 (ASTM A6), en la fabricación de partes o detalles de menor importancia, siempre y cuando las propiedades físicas y la soldabilidad del acero no afecten la resistencia de la estructura.

En caso de utilizar el acero conocido como de "calidad comercial", la resistencia, en términos del límite de fluencia, no se debe suponer mayor de doscientos veinticinco megapascales (225 MPa) y, a su vez, la resistencia última no mayor de trescientos sesenta megapascales (360 MPa), a menos que mediante ensayos se pueda demostrar una resistencia mayor. El uso de este tipo de acero requiere autorización del diseñador estructural.

Excepto en marcos transversales y diafragmas de puentes curvos horizontalmente, todo el acero usado en miembros principales sujetos a tensión de puentes debe cumplir con la prueba de dureza (Charpy V) acorde con la NTC 4005 (ASTMA709).

650.2.1.2 Barras de ojo

El acero para barras de ojo debe ser del tipo soldable que cumpla la especificación NTC 4005 (ASTMA709), grados 36 o 50W.

650.2.1.3 Pernos, arandelas y tuercas

Los pernos de acero deben cumplir alguna de las siguientes normas:

- NTC 858 (ASTM A449).

- NTC 4034 (ASTMA307).
- ASTM F3125.
- ASTMA354.
- ASTM F3043.
- ASTM F3111.
- ASTMA194.
- ASTMA563.
- ASTM F436.
- ASTM F959.

Las dimensiones de los pernos y tuercas se deben ajustar a las dimensiones de la Tabla 650 – 1 y a los requisitos para pernos y tuercas hexagonales pesadas dados en las normas ANSI B18.2.1 y B18.2.2, respectivamente.

Se deben usar pernos NTC 858 (ASTM A449) solamente en conexiones que requieran pernos de diámetros superiores a treinta y ocho milímetros (38 mm); no se deben implementar en conexiones de deslizamiento crítico.

Se debe aceptar la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con estas normas.

Los pernos galvanizados de alta resistencia deben ser pernos ASTM F3125, tipo uno (1) o tipo dos (2), galvanizados por el proceso de inmersión en caliente o por el proceso mecánico de galvanización. Si los pernos tipo dos (2) se galvanizan por el proceso de inmersión en caliente, deben probarse a tracción después de galvanizado de acuerdo con el numeral 7.5.3 de la norma ASTM F3125. Las tuercas y pernos del mismo ensamble deben ser galvanizados por el mismo proceso.

Las arandelas circulares deben ser planas y lisas y sus dimensiones nominales deben cumplir los requisitos de la norma ASTM F436 y las dimensiones de la Tabla 650 – 2. No deben utilizarse arandelas planas para pernos de seguridad sujetadores de collar, a menos que se especifiquen agujeros ranurados o sobredimensionados.

Las arandelas ahusadas para vigas y canales, fabricadas según las normas americanas u otras caras ahusadas que se requieran cuadradas o rectangulares, deben cumplir los

Tabla 650 – 1. Dimensiones de pernos y tuercas

Dimensiones de pernos (en pulgadas) Perno hexagonal pesado				Dimensiones de tuercas (en pulgadas) Tuerca hexagonal pesada	
Tamaño nominal perno (D)	Ancho entre caras planas (F)	Altura de cabeza (H)	Longitud de rosca (T)	Ancho entre caras planas (W)	Altura (H)
1/2	7/8	5/16	1	7/8	31/64
5/8	1 – 1/16	25/64	1 – 1/4	1 – 1/16	39/64
3/4	1 – 1/4	15/32	1 – 3/8	1 – 1/4	47/64
7/8	1 – 7/16	35/64	1 – 1/2	1 – 7/16	55/64
1	1 – 5/8	39/64	1 – 3/4	1 – 5/8	63/64
1 – 1/8	1 – 13/16	11/16	2	1 – 13/16	1 – 7/64
1 – 1/4	2	25/32	2	2	1 – 7/32
1 – 3/8	2 – 3/16	27/32	2 – 1/4	2 – 3/16	1 – 11/32
1 – 1/2	2 – 3/8	15/16	2 – 1/4	2 – 3/8	1 – 15/32

requisitos de la norma ASTM F436 y las dimensiones dadas en la Tabla 650 – 2.

Si se requiere, se puede recortar un lado de la arandela hasta una distancia no inferior a siete octavos (7/8) el diámetro del perno, tomada desde el centro de la arandela.

Siempre y cuando se tenga la aprobación del interventor, se pueden utilizar otros sujetadores o sistemas de fijación que cumplan con los materiales, fabricación y los requisitos de composición química de los pernos ASTM F3125 y que cumplan, además, los requisitos de las propiedades mecánicas de la misma especificación en pruebas a escala natural. Así mismo, deben tener el diámetro del cuerpo y las áreas de apoyo bajo la cabeza y tuerca, o su equivalente, no inferiores a los provistos por

un perno y tuerca de las mismas dimensiones nominales prescritas en el enunciado anterior. Dichos sujetadores alternos, pueden diferir en otras dimensiones de aquellas de los pernos y tuercas especificados.

650.2.1.4 Pernos de anclaje y varillas roscadas

Los pernos de anclaje y las varillas roscadas deben cumplir alguna de las siguientes normas:

- NTC 1920 (ASTMA36).
- NCT 1985 (ASTMA572).
- NTC 2012 (ASTMA588).
- ASTMA193.
- ASTMA354.

Tabla 650 – 2. Dimensiones de arandelas (Nota 1)

Arandelas circulares					Arandelas ahusadas cuadradas rectangulares para vigas y canales estándar		
Diámetro del perno	Diámetro nominal externo (Nota 2)	Diámetro nominal agujero	Espesor		Dimensión mínima lado	Espesor promedio	Ahusado en espesor
			Min.	Máx.			
1/2	1 – 1/16	17/32	0,097	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
5/8	1 – 5/16	21/32	0,122	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
3/4	1 – 15/32	13/16	0,122	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
7/8	1 – 3/4	15/16	0,136	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
1	2	1 – 1/16	0,136	0,177	1 – 3/4	5/16	1:6
1 – 1/8	2 – 1/4	1 – 1/4	0,136	0,177	2 – 1/4	5/16	1:6
1 – 1/4	2 – 1/2	1 – 3/8	0,136	0,177	2 – 1/4	5/16	1:6
1 – 3/8	2 – 3/4	1 – 1/2	0,136	0,177	2 – 1/4	5/16	1:6
1 – 1/2	3	1 – 5/8	0,136	0,177	2 – 1/4	5/16	1:6
1 – 3/4	3 – 3/8	1 – 7/8	0,178	0,28	-	-	-
2	3 – 3/4	2 – 1/8	0,178	0,28	-	-	-
De 2 a 4	2D – 1/2	D + 1/8	0,24	0,34	-	-	-

Nota 1: todas las dimensiones están en pulgadas.

Nota 2: se puede exceder en un cuarto (1/4) de pulgada.

- ASTMA449.
- ASTM F1554.

Las roscas de los pernos y varillas deben cumplir las especificaciones detalladas en las "Series Estándares Unificadas" de la última edición de la norma ASME B.18.2.6. Las tolerancias deben ser de clase 2A.

El material NTC 858 (ASTM A449) debe ser aceptable para pernos de anclaje y varillas roscadas de alta resistencia de cualquier diámetro.

Se debe aceptar la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas.

650.2.1.5 Transmisores de cortante soldados

Los transmisores de cortante deben cumplir los requisitos para barras de acero al carbono formado en frío, ASTM A108 barras estiradas en frío, grados 1015, 1018 o 1020 (ASTMA29), semi o completamente apagadas. Si se utilizan casquetes para retención del fundente, el acero de estos debe ser de un grado de bajo contenido de carbono apropiado para soldadura y que cumpla la especificación ASTM A109.

Las propiedades mecánicas, determinadas por ensayos del acero en barras luego de su estiramiento o de conectores terminados, deben cumplir los siguientes requisitos:

- Resistencia a la tracción (mínima): cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa)
- Límite de fluencia (mínimo): trescientos cincuenta megapascales (350 MPa)
- Elongación en dos (2) pulgadas (mínimo): veinte por ciento (20 %)
- Reducción de área (mínima): cincuenta por ciento (50 %)

Las propiedades mecánicas se deben determinar de acuerdo con las secciones aplicables de la norma ASTM A370. Las pruebas de tensión de los pernos terminados se deben hacer en pernos soldados a platinas de prueba que utilizan una plantilla tal como lo indica la norma AWS D1.1. Si ocurre fractura fuera de la mitad central de la longitud en la escala, se debe repetir la prueba.

Los pernos terminados deben ser de calidad y apariencia uniforme, libres de astillas perjudiciales, rebabas, fisuras, grietas, torceduras, dobleces u otros defectos. El acabado debe ser el conseguido por estiramiento en frío, laminado en frío o maquinado.

El fabricante debe certificar que los pernos se ajustan a los requisitos de material del presente numeral. A solicitud del interventor, deben remitirse copias certificadas de los informes de control de calidad hechos en la planta.

650.2.1.6 Pilotes tubulares de acero

Los pilotes tubulares de acero deben cumplir los requisitos de la norma ASTM A252, grado 2 para pilotes de tubería metálica soldada sin costura, con requerimientos químicos según la norma ASTM A53, grado B.

650.2.2 Metal de aporte y fundente para soldadura

Los electrodos y fundentes para soldadura deben cumplir una de las siguientes normas,

correspondientes de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS):

- AWSA5.1 (NTC 2191).
- AWSA5.5 (NTC 2253).
- AWSA5.28 (NTC 3570).
- AWSA5.23 (NTC 3623).
- AWSA5.18 (NTC 2632).
- AWSA5.17 (NTC 2677).
- AWSA5.20.
- AWSA5.29.
- AWSA5.25.
- AWSA5.26.
- AWSA5.32.
- AWSA.5.36.

Se acepta la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas. Los electrodos y metales de aporte seleccionados, deben ser los apropiados para la aplicación prevista. .

650.2.3 Piezas forjadas y ejes de acero

650.2.3.1 Piezas forjadas de acero

El acero fundido debe cumplir una de las siguientes especificaciones:

- NTC 4003 (ASTMA27 Grado 65 – 35).
- ASTMA148 Grado 80 – 50.
- ASTMA216.

Las piezas forjadas se deben ajustar a la norma:

- NTC 4038 (ASTM A668), clases C, D, F o G.

Se aceptan los informes certificados de ensayo, como prueba del cumplimiento de la norma.

650.2.3.2 Ejes de acero al carbono formado en frío

Los ejes de acero al carbono formado en frío deben cumplir las especificaciones para barras y ejes de acero al carbono en frío, de la norma ASTM A108. A menos que se especifique diferente, deben suministrarse los grados 10160 a 10300 (ASTMA29), inclusive.

650.2.4 Fundiciones de acero

650.2.4.1 Fundiciones de acero para puentes

Las fundiciones de acero para componentes de puentes de vías deben cumplir las especificaciones estándar para fundiciones de puentes de carreteras, norma ASTM A781 Clase setenta (70) o fundiciones de acero al carbono de resistencia suave a media para aplicaciones generales, norma ASTMA27. A menos que se especifique algo distinto, se deben emplear la clase setenta (70) o grados 70 – 36 de acero, respectivamente o ASTMA743 Grado CA 15.

650.2.4.2 Fundiciones de acero con aleaciones de cromo

Las fundiciones de acero con aleaciones de cromo deben cumplir las especificaciones para fundiciones de hierro-cromo, de hierro-cromo-níquel, resistentes a la corrosión para aplicaciones generales, norma ASTM A743. Se debe suministrar Grado CA 15, a menos que se especifique de otra manera.

650.2.5 Fundiciones de hierro

Deben ser fundiciones de hierro gris que cumplan las especificaciones para fundiciones de hierro gris, norma ASTM A48, clase treinta (30), a menos que se especifique algo diferente.

650.2.6 Fundiciones de hierro dúctil

Deben cumplir las especificaciones para fundiciones de hierro dúctil, norma ASTM A536 grado 60 – 40 – 18, a menos que se especifique de otra manera.

650.2.7 Fundiciones maleables

Deben cumplir las especificaciones para fundiciones de hierro maleable, norma ASTM A47.

Se debe suministrar grado 22010, a menos que se especifique diferente.

650.2.8 Fundiciones de bronce y chapas de aleaciones de cobre

650.2.8.1 Fundiciones de bronce

Deben cumplir las especificaciones estándar para fundiciones de bronce para puentes y tornavías, ASTM B22 aleaciones C86300, C90500, C91100, C91300 y C93700.

650.2.8.2 Chapas de aleaciones de cobre

Deben cumplir las especificaciones estándar para láminas y platinas de apoyo y de expansión de aleaciones de cobre para puentes y otras aplicaciones estructurales, norma ASTM B100.

650.2.9 Materiales para juntas y apoyos

650.2.9.1 Láminas de plomo

Deben cumplir los requisitos para plomo común desplatinizado de las especificaciones para plomo en lingotes, norma ASTM B29.

650.2.9.2 Láminas de zinc

Deben cumplir los requisitos del Tipo II de las especificaciones para zinc laminado, norma ASTM B69.

650.2.9.3 Láminas de bronce o de aleación de cobre

Las láminas de bronce deben cumplir los requisitos de la norma ASTM B22, para aleación C91100, y las de aleación de cobre los requisitos de la norma ASTM B69, aleación C51000.

Las láminas deben ser lubricadas y el compuesto lubricante debe ser grafito y sustancias metálicas con un ligante lubricante resistente a la acción de la intemperie.

650.2.9.4 Almohadillas elastoméricas de soporte

Deben cumplir lo indicado en la especificación del artículo 642, Apoyos y sellos para juntas de puentes.

650.2.9.5 Almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón

Deben cumplir con las especificaciones indicadas en el artículo 642. Deben ser fabricadas de caucho no vulcanizado y de capas de fibras nuevas de algodón, comprimidas y

vulcanizadas para formar almohadillas del grosor especificado, de acuerdo con la *Federal Specification MIL-C-882E*, y deben tener una resistencia a la compresión, perpendicular a las laminaciones, no menor de setecientos kilogramos por centímetro cuadrado (700 kg/cm^2), sin reducción perjudicial de su espesor.

650.2.10 Materiales para cubrimiento

650.2.10.1 Galvanizado

Cuando se indica en los documentos del proyecto o se especifica en las disposiciones especiales, los productos de metal ferroso deben ser galvanizados de acuerdo con las especificaciones para revestimientos de zinc (galvanizado en caliente) de productos fabricados de perfiles de acero laminado, prensado y forjado, platinas, barras y flejes, norma ASTM A123. Sujetadores y aditamentos deben ser galvanizados de acuerdo con la norma ASTM A153, excepto los sujetadores y aditamentos de alta resistencia, los cuales deben ser galvanizados conforme al anexo A1 de ASTM F3125.

650.2.10.2 Pintura

650.2.10.2.1 Pintura de taller

Se debe realizar en concordancia con lo establecido en el capítulo M sección M3 de AISC-360.

650.2.10.2.1.1 Requisitos generales

La preparación de la superficie y la pintura de taller, se deben ajustar a los requisitos del Código de Práctica Estándar del AISC. No se

requiere pintura de taller si no se especifica claramente en los documentos del contrato.

650.2.10.2.1.2 Superficies inaccesibles

Excepto las superficies en contacto, las superficies inaccesibles después del ensamble de taller se deben limpiar y pintar con anterioridad al ensamble, de acuerdo con los requisitos de los documentos de diseño.

650.2.10.2.1.3 Superficies de contacto

Se permite incondicionalmente la pintura en conexiones tipo aplastamiento. Para conexiones por fricción, el requisito de la superficie de contacto debe estar de acuerdo con la sección 3.3.2. de las especificaciones para juntas estructurales del RCSC.

650.2.10.2.1.4 Superficies acabadas

Las superficies terminadas a máquina, se deben proteger contra la corrosión por medio de una película inhibidora de óxido que se pueda remover antes del montaje o que tenga características que hagan innecesaria su remoción antes de efectuarlo.

650.2.10.2.1.5 Superficies adyacentes a soldaduras de campo

A menos que se especifique otra cosa en los documentos del proyecto, las superficies a menos de cincuenta milímetros (50 mm) de sitios donde se hayan de aplicar soldaduras de campo, deben estar libres de materiales que impidan el soldado correcto o que produzcan gases inseguros o inaceptables mientras se realiza la soldadura.

650.2.10.2.1.6 Pintura de campo

Los retoques de pintura, la limpieza de la estructura, así como la pintura general, deben realizarse de acuerdo con la NTC 5832 y con los documentos del proyecto y especificaciones de diseño.

650.2.11 Soldadura

La soldadura de estructuras de acero, cuando se autoriza, debe cumplir la norma AWS D1.1 del Código de Soldadura Estructural de la AWS. Para las estructuras de puentes, debe cumplirse también con las especificaciones del AWS D1.5

650.2.12 Abrasivos y disolventes

Los abrasivos utilizados para la limpieza superficial del acero estructural deben ser arena seca limpia, arenisca mineral o limaduras de acero, a opción del constructor, los cuales deben tener una gradación aprobada para producir resultados satisfactorios.

No se debe permitir el uso de otros abrasivos, sin la aprobación previa del interventor.

A menos que las disposiciones especiales lo prohíban, se pueden emplear disolventes para retirar aceite, grasa u otros contaminantes solubles de acuerdo con la norma SSPC-SP1.

650.3 Equipo

El constructor debe poner a disposición de los trabajos todos los equipos y herramientas necesarios para la correcta y oportuna fabrica-

ción de las piezas de acero estructural, de acuerdo con los documentos del proyecto. Además, debe proporcionar los vehículos para su transporte a la obra, así como todas las armazones provisionales y las herramientas, maquinaria, artefactos y pernos ajustadores necesarios para la marcha efectiva del trabajo.

El montaje en el campo de las partes componentes de una estructura, implica el uso de métodos y artefactos que no produzcan daños por torcedura, dobladura u otra deformación del metal.

650.4 Ejecución de los trabajos

650.4.1 Diseño, planos e identificación del acero durante la etapa de fabricación

650.4.1.1 Diseño y planos

Cuando el contrato incluya el diseño definitivo de la estructura de acero, el constructor debe elaborar el proyecto estructural definitivo a partir del anteproyecto, de la información existente y de los resultados de los estudios básicos e investigaciones previas.

El proyecto estructural definitivo debe comprender la elaboración de cálculos, planos de detalle, recomendaciones y demás pormenores característicos, sin omitir parte alguna por haber sido tenida en cuenta en el anteproyecto, de tal manera que con dicho proyecto se pueda construir la obra en la forma más favorable desde los puntos de vista ambiental y económico, garantizándose que sea resistente, funcional, duradera y estética.

El constructor debe someter copias de los planos detallados de fabricación, taller y montaje a la aprobación del interventor. Cualquier trabajo hecho con anterioridad a la aprobación de dichos planos, debe ser a riesgo del constructor. Igualmente, los planos deben contener las calidades y los tamaños y dimensiones detalladas de las partes componentes de la estructura y detalles de las partes misceláneas, como tuercas, pernos, etc.

Para puentes, todos los diseños deben adelantarse siguiendo las especificaciones de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes. Para edificaciones, los diseños se ajustan al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Para otro tipo de estructuras, los diseños deben cumplir con ASCE-7 y AISC 360.

La aprobación de los diseños o planos, no exime al constructor de su responsabilidad por la correcta ejecución de los trabajos ni por la estabilidad de la obra luego de construida.

650.4.1.2 Identificación de aceros durante la fabricación

650.4.1.2.1 Identificación por el constructor

El constructor debe suministrar al interventor copias certificadas de todos los informes de análisis químicos y pruebas físicas para cada colada de acero, para todos los elementos, siempre que este los requiera. Cada pieza de acero que se ha de fabricar, debe identificarse convenientemente para el interventor.

Los planos de taller deben caracterizar específicamente cada pieza fabricada. Las piezas

hechas de acero de grados diferentes no deben tener la misma marca de ensamble o montaje, aunque sean de dimensiones y detalles idénticos.

El sistema de marcas guías utilizado por el constructor para piezas individuales y las instrucciones de corte dadas al taller (generalmente referenciando las marcas guías en los planos de taller con el ítem correspondiente a la orden de compra) deben ser tales, que permitan identificar el número del informe de las pruebas de fábrica.

El constructor puede suministrar material en existencia, siempre que pueda ser identificado por el número de colada y el informe de pruebas de fábrica.

Cualquier material almacenado para uso posterior, debe marcarse con el número del informe de pruebas de fábrica y con el código de identificación por colores (Tabla 650 – 3) de la NTC 4537 (ASTMA6).

650.4.1.2.2 Identificación de aceros durante la fabricación

Durante la etapa de fabricación, cada pieza de acero, debe llevar en forma clara y legible su código de identificación por colores mostrado en la Tabla 650 – 3, para acero (NTC 4005 (ASTMA709)).

Las piezas de acero marcadas individualmente que se utilizan en el tamaño suministrado, o que tienen un tamaño reducido por el desbastado de un borde o extremo que no altera el número de colado o código de color, se pueden utilizar sin codificación adicional, siempre y cuando permanezca legible el número de colado o código de color.

Igual, las piezas de acero que se han de cortar en piezas de menor tamaño, antes de ser cortadas, se deben marcar en forma legible con el código de identificación por colores de la norma.

Las piezas individuales de acero que se han de suministrar en paquetes rotulados, deben marcarse con el código de identificación por color, antes de su retiro del paquete.

Por su parte, las piezas de acero de calidad diferente al acero NTC 4005 (ASTM A709) grado 36, que previamente al ensamble deben estar sujetas a operaciones de fabricación

tales como limpieza con aire, galvanizado, tratamiento térmico o pintura que borre la marca del código de color, deben ser marcadas con troqueles de acero o mediante un rótulo resistente bien pegado.

Se debe utilizar el código de la Tabla 650 – 3 para identificar los aceros, en concordancia con esta especificación, durante toda la operación de fabricación.

Otros aceros con excepción del acero (NTC 1920 (ASTM A36)), deben tener un código de color individual que debe establecerse y registrarse para el interventor.

Tabla 650 – 3. Código de identificación por colores

Norma	Código/color
NTC 4005 (ASTMA709)	Grado 100 rojo
NTC 4005 (ASTMA709)	Grado 100W rojo y naranja
NTC 4005 (ASTMA709)	Grado 50 verde y amarillo
NTC 4005 (ASTMA709)	Grado 50W azul y amarillo

650.4.2 Fabricación

El constructor debe elaborar sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), los planos de fabricación, taller y montaje de todas las estructuras metálicas. Estos planos son entregados para revisión y aprobación de la interventoría antes del inicio de la fabricación de la estructura. Por tanto, el inicio de la fabricación de las estructuras metálicas sin la aprobación de dichos planos por parte de la interventoría puede generar el rechazo por parte del interventor de todos los elementos fabricados. No se puede realizar la instalación

o montaje de ninguna estructura de acero sin la aprobación de los planos de fabricación, taller y montaje.

650.4.2.1 Almacenamiento de materiales

El material estructural, corriente o prefabricado, debe almacenarse en los talleres y en el sitio de la obra sobre plataformas elevadas, rodillos o cualquier otro tipo de soporte. Se debe mantener libre de tierra, grasa o cualquier materia extraña y proteger siempre contra la corrosión.

650.4.2.2 Montaje en el taller

El montaje total de una estructura completa, incluyendo el sistema de piso o el montaje de componentes individuales de la misma como armaduras, nervaduras de arcos, vigas continuas o vigas maestras, castilletes, caballetes y marcos rígidos, se debe realizar en el taller en la forma que sea requerida en los documentos del proyecto. En caso contrario, el constructor puede optar por el montaje parcial en taller, que debe ser el mínimo trabajo de taller requerido antes de iniciar las operaciones de escariado o las de taladrado en metal sólido, a tamaño normal que deban ser efectuadas en el campo.

650.4.2.3 Perforación de agujeros para pernos

650.4.2.3.1 Perforación de los agujeros

Todos los agujeros para los pernos de alta resistencia deben ser punzonados, escariados o taladrados. Los agujeros terminados al tamaño normal deben ser de uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada), mayores que el diámetro nominal del perno.

El material que forme parte de una pieza compuesta de no más de cinco (5) espesores de metal, puede ser punzonado a uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) más grande que el diámetro nominal del perno, siempre que el grueso del metal no sea mayor de uno coma noventa y un centímetros (1,91 cm) ($\frac{3}{4}$ de pulgada) para acero al carbono, de uno coma cincuenta y nueve centímetros (1,59 cm) ($\frac{5}{8}$ de pulgada) para acero de aleación y de uno coma veintisiete centímetros (1,27 cm) ($\frac{1}{2}$ pulgada) para acero templado y revenido.

Cuando el material que forme parte de una pieza compuesta sea de más de cinco (5) espesores de metal, o alguno de los principales materiales sea más grueso que uno coma noventa y un centímetros (1,91 cm) ($\frac{3}{4}$ de pulgada) para el acero al carbono; de uno coma cincuenta y nueve centímetros (1,59 cm) ($\frac{5}{8}$ de pulgada) para acero de aleación y de uno coma veintisiete centímetros (1,27 cm) ($\frac{1}{2}$ pulgada) para acero templado y revenido, todos los agujeros deben ser punzonados o taladrados a un diámetro menor de cero coma cuatrocientos setenta y seis centímetros (0,476 cm) ($\frac{3}{16}$ de pulgada), más pequeño que el diámetro nominal del perno y luego, durante el montaje fresados o escariados uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) mayores que el diámetro nominal del perno. También, pueden ser taladrados en el metal sólido uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) mayores que el diámetro nominal del perno.

650.4.2.3.2 Perforaciones para pernos nervados, pernos torneados u otros pernos aprobados tipo aplastamiento.

Todas las perforaciones para pernos nervados, pernos torneados u otros pernos tipo aplastamiento, se deben taladrar cero coma cuatrocientos setenta y seis centímetros (0,476 cm) ($\frac{3}{16}$ de pulgada) más pequeños que el diámetro nominal del perno y ensanchar, montar o taladrar con la ayuda de una plantilla metálica o después de montaje, a opción del fabricante. En ningún caso, las perforaciones terminadas deben necesitar un ajuste a martillo.

650.4.2.3.3 Agujeros a punzón

El diámetro del troquel o matriz no debe exceder de uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) del diámetro nominal del perno. Si algunos de los agujeros se deben ampliar para admitir los pernos, se deben escariar.

Los agujeros punzonados deben estar bien definidos sin bordes rasgados, rotos o dispares.

La deficiente coincidencia de agujeros debe ser causa suficiente para su rechazo.

650.4.2.3.4 Agujeros taladrados o escariados

Los agujeros taladrados o fresados deben ser cilíndricos, perpendiculares a la pieza y no mayores de uno coma seis milímetros (1,6 mm) (1/16 de pulgada) que el diámetro nominal del perno. Cuando sea factible, los escariadores se deben dirigir por medios mecánicos. Las rebabas en la superficie exterior, deben ser eliminadas y, debe ser motivo de rechazo, la deficiente coincidencia de los agujeros. El taladro y el escariado se deben hacer con brocas helicoidales.

Así mismo, las piezas armadas se deben desarmar para quitarles las rebabas ocasionadas por el taladrado.

650.4.2.3.5 Agujeros para conexiones en obra, de miembros principales

A menos que se indique en otra forma en las especificaciones particulares, los agujeros para pernos de todas las conexiones y empalmes en obra, de piezas principales de armaduras, vigas y demás miembros principales,

deben ser punzonados o taladrados a un diámetro menor y posteriormente escariados al tamaño normal con una plantilla de acero, mientras se efectúa su montaje.

650.4.2.3.6 Agujeros para conexiones en obra, de otros miembros que no sean principales

Con excepción de los miembros principales mencionados anteriormente y donde no se requiera en los documentos del proyecto, perforación a un diámetro menor y posterior escariado, los agujeros en el material de uno coma noventa y un centímetros (1,91 cm) ($\frac{3}{4}$ de pulgada) o menos de espesor, deben ser perforados al diámetro total. Los agujeros de material de más de uno coma noventa y un centímetros (1,91 cm) ($\frac{3}{4}$ de pulgada) de espesor, deben perforarse a un diámetro menor y luego escariados o bien taladrados en sólido, al tamaño normal.

50.4.2.3.7 Precisión de los agujeros punzonados y de los taladrados a diámetro menor

Todos los agujeros punzonados al tamaño normal, punzonados a un diámetro menor o taladrados a un diámetro menor, deben hacerse con una precisión tal, que después de ensambladas las piezas (y antes de realizar el escariado) se pueda pasar perpendicularmente a las piezas y sin desalineado, una varilla cilíndrica de cero coma treinta y dos centímetros (0,32 cm) (1/8 de pulgada) menor que el diámetro nominal del agujero en, por lo menos, un setenta y cinco por ciento (75 %) de cualquier grupo contiguo de agujeros en el mismo plano. Si este requisito no se cumple, deben ser rechazadas las piezas incorrectamente perforadas. Si hay algún agujero que no

permita el paso de una varilla de cero coma cuatrocientos setenta y seis centímetros (0,476 cm) (3/16 de pulgada) menor que el diámetro nominal del agujero perforado, debe ser causa suficiente para rechazarlo.

650.4.2.3.8 Precisión de los agujeros escariados y de los taladrados a tamaño normal

En el caso de los agujeros escariados y los taladrados a tamaño normal, el ochenta y cinco por ciento (85 %) de ellos en cualquier grupo contiguo, después del escariado o taladrado, no debe mostrar una desviación mayor de cero coma ocho milímetros (0,8 mm) (1/32 de pulgada) entre espesores adyacentes de metal.

650.4.2.4 Enderezamiento del material

Todo el material estructural deformado debe ser enderezado por métodos adecuados, antes de ser armado, abrirle agujeros o trabajado de otra manera en el taller.

Las torceduras y dobleces ásperos o filosos deben ser causa de rechazo del material. El enderezado de extremos doblados de láminas, angulares y otros perfiles, se debe hacer por métodos que no causen fractura u otros daños al material. Ningún metal debe ser calentado, a menos que esto sea estrictamente necesario. Por ello, las temperaturas máximas de calentamiento no deben exceder los quinientos noventa grados Celsius (590 °C) para aceros NTC 4014 (ASTM A514) y NTC 4012 (ASMT A852), para otros tipos de acero las temperaturas máximas de calentamiento no deben exceder seiscientos cincuenta grados Celsius (650 °C). Después del calentamiento, el metal debe enfriarse lentamente. A continuación del

enderezado de una dobladura, la superficie del metal se debe inspeccionar cuidadosamente, buscando señales de posibles fracturas.

Excepto cuando se requiera una contraflecha, el material debe llenar los siguientes requisitos de rectitud, cuando haya sido colocado en su lugar en el campo. La desviación permisible para una línea recta no debe exceder de un milímetro por metro (1 mm/m).

Además, no se debe usar ningún arriostramiento transversal u otros medios para forzar a un miembro a mantener la rectitud necesaria durante su armado.

650.4.2.5 Curvatura de vigas laminadas y ensambladas

La operación de curvado se debe realizar al calor antes de pintar el elemento; sin embargo, se puede efectuar antes o después de completar la soldadura que se requiera para los atiesadores transversales intermedios. El calentamiento se debe conducir de tal manera que la temperatura del acero no exceda la temperatura especificada en el numeral 650.4.2. La viga no se puede enfriar artificialmente hasta tanto la temperatura haya descendido a trescientos quince grados Celsius (315 °C).

Los aceros fabricados a un punto mínimo de fluencia en exceso de trescientos cincuenta megapascales (350 MPa), no pueden ser curvados al calor.

650.4.2.6 Corte a la llama

El acero estructural, puede ser cortado a la llama, siempre que se obtenga una superficie lisa, libre de muescas y grietas y un perfil

exacto mediante el empleo de una perfiladora mecánica. El corte de llama manual (a pulso) se debe hacer únicamente cuando sea autorizado en las especificaciones particulares. Por ello, la llama cortante debe ser ajustada y manipulada de modo que se evite cortar más allá (hacia adentro) de las líneas prescritas.

Las muescas, grietas y asperezas superficiales que no excedan de cinco milímetros (5 mm) de profundidad, pueden ser eliminadas por cepillado o esmerilado. Los defectos en bordes cortados con llama, no deben ser reparados mediante soldadura, excepto cuando así se indique en las especificaciones particulares. Se pueden reparar con este método muescas o ranuras ocasionales con una profundidad menor de diez milímetros (10 mm), en aquellos tipos de acero estructural considerados como soldables de acuerdo con las normas ASTM o NTC, para el acero de que se trate. La soldadura terminada debe esmerilarse para dejarla lisa y pareja con la superficie contigua.

650.4.2.7 Ajuste para el empernado

Las superficies de metal que entren en contacto, se deben limpiar antes del montaje. Las partes de un miembro se deben montar bien aseguradas y firmemente unidas con pernos antes de empezar el escariado. Las piezas montadas se deben separar, si es necesario, para la remoción de rebabas y virutas producidas por el escariado. Todos los miembros deben estar libres de torceduras, dobladuras y otras deformaciones.

650.4.2.8 Diagrama de contraflechas

El constructor debe proporcionar al interventor un diagrama de contraflechas mostrando la

contraflecha en todos los nudos de cada tramo o panel para cada armadura, tomado de las verdaderas medidas obtenidas durante el montaje en el taller, si se trata de montaje completo.

Cuando se use un montaje parcial, el diagrama de contraflechas se debe basar en los valores calculados en cada nudo de la armadura.

Las armaduras deben ser combadas de tal forma que todos los miembros queden rectos y alineados normalmente bajo la carga muerta completa o estrictamente como lo establezcan los documentos del proyecto o documentos de diseño. La fabricación y el montaje de las armaduras, se deben ejecutar de tal manera que se reduzcan los esfuerzos secundarios hasta donde sea factible. Los empalmes en los cordones rectos y en las columnas se deben escariar después de armar los miembros en sus posiciones geométricas apropiadas. Debe ejercerse atención especial, para la eliminación del efecto que producen las barras de amarre y los miembros secundarios. Así mismo, deben tomarse las medidas adecuadas para compensar la pérdida de contraflecha, resultante de la soldadura de conectores de corte a los miembros estructurales.

650.4.2.9 Marcas de coincidencia

Las partes componentes armadas en el taller, con el propósito de abrir agujeros para las conexiones de campo, se deben marcar para el montaje y debe proporcionarse a los constructores en el campo y al interventor, un diagrama que muestre tales marcas.

650.4.2.10 Terminado de bordes y superficies de apoyo

No se requiere pulir o dar terminado a los bordes de las piezas cizalladas o cortadas térmicamente, a no ser que específicamente se establezca en los documentos del proyecto, o que aparezca incluido en una especificación de preparado de borde para soldadura.

A su vez, el terminado de las superficies de apoyo, placas base y otras superficies de apoyo que han de quedar en contacto con concreto o entre sí, debe cumplir los requisitos de aspereza superficial ANSI definidos en la norma ANSI/ASME B46.1, Parte I, así:

- Placas de acero: ANSI dos mil (2 000) micropulgadas (cero coma cero cincuenta y un milímetros (0,051 mm)).
- Placas pesadas en contacto en zapatas que se han de soldar: ANSI mil (1 000) micropulgadas (cero coma cero veinticinco milímetros (0,025 mm)).
- Extremos cepillados de miembros a compresión o extremos pulidos de atiesadores o relleno: ANSI quinientas (500) micropulgadas (cero coma cero ciento veintisiete milímetros (0,0127 mm)).
- Rodillos y balancines de puentes: ANSI doscientos cincuenta (250) micropulgadas (cero coma cero cero sesenta y cuatro milímetros (0,0064 mm)).
- Pasadores y huecos de pasadores: ANSI ciento veinticinco (125) micropulgadas (cero coma cero cero treinta y dos milímetros (0,0032 mm)).
- Asientos de deslizamiento: ANSI ciento veinticinco (125) micropulgadas (cero coma cero cero treinta y dos milímetros (0,0032 mm)).

650.4.2.11 Juntas colindantes

Las juntas a tope de los miembros en compresión, deben tener sus caras acabadas adecuadamente y se deben ajustar exactamente para asegurar un apoyo uniforme.

Los extremos de los miembros en tensión en los empalmes, deben tener un acabado áspero, pero los extremos de los miembros no deben estar en contacto. La abertura no debe exceder de seis milímetros (6 mm).

650.4.2.12 Fabricación de elementos

A menos que se indique en los documentos del proyecto, las placas de acero para elementos principales y placas de empalme para aletas y los elementos principales sometidos a tensión, se deben cortar y fabricar de tal forma, que la dirección primaria del laminado quede paralela a la dirección de los esfuerzos principales de tensión y/o compresión.

Por tanto, los elementos fabricados deben quedar bien aplomados y deben estar libres de torceduras, dobleces y juntas abiertas.

650.4.2.13 Platinas curvas y vigas curvas

650.4.2.13.1 Platinas curvas

Las platinas de acero laminado, no soldadas, curvadas en frío, que soportan carga deben cumplir lo siguiente:

Se deben tomar de platinas en existencia, cuya línea de doblez esté en ángulos rectos con la dirección del laminado, excepto que las nervaduras dobladas en frío para puentes de tablero ortotrópico se puedan doblar en la

Tabla 650 – 4. Radios de doblado

	Espesor en pulgadas (t)				
	Hasta ½	De ½ a 1	De 1 a 1 ½	De 1 ½ a 2 ½	De 2 ½ a 4
	Radios de doblado				
Acero estructural todos los grados	2 t	2,5 t	3 t	3,5 t	4 t

dirección del laminado, si el interventor lo permite.

El doblado debe hacerse de tal manera, que no ocurra ninguna rotura en la platina. Los radios mínimos, medidos en la cara cóncava del metal, están dados en la Tabla 650 – 4, donde “t” es el espesor de la platina.

La tolerancia para la recuperación del acero NTC 4005 (ASTM A709) grados 70W y 100/100W debe ser del orden de tres (3) veces la del acero estructural al carbono. Para el formato en prensa, la luz inferior del troquel debe ser, por lo menos, dieciséis (16) veces el espesor de la platina. Se recomiendan golpes múltiples.

Si se requiere un radio más corto, las platinas deben ser dobladas al calor a una temperatura que no sobrepase de seiscientos cincuenta grados Celsius (650 °C), excepto para aceros NTC 4005 (ASTM A709) grados 70W y 100/100W. Si las platinas de estos aceros tienen que ser dobladas en caliente, a temperaturas superiores a quinientos ochenta grados Celsius (580 °C) o seiscientos diez grados Celsius (610 °C), respectivamente, dichos aceros se deben templar y revenir de nuevo de acuerdo con la práctica de las acerías.

Previo al doblado, las esquinas de las platinas se deben redondear a un radio de uno coma seis milímetros (1,6 mm) en todas las partes de la platina que deben ser dobladas.

650.4.2.13.2 Vigas curvas

Las vigas curvas deben construirse cumpliendo con el numeral 11.4.12 de AASHTO LFRD *Bridge Construction Specifications*.

650.4.2.14 Ajuste de los angulares de refuerzo

Los angulares de refuerzo para extremos de vigas o de soporte en puntos de cargas concentradas, deben ser fresados, esmerilados o rectificadas adecuadamente, para asegurar un asiento parejo contra los angulares que forman el ala o contra el ala de las vigas. Se puede permitir el uso de soldadura en vez de fresado o esmerilado, cuando así se determine en los documentos del proyecto o en las especificaciones particulares.

Los angulares intermedios (que no soporten carga concentrada), deben ser suficientemente ajustados para impedir el paso del agua después de ser pintados.

650.4.2.15 Barras de ojo

Los agujeros para pasadores pueden ser cortados con llama, a un diámetro por lo menos de cinco centímetros (5 cm) menor que el diámetro acabado del pasador. Las barras de ojo que vayan a ser colocadas lado a lado en la estructura, se deben afianzar fuertemente unas con otras en el orden en que se deben colocar en el pasador y taladradas en ambos extremos mientras están sujetadas. Las barras de ojo deben ser estampadas con letras de acero en las cabezas de cada pieza al terminar su fabricación, de modo que queden visibles cuando las barras sean colocadas en su lugar en la estructura. Las barras de ojo deben ser rectas y deben estar libres de torceduras y, los agujeros para los pasadores, deben quedar situados con exactitud en la línea central de la barra. La inclinación de las barras respecto del plano de la armadura, no debe exceder de cero coma cinco centímetros por metro (0,5 cm/m).

Los bordes de las barras de ojo que queden entre la línea media transversal de sus agujeros para pasadores, se deben cortar simultáneamente con dos (2) sopletes que trabajen mecánicamente uno frente al otro, guiados por una plantilla maciza para evitar la distorsión de las planchas.

650.4.2.16 Revenido y alivio de esfuerzos

Los elementos estructurales que se deben revenir o normalizar, se deben maquinar, taladrar y enderezar después del tratamiento al calor. El normalizado y revenido (temple total) se deben hacer de acuerdo con lo especificado en la norma ASTM A941. La temperatura dentro del horno se debe mantener uniforme durante el calentamiento y enfriamiento, de

modo que no se presente una diferencia de temperatura mayor de treinta y ocho grados Celsius (38 °C) en dos (2) puntos del elemento.

Los elementos de acero de calidad NTC 4005 (ASMT A709), grados 70W y 100/100W, no se deben revenir, normalizar o aliviar de esfuerzos, sin la aprobación previa del interventor.

Un registro de cada cargada de horno debe identificar las piezas e indicar las temperaturas y el programa realmente utilizados. Se deben proporcionar instrumentos apropiados, incluyendo pirómetros de registro, para determinar en cualquier momento la temperatura de los elementos dentro del horno. Los registros de la operación deben estar disponibles al interventor y deben tener su aprobación. Las temperaturas y procedimientos deben cumplir con la sección 4.4. de AWS D1.5.

Los elementos tales como zapatas de puentes, pedestales y otras partes construidas mediante secciones de platina soldadas juntas, se deben aliviar de esfuerzos de acuerdo con la sección 4.4 de la norma AWS D1.5, cuando lo requieran los documentos del proyecto, las especificaciones, o las disposiciones especiales que controlan el contrato.

La disposición 7.7 de AWS D.1.1, no se debe aplicar para formas de acero estructural producidas usando la norma ASTMA913.

650.4.2.17 Pasadores y rodillos

650.4.2.17.1 Características generales

Los pasadores y rodillos se deben tornearse exactamente a las dimensiones indicadas en los documentos del proyecto y deben estar rectos, lisos y libres de imperfecciones. Los

pasadores y rodillos de más de veintidós coma nueve centímetros (22,9 cm) de diámetro, deben ser de acero forjado y revenido. Los pasadores y rodillos de veintidós coma nueve centímetros (22,9 cm) o menos de diámetro, pueden ser forjados y revenidos o torneados de acero al carbono acabado en frío.

En los pasadores de más de veintidós coma nueve centímetros (22,9 cm) de diámetro, se debe perforar un agujero de cinco centímetros (5 cm) de diámetro mínimo a todo lo largo del eje después que se ha enfriado la forja a una temperatura por debajo del rango crítico, bajo condiciones adecuadas, para evitar daño por enfriamiento demasiado rápido y con anterioridad al temple.

650.4.2.17.2 Perforación de los agujeros para pasadores

Estos agujeros deben ser taladrados lisos y rectos, de acuerdo con las medidas de los documentos del proyecto, en ángulo recto con los ejes del miembro y paralelos entre sí, a menos que se requieran en otra forma. La superficie final del agujero, debe ser acabada con un taladro más fino.

650.4.2.17.3 Espacio libre para pasadores

El diámetro del agujero para pasador, no debe exceder el diámetro de este en más de cero coma cinco milímetros (0,5 mm) para pasadores de doce coma siete centímetros (12,7 cm) o menos en diámetro, ni de cero coma ocho milímetros (0,8 mm) para pasadores más grandes.

650.4.2.17.4 Roscas para pasadores

Las roscas para pasadores se deben ajustar con precisión en las tuercas y deben cumplir la *Unified Standard UNC-ANSI B1.1* del *American National Standards Institute*, para clase 2 A en pasadores y pernos, y clase 2 B para tuercas. Excepto para pasadores con diámetro de tres coma cinco centímetros (3,5 cm) o mayor, las roscas deben ser de seis (6) vueltas por pulgada.

650.4.2.17.5 Tuercas guías y de montaje

Se deben proporcionar dos (2) tuercas guías y dos (2) tuercas de montaje para cada tamaño de pasador, a menos que los documentos del proyecto lo indiquen de otra forma.

650.4.2.18 Conexiones con pernos normales

650.4.2.18.1 Generalidades

Los pernos pueden ser no torneados, torneados o pernos nervados que cumplan con los requisitos de los pernos grado A de la norma ASTM F3125 para sujetadores de acero de bajo contenido de carbón roscados exterior e interiormente. Las conexiones pernadas se deben utilizar solamente como se indica en los documentos del proyecto o en disposiciones especiales. Los pernos deben tener doble tuerca o tuercas sencillas de cierre automático a menos que se indique diferente en los documentos del proyecto o en las disposiciones especiales. Cuando las caras de apoyo tienen una pendiente de más de uno a veinte (1:20) respecto de un plano normal al eje del perno, se deben utilizar arandelas biseladas.

650.4.2.18.2 Pernos sin tornear

A menos que se especifiquen otros tipos, deben suministrarse pernos sin tornear.

650.4.2.18.3 Pernos torneados

La superficie del cuerpo de los pernos torneados, debe tener un grado de aspereza de ciento veinticinco (125) según la norma ANSI. Las cabezas y tuercas deben ser hexagonales con las dimensiones estándar para pernos del tamaño nominal especificado o el tamaño nominal siguiente. El diámetro de las roscas debe ser igual al cuerpo del perno o al diámetro nominal del perno especificado. A su vez, los huecos para pernos torneados deben ser ensanchados cuidadosamente con los pernos suministrados para proveer un ligero ajuste de martillo. Las roscas deben quedar totalmente fuera de los huecos y una arandela se debe proveer bajo la tuerca.

650.4.2.18.4 Pernos nervados

El cuerpo de los pernos nervados debe ser de una forma aprobada con nervaduras continuas longitudinales. El diámetro del cuerpo medido sobre un círculo a través de los puntos de las nervaduras debe ser dos milímetros (2 mm) mayor que el diámetro nominal especificado en los pernos.

A menos que se especifique diferente, los pernos nervados se deben suministrar con cabezas redondas de acuerdo con la norma ANSI/ASME B18.5. Las tuercas deben ser hexagonales, bien sea ahuecadas o con una arandela de espesor adecuado. Los pernos nervados deben hacer un ajuste estrecho con los huecos. La dureza de las nervaduras debe ser de tal manera, que estas no se aplasten

demasiado para permitir el giro de los pernos dentro de los huecos durante el apretado. Si el perno se tuerce por cualquier razón antes de ser apretado, el hueco debe ensancharse con cuidado y el perno debe ser reemplazado por uno de mayor tamaño.

650.4.2.19 Conexiones con pernos de alta resistencia

650.4.2.19.1 Generalidades

Los pernos de alta resistencia, las tuercas y roldanas de los mismos, deben estar de acuerdo con el numeral 650.2.1.4. Las cabezas y las tuercas deben ser hexagonales. Las roldanas circulares deben ser planas y lisas y las roldanas biseladas, cuadradas o rectangulares. Las medidas de los pernos y tuercas deben satisfacer los requisitos de ANSI B18.2 para pernos pesados hexagonales y tuercas pesadas semiacabadas, hexagonales.

650.4.2.19.2 Piezas unidas con pernos y montaje

Las superficies de las piezas en contacto con la cabeza del perno y la tuerca, deben tener una inclinación no mayor de uno a veinte (1:20), respecto del plano perpendicular al eje del perno. Las partes se deben ajustar sólidamente entre sí al ser montadas, y no se deben separar con empaques u otro material compresible.

Igualmente, las superficies de contacto de las juntas deben estar libres de suciedad, aceite, pintura, laca, galvanizado, escamas de óxido sueltas, rebabas, picaduras y otros defectos que eviten el contacto íntimo de las partes.

Los pernos deben ser instalados con una roldana endurecida debajo del elemento (tuerca o cabeza de perno) que da vuelta al ser

apretado. La roldana debe ser lisa cuando la superficie de contacto de la pieza a unir con el perno o tuerca, tenga una inclinación no mayor de uno a veinte (1:20), en relación con el plano normal al eje del perno.

Cuando la cara exterior de la pieza en contacto tenga una inclinación mayor, se deben usar roldanas biseladas para compensar la falta de paralelismo.

Se debe tener en cuenta que los pernos pueden ser apretados con llaves de fuerza calibradas, llaves de impacto, llaves de torsión manuales u otro método aprobado, hasta alcanzar la tensión requerida en los documentos del proyecto o disposiciones especiales. La tensión mínima no debe ser menor que la tensión de prueba señalada en la Tabla 650 – 5 y la Tabla 650 – 6.

Tabla 650 – 5. Requisitos de propiedades mecánicas para pernos probados de tamaño completo (kilonewtons)

Dimensión normal del perno		Tipo de perno						
Pulgadas	mm	Área de tensión (mm ²) (Nota)	Grupo A Pernos ASTM A325, ASTM F1852			Grupo B Pernos ASTM A490, ASTM F2280		
			Tensión mín.	Medida de longitud de carga de prueba mín.	Método alternativo de resistencia al rendimiento de la carga de prueba mín.	Tensión mín.	Medida de longitud de carga de prueba mín.	Método alternativo de resistencia al rendimiento de la carga de prueba mín.
1/2	12,7	84,3	70	50,6	55,6	87,7	70	79,2
5/8	15,9	157	130	94,2	104	163	130	148
3/4	19,1	245	203	147	162	255	203	230
7/8	22,2	303	251	182	200	315	251	285
1	25,4	353	293	212	233	367	293	332
1 – 1/8	28,6	459	381	275	303	477	381	431
1 – 1/4	31,8	561	466	337	370	583	466	527
1 – 3/8	34,9	817	678	490	539	850	678	768

Nota: el área de tensión se calcula para pulgadas de la siguiente manera: $AS = 0,7854 [D - (0,9743/n)]^2$; para métrica: $AS = 0,7854 (D - 0,9382P)^2$; donde AS = área de tensión, D = tamaño nominal del perno y P = paso de rosca.

Tabla 650 – 6. Tensión mínima a plena rotación (kilonewtons)

Dimensión normal del perno		Tipo de perno	
Pulgadas	mm	Grupo A Pernos ASTM A325, ASTM F1852	Grupo B Pernos ASTM A490, ASTM F2280
1/2	12,7	57	72
5/8	15,9	108	133
3/4	19,1	164	205
7/8	22,2	205	256
1	25,4	235	297
1 – 1/8	28,6	307	384
1 – 1/4	31,8	373	471
1 – 3/8	34,9	-	-
1 – 1/2	38,1	547	685

Tabla 650 – 7. Rotación de tuercas completamente apretadas (Notas 1 y 2)

Longitud del perno (lado inferior de la cabeza al extremo del perno)	Disposición de caras externas de las partes pernadas		
	Ambas caras normales al eje del perno	Una cara normal al eje del perno, la otra inclinada uno a veinte (1:20) máximo (sin arandelas biseladas)	Ambas caras inclinadas uno a veinte (1:20) máx. de la normal al eje del perno (sin arandelas biseladas)
Hasta cuatro días (4 d) inclusive	1/3 de vuelta	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta
De cuatro a ocho días (4 d a 8 d) inclusive	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta
De ocho a doce días (8 d a 12 d) inclusive (Nota 3)	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta	1 vuelta

Nota 1: rotación de la tuerca relativa al perno, sin tener en cuenta el elemento (tuerca o perno) que gira. Tolerancia de rotación: hasta media (1/2) pulgada o menos, más o menos treinta grados (30°); dos tercios (2/3) de vuelta o más, más o menos cuarenta y cinco grados (45°).

Nota 2: aplicable solamente a conexiones en que todo el material del agarre es acero.

Nota 3: no se ha establecido un procedimiento de vuelta de tuerca para los pernos con longitudes mayores de doce (12) diámetros. Por consiguiente, la rotación se debe determinar por pruebas reales en dispositivos adecuados para medir la tensión.

La tensión debe ser comprobada por el interventor, mediante llaves de torsión manuales calibradas. Las tuercas deben ser colocadas del lado no visible de los miembros y los agujeros de los pernos deben estar de acuerdo con lo especificado en el numeral 650.4.2.3.

Los pernos ASTM A490 y los pernos galvanizados ASTM A325, no se deben reutilizar. Solamente se pueden reutilizar los pernos ASTM A325, si se tiene la aprobación del interventor. La corrección o reajuste de pernos previamente apretados que se puedan haber aflojado por el ajuste de los pernos contiguos, no debe considerarse como reutilización, siempre y cuando el ajuste continúe desde la posición inicial y no requiera una rotación mayor que la indicada en la Tabla 650 – 7, incluyendo la tolerancia.

650.4.2.20 Soldadura

La soldadura debe realizarse de acuerdo con las prácticas más modernas y cumpliendo los requisitos aplicables de AWS, D1.1, y AWS D.1.5 excepto cuando se disponga en otra forma en los documentos del proyecto o disposiciones especiales. Los documentos del proyecto deben indicar claramente el sitio, tipo, tamaño y amplitud de todas las soldaduras distinguiéndose, además, claramente entre las de taller y las que se deben hacer en obra. El constructor, debe someter a la aprobación del interventor, con anterioridad al inicio del trabajo, los procedimientos propuestos para soldadura que debe llevar a cabo tanto en el taller como en la obra.

Todos los equipos de soldadura, así como los operadores de los mismos, deben ser precalificados previamente por una organización aprobada por INVÍAS y con base en los procedimientos de AWS D1.1. Sin embargo, cuando una empresa fabricante de reconocida capacidad y experiencia precalifica sus equipos de soldar y a los operarios de los mismos, de acuerdo con las normas AWS D1.1, citadas, y presente la certificación correspondiente donde conste que el equipo de soldar y los operarios han sido calificados dentro de los doce (12) meses anteriores a la iniciación del trabajo en la estructura de que se trate y, además, que ha estado llevando a cabo soldaduras satisfactorias del tipo exigido, en el período de tres (3) meses anteriores al trabajo requerido, el interventor puede considerar idóneos tales equipos y operarios. Cuando la empresa fabricante o el constructor no han tenido las facilidades para precalificar sus equipos y operarios, estos pueden ser precalificados de acuerdo con la norma AWS D1.1, citadas, por una organización aprobada.

No obstante, el interventor puede ordenar el examen de los equipos que, a su criterio, no sean satisfactorios o de los operarios cuya habilidad o experiencia sea dudosa.

Las soldaduras no se deben hacer cuando las superficies están mojadas o expuestas a la lluvia, viento fuerte o si los soldadores están expuestos a condiciones inclementes del tiempo.

Las soldaduras no deben exceder de las especificadas en los documentos del proyecto, ni deben ser cambiadas sus localizaciones sin la aprobación expresa del interventor.

650.4.2.21 Pintura de taller

650.4.2.21.1 Preparación de la superficie

Las superficies de metal a ser pintadas, incluyendo las galvanizadas, se deben limpiar perfectamente, quitando el polvo, óxido, las escamas sueltas de laminado, escamas de soldadura, suciedad, aceite o grasa y otras sustancias extrañas. A menos que la limpieza se efectúe por medio de chorro de arena, se debe neutralizar toda el área de soldadura con un agente químico apropiado y se debe lavar bien con agua, antes de principiar la limpieza.

El grado de limpieza de la superficie debe ser el definido en los documentos del proyecto o el que apruebe el interventor acorde con la norma SSPC aplicable, según la exigencia de limpieza que se requiera.

Para evitar la oxidación de un área limpiada, previa a su pintura, aquella debe ser suficientemente pequeña. Si las superficies que ya se han limpiado se oxidan antes de aplicarles la pintura, el constructor debe limpiarlas de nuevo, sin cargo adicional para INVÍAS.

La primera mano de pintura se debe aplicar a superficies completamente libres de oxidación. La limpieza se debe efectuar con abrasivos (chorro de arena o de limaduras de acero), vapor o disolventes, según se indique en los documentos del proyecto. Se deben utilizar cepillos de alambre manuales o mecánicos, herramientas de raspado manual o papel de lija, para remover todo el polvo, herrumbre suelta y escamas de laminado o la pintura que no esté firmemente adherida a las superficies metálicas.

Todas las superficies galvanizadas que se han de pintar, se deben limpiar primero mediante el lavado con un disolvente de espíritu mineral, para remover cualquier aceite, grasa o material extraño al recubrimiento galvanizado.

650.4.2.21.2 Aplicación de pintura de taller

La estructura de acero debe ser pintada con dos (2) manos de pintura de taller, después de que haya sido aceptada, y antes de su envío.

Las superficies que no vayan a quedar en contacto entre sí, pero que sean inaccesibles después del montaje final, se deben pintar con tres (3) manos de pintura de taller. Las superficies que vayan a quedar en contacto entre sí en el campo, deben recibir una (1) mano de pintura en el taller, excepto los empalmes principales para cordones de armadura y los empalmes grandes de vigas armadas que involucren múltiples espesores de metal, en cuyo caso, la mano de pintura de taller puede dificultar el montaje. Las superficies de contacto en el campo que no hayan sido pintadas con una (1) mano de pintura de taller, deben recibir una (1) mano de laca u otro recubrimiento protector aprobado.

No se deben pintar las superficies que vayan a estar en contacto con el concreto.

El acero estructural que vaya a ser soldado, no se debe pintar antes de que la soldadura haya sido completada. El acero que se vaya a soldar solamente en el taller y seguidamente se haya de unir con pernos en el campo, debe recibir dos (2) manos de pintura después de terminada la soldadura de taller. El acero que vaya a ser soldado en el campo, debe recibir una (1) mano de recubrimiento protector aprobado,

después de completarse la soldadura y montaje en el taller.

Se debe dar una (1) mano de pintura a las piezas fundidas de acero, pulidas o acabadas.

Con excepción de las juntas a tope y láminas de base, las superficies acabadas a máquina deben ser pintadas tan pronto como sea posible, después de haber sido aceptadas, con una (1) mano de protector debidamente aprobado, antes de retirarlas del taller.

Las marcas de montaje para identificación de los miembros en el campo y las marcas indicadoras del peso, se deben pintar sobre superficies previamente pintadas con la mano de pintura de taller. El material no se debe cargar para su envío, a menos que esté completamente seco y, en cualquier caso, en no menos de veinticuatro horas (24 h) después de haberse aplicado la pintura.

650.4.2.21.3 Limitaciones

No debe aplicarse pintura cuando la temperatura del acero pase de treinta y ocho grados Celsius (38 °C), haya niebla, esté lloviznando o lloviendo, la humedad relativa del aire exceda de ochenta y cinco por ciento (85 %) o cuando la temperatura del aire sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C).

No se debe aplicar pintura sobre superficies húmedas o sobre superficies tan calientes que produzcan ampollas en la pintura o una película porosa de la misma.

Cuando la pintura se deba aplicar forzosamente en tiempo húmedo o frío, el acero se debe pintar bajo techo o cubierta y se debe mantener resguardado hasta que la pintura seque

completamente o hasta que las condiciones del tiempo permitan su exposición al aire libre.

Se deben garantizar las condiciones ambientales y de salubridad en el proceso de pintura.

650.4.2.21.4 Aplicación de otros tipos de pintura

Cuando los documentos del proyecto indiquen la aplicación de pinturas diferentes a las especificadas en el numeral 650.2.10.2, aquellos deben indicar el procedimiento de aplicación en el taller y en el campo, así como sus limitaciones.

650.4.3 Embarque y almacenamiento de los elementos

650.4.3.1 Embarque

El constructor debe marcar cada elemento apropiadamente para facilitar el montaje y debe suministrar al interventor un diagrama de montaje, así como todas las copias que estos demanden de órdenes de materiales, diagramas de montaje y relaciones de despachos que indiquen los pesos de los elementos individuales. Los elementos que pesen más de tres toneladas (3 t), deben llevar los pesos marcados sobre ellos.

Los elementos estructurales se deben cargar en camiones, de tal forma que puedan ser transportados y descargados en el sitio de destino sin que sufran esfuerzos excesivos, se deformen o se dañen de otra manera.

Los pernos de la misma longitud y diámetro, lo mismo que las tuercas o arandelas sueltas de cada tamaño, se deben empaquetar por separa-

do. Los pasadores, partes pequeñas y paquetes de pernos, arandelas y tuercas se deben despachar en cajas, guacales o barriles, pero el peso bruto de cada paquete no debe exceder de ciento cincuenta kilogramos (150 kg). Una lista y una descripción del material contenido, se deben marcar claramente en el lado exterior de cada paquete de embarque.

650.4.3.2 Almacenamiento

El acero se debe almacenar sobre plataformas o sobre largueros por encima del suelo y se debe proteger, tanto como sea posible, de la exposición a condiciones que produzcan oxidación u otro deterioro superficial. Las vigas de alma llena y las vigas armadas, se deben colocar con el alma vertical y deben apuntalarse. Los miembros largos, tales como columnas y cordones, se deben apoyar sobre largueros colocados lo suficientemente cerca para evitar daños por deflexión.

650.4.4 Montaje

650.4.4.1 Generalidades

Si la infraestructura y la superestructura se construyen bajo contratos diferentes, se deben proporcionar al constructor todas las obras de infraestructura de acuerdo con las elevaciones y alineamientos correctos y se deben establecer las elevaciones y alineamientos para la colocación del acero.

El constructor debe verificar a su costo la obra, para considerar y realizar ajustes dimensionales en los planos de fabricación taller y montaje que debe elaborar, acorde con el numeral 650.4.2.

El constructor debe instalar la estructura metálica, debe retirar la construcción provisional y debe ejecutar todos los trabajos necesarios para la terminación de la obra. En caso de estar estipulado, se deben retirar las estructuras existentes, siempre en concordancia con los documentos del proyecto y las especificaciones.

650.4.4.2 Diagrama de montaje

Si la fabricación y el montaje de la superestructura se realizan bajo contratos diferentes, debe corresponder al fabricante la elaboración de planos de fabricación y taller y, al constructor, la elaboración de los planos de montaje. Se deben incluir diagramas de arqueo, diagramas de montaje, lista de los pernos de campo, y copia de la relación de despachos que muestre la lista de las partes, con sus pesos respectivos.

Si las dos (2) actividades se ejecutan en el mismo contrato, el constructor debe elaborar los planos exigidos en el numeral 650.4.2 y debe proporcionar diagramas de montaje preparados por el fabricante, en los cuales se deben indicar el método y el procedimiento de montaje por emplear, los cuales deben ser compatibles con los detalles de fabricación.

650.4.4.3 Obra falsa

La obra falsa o construcción provisional necesaria para el montaje de la estructura de metal, debe ser diseñada, sólidamente construida y mantenida en forma adecuada para que resista las cargas a las que debe ser sometida.

El constructor debe proponer y someter para la aprobación del interventor, planos de la obra

falsa y de los cambios necesarios para mantener el tránsito en estructuras existentes. La aprobación de los planos del constructor no lo debe exonerar de cualquier responsabilidad.

650.4.4.4 Métodos de trabajo

Con anterioridad al inicio de los trabajos de montaje, el constructor debe informar al interventor sobre el método que pretende seguir, como también la cantidad y características del equipo que se propone utilizar, el cual está sujeto a la aprobación de este. La aprobación del interventor no debe exonerar al constructor de la responsabilidad por la seguridad de su método o equipo y de la ejecución de los trabajos en total concordancia con los documentos del proyecto y las especificaciones. No se debe ejecutar ningún trabajo sin antes haber obtenido la aprobación del interventor.

650.4.4.5 Apoyos y anclajes

650.4.4.5.1 Preparación de las áreas de soporte

El constructor de la infraestructura debe terminar las áreas de apoyo para las zapatas de la armadura de acero, de acuerdo con los documentos del proyecto y los niveles requeridos. Las zapatas y láminas de soporte no deben ser colocadas sobre superficies indebidamente acabadas, deformadas o irregulares. El constructor de la superestructura debe verificar la localización, elevaciones y acabado de las áreas de soporte y notificar al interventor sobre cualquier variación de los requisitos de los documentos del proyecto.

Debe tenerse en cuenta que los apoyos para puentes no se deben colocar sobre superficies

que presentan irregularidades o están terminadas incorrectamente.

650.4.4.5.2 Métodos de colocación de las zapatas y láminas de soporte

El constructor de la superestructura debe colocar las zapatas niveladas en su posición exacta sobre las áreas de apoyo.

Las zapatas y láminas de soporte, pueden ser colocadas sobre láminas de plomo; almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón; o almohadillas elastoméricas de soporte de las calidades indicadas en el numeral 650.2.9, o bien sobre una capa de mortero de cemento hidráulico, según los detalles de los documentos del proyecto o las disposiciones especiales de diseño. En caso de usar mortero de cemento, se debe cuidar de no colocar ninguna carga sobre las zapatas hasta que el mortero haya endurecido por lo menos durante noventa y seis horas (96 h), debiendo conservarse humedecido el mismo durante ese período. En todo caso, se deben seguir las especificaciones del diseño.

650.4.4.5.3 Pernos de anclaje

La ubicación de los pernos de anclaje en relación con los agujeros de las zapatas o láminas de soporte, debe ser la que corresponda a la temperatura al efectuar el montaje. Las tuercas en los pernos de anclaje de los apoyos móviles de puentes, se deben ajustar para permitir el libre movimiento de la estructura. Si la infraestructura y la superestructura van a ser construidas bajo contratos separados, los pernos de anclaje deben colocarse por el constructor de la infraestructura y debe ser responsabilidad del constructor de la superestructura proporcionar al primero los pernos de

anclaje, los planos correctos para su colocación y el acompañamiento en la instalación.

650.4.4.5.4 Láminas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre

Cuando se empleen láminas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre, de la calidad especificada en el numeral 650.2.9.3, las superficies de deslizamiento del acero en contacto con las láminas de soporte o de expansión, deben ser recubiertas con un lubricante del tipo recomendado por el fabricante de las láminas.

650.4.4.5.5 Balancines y soportes colgantes

A menos que se indique en otra forma en los documentos del proyecto o disposiciones especiales, los soportes especiales, como los balancines y los soportes colgantes para tramos suspendidos, deben ser colocados a plomo, y los dispositivos de expansión ajustados a la temperatura durante el montaje y tomando en cuenta el cambio de longitud de la estructura debido a la deflexión por carga muerta.

650.4.4.6 Enderezamiento de material doblado y contraflecha

650.4.4.6.1 Enderezamiento de material doblado

El enderezamiento de platinas, ángulos, otros perfiles y elementos armados, cuando lo autorice el interventor, se debe llevar a cabo por métodos que no produzcan roturas u otros tipos de averías. Los elementos torcidos se

deben enderezar por medios mecánicos, con la aprobación del interventor, por procedimientos planeados cuidadosamente y aplicación supervisada de una cantidad limitada de calor. Los elementos de acero de calidad NTC 4012 (ASTM A852), solamente se pueden enderezar al calor, mediante procedimientos rígidamente controlados y cada aplicación de calor debe estar sujeta a la aprobación del interventor. La temperatura máxima debe cumplir con el numeral 650.4.2.4 y no exceder de cuatrocientos ochenta grados Celsius (480 °C), respectivamente, en el metal de aporte o dentro de quince centímetros (15 cm) de este. La temperatura se puede controlar con tizas indicadoras de temperatura, líquidos o termómetros bimetales.

Las paredes que se han de enderezar al calor, deben estar sustancialmente libres de esfuerzos y de fuerzas externas, salvo los esfuerzos resultantes de los medios mecánicos utilizados conjuntamente con la aplicación de calor.

Luego del enderezado de una curva o bomba, se debe inspeccionar cuidadosamente la superficie del metal, para detectar cualquier tipo de rotura.

650.4.4.6.2 Contraflecha

La corrección de errores en el bombeo en vigas y viguetas de material NTC 4014 (ASTMA514), se hace solamente bajo procedimientos rígidamente controlados.

650.4.4.7 Ensamblaje

Las partes se deben ensamblar con exactitud, siguiendo las indicaciones de los documentos del proyecto y las contramarcas de montaje. El

material se debe manejar con cuidado, a fin de evitar que alguna de las partes sufra dobleces, rupturas y averías. Se debe impedir el martilleo que cause daños o torceduras a los elementos. Antes del ensamble de los elementos, se deben limpiar las superficies de apoyo y aquellas que estén en contacto permanente.

650.4.4.8 Conexiones con pasadores

El clavado de pasadores se debe llevar a cabo con la utilización de tuercas guías y tuercas de golpeo suministradas por el constructor sin costo alguno para INVÍAS. Los pasadores se clavan en forma tal, que los elementos tengan contacto completo sobre ellos. Las tuercas de los pasadores se deben atornillar con fuerza y las roscas se deben escariar con una herramienta en el lado de la tuerca.

650.4.4.9 Pintura de campo

Cuando el trabajo de montaje en el campo haya terminado, incluyendo el empernado, soldado y el enderezado del metal doblado, se debe eliminar todo el óxido, escamas, suciedad, grasa y otro material extraño adherido, según se especifica en el numeral 650.4.2.21.1, antes de la aplicación de cualquier pintura.

Se debe aplicar una (1) mano de retoque a los pernos y soldaduras de campo, inspeccionados y aprobados, y a todas las superficies cuya pintura de taller se haya gastado o deteriorado.

Cuando la mano de retoque de campo haya secado completamente y la limpieza de campo se haya terminado satisfactoriamente, se deben aplicar las manos de campo que sean requeridas en los documentos del proyecto o

las disposiciones especiales, pero no menos de dos (2).

En ningún caso, se debe aplicar una (1) mano de pintura hasta que la anterior haya secado completamente en todo el espesor de la película de pintura. Todos los intersticios y cavidades pequeñas que no fueron selladas a prueba de agua al suministrar la primera mano de campo, se deben llenar con productos aprobados por la interventoría.

Aquellas superficies que sean inaccesibles después del montaje, se deben pintar previamente con dos (2) manos de campo.

La aplicación de la segunda mano de campo se debe posponer hasta que se haya colocado y acabado el trabajo del concreto adyacente. Si las operaciones del concreto han dañado la pintura, la superficie afectada se debe limpiar y pintar de nuevo, sin que sea posible cargar el costo al presupuesto del contrato de obra respectivo.

Si el tránsito produce una cantidad dañina de polvo, el constructor debe, antes de aplicar la pintura (sin cargar el costo al presupuesto del contrato de obra respectivo), reprimir el polvo a una distancia prudencial y tomar precauciones necesarias para evitar que este y la suciedad entren en contacto con las superficies pintadas.

Las limitaciones climatológicas indicadas para la pintura en taller, deben regir igualmente para la pintura de campo.

650.4.4.10 Ajustes de defectos

La corrección de defectos menores que comprenden pequeñas cantidades de rimado, cortado y virutas, se debe considerar como parte normal del montaje. Sin embargo, cualquier error en la fabricación de taller o deformación resultante del manejo y transporte, que impida el ensamble correcto y el encaje de las partes por el uso moderado de pasadores de montaje o por una cantidad apreciable de rimado y cortado o cincelado, se debe reportar inmediatamente al interventor y debe obtener la aprobación del método de corrección, la cual se debe realizar en presencia de este. Si se trata de un contrato de montaje únicamente, el interventor, con la cooperación del constructor, debe mantener un registro completo de los materiales y la mano de obra utilizados.

650.4.5 Remoción de la obra falsa y limpieza

Al terminar el montaje y antes de su aceptación final, el constructor debe retirar toda obra falsa, materiales excavados y no utilizados, desechos, basura y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable toda la propiedad, tanto pública como privada, que pueda haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura y el área adyacente, limpios y presentables.

650.4.6 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la fabricación, embarque, almacenamiento y montaje de estructuras de acero, se deben realizar tenien-

do en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

650.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

650.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Se deben efectuar los controles estipulados en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes, AISC-360, AISC-303, AWS D 1.1 y AWS D 1.5.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar que los materiales empleados cumplan los requisitos de calidad especificados.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Corroborar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.

- Vigilar que los trabajos se realicen de acuerdo con los documentos del proyecto, las disposiciones especiales y esta especificación.
- Comprobar que las conexiones con pernos tengan la tensión apropiada.

El interventor debe revisar y aprobar, cuando corresponda, los diseños, planos y diagramas necesarios para la ejecución de los trabajos; así mismo, debe evaluar los métodos de trabajo propuestos por el constructor y los debe aprobar cuando los considere adecuados; también, debe exigir las certificaciones requeridas para el equipo de soldadura y sus operarios.

Los ensayos se deben llevar a cabo en un laboratorio que cuente con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad, que pueda demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar, además, con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. También debe tener un programa de calibración de sus equipos y asegurar que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).

- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El interventor debe medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el constructor.

650.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

650.5.2.1 Recibo de materiales

Siempre que lo considere conveniente, el interventor puede exigir al constructor los informes de análisis químicos y pruebas físicas efectuadas por el fabricante, que determinen la calidad del acero empleado. Si no los suministra, el interventor, puede ordenar la ejecución de las pruebas pertinentes, a expensas del constructor. Todo material que no cumpla las exigencias de la respectiva especificación, debe ser rechazado.

650.5.2.2 Identificación

El interventor se debe abstener de autorizar la fabricación de la estructura, si las piezas no están debidamente identificadas como se indica en el numeral 650.4.1.2.

650.5.2.3 Perforaciones

Solamente se debe aceptar acero en el cual las perforaciones efectuadas a las piezas se encuentren dentro de las tolerancias mencionadas en el numeral 650.4.2.3.

650.5.2.4 Fabricación y montaje

El interventor únicamente debe admitir la obra llevada a cabo de acuerdo con los diseños y los planos de fabricación, taller y montaje, empleando los materiales adecuados y cumpliendo los requisitos y tolerancias establecidos en los diferentes apartes del numeral 650.4.

Todo material u obra ejecutada, cuya calidad y características no se ajusten a los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación, deben ser corregidos por el constructor, sin costo alguno para INVÍAS, empleando procedimientos aprobados por el interventor.

650.6 Medida

La unidad de medida del acero estructural debe ser el kilogramo (kg), aproximado al entero, de acero incorporado en la estructura, de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor, esta especificación y la NTC 5832. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida debe incluir el acero estructural, apoyos especiales y demás materiales complementarios requeridos en los documentos del proyecto y disposiciones especiales, satisfactoriamente suministrados y montados, incorporados permanentemente en la estructura objeto del trabajo.

Los tipos de miembros de acero y otros materiales estructurales que se midan, deben estar de acuerdo con la clasificación señalada en los

documentos del proyecto o en las disposiciones especiales. Los pernos de anclaje se deben contar para el pago, aún cuando los mismos no sean instalados por el constructor.

No se debe hacer medida por separado de los pasadores y pernos de montaje; soldaduras, pintura de taller y de campo; galvanizado; cajas, jaulas y otros empaques usados para embarques; planos de fabricación, taller y montaje, diseño y construcción de obra falsa; soleras, puntales y varillas empleadas para sostener las piezas durante su transporte y montaje; y demás materiales requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo de acuerdo con los documentos aprobados por el interventor y estas especificaciones.

Tampoco debe haber medida separada de almohadillas elastoméricas o preformadas, excepto si ellas se consideran en otra partida de pago.

650.6.1 Masa de los metales

Se debe calcular con base en las siguientes masas unitarias, en kilogramos por metro cúbico (kg/m³):

- Aluminio fundido o forjado: dos mil setecientos setenta (2 770)
- Bronce fundido: ocho mil quinientos ochenta (8 580)
- Aleación de cobre: ocho mil quinientos ochenta (8 580)
- Cobre en láminas: ocho mil novecientos treinta (8 930)
- Hierro fundido: siete mil ciento veinte (7 120)

- Hierro maleable: siete mil quinientos veinte (7 520)
- Hierro forjado: siete mil setecientos noventa (7 790)
- Plomo en láminas: once mil trescientos diez (11 310)
- Acero, laminado, fundido, cobrizo, al silicio, al carbón, aleado, al níquel e inoxidable, todos los grados: siete mil ochocientos cuarenta (7 840)
- Zinc: siete mil doscientos (7 200)

650.6.2 Perfiles, láminas, barras y tuberías de acero

Como una excepción de lo estipulado anteriormente, las masas de los perfiles estructurales y otras piezas laminadas a rodillo, barras y láminas, así como la tubería de acero, se deben calcular con base en los pesos nominales indicados en los manuales, usando las medidas mostradas en los planos aprobados de fabricación. A menos que se indique en otra forma en dichos planos, se deben deducir todos los recortes, cortes y agujeros abiertos, con excepción de los agujeros para pernos.

No se deben permitir tolerancias para excesos de peso ni para capas protectoras. La masa de todas las cuñas mostradas en los planos aprobados de fabricación, se deben incluir en la cantidad de acero estructural que se deba pagar.

650.6.3 Masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldanas y puntas roscadas salientes de pernos

La masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldanas y puntas roscadas salientes de

pernos, se deben calcular con base en los valores indicados en la Tabla 650 – 7.

650.6.4 Soldaduras

En concordancia con lo dispuesto en la NTC 5832, no se debe incluir el peso de la soldadura para la cuantificación de cantidades, por lo tanto el costo de la soldadura debe tenerse en cuenta en el precio unitario del kilogramo de acero.

650.6.5 Piezas fundidas

La masa de las piezas fundidas se debe calcular con base en las medidas mostradas en los documentos del proyecto, descontando los agujeros, y añadiéndole un cinco por ciento (5 %) como compensación por biseles y excedentes. Pueden ser sustituidas las masas calculadas por los pesos de la báscula en el caso de partes fundidas pequeñas y complejas, sobre las cuales resultan difíciles los cálculos de masas exactas.

650.7 Forma de pago

El pago se debe realizar al precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

650.7.1 Diseño y fabricación de estructura metálica

El precio unitario para el diseño y la fabricación de la estructura metálica, debe cubrir todos los costos por concepto del diseño de la estructura, planos de diseño, planos de fabricación, taller y montaje, suministro de materia prima, cargues, transportes, descargues, almacenamiento, corte, ensayos, patentes, desperdi-

cios, fabricación y montaje en el taller, pintura de taller, soldaduras, equipo y mano de obra necesarios para ejecutar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación. Además, debe incluir la administración, los imprevistos y la utilidad del constructor.

650.7.2 Fabricación de estructura metálica

El precio unitario por la fabricación de la estructura metálica debe comprender todos los conceptos mencionados en el numeral 650.7.1, excepto el valor del diseño de la estructura.

El precio unitario debe incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

650.7.3 Transporte de estructura metálica

El precio unitario para el transporte de la estructura metálica debe cubrir todos los costos por concepto de trasladar la estructura, aceptada por el interventor, del taller al sitio de instalación de la obra, y su almacenamiento de acuerdo con las indicaciones del interventor.

El precio unitario debe incluir, igualmente, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

650.7.4 Montaje y pintura de estructura metálica

El precio unitario para el montaje y la pintura de la estructura metálica debe cubrir todos los costos por concepto de elaboración de diagra-

mas de montaje, materiales y diseño y construcción de la obra falsa; equipos, mano de obra, andamios, instalaciones temporales y cables aéreos; así como los costos por concepto de ensamblaje y erección de la estructura en el sitio de la obra; los ajustes de defectos; el suministro y transporte de la pintura de campo, la preparación de las superficies metálicas, soldadura, la aplicación de las manos de pintura especificadas; la señalización temporal de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, y en general, todo costo necesario para el correcto montaje y pintura de campo de la estructura de acero.

El precio unitario debe incorporar, también, la administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

650.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
650.1	Diseño y fabricación de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.2	Fabricación de la estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.3	Transporte de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.4	Montaje y pintura de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.5	Transporte marítimo y/o fluvial de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.6	Diseño y fabricación de estructura metálica galvanizada	Kilogramo (kg)
650.7	Fabricación de la estructura metálica galvanizada	Kilogramo (kg)
650.8	Montaje de estructura metálica galvanizada	Kilogramo (kg)
650.9	Transporte marítimo y/o fluvial de estructura metálica galvanizada	Kilogramo (kg)

Tubería de concreto simple

Artículo 660 – 22

660.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, el almacenamiento, el manejo y la colocación de tubería de concreto simple, con los diámetros, los alineamientos, las cotas y las pendientes mostrados en los documentos del proyecto; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de estas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas, y la remoción y disposición del material sobrante.

660.2 Materiales

660.2.1 Tubería

La tubería que suministre el constructor debe cumplir los requisitos de la NTC 1022. Los tubos deben ser elaborados con una mezcla homogénea de concreto de calidad que cumpla los requisitos de resistencia al aplastamiento, la absorción y la permeabilidad indicados en la Tabla 660 – 1 y determinados de acuerdo con las indicaciones de la NTC 3676. Los requisitos de durabilidad correspondientes al artículo 630, Concreto

estructural, deben ser aplicados a las tuberías de concreto simple.

En todo caso, el tamaño máximo nominal del agregado grueso no puede exceder de diecinueve milímetros (19,0 mm) (3/4 de pulgada) y la mezcla no puede contener menos de trescientos treinta kilogramos (330 kg) de cemento por metro cúbico (m^3) de concreto. Así mismo, la relación agua/material cementante (a/mc) no debe exceder de cero coma cincuenta y tres (0,53) en masa.

Cada tubo debe tener una longitud aproximada de entre ochenta y ciento veinte centímetros (0,80 m – 1,20 m) y sus extremos deben estar diseñados de manera que permitan un encaje adecuado entre ellos, formando un conducto continuo con una superficie interior lisa y uniforme.

Adicionalmente, los tubos deben cumplir los requisitos de permeabilidad especificados en la NTC 3676.

La prueba de abrasión, de obligatorio cumplimiento, se debe realizar de acuerdo con el procedimiento especificado en Norma Técnica EAAB NP-027.

Tabla 660 — 1. Requisitos físicos para tuberías de concreto simple

Diámetro nominal interno (mm)	Clase I		Clase II		Clase III		Absorción máxima (%)	
	Espesor mínimo de pared (mm)	Resistencia mínima tres (3) apoyos (kN)	Espesor mínimo de pared (mm)	Resistencia mínima tres (3) apoyos (kN)	Espesor mínimo de pared (mm)	Resistencia mínima tres (3) apoyos (kN)	Método	
							A	B
450	38	32,0	50	44,0	57	48,0	9,0	8,5
500	42	33,0	55	47,0	65	53,5		
600	54	38,0	72	52,5	85	64,0		

Nota: para diámetros internos superiores a seiscientos milímetros (600 mm) se debe utilizar tubería de concreto reforzado.

660.2.2 Material para solado, atraque y relleno de zanja

Los materiales para el solado, el atraque y el relleno de la zanja deben ser los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, materiales de recebo, materiales granulares tipo SBG y BG, gravilla y arena que se utilicen deben cumplir, respectivamente, lo indicado en los numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.5 y 610.2.6, del artículo 610, Rellenos para estructuras.

El tamaño máximo del material para solado y atraque de los tubos no debe ser mayor que veinticinco milímetros (25 mm) (1 pulgada) y el material para rellenos alrededor del tubo no superior a setenta y cinco milímetros (75 mm) (3 pulgadas). El tamaño máximo del material no debe exceder la mitad del espesor de la capa compactada.

Si los documentos del proyecto indican que el solado y/o el atraque para la tubería se deben ejecutar en concreto simple, este se debe elaborar según lo especificado en el artículo 630. La resistencia mínima a la compresión,

si los documentos del proyecto no indican otra cosa, debe ser de catorce megapascuales (14 MPa) a veintiocho días (28 d), medida según la norma de ensayo INV E-410/NTC 673.

660.2.3 Sello para juntas

Las juntas para las uniones de los tubos se deben sellar con empaques flexibles que cumplan la especificación ASTM C990 y/o ASTM C443, con mortero o con lechada de cemento. Si se emplea mortero, este debe ser una mezcla volumétrica de una parte de cemento hidráulico y tres de arena aprobada, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable.

660.3 Equipo

Se requieren, principalmente, elementos para la producción de agregados pétreos y fabricación y curado de la mezcla de concreto, conforme se indica en el numeral 630.3 del artículo 630, moldes para la fabricación de los tubos y equipos para su transporte y colocación en el sitio de las obras.

660.4 Ejecución de los trabajos

660.4.1 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

660.4.1.1 Aspectos generales

Los documentos del proyecto deben indicar la condición de la instalación de la tubería, que puede ser una de las siguientes:

- Tubería en zanja.
- Tubería en zanja inducida.
- Tubería en terraplén.

La secuencia de ejecución de la instalación que implemente el constructor debe garantizar que se cumplen las condiciones de diseño consignadas en los documentos del proyecto. Si el cumplimiento de estas condiciones no es razonablemente posible a criterio del interventor y por instrucción de este, se debe notificar al Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) la necesidad de ajustar el diseño de la instalación.

Cuando una corriente de agua impida la ejecución de los trabajos, el constructor la debe desviar hasta cuando se pueda conducir a través de la tubería.

Se deben implementar medidas para prevenir la migración de finos cuando los niveles de agua o las condiciones existentes puedan propiciar su ocurrencia, con el fin de evitar la pérdida de soporte de la tubería.

660.4.1.2 Excavación de la zanja

La longitud de zanja por delante de la instalación de la tubería debe ser la mínima posible.

Se debe respetar la profundidad, el ancho y la inclinación de las caras de la excavación mostradas en los documentos del proyecto; esta debe tener, en lo posible, caras verticales. El ancho de la excavación debe permitir la adecuada colocación y compactación de los materiales de rellenos laterales de la tubería.

El fondo de la zanja debe ser excavado a una profundidad de no menos de quince centímetros (15 cm) debajo de las cotas especificadas del fondo de la tubería. Dicha excavación se debe realizar conforme se indica en el artículo 600, Excavaciones varias, previo el desmonte y la limpieza requeridos. Si en el fondo de la excavación se encuentran piedras, estas se deben remover de manera que no queden a menos de quince centímetros (15 cm) de la tubería.

No se debe colocar el material de excavación cerca al borde de la zanja.

660.4.1.3 Entibado

El constructor debe implementar todas las medidas que se requieran para mantener la estabilidad de la excavación y garantizar la protección de los trabajadores, la obra en construcción y/o las construcciones existentes alrededor.

Independiente de las condiciones de estabilidad de la zanja, se deben instalar entibados para zanjas que tengan más de ciento veinte centímetros (1,20 m) de profundidad en la cual deban entrar trabajadores.

660.4.1.4 Terraplenes

Si la tubería se va a instalar sobre el terreno natural o sobre terraplenes, aquel se debe

limpiar, excavar, rellenar, conformar y compactar, de acuerdo con lo especificado en los artículos 200, Desmonte y limpieza; 600, Excavaciones varias; y 220, Terraplenes, de manera que la superficie compactada quede quince centímetros (15 cm) debajo de las cotas proyectadas del fondo exterior de la tubería. El material utilizado en el relleno debe clasificarse como adecuado o seleccionado, según lo dispuesto en el numeral 220.2.2 del artículo 220 y su compactación debe ser, como mínimo, el noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142). En caso de que se requiera, se debe efectuar la corrección previa por presencia de partículas gruesas, según establece la norma de ensayo INV E-143.

660.4.2 Colocación del material de solado para la tubería

Una vez preparada la superficie, se debe colocar el material indicado en los documentos del proyecto, de manera uniforme, a todo lo largo de la tubería, con el ancho y la sección indicados en dichos documentos, conforme lo que señala al respecto el artículo 610.

El material de solado se debe compactar hasta alcanzar el grado establecido en el numeral 610.5.2.2.1 del artículo 610, salvo que, en el caso de gravilla o arena, los documentos del proyecto indiquen que este material se deba colocar en estado suelto. El espesor de las capas para construir el solado debe ser el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo este.

Cuando la tubería tenga campanas expandidas, se deben realizar excavaciones en el

material de solado, para garantizar que el cuerpo de la tubería quede adecuadamente apoyado.

Si el solado es en concreto, este se debe colocar con un espesor no menor de quince centímetros (15 cm) y en un ancho equivalente al diámetro más exterior de la tubería más treinta centímetros (30 cm) a cada lado, o según lo establecido en los documentos del proyecto o lo aprobado por el interventor, empleando un concreto de las características descritas en el numeral 660.2.2 de esta especificación.

660.4.3 Colocación de la tubería

La tubería se debe instalar de acuerdo con los alineamientos y los niveles indicados en los documentos del proyecto, en forma ascendente, comenzando por el lado de salida y con los extremos acampanados o de ranura dirigidos hacia el cabezal o la caja de entrada de la obra.

No se debe permitir hacer ajustes en los niveles de la tubería mediante operaciones como ejercer fuerza sobre los tubos, levantar y dejar caer la tubería o levantarla e insertar material de solado debajo de la misma. Si una sección de tubería no se ajusta a las cotas del proyecto, se debe desempatar, remover la sección, corregir el atraque según las cotas del proyecto y reinstalar la tubería.

En el caso de atraque en concreto, la tubería se debe instalar mientras el concreto del solado esté fresco.

En las instalaciones múltiples de tubería, la línea central de cada una debe ser paralela a las demás. Si los documentos del proyecto no

indican otra cosa, la distancia libre entre dos (2) líneas de tubería debe ser igual a medio (1/2) diámetro, pero no inferior a seiscientos milímetros (600 mm).

660.4.4 Juntas

Las juntas de los tubos deben estar diseñadas y los extremos de estos conformados de tal manera que se puedan unir ofreciendo un conducto continuo e impermeable.

Las juntas se deben ejecutar con los materiales y los requisitos establecidos en la ficha técnica suministrada por el fabricante de las tuberías. Se pueden aceptar juntas con empaque de caucho que brinden total estanqueidad a las tuberías.

También, se aceptan juntas con mortero o lechada, para lo cual se deben humedecer completamente antes de hacer la unión con mortero. Previamente a la colocación del tubo siguiente, las mitades inferiores de las campanas o ranuras de cada tubo se deben llenar con mortero de suficiente espesor para permitir que la superficie interior de los tubos quede a un mismo nivel. Después de colocar el tubo, el resto de la junta se debe llenar con el mortero, usando una cantidad suficiente para formar un anillo exterior alrededor de la junta. El interior de la junta se debe limpiar y alisar.

Después del fraguado inicial, el mortero de los anillos exteriores se debe proteger contra el aire y el sol con una cubierta de tierra saturada o una arpillera húmeda.

El mortero para las juntas de la tubería debe estar constituido por una (1) parte de cemento hidráulico y tres (3) partes de

arena para concreto, medidas por volumen en estado seco, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca, pero trabajable.

Alternativamente, se puede emplear una lechada espesa de cemento hidráulico.

Para las juntas con lechada de cemento, se deben emplear moldes u otros medios aprobados por el interventor, para retener la lechada vertida o bombeada. El interior de la junta se debe limpiar y alisar.

660.4.5 Atraque

El atraque se debe construir con el material indicado en los documentos del proyecto, de manera uniforme, a todo lo largo de la tubería, con el ancho y la sección indicados en dichos documentos, conforme lo que al respecto señala el artículo 610.

El material de atraque se debe compactar hasta alcanzar el grado de compactación establecido en el numeral 610.5.2.2.1 del artículo 610. El espesor de las capas para construir el atraque debe ser el adecuado para que, con los equipos contemplados en los documentos del proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo este. El avance del relleno de atraque debe ser parejo a ambos lados del tubo para evitar su desplazamiento.

En el caso de atraque en concreto, tan pronto se hayan asentado los tubos en el solado de concreto, y una vez endurecido el mortero o la lechada de las juntas, se deben atracar a los lados, con una mezcla igual a la utilizada en el solado, hasta una altura no menor de un cuarto (1/4) del diámetro exterior del tubo o la que muestren los documentos del proyecto.

El tubo se debe asegurar y lastrar para prevenir desplazamientos durante la colocación del concreto.

660.4.6 Rellenos

Una vez terminado de construir el atraque y, en el caso de que sea en concreto, cuando este haya curado suficientemente, se debe efectuar el relleno de la zanja conforme a lo que al respecto señala el artículo 610, utilizando el material indicado en los documentos del proyecto.

El material de relleno se debe compactar hasta alcanzar el grado establecido en el numeral 610.5.2.2.1 del artículo 610. El espesor de las capas para construir el relleno debe ser el adecuado para que, con los equipos contemplados en los documentos del proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo este. El avance del relleno debe ser parejo a ambos lados del tubo para evitar su desplazamiento.

Los rellenos deben tener como mínimo sesenta centímetros (60 cm) de altura, medida desde la cota clave del tubo hasta el nivel del terreno natural o el nivel de la subrasante del pavimento.

660.4.7 Limpieza

Terminados los trabajos, el constructor debe limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, los cuales se deben transportar y disponer en los sitios aceptados por el interventor y de acuerdo con los procedimientos aprobados por este.

660.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

660.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

660.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado de funcionamiento del equipo de construcción.
- Comprobar que los tubos y demás materiales y mezclas por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Verificar que el alineamiento y la pendiente de la tubería estén de acuerdo con los requisitos de los documentos del proyecto.

El interventor debe medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el constructor.

660.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

660.5.2.1 Calidad de la tubería

Los tubos de concreto simple deben cumplir los criterios de aceptación establecidos en la NTC 1022.

El interventor se debe abstener de autorizar el empleo de tubos que presenten:

- Fracturas o grietas que atraviesen la pared, excepto una grieta en el extremo que no exceda el espesor de la junta.
- Defectos que indiquen dosificación, mezcla o moldeo inadecuados.
- Defectos superficiales tales como hormigueros y textura abierta.
- Extremos dañados que impidan la construcción de juntas aceptables.
- Planos de los extremos de los tubos que no sean perpendiculares al eje longitudinal. Sin embargo, se deben respetar las variaciones especificadas en la Tabla 660 — 2.

Los tubos pueden ser sometidos a reparaciones, en caso de que sea necesario, debido a imperfecciones originadas en el proceso de fabricación o a defectos ocasionados durante la manipulación. En tal caso los tubos se deben aceptar si, a criterio del interventor y por instrucción de este, el tubo reparado satisface los requisitos de esta especificación.

El constructor debe suministrar al interventor, sin costo para INVÍAS, muestras para ensayo

hasta del cero coma cinco por ciento (0,5 %) del número de tubos de cada diámetro incluidos en la obra, sin que en ningún caso sean menos de dos ejemplares. Los tubos se deben encontrar sanos y tener la longitud completa.

El ensayo de resistencia al aplastamiento se debe efectuar sobre, por lo menos, el setenta y cinco por ciento (75 %) de los tubos recibidos para ensayo. La tubería se debe considerar satisfactoria si todos los tubos de prueba igualan o exceden la resistencia mencionada en la Tabla 660 — 1. Si uno o más tubos no cumplen este requisito, el constructor debe suministrar, a su costa, dos tubos por cada tubo no satisfactorio y el embarque solo puede ser aceptado cuando todos los tubos adicionales cumplan el requisito de resistencia.

De cada tubo satisfactorio se debe tomar una muestra para el ensayo de absorción, la cual debe tener un área de entre setenta y siete y ciento veintinueve centímetros cuadrados ($77 \text{ cm}^2 - 129 \text{ cm}^2$), un espesor igual al de la pared del tubo y estar exenta de astillamientos o grietas visibles. El embarque solo se debe considerar satisfactorio si todas las muestras ensayadas cumplen el requisito de absorción.

660.5.2.2 Tolerancias en las dimensiones de los tubos

Se deben permitir, como máximo, las variaciones establecidas en la Tabla 660 — 2. El interventor debe rechazar los tubos de concreto simple cuyas dimensiones excedan las tolerancias mencionadas en dicha tabla.

Tabla 660 — 2. Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto simple

Diámetro nominal interno (mm)	Variación (±) permitida en diámetro nominal interno (mm)	Disminución permitida en espesor de pared (mm) (Nota 1)	Disminución permitida en longitud del tubo (mm) (Nota 2)	Variación permitida en la longitud de dos lados opuestos del tubo	Pérdida de rectitud
450	7	3	13	El mayor valor entre 6 mm o 2 % del diámetro nominal	Hasta 10 mm por metro de longitud
500	8				
600	10				

Nota 1: respecto de los valores de la Tabla 660 — 1 o el establecido en la ficha técnica suministrada por el fabricante en caso de que sea mayor que el mostrado en la Tabla 660 — 1.

Nota 2: respecto de la longitud especificada en la ficha técnica suministrada por el fabricante.

660.5.2.3 Materiales para solado, atraque y relleno

En relación con la calidad y la compactación de los materiales para solado, atraque y relleno diferentes al concreto, se deben aplicar los criterios expuestos en los numerales 610.5.2.1 y 610.5.2.2.1 del artículo 610.

660.5.2.4 Concreto para solado y atraque

En relación con la calidad de los materiales para la mezcla, se deben aplicar los criterios expuestos en el numeral 630.5.1 del artículo 630.

En relación con la calidad de la mezcla elaborada, se debe aplicar lo descrito en el numeral 630.5.2 del mismo artículo. Por lo tanto, si la resistencia de los cilindros tomados en la obra no es satisfactoria, el interventor debe rechazar el volumen del concreto correspondiente y el constructor debe demoler la obra ejecutada, y remover, cargar, transportar y depositar los escombros en los sitios aprobados por el interventor, mediante los

procedimientos autorizados por este. Así mismo, el constructor debe reconstruir el área afectada con una mezcla satisfactoria. Estas operaciones las debe realizar sin costo adicional para INVÍAS.

El interventor no debe autorizar la colocación del concreto para solado, si la superficie de apoyo no se encuentra correctamente preparada.

660.5.2.5 Calidad del producto terminado

La tubería puede ser objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento de más de diez milímetros por metro de longitud (10 mm/m).

El interventor tampoco debe aceptar los trabajos si, a su criterio, las juntas están deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los defectos en los trabajos ejecutados deben ser reemplazados y subsanados por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de

acuerdo con las instrucciones del interventor y su aprobación.

660.6 Medida

La unidad de medida de la tubería debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de tubería de concreto simple suministrada y colocada de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación, aprobada por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se debe realizar entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. Para efectos de pago, no se debe medir ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites aprobados por el interventor.

660.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, según el diámetro de la tubería, por toda obra ejecutada, de acuerdo con esta especificación y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir todos los costos por concepto de suministro en el lugar de los tubos y su instalación; el suministro de los demás materiales y mezclas requeridos para las juntas y conexiones; la ejecución de las juntas; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas; el suministro e instalación de los entibados que se puedan requerir; la

señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de las obras; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte, la disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Se exceptúan los costos relacionados con el desmonte y la limpieza, los cuales se deben cubrir con cargo al artículo 200, Desmonte y limpieza; los de excavación, los cuales se deben considerar en el artículo 600, Excavaciones varias; los de rellenos de solado, atraque y relleno de zanja, que se deben cubrir con cargo a los artículos 610, Rellenos para estructuras; o 630, Concreto estructural; según sea aplicable; y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, los cuales deben quedar cubiertos por los artículos 630, Concreto estructural; y 640, Acero de refuerzo.

660.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
660.1	Tubería de concreto simple, clase ___ de ___ mm de diámetro interior.	Metro (m)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada clase de tubería de concreto simple y cada diámetro que tengan las tuberías consideradas en los documentos del proyecto.

Tubería de concreto reforzado

Artículo 661 – 22

661.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, el almacenamiento, el manejo y la colocación de tubería de concreto reforzado, con los diámetros, las armaduras, los alineamientos, las cotas y las pendientes mostrados en los documentos del proyecto; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de estas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas, y la remoción y disposición de los materiales sobrantes.

661.2 Materiales

661.2.1 Tubería

La tubería que suministre el constructor debe cumplir los requisitos de la NTC 401. La clase de tubería y su diámetro interno se deben indicar en los documentos del proyecto, de acuerdo con los diámetros máximos citados en la mencionada norma. Los extremos de los tubos y el diseño de las juntas deben ser tales, que se garantice un encaje adecuado entre secciones continuas, de manera que brinden un conducto permanente y libre de irregularidades en la línea de flujo.

Los requisitos de resistencia al agrietamiento y rotura que deben cumplir los tubos son los especificados en la NTC 401. Los requisitos de durabilidad correspondientes al artículo 630,

Concreto estructural, deben ser aplicados a las tuberías de concreto reforzado.

La prueba de abrasión, de obligatorio cumplimiento, se debe realizar de acuerdo con el procedimiento especificado en la norma técnica EAAB NP-027.

661.2.2 Material para solado, atraque y relleno de zanja

Los materiales para el solado, atraque y relleno de la zanja deben ser los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, los materiales de recebo, los materiales granulares tipo SBG y BG, gravilla y arena que se utilicen deben cumplir, respectivamente, lo indicado en los numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.5 y 610.2.6 del artículo 610, Rellenos para estructuras.

El tamaño máximo del material para solado y atraque de los tubos no debe ser mayor que veinticinco milímetros (25 mm) (1 pulgada) y el material para rellenos alrededor del tubo no debe exceder los setenta y cinco milímetros (75 mm) (3 pulgadas). El tamaño máximo del material no debe superar la mitad del espesor de la capa compactada.

Si los documentos del proyecto indican que el solado y/o el atraque para la tubería se deben ejecutar en concreto simple, este se debe elaborar según lo especificado en el

artículo 630. La resistencia mínima a la compresión, si los documentos del proyecto no indican otra cosa, debe ser de catorce megapascales (14 MPa) a veintiocho días (28 d), medida según la norma de ensayo INV E-410/NTC 673.

661.2.3 Sello para juntas

Las juntas para las uniones de los tubos se deben sellar con empaques flexibles que cumplan la especificación ASTM C990 y/o la ASTM C443, con mortero o con lechada de cemento. Si se emplea mortero, este debe ser una mezcla volumétrica de una parte de cemento hidráulico y tres de arena aprobada, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca, pero trabajable.

661.3 Equipo

Se requieren, principalmente, elementos para la producción de agregados pétreos y fabricación y curado de la mezcla de concreto, conforme se indica en el numeral 630.3 del artículo 630; herramientas adecuadas para la correcta colocación del refuerzo; moldes para la fabricación de los tubos, y equipos para su transporte y colocación en el sitio de las obras.

661.4 Ejecución de los trabajos

661.4.1 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

La preparación de las condiciones de instalación de la tubería se debe hacer de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.1 del artículo 660, Tubería de concreto simple.

661.4.2 Colocación del material de solado para la tubería

La colocación del material de solado para la tubería se debe llevar a cabo, según lo indicado en el numeral 660.4.2 del artículo 660.

661.4.3 Colocación de la tubería

La colocación de la tubería se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.3 del artículo 660.

661.4.4 Juntas

Para la elaboración de las juntas, se deben aplicar las indicaciones del numeral 660.4.4 del artículo 660.

661.4.5 Atraque

La colocación del material de atraque para la tubería se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.5 del artículo 660.

661.4.6 Rellenos

Para la ejecución de los rellenos, se deben aplicar las indicaciones del numeral 660.4.6 del artículo 660.

661.4.7 Limpieza

Terminados los trabajos, el constructor debe limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el interventor y de acuerdo con procedimientos aprobados por este.

661.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

661.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

661.5.1 Controles

Se deben llevar a cabo los mismos controles generales indicados en el numeral 660.5.1 del artículo 660.

661.5.2 Condiciones específicas para el recibo y las tolerancias

661.5.2.1 Calidad de la tubería

Los tubos de concreto reforzado deben cumplir los criterios de aceptación establecidos en la NTC 401.

El interventor se abstiene de aceptar el empleo de tubos que presenten:

- Fracturas o grietas que atraviesen la pared, excepto una grieta en el extremo que no exceda el espesor de la junta.
- Defectos que indiquen dosificación, mezcla o moldeo inadecuados.

- Defectos superficiales tales como hormigueros o textura abierta.
- Extremos dañados que impidan la construcción aceptable de juntas.
- Cualquier grieta continua que tenga un ancho superficial de tres décimas de milímetro o mayor ($\geq 0,3$ mm) y se extienda por una longitud de trescientos milímetros o más (≥ 300 mm), independientemente de su posición en el tubo.

El constructor debe suministrar, sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), el número requerido de tubos para los ensayos, los cuales se deben elegir al azar y corresponden a tubos que no serían rechazados bajo las exigencias de esta especificación. El número de tubos no debe exceder el dos por ciento (2 %) del total necesario en la obra para cada diámetro.

El constructor debe presentar al interventor una certificación con los resultados de los ensayos de calidad efectuados por el fabricante al lote de tubos del cual forman parte los suministrados a la obra. Esta certificación en ningún caso debe ser motivo suficiente para la aceptación de dichos tubos por parte del interventor.

Los tubos se deben someter al ensayo de resistencia al aplastamiento, según la NTC 3676 y la carga necesaria para producir una grieta de cero coma tres milímetros (0,3 mm) o la carga última, no puede ser inferior a la prescrita en la tabla que corresponda de la NTC 401 para cada una de las clases existentes. La tubería es aceptable bajo los ensayos de resistencia, si todos los tubos probados cumplen los requisitos. En caso contrario, el constructor, a su costa, debe suministrar para reensayo dos

(2) tubos adicionales por cada tubo que falle y la tubería se debe considerar aceptable solamente cuando todos los tubos reensayados cumplan los requisitos de resistencia.

De cada tubo satisfactorio por resistencia, se debe tomar una muestra para el ensayo de absorción según la NTC 3676, la cual debe tener una masa mínima de un kilogramo (1 kg), y estar libre de astillamientos y grietas visibles, y representar el espesor total del tubo. Si ningún valor de absorción excede el nueve por ciento (9 %), el lote se debe considerar satisfactorio. Si la absorción de algún tubo supera dicho límite, se debe tomar otra muestra del mismo tubo para que su resultado reemplace al anterior. Si el valor vuelve a superar el límite admisible, se debe rechazar el lote representado por el conjunto de tubos ensayados.

Los tubos que se hayan sometido solamente al ensayo de la formación de la grieta de cero coma tres milímetros (0,3 mm) y que satisfagan los requisitos a la carga de grieta de cero coma tres milímetros (0,3 mm), se deben aceptar para el uso. Para tal efecto, el fabricante debe suministrar al constructor el protocolo de prueba correspondiente.

En adición a las pruebas anteriores y en el evento de que los tubos sean fabricados directamente en la obra en instalaciones adecuadas para ello, la calidad de la mezcla de concreto elaborada se debe evaluar, según lo descrito en el numeral 630.5.2 del artículo 630.

Si la resistencia de los cilindros de concreto elaborados en la obra no cumple los criterios de aceptación del citado numeral, se pueden tomar núcleos de paredes de los

tubos representados por dicho concreto, si la armadura lo permite, y la resistencia de cada uno debe ser por lo menos igual a la de diseño. Si algún núcleo no satisface este requisito, se debe tomar otro del mismo tubo y se debe repetir la prueba. Si el resultado de esta tampoco es satisfactorio, o si la armadura no permite tomar los cilindros, se debe rechazar el tubo.

Los orificios que dejen los núcleos en los tubos finalmente aceptados se deben rellenar y sellar adecuadamente, sin costo para INVÍAS, de manera tal que la sección y el aspecto del tubo sean aprobados por el interventor.

661.5.2.2 Tolerancias en las dimensiones de los tubos de concreto reforzado

Las tolerancias permitidas se indican en la Tabla 661 — 1. Los tubos que presenten variaciones localizadas de espesor de pared, en exceso de las recién mencionadas, se deben aceptar si cumplen las exigencias de resistencia al aplastamiento y mínima cobertura del refuerzo, de acuerdo con los requisitos de la NTC 401.

661.5.2.3 Tolerancias en el refuerzo

661.5.2.3.1 Posición

La máxima variación admisible en la posición del refuerzo debe ser el mayor valor entre más o menos diez por ciento ($\pm 10\%$) del espesor de diseño de la pared o más o menos trece milímetros ($\pm 13\text{ mm}$). Sin embargo, se deben aceptar tubos por fuera de esta tolerancia si las muestras representativas satisfacen el ensayo de resistencia al aplastamiento. No obstante, en ningún caso se deben aceptar

tubos cuya armadura tenga un recubrimiento inferior a trece milímetros (13 mm) en la pared

interna o en la externa, excepto en la superficie de acople en las juntas.

Tabla 661 — 1. Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto reforzado

Diámetro nominal interno (mm)	Variación (±) permitida en diámetro nominal interno (mm)	Variación (±) permitida en espesor de pared (mm)	Disminución permitida en longitud del tubo (mm)	Variación permitida en la longitud de dos lados opuestos del tubo
600	1,5 %	El valor que resulte mayor entre 5 % del espesor de pared especificado o de diseño y 5 mm.	No debe ser superior a 10 mm por metro de longitud de tubo con un máximo total de 13 mm para cualquier longitud de este. Todo con respecto de la longitud de tubo especificada por el fabricante.	No debe ser superior a 6 mm para tuberías de 600 mm de diámetro, y no más de 10 mm por metro de longitud para los diámetros mayores, hasta un valor máximo de 16 mm en cualquier longitud de tubo de hasta 2 150 mm de diámetro interno; y un máximo de 19 mm para diámetros internos mayores.
685 — 3 650	1,0 %	Espesores de pared mayores a los requeridos en el diseño no son causa de rechazo de los tubos.		

Nota: para diámetros diferentes, se debe consultar la NTC 401.

661.5.2.3.2 Área de refuerzo

Se debe considerar que el refuerzo satisface los requisitos de diseño si el área, computada sobre la base del área nominal de las varillas empleadas, iguala o excede los requisitos de la respectiva tabla de diseño de la NTC 401.

Cuando se usen canastas interior y exterior, el diseño de la interior puede tener, como mínimo, el ochenta y cinco por ciento (85 %) del área de diseño elíptica, y la canasta exterior el sesenta y cuatro por ciento (64 %) de la

misma, siempre y cuando la suma de las dos (2) áreas no resulte inferior al ciento cincuenta y tres por ciento (153 %) del área de diseño elíptica.

661.5.2.4 Material de solado, atraque y relleno

En relación con la calidad y la compactación de los materiales para solado, atraque y relleno diferentes al concreto, se deben aplicar los criterios expuestos en los numerales 600.5.2.1 y 610.5.2.2.1 del artículo 610.

661.5.2.5 Concreto para solado y atraque

En relación con la calidad de los materiales para la mezcla, se deben aplicar los criterios expuestos en el numeral 630.5.1 del artículo 630.

En relación con la calidad de la mezcla elaborada, se debe aplicar lo descrito en el numeral 630.5.2 del mismo artículo. Por tanto, si la resistencia de los cilindros tomados en la obra no es satisfactoria, el interventor debe rechazar el volumen del concreto correspondiente y el constructor debe demoler la obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados por el interventor, mediante los procedimientos autorizados por este, y reconstruir el área afectada con una mezcla satisfactoria, operaciones que debe realizar sin costo adicional alguno para INVÍAS.

El interventor no debe autorizar la colocación del concreto para solado si la superficie de apoyo no se encuentra correctamente preparada.

661.5.2.6 Calidad del producto terminado

La tubería puede ser objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento superiores a diez milímetros por metro (10 mm/m).

El interventor tampoco debe aceptar los trabajos si, a su criterio, las juntas están deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los desperfectos en los trabajos ejecutados deben

ser reemplazados y subsanados por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y su aprobación.

661.6 Medida

La unidad de medida de la tubería debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de tubería de concreto reforzado suministrada y colocada de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación, aprobada por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se debe realizar entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. No se debe medir, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites aprobados por el interventor.

661.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, según el diámetro interno de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto del suministro de los materiales requeridos para construir los tubos, incluido el acero de refuerzo, la elaboración y curado de los tubos, su transporte y correcta colocación; el suministro de los materiales requeridos para las juntas y la elaboración de estas; las conexiones de cabezales, cajas de entrada y

aletas; el suministro e instalación de los entibados que se puedan requerir; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de las obras; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte y la disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Se exceptúan los costos relacionados con el desmonte y la limpieza, los cuales se deben cubrir con cargo al artículo 200, Desmonte y limpieza; los de excavación, los cuales se deben considerar en el artículo 600, Excavaciones varias; los de rellenos de solado,

atraque y relleno de zanja, que se deben cubrir con cargo a los artículos 610, Rellenos para estructuras; o 630, Concreto estructural; según se aplique; y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, los cuales deben quedar cubiertos por los artículos 630, Concreto estructural; y 640, Acero de refuerzo.

661.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
661.1	Tubería de concreto reforzado, clase ___ de ___ mm de diámetro interior	Metro (m)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada clase de tubería de concreto reforzado y cada diámetro que tengan las tuberías consideradas en los documentos del proyecto.

Tubería metálica corrugada

Artículo 662 – 22

662.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubos de acero corrugado galvanizado, de sección circular, ovalada, abovedada o en arco, de superficie ondulada, de diámetros y espesores dados, para ser colocados siguiendo los alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los documentos del proyecto aprobados por el interventor. Comprende, además, las conexiones de esta a cabezales y demás obras existentes o nuevas y la remoción y disposición satisfactorias de los materiales sobrantes.

En la construcción de ductos, pasos y drenajes, con tubería metálica perforada, se tienen dos (2) procesos constructivos a saber: uno a cielo abierto o mediante apertura de zanja, y otro con la técnica de tunnel liner (revestimiento del túnel). Esta especificación hace referencia principalmente al sistema constructivo con apertura de zanja.

662.2 Materiales

662.2.1 Tubos de láminas corrugadas de acero galvanizado, remachados, pernados y helicoidales

Los tubos y accesorios necesarios para su ensamblaje deben cumplir los requisitos establecidos en las especificaciones NTC

4831 (ASTM A760), ASTM A761, ASTM A796, y las demás normas y especificaciones que se deriven de su aplicación. La tubería corresponde a los tipos I o II, según la forma definida en los documentos del proyecto. En el caso en que los recubrimientos de la NTC 4831 (ASTM A760), sean insuficientes, se puede recurrir a protección adicional como las previstas por ASTM A849, ASTM A979 o NTC 4854 (ASTM A762).

662.2.2 Tubos de láminas corrugadas con recubrimiento asfáltico (bituminoso)

Deben cumplir los requisitos indicados en la especificación AASHTO M 190 o ASTM A849 y las normas y especificaciones que se deriven de su aplicación.

Salvo que los documentos del proyecto establezcan lo contrario, la tubería debe ser del denominado tipo B. En tuberías con revestimiento asfáltico (bituminoso), el revestimiento debe aplicarse al interior y al exterior de las tuberías con un espesor mínimo de uno coma tres milímetros (1,3 mm) según AASHTO M 190 o ASTM A849.

662.2.3 Material granular para base del solado y atraque de la tubería

El material granular para la base del solado y el atraque de la tubería debe cumplir los requisitos de material granular SBG-20, numeral

610.2.3, artículo 610, Rellenos para estructuras.

662.2.4 Material de relleno

Los materiales para el relleno de la zanja deben ser los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, materiales de recebo y materiales granulares tipo SBG que se utilicen deben cumplir con lo indicado en el artículo 610, numeral 610.2, sub-numerales 610.2.1, 610.2.2 y 610.2.3, respectivamente.

662.3 Equipo

Se requieren, básicamente, elementos para el transporte de los tubos, para su colocación y ensamblaje, así como los requeridos para la obtención de materiales, transporte y construcción de una sub-base granular, según se indica en el numeral 300.3 del artículo 300, Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas. Cuando los documentos del proyecto exijan apuntalamiento de la tubería, se deben disponer de elementos de apoyo aprobados por el interventor para dicha labor.

662.4 Ejecución de los trabajos

662.4.1 Certificados de calidad y garantía del fabricante de los tubos

Antes de comenzar los trabajos, el constructor debe entregar al interventor un certificado legalizado de la fábrica, indicando el nombre y marca de fábrica del metal que suministra y un análisis de calidad y resistencia del mismo, para cada clase de tubería.

Además, debe entregar el certificado de garantía del fabricante, estableciendo que todo el material que suministra satisface las especificaciones requeridas, que lleva marcas de identificación y que debe reemplazar sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) cualquier metal que no esté de conformidad con el análisis, resistencia a la tracción, el espesor y el recubrimiento galvanizado especificados.

Ningún tubo se debe aceptar hasta que los certificados de calidad de fábrica y de garantía del fabricante hayan sido recibidos y aprobados por el interventor, lo cual de ninguna manera debe eximir de la responsabilidad que tiene el constructor para garantizar la calidad del producto que suministre.

662.4.2 Inspección y muestreo en la fábrica o el taller

Cada vez que el interventor lo considere necesario, puede inspeccionar y tomar muestras del material en la planta de laminación o en el taller de fabricación de las tuberías. Además, puede requerir de la fábrica el análisis químico de cualquier lote de fundición y las pruebas de resistencia y galvanizado de los tubos que esté fabricando con destino a la obra.

El interventor debe tener libre acceso a la fábrica o taller para la inspección, y el constructor debe obtener las facilidades para el cumplimiento de esta acción. Además, el interventor debe revisar, verificar y validar el cumplimiento de los requisitos dados en el plan de inspección, medición y ensayo para esta actividad.

662.4.3 Reparación de revestimientos dañados

Aquellas unidades donde el galvanizado haya sido quemado por soldadura o dañado por cualquier otro motivo durante la fabricación, deben ser galvanizadas nuevamente, empleando el proceso de metalizado descrito en las especificaciones AASHTO M 36 y ASTM A780.

662.4.4 Manejo, transporte, entrega y almacenamiento

Para el manejo, transporte, entrega y almacenamiento de la tubería, se debe tener en cuenta los criterios y recomendaciones mínimos establecidos por el fabricante en sus catálogos de productos; así mismo, deben utilizarse los equipos y herramientas adecuados para realizar esta operación con el fin de garantizar el buen estado de la tubería.

Los tubos se deben manejar, transportar y almacenar usando métodos que no los dañen. Los tubos averiados, a menos que se reparen y aprueben por el interventor, deben ser rechazados, aún cuando hayan sido previamente inspeccionados en la fábrica y encontrados satisfactorios.

662.4.5 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

La preparación de las condiciones de instalación de la tubería se debe hacer de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.1 del artículo 660, Tubería de concreto simple. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, la excavación debe tener una amplitud tal que el ancho de la base del solado de la tubería se extienda un diámetro nominal del

tubo, a cada lado de la generatriz de apoyo y a lo largo de toda la longitud del tubo. Así mismo, para la estabilidad de la excavación, se debe determinar si es requerido el uso de entibados o perfilado de los taludes de excavación, de acuerdo con las recomendaciones del especialista en geotecnia.

662.4.6 Base del solado de la tubería

Sobre el terreno natural o el relleno preparado se debe colocar la base del solado de la tubería con material granular, en el ancho indicado en el numeral anterior. El espesor de la base del solado de la tubería debe ser el indicado en los documentos del proyecto, pero no debe ser menor de quince centímetros (15 cm). La superficie acabada de la base del solado de la tubería debe coincidir con las cotas especificadas del fondo exterior de la tubería y su compactación mínima debe ser del noventa por ciento (90 %) de la densidad máxima del ensayo modificado de compactación (INV E-142). El material granular para la base del solado de la tubería debe cumplir los requisitos de material granular SBG-20, numeral 610.2.3, artículo 610.

662.4.7 Instalación de la tubería

En general, para la instalación de la tubería metálica corrugada deben cumplirse los requisitos establecidos en las especificaciones NTC 5229 (ASTM A798) o ASTM A807.

La tubería se debe colocar sobre el lecho de material granular (base del solado de la tubería), conformado y compactado, comenzando en el extremo de aguas abajo, cuidando que las pestañas exteriores circunferenciales y las longitudinales de los costados se coloquen

frente a la dirección de aguas arriba. Los tubos que tengan recubrimiento asfáltico (bituminoso) deben ser colocados con dicho recubrimiento en la parte inferior.

Cuando los documentos del proyecto exijan apuntalamiento, este se debe hacer alargando el diámetro nominal vertical en el porcentaje indicado y manteniendo dicho alargamiento con puntales, trozos de compresión y amarres horizontales. El alargamiento se debe elaborar de manera progresiva de un extremo de la tubería al otro y, los amarres y puntales, deben dejarse en sus lugares hasta que el relleno esté terminado y consolidado, a menos que los documentos del proyecto lo indiquen de otra forma.

662.4.8 Relleno

La zona de relleno adyacente al tubo, con las dimensiones indicadas en los documentos del proyecto, se debe ejecutar con el material apropiado, según lo indicado en el numeral 662.2.4. Los materiales de relleno se deben extender en capas preferiblemente horizontales y de espesor uniforme, las cuales deben ser lo suficientemente delgadas para que, con los medios disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido, verificado en la totalidad del espesor de cada capa y con los cuidados necesarios para no desplazar ni deformar los tubos.

El material de relleno se debe compactar hasta alcanzar el grado establecido en el artículo 610, numeral 610.5.2.2.1.

En zonas donde la tubería esté sometida al paso de vehículos, esta debe resistir los esfuerzos producidos por la carga vehicular y por el peso del relleno del suelo compactado

en la parte superior del tubo. El espesor del relleno no puede ser menor de cero coma treinta metros (0,30 m), un octavo (1/8) del diámetro externo del tubo o el calculado para el peso de los ejes del vehículo de diseño, el que resulte mayor.

662.4.9 Limpieza

Terminados los trabajos, el constructor debe limpiar la zona de las obras y los sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el interventor, de acuerdo con procedimientos aprobados por este.

662.4.10 Limitaciones de empleo

Se puede utilizar tubería metálica cuando el suelo o el agua en contacto con el tubo cumplan con las siguientes condiciones:

- pH: Entre seis y nueve ($6 < \text{pH} < 9$)
- Resistencia mayor a tres mil ohmios por centímetro ($> 3\,000 \, \Omega/\text{cm}$).
- Contenido de cloruros menor a cien miligramos por kilogramo ($< 100 \text{ mg/kg}$)
- Contenido de sulfatos menor a quinientos miligramos por kilogramo ($< 500 \text{ mg/kg}$)
- Contenido de sulfuros menor a cien miligramos por kilogramo ($< 100 \text{ mg/kg}$)

No obstante las recomendaciones anteriores, se puede autorizar el uso de la tubería metálica si se dispone de la protección requerida o el diseño de sobre espesor de lámina, que garanticen la durabilidad y estabilidad de la obra incluyendo este costo de la protección en el precio unitario de la tubería.

No es recomendable la utilización de la tubería cuando ella vaya a estar sometida a corrientes

de agua con velocidades superiores a tres metros por segundo (3 m/s) o a corrientes con alto contenido de sólidos transportados a menos que se incorpore una protección en la batea que evite el deterioro por abrasión y garantice la vida útil de la tubería. La velocidad mínima debe ser aquella que satisfaga el criterio de autolimpieza de la tubería, para lo cual, se debe garantizar un esfuerzo cortante (fuerza tractiva) sobre la pared de la tubería de mínimo dos pascales (2 Pa) o cero coma dos kilogramos por metro cuadrado (0,2 kg/m²) en alcantarillados pluviales.

662.4.11 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores de ejecución se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades se deben incluir en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

662.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

662.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el

numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado de funcionamiento del equipo de construcción.
- Verificar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los tubos y demás materiales por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Verificar que el alineamiento y la pendiente de la tubería estén de acuerdo con los requisitos de los documentos del proyecto.

El interventor debe medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el constructor.

662.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

662.5.2.1 Marcas

Cada paquete de láminas corrugadas, debe estar identificado por un sello (adhesivo) que indique:

- Nombre del fabricante de la lámina.
- Marca y clase del metal básico.
- Características de la tubería.
- Calibre o espesor de la lámina.

- Peso del galvanizado.
- Lote.

Las marcas de identificación deben ser colocadas por el fabricante de tal manera que, tales marcas aparezcan en la parte exterior de cada sección o paquete de láminas corrugadas.

662.5.2.2 Calidad de la tubería

Constituyen causal de rechazo de los tubos, los siguientes defectos:

- Traslapos desiguales.
- Forma defectuosa.
- Variación de la línea recta central.
- Bordes dañados.
- Remaches o puntos de soldadura flojos, mal alineados o mal espaciados.
- Marcas ilegibles.
- Láminas de metal abollado o roto.

La tubería metálica debe satisfacer los requisitos de todas las pruebas de calidad mencionadas en la especificación AASHTO M 36 o NTC 4831 (ASTM A760). Además, el interventor debe tomar, al azar, muestras cuadradas de lado igual a cincuenta y siete coma uno más o menos cero coma tres milímetros ($57,1 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$), para someterlas a análisis químicos y determinación del peso del galvanizado, cuyos resultados deben satisfacer las exigencias de la especificación AASHTO M 218. El peso del galvanizado se debe determinar en acuerdo con la norma AASHTO T 65 o NTC 3237 (ASTM A90). Las muestras, para estos ensayos, se pueden tomar de la tubería ya

fabricada o de láminas o rollos del mismo material usado en su fabricación.

662.5.2.3 Calidad del recubrimiento asfáltico (bituminoso)

Cuando los documentos del proyecto requieran la colocación de tubería con revestimiento asfáltico (bituminoso), el material de este debe satisfacer las exigencias de calidad impuestas por la especificación AASHTO M 190 o ASTM A849.

662.5.2.4 Tamaño y variación permisibles

La longitud especificada de la alcantarilla debe ser la longitud neta de la alcantarilla terminada, la cual no debe incluir cualquier otro material para darle acabado al tubo. Si la deficiencia promedio en longitud de cualquier lote es mayor del uno por ciento ($> 1 \%$), el lote debe ser rechazado por el interventor.

662.5.2.5 Base del solado de la tubería y relleno

En relación con la calidad y compactación de los materiales para la base del solado de la tubería, atraque y relleno, se deben aplicar los criterios expuestos en el numeral 610.5.2.2.1 del artículo 610. La frecuencia de las verificaciones de compactación debe ser establecida por el interventor, quien no debe recibir los trabajos si todos los ensayos que se efectúan no superan los límites mínimos indicados para la base del solado de la tubería y el relleno (numerales 662.4.6 y 662.4.8).

662.5.2.6 Calidad del producto terminado

La tubería debe ser objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento de más de diez milímetros por metro de longitud (> 10 mm/m). Así mismo, se debe cumplir con las pendientes de las tuberías, separación entre tuberías paralelas si existen, de acuerdo con los documentos del proyecto, se deben cumplir los requisitos de la NTC 4831 (ASTM A760).

Todos los materiales que resulten defectuosos de acuerdo con lo prescrito en esta especificación, deben ser reemplazados por el constructor bajo su propia cuenta y riesgo, de acuerdo con las indicaciones del interventor. Así mismo, el constructor debe reparar, a sus expensas, las deficiencias que presenten las obras ejecutadas y las que superen las tolerancias establecidas en esta especificación.

662.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de tubería metálica corrugada, suministrada y colocada de acuerdo con los documentos del proyecto, con esta especificación y según lo aprobado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se debe hacer entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería.

No se debe medir, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada por fuera de los límites autorizados por el interventor.

662.7 Forma de pago

El pago se debe efectuar al precio unitario del contrato, según el diámetro nominal y el espesor o calibre de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de suministro, patentes e instalación de las tuberías y el apuntalamiento de estas, cuando se requiera. También, debe incluir el costo del revestimiento asfáltico (bituminoso) de los tubos que lo requieran y el suministro del material. Igualmente, las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas. Además, debe incluir los costos correspondientes a la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de las obras, la limpieza de la zona de ejecución de los trabajos al término de los mismos, el transporte y adecuada disposición de los materiales sobrantes y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Se deben exceptuar los costos derivados de las operaciones de desmonte y limpieza, que se deben pagar con cargo al artículo 200, Desmonte y limpieza; los de excavación, que se deben liquidar con cargo al artículo 210, Excavación de la explanación, canales y

préstamos o artículo 600, Excavaciones varias, según corresponda; los de rellenos, que se deben pagar con cargo al artículo 610; y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, que se deben cancelar con cargo al artículo 630, Concreto estructural y artículo 640, Acero de refuerzo.

662.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
662.1	Tubería corrugada de acero galvanizado, de lámina calibre y diámetro nominal (mm)	Metro (m)
662.2	Tubería corrugada de acero con recubrimiento asfáltico (bituminoso), de lámina calibre y diámetro nominal (mm)	Metro (m)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada calibre de lámina y/o cada diámetro nominal que tengan las tuberías consideradas en el proyecto.

Tubería de plástico

Artículo 663 – 22

663.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tuberías de plástico, del tipo y con los diámetros, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los documentos del proyecto; comprende, igualmente, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de estas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas y la remoción y disposición del material sobrante.

663.2 Materiales

663.2.1 Tubería

La tubería y los accesorios deben ser del tipo y las características indicadas en los documentos del proyecto y deben estar de acuerdo con alguna de las siguientes normas:

- NTC 5055 (ASTM F794).
- NTC 5070 (ASTM F1803).
- NTC 4764 (ASTM F794).
- ASTM F949.
- NTC 5447 (ASTM F2306).
- ASTM F2648.
- NTC 6326 (ASTM F667).
- ASTM F714.
- ASTM F894.

- ASTM D7001, NTC 3870, ASTM D3262, ASTM D3517, ASTM D2412.
- NTC 3877 (ASTM D4161).
- NTC 3878 (ASTM D3839).
- ASTM D3567.
- NTC 3785 (ASTM D3681).
- NTC 595 (ASTM D638).

663.2.2 Sello de juntas

Salvo que los documentos del contrato indiquen otra cosa, las juntas deben ser impermeables con sello de elastómero flexible, según la norma ASTM D3212.

663.2.3 Material de relleno

Los materiales para la base del solado de la tubería, atraque y relleno de la zanja, deben ser los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, materiales de recebo, materiales granulares tipo SBG y BG, gravilla y arena que se utilicen deben cumplir con lo indicado en el artículo 610, Rellenos para estructuras, numeral 610.2, subnumerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.5 y 610.2.6, respectivamente. La selección de los materiales para cada una de las partes del relleno de la zanja se debe realizar siguiendo los lineamientos de la NTC 2795 (ASTM D2321).

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, el tamaño máximo de los

materiales de solado y atraque debe ser veinte milímetros (20 mm) (3/4 de pulgada) y, el de los demás materiales que queden en contacto con el tubo, debe ser de cuarenta milímetros (40 mm) (1 1/2 pulgadas).

663.3 Equipo

Se requieren básicamente equipos para el transporte de la tubería y su colocación en el sitio de las obras.

663.4 Ejecución de los trabajos

Para la ejecución de los trabajos se deben seguir las recomendaciones para la instalación de tuberías termoplásticas enterradas utilizadas en alcantarillas y otras aplicaciones de flujo por gravedad, de acuerdo con la NTC 2795 (ASTM D2321).

663.4.1 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

La preparación de las condiciones de instalación de la tubería, se debe llevar a cabo de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.1 del artículo 660, Tubería de concreto simple. Así mismo, para la estabilidad de la excavación, se debe determinar si es requerido el uso de entibados o perfilado de los taludes de excavación cuando se requiera y con base en las recomendaciones del especialista en geotecnia.

663.4.2 Colocación del material de solado para la tubería

El material de cama o base que sirve de apoyo a la tubería debe ser granular, con las caracte-

rísticas que se indiquen en los documentos del proyecto. Este material se debe colocar antes de la instalación de la tubería; por su parte, el material de solado se debe compactar hasta alcanzar el grado establecido en el artículo 610, numeral 610.5.2.2.1, salvo que, en el caso de gravilla o arena, los documentos del proyecto indiquen que este material se deba colocar en estado suelto. El espesor de las capas para construir el material granular de solado debe ser el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo.

663.4.3 Colocación de la tubería

La tubería se debe instalar siguiendo las instrucciones del fabricante; se debe ubicar en forma ascendente, comenzando por el lado de salida y con los extremos acampanados o de ranura dirigidos hacia el cabezal o caja de entrada de la obra. Antes de instalar la tubería dentro de la zanja, se deben inspeccionar y limpiar las uniones.

El fondo de la tubería se debe ajustar a los alineamientos y cotas señalados en los documentos del proyecto del proyecto. Cada tramo de tubo debe quedar completamente soportado y deben verificarse su alineamiento y cotas, antes de colocar el siguiente tramo.

En las instalaciones múltiples de tuberías paralelas, si los documentos del proyecto no indican otra cosa, la distancia libre entre caras externas de las tuberías debe ser igual a medio (1/2) diámetro externo, pero no menos de seiscientos milímetros (600 mm).

663.4.4 Juntas

Las juntas se deben ejecutar siguiendo las instrucciones del fabricante. Se deben limpiar todas las partes de la junta, incluyendo material de sello flexible. Antes de insertar el nuevo tubo al que ya se encuentra instalado, estos se deben alinear; el empuje para la inserción debe hacerse con presión constante, protegiendo el tubo que se empuja con madera o algún elemento similar para prevenir que el equipo de empuje cause algún deterioro.

663.4.5 Relleno de atraque

El material de atraque que le debe dar soporte a la parte inferior del tubo, en sus costados, debe ser granular, con las características que se indiquen en los documentos del proyecto. Se debe compactar hasta alcanzar el grado de compactación establecido en el artículo 610, numeral 610.5.2.2.1. El espesor de las capas para construir el atraque, debe ser el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo; el avance del relleno de atraque debe ser parejo a ambos lados del tubo para evitar el desplazamiento del mismo. Por su parte, la compactación del material de atraque debe lograr que el tubo quede totalmente apoyado, sin vacíos o zonas de baja densidad.

663.4.6 Rellenos laterales y superiores

Los rellenos laterales se deben ejecutar con los materiales y grados de compactación mostrados en los documentos del proyecto. Los rellenos deben avanzar en capas de espesor no mayor que quince centímetros (15 cm), a ambos lados del tubo, sin que se

presenten diferencias de altura superiores a quince centímetros (15 cm) entre ellos.

El relleno debe seguir avanzando lentamente de la misma manera hasta cubrir el tubo con un espesor no menor de treinta centímetros (30 cm), por encima de este.

El material de relleno se debe compactar hasta que alcance el grado establecido en artículo 610, numeral 610.5.2.2.1. El espesor de las capas para construir el relleno debe ser el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo.

663.4.7 Limpieza

Terminados los trabajos, el constructor debe limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el interventor, de acuerdo con procedimientos aprobados por él.

663.4.8 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores de ejecución de tuberías de plástico se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Además, se deben tener en cuenta los criterios definidos en el plan de inspección, medición y ensayo aprobado por la interventoría.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposi-

ciones ambientales. De esta manera, dichas actividades se deben incluir en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

663.4.9 Manejo, transporte, entrega y almacenamiento

Para el manejo, transporte, entrega y almacenamiento de la tubería, se deben tener en cuenta los criterios y recomendaciones mínimos establecidos por el fabricante en sus catálogos de productos; así mismo, deben utilizarse los equipos y herramientas adecuadas para realizar esta operación con el fin de garantizar el buen estado de la tubería.

Los tubos se deben manejar, transportar y almacenar, usando métodos que no los dañen. Los tubos averiados, a menos que se reparen y aprueben por el interventor, deben ser rechazados, aun cuando hayan sido previamente inspeccionados en la fábrica y encontrados satisfactorios.

663.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

663.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado de funcionamiento del equipo de construcción.
- Verificar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.

- Comprobar que los tubos y demás materiales y mezclas por utilizar, cumplan los requisitos de la presente especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Verificar que, el alineamiento y pendiente de la tubería, estén de acuerdo con los requerimientos de los documentos del proyecto.

El interventor debe medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el constructor.

663.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

663.5.2.1 Calidad de la tubería

Los tubos de plástico deben cumplir con los criterios de aceptación establecidos en la norma aplicable de las mencionadas en el numeral 663.2.1, según el tipo de tubo.

663.5.2.2 Materiales de relleno

En relación con la calidad y compactación de los materiales para la base del solado, atraque y relleno diferentes al concreto, se deben aplicar los criterios expuestos en los numerales 610.5.2.1 y 610.5.2.2.1 del artículo 610.

663.5.2.3 Calidad del producto terminado

La tubería debe ser objeto de rechazo si, en tramos rectos, presenta variaciones de alineamiento de más de diez milímetros por metro (10 mm/m).

El interventor tampoco debe aceptar los trabajos cuando a su criterio, las juntas están deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los defectos en los trabajos ejecutados deben ser reemplazados y subsanados por el constructor, de acuerdo con procedimientos aceptados por el interventor, bajo su cuenta y riesgo exclusivos.

663.6 Medida

La unidad de medida de la tubería debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de tubería de plástico suministrada y colocada de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se debe hacer entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. No se debe medir, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites autorizados por el interventor.

663.7 Forma de pago

El pago se debe hacer a los precios unitarios del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe incluir todos los costos por concepto de suministro en el lugar de los tubos y su instalación; el suministro de los demás materiales requeridos para las juntas y conexiones; la ejecución de las juntas; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y

aletas; el suministro e instalación de los entibados que puedan requerirse; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de las obras; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte, disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Se deben exceptuar los costos de desmonte y limpieza, los cuales se deben cubrir con cargo al artículo 200, Desmonte y limpieza; los de excavación, que se deben considerar en el artículo 600, Excavaciones varias, los de rellenos de solado, atraque y relleno de zanja, que se deben cubrir con cargo al artículo 610; y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, los cuales deben quedar cubiertos por los artículos 630, Concreto estructural y 640, Acero de refuerzo.

663.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
663.1	Tubería de plástico tipo _____, norma____, de diámetro interno____ mm	Metro (m)

Nota: se debe elaborar un ítem para cada tipo de tubería y cada diámetro incluido en el contrato.

Disipadores de energía y sedimentadores, en gaviones de alambre de acero entrelazado o en concreto ciclópeo

Artículo 670 – 22

670.1 Descripción

670.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la construcción de estructuras hidráulicas de disipadores de energía y de sedimentadores, en gaviones de alambre de acero entrelazado o en concreto ciclópeo.

En todos los casos, la construcción comprende el suministro de materiales y equipos, así como la colocación de formaletas, preparación y vaciado de mezclas de concreto y mortero, colocación de gaviones, acabado y curado de las obras y, en general, todas las operaciones requeridas para su terminación, de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación.

670.1.2 Clasificación

Las estructuras hidráulicas como disipadores de energía y los sedimentadores, se deben clasificar de acuerdo con el tipo de construcción y sus elementos constitutivos. Estos pueden ser en gaviones de alambre de acero entrelazado o en concreto ciclópeo.

A su vez, los disipadores de energía y los sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado se deben clasificar en

cuatro (4) clases, en función del tipo de revestimiento del alambre, como se establece en el numeral 681.2.1.2 del artículo 681, Gaviones y colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado.

La construcción de disipadores de energía y sedimentadores con otros materiales, debe ser objeto de una especificación particular.

670.2 Materiales

670.2.1 Gaviones

Las canastas, las piedras de llenado para los gaviones y todos los materiales constitutivos de los mismos, deben cumplir los requisitos indicados en el numeral 681.2 del artículo 681.

670.2.2 Concreto ciclópeo

Los materiales para el concreto ciclópeo deben cumplir las exigencias establecidas en el numeral 630.2 del artículo 630, Concreto estructural. Si los documentos del contrato no establecen otra cosa, el concreto ciclópeo debe estar constituido por concreto tipo F0 acorde con el numeral 630.2.6.1.1 del artículo 630 y con resistencia a la compresión simple de diecisiete megapascales (17 MPa) a los veintiocho días (28 d). El agregado ciclópeo debe ser de formas angulares y rugosas, con tamaños máximos de trescientos milímetros

(300 mm) y en una proporción de treinta por ciento (30 %), como máximo, del volumen total.

Para la producción del concreto ciclópeo, se pueden usar agregados reciclados acorde con el numeral 630.2.1.3 del artículo 630 y siguiendo las recomendaciones de ACI 555R – *Removal and Reuse of Hardened Concrete*.

670.2.3 Geotextil de separación

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se debe instalar un geotextil de separación, el cual debe cumplir con lo especificado en el artículo 231, Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil, numeral 231.2.1.

670.3 Equipo

Los equipos para la ejecución de los trabajos deben depender del material que se utilice. Si se construyen en gaviones, resulta aplicable lo descrito en el numeral 681.3 del artículo 681; mientras que, si se construyen en concreto, se debe aplicar lo pertinente del numeral 630.3 del artículo 630.

670.4 Ejecución de los trabajos

670.4.1 Generalidades

Los procedimientos que adopte el constructor para la construcción de disipadores de energía y de sedimentadores, deben prevenir el deterioro del revestimiento de los alambres de las canastas.

La ejecución de los trabajos para la construcción de disipadores de energía y de sedimen-

tadores debe cumplir el numeral 681.4 del artículo 681.

670.4.2 Preparación de la superficie de apoyo

El interventor solamente debe autorizar la iniciación de los trabajos, cuando se compruebe que la superficie sobre la cual se deben apoyar los disipadores de energía y sedimentadores tenga las cotas y los niveles de compactación indicados en los documentos del proyecto aprobados por el interventor.

Si en dicha superficie existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación correspondiente a la unidad de obra con la cual se obtuvo, el constructor debe efectuar las correcciones necesarias, las cuales deben ser aprobadas por el interventor.

En el caso de disipadores y de sedimentadores en gaviones, si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada, se debe instalar un geotextil de separación, labor que debe ser adelantada de acuerdo con lo indicado en el numeral 670.2.3.

670.4.3 Disipadores y sedimentadores en gaviones

Los trabajos de construcción de disipadores de energía y sedimentadores de gaviones, se ciñen a lo establecido en el artículo 681, numeral 681.4, en particular en lo relacionado con la preparación de la superficie de apoyo (numeral 681.4.2); además, antes de construir los primeros gaviones en la base, se debe aplicar un solado de limpieza sobre toda la base de los gaviones, no menor a quince centímetros (15 cm) con una resistencia de

diecisiete megapascales (17 MPa) a los veintiocho días (28 d). El material para el solado debe cumplir con los requisitos de material granular SBG-20, numeral 610.2.3, artículo 610, Rellenos para estructuras.

Para la construcción de los gaviones, se deben usar formaletas de madera, para dar un adecuado alineamiento y terminado de estos.

Las canastas vacías y completamente ensambladas se deben poner en su posición final sobre la superficie preparada. No se debe permitir el transporte de canastas llenas.

Antes del llenado, cada canasta se debe amarrar y/o anclar a las adyacentes, laterales e inferiores, a lo largo de todas las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales, y se deben poner los tirantes o templetos tanto permanentes como temporales.

Para obtener un mejor alineamiento y terminado, se debe tensar la malla de las canastas metálicas, antes del llenado, utilizando una palanca o una barra metálica; como alternativa para garantizar la regularidad del gavión y facilitar su llenado, se puede utilizar una formaleta de madera en las caras que no están en contacto con otros gaviones.

Los gaviones deben ser colocados de abajo hacia arriba, y deben ser empotrados convenientemente en las laderas, de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del interventor.

Si los documentos del proyecto así lo indican, contra las caras de los gaviones que van a quedar en contacto con los rellenos laterales, se debe instalar un geotextil de separación,

labor que se debe realizar según lo indicado en el numeral 681.4.7 del artículo 681.

670.4.4 Disipadores y sedimentadores en concreto ciclópeo

670.4.4.1 Construcción de las estructuras

Una vez preparada la superficie de apoyo, se debe proceder a colocar las formaletas, las cuales deben tener una resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se produzcan deformaciones entre soportes o en las líneas y contornos que se muestran en los documentos del proyecto.

Una vez terminada la colocación de las formaletas, se deben revisar todos los soportes y corregir cualquier defecto que pueda dar lugar a deformación o falla. Si durante la colocación del concreto se advierten fallas en los soportes, esta se debe suspender hasta que los puntales débiles hayan sido reforzados suficientemente.

Antes de iniciar la colocación del concreto, se deben limpiar las formaletas de impurezas, incrustaciones de mortero y cualquier otro material extraño.

La mezcla de concreto se debe diseñar, fabricar, descargar, transportar, entregar, colocar, compactar y curar, conforme se establece en el numeral 630.4 del artículo 630, de estas especificaciones.

Las juntas de construcción y de expansión se deben construir en los sitios y en la forma indicada en los documentos del proyecto.

670.4.4.2 Ejecución de rellenos laterales

Una vez construidas las estructuras y retiradas las formaletas, se deben ejecutar los rellenos laterales según el artículo 610, empleando los materiales indicados en los documentos del proyecto. Los equipos y procedimientos deben ser los adecuados para lograr la densidad especificada en los documentos del proyecto.

670.4.5 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de estructuras hidráulicas en gaviones o concreto ciclópeo, se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades se deben incluir en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Entre otras, se deben tomar las siguientes precauciones:

- Todo material excedente de la excavación o sobrante debe ser removido de las proximidades de la obra, evitando que contribuya en su taponamiento.
- Los materiales excedentes deben ser trasladados a los sitios de depósito au-

torizados y, por ningún motivo, se puede permitir que sean arrastrados hacia cursos de agua.

- Los desagües de las estructuras construidas no deben provocar erosiones de las vertientes o arrastre de sólidos hacia cursos de agua. Se debe garantizar una estructura hidráulica de entrega (por ejemplo, cabezal de entrega, pedraplén, etc.); para evitar la socavación en la base ya sea del dissipador o sedimentador en gaviones de alambre de acero entrelazado o en concreto ciclópeo.
- Las estructuras hidráulicas como dissipadores o sedimentadores, deben quedar por fuera de la zona de inundación de los cuerpos de agua receptores (quebradas, ríos, lagos, laguna), para caudales máximos con periodos de retorno de cincuenta (50) años de recurrencia.

670.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Según el material utilizado en la construcción, se deben tener en cuenta las condiciones señaladas en el numeral 681.5 del artículo 681, o en el numeral 630.5 del artículo 630, y artículo 231, numeral 231.4.3.

670.6 Medida

La unidad de medida de las estructuras hidráulicas de dissipadores de energía y sedimentadores en gaviones debe ser el metro

cúbico (m³), aproximado a la décima (0,1). El volumen se debe determinar sumando los volúmenes de las canastas de gavión instalado, recibido y aprobado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E- 823.

A su vez, la unidad de medida de los disipadores de energía y de sedimentadores en concreto ciclópeo debe ser el metro cúbico (m³), aproximado a la décima (0,1). El volumen se debe determinar según el numeral 630.6 del artículo 630. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Se deben medir por aparte, para efectos de pago, las excavaciones y los rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales, solados de limpieza y los geotextiles.

670.7 Forma de pago

670.7.1 Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones

El pago de los disipadores de energía y sedimentadores en gaviones se debe hacer al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el interventor. El precio unitario debe cubrir los costos del suministro, transporte e instalación de las canastas; explotación, cargue, transporte, descargue y colocación del material de relleno; cosida y anclada de las mallas, así como todos los demás costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados. Las actividades

de excavación se deben pagar de acuerdo con el artículo 600, Excavaciones varias.

670.7.2 Disipadores de energía y sedimentadores en concreto ciclópeo

El pago de los disipadores de energía y sedimentadores en concreto ciclópeo se debe hacer al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el interventor. El precio unitario debe cubrir los costos de suministro del concreto o su elaboración en el sitio de la obra, incluyendo el suministro y transporte de los materiales componentes del concreto ciclópeo como la piedra, así como el diseño y la preparación de las mezclas; el suministro de materiales y accesorios para las formaletas y la obra falsa y su construcción y remoción; el transporte y colocación de las mezclas, su vibrado, el curado del concreto terminado, la construcción de juntas y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de las obras especificadas.

670.7.3 Consideraciones adicionales

En ambos casos, el precio unitario debe incluir los costos de construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes de materiales, la adecuación de las fuentes al término de la explotación para recuperar sus características hidrológicas superficiales y la obtención de todos los permisos ambientales y derechos de explotación.

El precio unitario en los dos (2) casos debe incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Se deben pagar por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales, solados de limpieza, y los geotextiles, de acuerdo con las siguientes secciones:

- Excavaciones: artículo 600
- Rellenos: artículo 610
- Geotextiles: artículo 231
- Solados de limpieza: artículo 812, Recubrimiento de taludes con malla y mortero numerales 812.4.4 y 812.4.5

670.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
670.1	Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado clase 1: recubrimiento de zinc (galvanizado)	Metro cúbico (m ³)
670.2	Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado clase 2: recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM	Metro cúbico (m ³)
670.3	Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado clase 3: recubrimiento de zinc (galvanizado) y PVC	Metro cúbico (m ³)
670.4	Disipadores de energía y sedimentadores en gaviones de alambre de acero entrelazado clase 4: recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM y PVC	Metro cúbico (m ³)
670.5	Disipadores de energía y sedimentadores en concreto ciclópeo	Metro cúbico (m ³)

Cunetas revestidas en concreto

Artículo 671 – 22

671.1 Descripción

Este trabajo consiste en el transporte, el suministro, la elaboración, el manejo, el almacenamiento y la colocación de los materiales de construcción de cunetas de concreto prefabricadas o vaciadas *in situ*. Las cotas de cimentación, las dimensiones, los tipos y las formas de las cunetas revestidas de concreto deben ser las indicadas en los documentos del proyecto o las aprobadas por el interventor.

En caso necesario, incluye también las operaciones de alineamiento, excavación, conformación de la sección, el suministro del material de relleno necesario y la compactación del suelo de soporte.

671.2 Materiales

671.2.1 Concreto para cunetas vaciadas *in situ*

El concreto para la construcción de las cunetas vaciadas *in situ* debe ser del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se debe hacer según lo

especificado en el artículo 630, Concreto estructural. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las cunetas vaciadas *in situ* sin refuerzo y que no tienen la función de berma-cuneta se deben construir con concreto de veintiún megapascales (21 MPa) de resistencia a la compresión a veintiocho días (28 d).

671.2.2 Acero para cunetas vaciadas *in situ*

Si los documentos del proyecto lo requieren, el acero de refuerzo para la construcción de las cunetas debe cumplir lo estipulado en el artículo 640, Acero de refuerzo.

671.2.3 Piezas prefabricadas

Las piezas prefabricadas deben cumplir la NTC 4109.

Cada pieza prefabricada debe tener una longitud no menor de un metro (1 m) y sus dimensiones deben ser las señaladas en los documentos del proyecto, sobre las cuales se deben admitir las tolerancias que se indican en la Tabla 671 – 1.

Tabla 671 – 1. Tolerancia para las dimensiones de las piezas prefabricadas

Dimensión	Tolerancia (mm)
Espesor	± 2
Ancho	± 5
Longitud	± 5

671.2.4 Material de relleno para el acondicionamiento de la superficie de apoyo

Todos los materiales de relleno requeridos para el adecuado soporte de las cunetas deben ser seleccionados de los cortes adyacentes o de las fuentes de materiales, según lo establezcan los documentos del proyecto, y deben cumplir la condición de seleccionados, según el artículo 220, Terraplenes.

671.2.5 Sellante de juntas

Para el sello de las juntas transversales de las cunetas vaciadas *in situ* y todas las longitudinales entre el pavimento y la cuneta

se debe emplear el material indicado en los documentos del proyecto, y aprobado por el interventor. Se deben seguir todas las indicaciones de manejo e instalación consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

671.2.6 Juntas con mortero entre piezas prefabricadas de concreto

En el caso de cunetas con piezas prefabricadas, los documentos del proyecto pueden indicar que la unión entre ellas sea con mortero. El mortero debe estar formado por una parte de cemento hidráulico y tres partes, en masa, de agregado que cumpla los requisitos de la NTC 2240 y cuya granulometría se ajuste a lo indicado en la Tabla 671 — 2.

Tabla 671 — 2. Granulometría del agregado para mortero

Tamiz (mm / U.S. Standard)	4,75	2,36	0,150	0,075
	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 100	Nro. 200
Pasa tamiz (%)	100	95 — 100	0 — 25	0 — 10

671.3 Equipo

Al respecto, es aplicable todo lo que resulta pertinente del numeral 630.3 del artículo 630. En caso de que el acondicionamiento de la superficie se efectúe con cargo al presente artículo, se debe disponer de elementos para su conformación, para la excavación, el cargue y el transporte de los materiales, así como equipos manuales de compactación.

671.4 Ejecución de los trabajos

671.4.1 Preparación de la superficie de apoyo

El constructor debe acondicionar la superficie de apoyo, de acuerdo con las secciones, las pendientes transversales y las cotas indicadas en los documentos del proyecto.

Los procedimientos requeridos para cumplir esta actividad pueden incluir la excavación, el cargue, el transporte y la disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, la colocación y la compactación de los materiales de relleno que se requieran para obtener la sección típica prevista.

Cuando el terreno natural sobre el cual se vaya a colocar o construir la cuneta no

cumpla la condición de suelo tolerable, es necesario colocar una capa de suelo seleccionado según lo especificado en el artículo 220, mínimo de diez centímetros (10 cm) de espesor, convenientemente nivelada y compactada, de acuerdo con el mismo artículo.

Durante la construcción de las cunetas se deben adoptar las medidas oportunas para evitar erosiones y cambio de características de la superficie de apoyo. A estos efectos, el tiempo que la superficie de apoyo pueda permanecer sin revestir se debe limitar a lo imprescindible para la puesta en obra del concreto y, en ningún caso, debe ser superior a ocho días (8 d).

671.4.2 Elaboración del concreto

El constructor debe obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4 del artículo 630.

671.4.3 Cunetas vaciadas *in situ*

671.4.3.1 Colocación de formaletas para la construcción de cunetas vaciadas en obra

Sobre la superficie preparada, el constructor debe instalar las formaletas de manera que garantice que las cunetas queden construidas con las secciones y los espesores señalados en los documentos del proyecto o aprobados por el interventor.

671.4.3.2 Construcción de la cuneta

Previo retiro de cualquier materia extraña o suelta y con la superficie de apoyo debidamente preparada, esta se debe humedecer y

se debe colocar el concreto comenzando por el extremo inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma, verificando que su espesor sea, como mínimo, diez centímetros (10 cm) o el señalado en los documentos del proyecto si este es mayor.

El concreto debe ser vibrado y curado conforme a lo establecido en los numerales 630.4.11 y 630.4.12 del artículo 630.

El constructor debe nivelar cuidadosamente las superficies expuestas para que la cuneta quede con las formas y las dimensiones indicadas en los documentos del proyecto. Las pequeñas deficiencias superficiales se deben corregir mediante la aplicación de un mortero de cemento de un tipo aprobado por el interventor.

Tanto si es fundida *in situ* como si es prefabricada, la cuneta debe quedar en permanente contacto en toda su área con el suelo de fundación.

671.4.3.3 Remoción de formaletas

Si las operaciones de campo están controladas por ensayos de resistencia a la compresión de cilindros, la remoción de formaletas se debe realizar cuando se alcance la resistencia fijada en el diseño. En caso contrario, el interventor debe establecer el plazo para ello, el cual no puede ser menor de cuarenta y ocho horas (48 h).

671.4.3.4 Curado

El curado de la cuneta de concreto fundida en el lugar se debe realizar atendiendo las instrucciones contenidas en el numeral 630.4.12 del artículo 630.

671.4.4 Cunetas de piezas prefabricadas

En el caso de que la cuneta se construya uniendo elementos prefabricados, no se deben aceptar piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas. Para tal fin, el constructor debe garantizar que el transporte, el almacenamiento, el acopio y su manipulación sean adecuados, sin que las piezas sufran esfuerzos de más del cincuenta por ciento (50 %) de su resistencia característica en ese proceso.

Las piezas de las cunetas prefabricadas se deben colocar perfectamente alineadas, tan próximas entre sí como sea posible, y con la rasante de la fundación a las cotas previstas. Las piezas se deben asentar firmemente sobre la superficie preparada, de manera que queden en contacto en toda su área con el suelo de fundación.

671.4.5 Juntas

Durante la construcción de cunetas vaciadas *in situ*, se deben dejar juntas de contracción a intervalos no mayores de tres metros (3 m) y con la abertura que indiquen los documentos del proyecto o apruebe el interventor. Sus bordes deben ser verticales y normales al alineamiento de la cuneta. Cuando las cunetas se construyan adosadas a un pavimento rígido, las juntas deben coincidir con las juntas transversales del pavimento.

En las uniones de las cunetas con las cajas de entrada de las alcantarillas se deben ejecutar juntas de dilatación, cuyo ancho debe estar comprendido entre quince y veinte

milímetros (15 mm – 20 mm). Después del curado del concreto, las juntas se deben limpiar, colocando posteriormente los materiales de relleno, sellado y protección que se especifiquen en los documentos del proyecto.

Las juntas verticales de unión de las piezas prefabricadas se deben rellenar, cuidadosamente, con un mortero de las características señaladas en el numeral 671.2.6.

Las juntas longitudinales entre el pavimento y la cuneta se deben rellenar con el producto sellante que cumpla con el numeral 671.2.5. El empleo de un producto de otras características debe ser aprobado por el interventor de acuerdo con las características del material y se debe demostrar su idoneidad técnica.

671.4.6 Limpieza final

Al terminar la obra y antes de la aceptación definitiva del trabajo, el constructor debe retirar del sitio de las obras todos los materiales excavados o no utilizados, desechos, sobrantes, basuras y cualquier otro elemento de similar característica, restaurando en forma aceptable para el interventor toda propiedad pública o privada que pudiera haber sido afectada durante la ejecución, y dejando el lugar limpio y presentable. El material retirado se debe depositar en un sitio aprobado por el interventor.

671.4.7 Limitaciones de la ejecución

Rige lo indicado en el artículo 630.

671.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales,

todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Todo material sobrante o proveniente de excavaciones debe ser retirado de las proximidades de las cunetas, transportado y depositado en vertederos autorizados, donde no contamine cursos ni láminas de agua.

En los puntos de desagüe se deben disponer las obras de protección requeridas, de manera que eviten procesos de erosión.

671.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

671.5.1 Controles

En adición a los descritos en el numeral 630.5 del artículo 630, el interventor debe exigir que la superficie de apoyo quede correctamente acondicionada, antes de colocar la formaleta y verter el concreto o colocar la cuneta prefabricada.

Para las cunetas prefabricadas se deben comprobar, en el momento del recibo de estas, su geometría y sus dimensiones.

671.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

671.5.2.1 Aspectos generales

El interventor solo debe aceptar cunetas cuya forma corresponda a la indicada en los

documentos del proyecto y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en dichos documentos o de las aprobadas por este, considerando las tolerancias indicadas en el presente artículo.

Las juntas se deben encontrar adecuadamente selladas con el producto aprobado, para que el interventor manifieste su conformidad con esta parte del trabajo.

El interventor no debe aceptar cunetas terminadas con depresiones excesivas, traslapes desiguales o variaciones apreciables en la sección, que impidan el normal escurrimiento de las aguas superficiales. Las deficiencias superficiales de las cunetas vaciadas en el lugar que, a su criterio sean pequeñas, deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Se debe cuidar la terminación de las superficies, y no se deben permitir irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), medidas con respecto a una regla de tres metros (3 m) perfectamente alineada y derecha.

671.5.2.2 Calidad del concreto

En relación con la calidad de los materiales para la mezcla, se deben aplicar los criterios expuestos en el numeral 630.5.1 del artículo 630.

En relación con la calidad de la mezcla, se debe aplicar lo descrito en el numeral 630.5.2 del mismo artículo. En consecuencia, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, el interventor debe rechazar las piezas o el tramo representado por dichos núcleos.

En el caso de las piezas prefabricadas, se debe impedir su colocación y en el caso que la cuneta haya sido vaciada o colocada *in situ*, el constructor debe demoler la obra ejecutada, y remover, cargar, transportar y depositar los escombros en los sitios aprobados por el interventor, mediante los procedimientos autorizados por este; además reconstruir la cuneta de acuerdo con el presente artículo. Estas operaciones se deben realizar sin costo alguno para INVÍAS.

671.5.2.3 Cunetas vaciadas *in situ*

Para el concreto vaciado *in situ*, se deben aplicar las disposiciones del artículo 630, según se ha descrito en el numeral 671.5.2.2 del presente artículo.

La tolerancia para el espesor debe ser de un centímetro (1 cm) por defecto.

671.5.2.4 Cunetas con piezas prefabricadas

Para las piezas prefabricadas, deben aplicar las disposiciones de la NTC 4109. No se deben aceptar piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas, o con dimensiones que no satisfagan las tolerancias indicadas en la Tabla 671 — 1.

671.6 Medida

671.6.1 Cunetas vaciadas *in situ*

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m³), aproximado a la décima (0,1), de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, las cotas y los alineamientos indicados en los

documentos del proyecto. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se debe determinar multiplicando el área por el espesor de construcción señalado en los documentos del proyecto o aprobado por el interventor, en los tramos donde el trabajo haya sido aceptado por este. Dentro de la medida también se deben incluir los descoles y bajantes de agua revestidos en concreto, correctamente contruidos.

Se debe medir por aparte el acero de refuerzo efectivamente colocado, en kilogramos (kg) con aproximación al entero, según los detalles de los documentos del proyecto. Para efectos de pago, no se debe medir el acero constructivo (soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio).

671.6.2 Cunetas de piezas prefabricadas

En el caso de cunetas de piezas prefabricadas, la unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado al entero, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, las cotas y los alineamientos indicados en los documentos del proyecto. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El interventor no debe autorizar el pago de trabajos efectuados por fuera de los límites especificados, ni el de cunetas cuyas dimensiones o resistencia sean inferiores a las de diseño.

671.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación, y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de explotación, suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales apropiados de relleno necesarios para el acondicionamiento previo de la superficie; la elaboración, el suministro, la colocación y el retiro de formaletas cuando corresponda; la explotación de agregados, incluidos todos los permisos y derechos para ello; el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, su diseño, elaboración, descargue, transporte, entrega, colocación, vibrado y curado; la manufactura, el transporte, la entrega en obra y la correcta instalación de las piezas prefabricadas de concreto; la ejecución de las juntas, incluyendo el suministro y la colocación del material sellante; el suministro de materiales, la elaboración y la colocación del mortero requerido para las pequeñas correcciones superficiales y para la unión de las piezas prefabricadas; la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos; la limpieza final del sitios de las obras; todo equipo y mano de obra requeridos para la elaboración y terminación de las cunetas y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Solamente debe haber pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo en las cunetas vaciadas *in situ*, actividad que se paga bajo el artículo 640, Acero de refuerzo.

En relación con la conformación de la superficie de apoyo, se debe considerar cubierta por el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; o por el artículo 310, Conformación de la calzada existente; por tanto, no debe haber lugar a pago separado por dicho concepto, salvo que una o ambas actividades no estén comprendidas en el mismo contrato, caso en el cual su costo se debe incluir dentro del precio unitario de la cuneta revestida en concreto. En el caso de los descoles, la preparación de la superficie debe quedar cubierta por el artículo 600, Excavaciones varias.

671.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
671.1	Cuneta de concreto vaciada <i>in situ</i> ; no incluye la conformación de la superficie de apoyo	Metro cúbico (m ³)
671.2	Cuneta de piezas prefabricadas de concreto; no incluye la conformación de la superficie de apoyo	Metro (m)
671.3	Cuneta de concreto vaciada <i>in situ</i> ; incluye la conformación de la superficie de apoyo	Metro cúbico (m ³)
671.4	Cuneta de piezas prefabricadas de concreto; incluye la conformación de la superficie de apoyo	Metro (m)

Bordillos en concreto

Artículo 672 – 22

672.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de bordillos de concreto, con piezas prefabricadas o vaciadas *in situ*, en los sitios y con las dimensiones, los alineamientos y las cotas indicados en los documentos del proyecto.

En caso necesario, incluye también la preparación de la superficie de apoyo.

672.2 Materiales

672.2.1 Concreto para bordillos vaciados *in situ*

El concreto para la construcción de los bordillos vaciados *in situ* debe ser del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se debe hacer según lo especificado en el artículo 630, Concreto estructural. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, el concreto debe tener una resistencia mínima a la compresión de veintiuno megapascuales (21 MPa) a veintiocho días (28 d), y el tamaño máximo nominal del agregado pétreo no mayor que diecinueve milímetros (19,0 mm) (3/4 de pulgada).

672.2.2 Mortero

Cuando se requiera mortero para el asiento o la unión de bordillos, debe tener una dosificación mínima de cuatrocientos cincuenta

kilogramos (450 kg) de cemento hidráulico por metro cúbico (m³) de mortero.

672.2.3 Acero de refuerzo para bordillos vaciados *in situ*

Si el bordillo de concreto requiere acero de refuerzo, este debe cumplir con lo estipulado en el artículo 640, Acero de refuerzo.

672.2.4 Piezas prefabricadas

Las piezas prefabricadas deben cumplir con la NTC 4109.

672.2.5 Sellante de juntas

Para el sello de las juntas transversales de los bordillos vaciados *in situ* y todas las longitudinales entre el pavimento y el bordillo se debe emplear el material indicado en los documentos del proyecto, y aprobado por el interventor. Se deben seguir todas las indicaciones de manejo e instalación consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

672.2.6 Juntas con mortero entre piezas prefabricadas de concreto

En el caso de bordillos con piezas prefabricadas, los documentos del proyecto pueden indicar que la unión entre ellas sea con mortero. Este debe estar formado por una parte

de cemento hidráulico y tres partes, en masa, de agregado que cumpla los requisitos de la

NTC 2240 y cuya granulometría se ajuste a lo indicado en la Tabla 672 — 1.

Tabla 672 — 1. Granulometría del agregado para mortero

Tamiz (mm / U.S. Standard)	4,75	2,36	0,150	0,075
	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 100	Nro. 200
Pasa tamiz (%)	100	95 — 100	0 — 25	0 — 10

672.3 Equipo

Al respecto, es aplicable todo lo que resulta pertinente del numeral 630.3 del artículo 630.

Los bordillos también pueden ser prefabricados, caso en el cual se debe disponer de formaleta metálica que permita su confección con las dimensiones especificadas.

Se pueden emplear, además, máquinas que construyan los bordillos en el lugar con las dimensiones especificadas.

672.4 Ejecución de los trabajos

672.4.1 Preparación de la superficie de apoyo

Si la superficie de apoyo corresponde a una capa granular, esta debe ser nivelada y compactada, como mínimo, al noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad seca máxima del ensayo modificado de compactación de referencia (norma de ensayo INV E-142), previa la corrección que se requiera por presencia de partículas gruesas según se establece en la norma INV E-143. La superficie compactada,

debe ser humedecida inmediatamente antes de colocar el concreto sobre ella.

Si la superficie de apoyo es un pavimento existente o un piso rígido, se debe picar con cincel y martillo u otro elemento que produzca el mismo efecto, en los sitios y con la intensidad que establezca el interventor.

Cuando la construcción se realice con piezas prefabricadas, la superficie granular o pavimentada, preparada como se acaba de indicar, debe ser tratada con una capa del mortero mencionado en el numeral 672.2.2, en la cantidad que autorice el interventor.

En el caso de bordillos vaciados sobre las losas de un pavimento construido en el mismo contrato, al vaciar estas se deben dejar ancladas las varillas de refuerzo del bordillo.

No está permitida la construcción de bordillos de concreto sobre suelos blandos o expansivos u otros materiales inadecuados. En tal caso, se deben efectuar los reemplazos que establezcan los documentos del proyecto o que determine el interventor.

672.4.2 Bordillos elaborados *in situ* manualmente

672.4.2.1 Colocación de formaletas para vaciado manual

El constructor debe instalar la formaleta sobre la superficie preparada. Esta, que debe ser metálica, salvo que el interventor autorice expresamente el empleo de formaletas de madera, se debe colocar y asegurar firmemente, de manera que el alineamiento y las dimensiones del bordillo correspondan a lo previsto en los documentos del proyecto.

La formaleta debe tener la rigidez suficiente para soportar la presión del concreto fresco, sin sufrir distorsiones.

672.4.2.2 Elaboración del concreto

El constructor debe diseñar la mezcla de concreto, elaborarla para que alcance la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4 del artículo 630.

672.4.2.3 Construcción del bordillo

Previo al retiro de cualquier materia extraña o suelta que se encuentre en la superficie sobre la cual se va a construir el bordillo, el concreto se debe colocar, vibrar y curar, según se establece en el numeral 630.4 del artículo 630.

En el caso de requerir anclajes, estos se deben ceñir a lo establecido en los documentos del proyecto o lo que apruebe el interventor, en cuanto a su geometría, profundidad de fijación y materiales de colocación.

672.4.2.4 Juntas

Se deben proveer juntas de expansión a intervalos no mayores de seis metros (6,0 m), las cuales deben tener el ancho que fijen los documentos del proyecto. Dicho espacio se debe rellenar con el material sellante aprobado.

En el caso de bordillos vaciados sobre pavimentos de concreto, sus juntas deben coincidir con las juntas transversales del pavimento.

672.4.2.5 Acabado

Las formaletas se deben quitar antes de que haya fraguado totalmente el concreto y luego se deben alisar las caras superiores y adyacentes al pavimento, con llana o palustre, para producir una superficie lisa y uniforme.

672.4.2.6 Curado

El curado se debe efectuar mediante un método aprobado por el interventor y durante el periodo que fije este, el cual no puede ser inferior a diez días (10 d).

672.4.3 Concreto vaciado con máquina

Los bordillos se pueden fabricar con un equipo diseñado especialmente para esta clase de trabajo, si se garantiza que con este se obtienen los alineamientos, las dimensiones y los acabados previstos en los documentos del proyecto.

En este caso, la mezcla se debe diseñar y elaborar conforme se indica en el numeral 672.4.2.2, pero se debe tomar la precaución

de que su consistencia sea tal, que el bordillo conserve su forma al ser retirada la formaleta de la máquina.

El concreto se debe verter en la máquina constructora del bordillo, la cual lo debe elaborar siguiendo el alineamiento previsto. Cualquier desprendimiento o imperfección pequeña, se puede reparar manualmente con ayuda de llanas y palustres.

Al bordillo se le deben hacer ranuras en su parte superior en el espesor y con la separación que determinen los documentos del proyecto.

El curado del bordillo se debe efectuar conforme se indica en el numeral 672.4.2.6.

672.4.4 Bordillos de piezas prefabricadas

672.4.4.1 Diseño y elaboración de la mezcla

El constructor debe someter a consideración del interventor los materiales para la elaboración del concreto. Una vez aprobados, debe diseñar la mezcla, de manera que garantice la resistencia especificada, y la debe elaborar, conforme se establece en el numeral 630.4 del artículo 630.

672.4.4.2 Fabricación

Los bordillos prefabricados se deben elaborar en piezas de longitud mínima de un metro (1,0 m) y con las formas y demás dimensiones establecidas en los documentos del proyecto.

La sección transversal de los bordillos curvos debe ser la misma que la de los rectos,

y su directriz se debe ajustar a la curvatura del elemento constructivo en que vayan a ser colocados.

672.4.4.3 Colocación de los bordillos

Las piezas se deben asentar sobre el lecho de mortero, siguiendo el alineamiento previsto y se deben colocar dejando entre ellas un espacio de, aproximadamente, cinco milímetros (5 mm), el cual se debe rellenar con mortero del mismo tipo que el empleado en el asiento.

En el caso de requerir anclajes, estos se deben ceñir a los documentos del proyecto o a lo aprobado por el interventor.

672.4.5 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Todo material sobrante o proveniente de excavaciones debe ser retirado de las proximidades de las cunetas, transportado y depositado en vertederos autorizados, donde no contamine cursos ni láminas de agua.

En los puntos de desagüe se deben disponer las obras de protección requeridas, de manera que eviten procesos de erosión.

672.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

672.5.1 Controles

Resultan aplicables los descritos en el numeral 630.5 del artículo 630.

672.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El interventor solo debe aceptar bordillos cuya forma corresponda a la indicada en los documentos del proyecto y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en dichos documentos, siempre que estas no se encuentren por encima de las tolerancias indicadas en el presente artículo.

En lo que se refiere a la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se deben aplicar los criterios expuestos en el numeral 630.5.1, del artículo 630, Concreto estructural.

En relación con la calidad de la mezcla, se debe aplicar lo indicado al respecto en el numeral 671.5.2.2 del artículo 671, Cunetas revestidas en concreto.

En relación con la calidad del acero para el refuerzo, se deben aplicar los criterios del numeral 640.5.2 del artículo 640, Acero de refuerzo.

En relación con la calidad del producto terminado, el interventor no debe aceptar bordillos que presenten desperfectos de alineamiento o cuya sección transversal presente variaciones, en ancho o altura, superiores a diez milímetros (10 mm), con respecto a las

dimensiones señaladas en los documentos del proyecto.

Las juntas se deben encontrar adecuadamente selladas con el producto aprobado, para que el interventor manifieste su conformidad con esta parte del trabajo.

Todo bordillo de concreto donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, debe ser corregido por el constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con su aprobación.

En el caso de piezas prefabricadas, se deben aplicar, además, las disposiciones de la NTC 4109. No se deben aceptar piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfechos o roturas.

672.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de bordillo satisfactoriamente elaborado y terminado, de acuerdo con la sección transversal, las cotas y los alineamientos indicados en los documentos del proyecto. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

En el caso de bordillos vaciados *in situ*, se debe medir por aparte el acero de refuerzo efectivamente colocado, en kilogramos (kg) con aproximación al entero, según los detalles de los documentos del proyecto. No se debe medir, para efectos de pago, el acero

constructivo (soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio).

Tampoco se deben medir, para efectos de pago, longitudes de bordillos en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto.

672.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación, y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por elaboración, suministro, colocación y retiro de formaletas; la explotación de agregados, incluidos los permisos y derechos para ello, el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto y el mortero; el diseño, la elaboración, la descarga, el transporte, la entrega, la colocación, el vibrado y el curado del concreto; la elaboración del mortero cuando se requiera su empleo, su transporte y su colocación; la ejecución de juntas, incluyendo el suministro y la colocación del material sellante, la señalización preventiva de la vía durante la construcción de los bordillos, todo equipo y mano de obra requeridos para su elaboración y terminación y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

La preparación de la superficie de apoyo se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por tanto, no debe haber lugar a pago separado por este concepto, salvo que dicho ítem no forme parte del mismo contrato, caso en el cual el constructor debe considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario del bordillo de concreto.

Solamente debe haber pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y la colocación del acero de refuerzo de los bordillos de concreto vaciados *in situ*, actividad que se debe pagar bajo el artículo 640, Acero de refuerzo.

672.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
672.1	Bordillo de concreto vaciado <i>in situ</i> ; no incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro (m)
672.2	Bordillo de piezas prefabricadas de concreto; no incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro (m)
672.3	Bordillo de concreto vaciado <i>in situ</i> ; incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro (m)
672.4	Bordillo de piezas prefabricadas de concreto; incluye la preparación de la superficie de apoyo	Metro (m)

Subdrenes con geotextil y material granular

Artículo 673 – 22

673.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de subdrenes con geotextil y material granular, en los sitios señalados en los documentos del proyecto.

La colocación de un geotextil en contacto con el suelo debe permitir el paso del agua, a largo plazo, dentro del sistema de drenaje subsuperficial, reteniendo el suelo adyacente. Las características del geotextil para filtración deben ser función de la gradación del suelo del sitio y de las condiciones hidráulicas del mismo.

El presente artículo establece los criterios y procedimientos para garantizar la calidad del geotextil y su supervivencia frente a los esfuerzos producidos durante la instalación, de conformidad con los documentos del proyecto aprobados por el interventor.

Si los documentos del proyecto especifican el suministro e instalación de una capa de arena de filtro entre el suelo y el geotextil y/o la instalación de una tubería perforada dentro del material filtrante, estos aspectos deben ser objeto de una especificación particular.

673.2 Materiales

673.2.1 Geotextil

En general, se pueden emplear geotextiles cuyas fibras estén elaboradas a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de poliolefinas o poliéster; la misma composición debe aplicar para los hilos de las costuras. Las fibras del geotextil deben conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes.

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil deben ser los establecidos en los documentos del proyecto en función de las características y condiciones del mismo y los procedimientos de instalación, así como de la granulometría, de la plasticidad y de las condiciones hidráulicas del suelo. En este numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener el geotextil para aplicaciones rutinarias de separación y drenaje; además, se debe cumplir con: numeral 231.2.1 geotextil del artículo 231, Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil; AASHTO M 288: *Standard Specification for Geotextile Specification for Highway Applications*, y ASTM D6707 / D6707 M: *Standard Specification for Circular-Knit Geotextile for Use in Subsurface Drainage Applications*.

El geotextil escogido en el diseño, debe tener las siguientes características de comportamiento:

- Debe tener la capacidad para dejar pasar el agua, a largo plazo, hacia el material drenante.
- Debe retener las partículas de suelo en su sitio y prevenir su movimiento a través del geotextil.
- Si algunas partículas de suelo se mueven, el geotextil debe dejarlas pasar sin que se obstruyan los poros del mismo o se forme una película que restrinja el paso del agua.

Se deben usar geotextiles no tejidos o tejidos, siempre y cuando estos últimos no sean de hilos o elementos en forma de cinta plana, dependiendo de las condiciones hidráulicas y del suelo, así como de la función definida en el diseño, puede ser preferible usar uno u otro tipo de geotextil, para lo cual se deben tener en cuenta las indicaciones dadas en la siguiente publicación:

- FHWA NHI-07-092, NHI Course Nro. 132013, *Geosynthetic Design & Construction Guidelines*.

Las propiedades de los geotextiles se deben expresar en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de calidad que le debe permitir a los fabricantes establecer los valores en sus certificados, de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se debe calcular como el valor típico menos dos (2) veces la desviación

estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo, deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo, en los numerales 673.2.1.1 y 673.2.1.2.

673.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades de resistencia de los geotextiles deben depender de los requerimientos de supervivencia, de las condiciones y de los procedimientos de instalación. Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 673 – 1 en términos de VMPR, de acuerdo con la NTC 1998 (ASTM D4632).

673.2.1.2 Propiedades hidráulicas y de filtración

Las propiedades hidráulicas y de filtración mínimas que debe cumplir el geotextil, se indican en la Tabla 673 – 2 en términos de VMPR; estas propiedades están en función del contenido de finos (porcentaje de suelo que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)) del suelo que va a quedar en contacto con el geotextil.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto pueden especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo NTC 3541 (ASTM D4491) (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo) y/o de ensayos de comportamiento basados en los diseños para sistemas de drenaje en condiciones de suelos problemáti-

Tabla 673 – 1. Propiedades geomecánicas del geotextil en términos de VMPR (medidas en el sentido más débil del geotextil)

Característica	Norma de ensayo	Clases de geotextil					
		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
Elongación (%)	NTC 1998 (ASTM D4632)	< 50	≥ 50	< 50	≥ 50	< 50	≥ 50
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	NTC 1998 (ASTM D4632)	1 400	900	1 100	700	800	500
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro, valor mínimo (N)	NTC 5289 (ASTM D6241)	2 750	1 925	2 200	1 375	1 650	990
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N) (Nota)	NTC 2003 (ASTM D4533)	500	350	400	250	300	180

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento, debe ser de doscientos cincuenta newtons (250 N).

Tabla 673 – 2. Propiedades hidráulicas y de filtración mínimas del geotextil en términos de VMPR

Característica	Norma de ensayo	Porcentaje de suelo pasa tamiz de 0,075 mm (nro. 200) (Nota 1)		
		< 15	15 a 50	> 50
		Requisito (VMPR)		
Permitividad, valor mínimo (S ⁻¹) (Nota 3)	NTC 3541 (ASTM D4491)	0,5	0,2	0,1
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm) (Nota 3)	ASTM D4751	0,43 (Tamiz nro. 40)	0,25 (Tamiz nro. 60)	0,22 (Tamiz nro. 70) (Nota 2)
Estabilidad ultravioleta: Resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%)	NTC 3300 (ASTM D4355)	50		

Nota 1: el porcentaje de suelo que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), corresponde a la fracción de la granulometría (norma de ensayo INV E-123) del suelo en la cara exterior del geotextil.

Nota 2: el valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el VMPR. Para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a siete (7), el VMPR de tamaño de abertura aparente debe ser de cero coma treinta milímetros (0,30 mm).

Nota 3: estos valores de las propiedades de filtración se deben basar en la granulometría predominante del suelo.

cos. Se deben requerir diseños particulares del geotextil para drenaje y filtración, especialmente para las siguientes condiciones de suelos problemáticos: suelos inestables o altamente erosionables, tales como limos no cohesivos; suelos de gradación discontinua; suelos estratificados con alternancia de capas arenosas y limosas; suelos dispersivos o polvo de roca; suelos de baja o ninguna cohesión, susceptibles de arrastre.

673.2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles debe tener un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos (GAI).

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, en los que se indiquen los requisitos, los métodos y la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el

tamaño del lote para la evaluación de cada producto.

673.2.2 Material granular drenante

Puede provenir de la trituración de roca o ser de cantos rodados, o una mezcla de ambos, y debe estar constituido por fragmentos duros y resistentes a la acción de los agentes de la intemperie. Además, debe cumplir con los siguientes requisitos:

673.2.2.1 Granulometría

El material drenante, debe estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de setenta y cinco milímetros (75 mm) (3 pulgadas) y el tamiz de diecinueve milímetros (19 mm) (3/4 de pulgada). No se requiere ninguna gradación especial, permitiéndose el uso de fragmentos de un solo tamaño. Las partículas pueden ser angulares o redondeadas o una combinación de ellas y deben estar constituidas por gravas limpias, libre de material fino, material orgánico, terrones de arcilla u otra sustancia, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 673-3.

En el caso que los subdrenes sean transversales al eje de la vía, los materiales deben estar comprendidos entre veinticinco milímetros (25

Tabla 673 – 3. Requisitos del material granular drenante

Característica	Norma de ensayo	Valor
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (%)	INV E-219	≤ 40
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos (Nota)		
- Sulfato de sodio (%)	INV E-220	≤ 12
- Sulfato de magnesio (%)		≤ 18
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	INV E-211	0,25
Partículas livianas, máximo (%)	INV E-221	1,0
Contenido de materia orgánica (%)	INV E-121 / UNE 103204	≤ 0,2

Nota: el ensayo de pérdida de solidez se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

mm) (1 pulgada) y diecinueve milímetros (19 mm) (3/4 de pulgada). En este caso se requiere compactar el material granular y es más fácil realizarlo con equipo menor. Se hace necesaria la compactación para evitar asentamientos que se reflejan en la superficie de la vía.

673.2.2.2 Calidad de las partículas minerales

El material debe estar libre de partículas finas y de material orgánico. En la Tabla 673 – 3 se indican los requisitos que debe cumplir el material granular para filtros.

673.2.3 Material de cobertura

El material de cobertura para el subdrén, se debe diferenciar en material de contacto y lleno. El de contacto corresponde a una arena limpia colocada encima del geotextil no tejido en un espesor de ciento cincuenta milímetros (150 mm) adecuadamente compactado. El material de lleno, por encima de la capa anterior, debe cumplir los requisitos establecidos para suelos seleccionados o adecuados de acuerdo con lo indicado en el artículo 220, Terraplenes, de estas especificaciones. También, dada la ubicación respecto de la estructura del pavimento, el material de cobertura puede ser granular cumpliendo los requerimientos del capítulo 3 para bases y subbases.

673.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para colocar el geotextil y para explotar, triturar, procesar, cargar, transportar, colocar y compactar el material drenante. También para colocar y compactar el material que debe

sellar el filtro, así como para su explotación, trituración, procesamiento, cargue y transporte.

673.4 Ejecución de los trabajos

673.4.1 Generalidades

El interventor debe exigir al constructor que los trabajos sean efectuados con una adecuada programación entre las actividades de apertura de la excavación y de construcción del subdrén, de manera que aquella quede expuesta el menor tiempo posible para evitar que el material in-situ, alrededor de la excavación, pierda sus condiciones iniciales.

Las labores de explotación de materiales y elaboración de agregados para el material drenante y material de cobertura diferente al material de excavación, se deben ejecutar de acuerdo con lo establecido en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos, numeral 105.13.3. Es responsabilidad del constructor, la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual debe ser visible durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

673.4.2 Preparación del terreno

La construcción del subdrén solo debe ser autorizada por el interventor cuando la excavación haya sido terminada, de acuerdo con las dimensiones, las pendientes, las cotas y las rasantes indicadas en los documentos del proyecto aprobados por el interventor. La excavación se debe ejecutar de acuerdo con lo indicado en el artículo 600, Excavaciones varias, de estas especificaciones.

673.4.3 Condiciones normales de instalación del geotextil

El geotextil se debe colocar cubriendo totalmente la parte inferior y las paredes laterales de la excavación, evitando que se produzcan arrugas y asegurando el contacto permanente con el suelo, sin que queden vacíos entre geotextil y suelo. Se debe dejar por encima la cantidad de geotextil suficiente para que, una vez se acomode el material drenante, se cubra en su totalidad con un traslazo mínimo de treinta centímetros (30 cm) o mediante la realización de una costura con equipo mecánico, para asegurar una densidad de puntadas superior a ciento cincuenta (150) puntadas por metro de costura. Además, se debe exigir que se realice la costura y que el traslazo sea de acuerdo con los documentos del proyecto o por la recomendación del fabricante para el tipo de geotextil usado. Los tramos sucesivos de geotextil se deben traslapar con base en lo definido por los documentos del proyecto o por la recomendación del fabricante para el tipo de geotextil usado o, en su defecto, longitudinalmente cuarenta y cinco centímetros (45 cm) como mínimo y se debe traslapar o coser el geotextil aguas arriba sobre el geotextil aguas abajo.

El constructor debe tener el suficiente cuidado durante el manejo e instalación del geotextil, de manera que este no se contamine. Si el geotextil se contamina, el constructor debe removerlo y reemplazarlo con material nuevo, bajo su cuenta y riesgo exclusivamente. En general, para el transporte, manejo y muestras del geotextil, se cumple la norma ASTM D4873/D4873M: *Standard Guide for Identification, Storage, and Handling of Geosynthetic Rolls and Samples*.

No se debe permitir que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres días (3 d).

673.4.4 Elaboración de costuras

Las costuras deben cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo debe ser poliéster o polipropileno. No se deben permitir hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se deben permitir aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en masa, de fibras naturales. Tampoco se deben permitir costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada puede ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada debe ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150–200) puntadas por metro.
- La tensión del hilo se debe ajustar en el campo, de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies que se van a coser. Si se hace la costura a mano, se deben tener los cuidados necesarios para que, al pasar el hilo, el rozamiento no debilite las fibras del geotextil.
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se puede realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.

- Los paños de geotextil se deben unir mediante costurado de un color que contraste con el del geotextil, de forma tal que se identifiquen fácilmente las zonas de traslapo o de reparación.
- Se debe entregar al interventor una descripción y muestra del tipo de costura que se va a emplear, como mínimo catorce días (14 d) antes de iniciar la instalación del geotextil. Se debe presentar el tipo de puntada y la densidad, junto con la información relevante. La muestra debe ser de por lo menos uno coma ocho metros (1,8 m) de costura en uno coma cinco metros (1,5 m) de ancho, realizada con el equipo con el que se va a llevar a cabo el trabajo en campo.

673.4.5 Colocación del material granular drenante

El material drenante se debe colocar dentro de la zanja en capas con el espesor autorizado por el interventor y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación. La compactación del material drenante se debe realizar empleando procedimientos apropiados, buscando el acomodamiento de las partículas y el contacto permanente y completo entre el geotextil y el suelo.

Para las condiciones normales de instalación, la altura máxima de caída del material no debe exceder un metro (1 m).

El relleno de material drenante se debe llevar a cabo hasta la altura indicada en los documentos del proyecto o la autorizada por el interventor.

673.4.6 Cobertura del subdrén

Completado el relleno del subdrén con el material drenante, este se debe cubrir totalmente con el geotextil haciendo los traslapos y las costuras según los numerales 673.4.3 y 673.4.4 de este artículo.

El geotextil se debe cubrir inmediatamente con el tipo de material especificado en los documentos del proyecto, que cumpla con los requisitos pertinentes entre los mencionados en el numeral 673.2.3.

El material de cobertura se debe colocar y compactar en capas sucesivas de espesor no mayor a quince centímetros (15 cm), hasta la altura requerida en los documentos del proyecto o aprobada por el interventor. La densidad seca del material de cobertura, una vez compactado, debe ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo, según la norma INV E-142, corregida por la presencia de sobretamaños, si se requiere, según la norma de ensayo INV E-143.

673.4.7 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

673.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

673.4.9 Reparaciones

Antes de ser cubierto, el geotextil colocado debe ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso de que los hubiese, estos se deben reparar inmediata-

mente, cubriéndolos con un paño de geotextil que se debe extender como mínimo setenta y cinco centímetros (75 cm) alrededor de toda la zona dañada.

Todos los defectos que se presenten en la excavación de la zanja; en la extensión, en los traslajos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la colocación y compactación, tanto del material drenante como de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con procedimientos aceptados por el interventor, bajo cuenta y riesgo exclusivos del constructor.

673.4.10 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores de ejecución de subdrenes con geotextil y material granular se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Se debe asegurar, por lo tanto, que la adquisición de los recursos y el manejo de los residuos cumplan los requisitos legales ambienta-

les vigentes. Se deben realizar todos los estudios, los trámites, los procedimientos y las actividades en obra necesarios para cumplir con las normas ambientales e, igualmente, entregar al interventor la documentación de la gestión ambiental.

673.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

673.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo utilizado por el constructor.
- Corroborar que las excavaciones tengan las dimensiones y pendientes señaladas en los documentos del proyecto y aprobadas por el interventor, antes de iniciar la construcción del subdrén o filtro.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos exigidos por la presente especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados durante el período de ejecución de la obra.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la elaboración y la colocación de los agregados, del

geotextil y de la capa de cobertura del subdrén.

- Revisar la correcta disposición de los materiales sobrantes en los sitios definidos para este fin.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y al material granular drenante. Los ensayos de control relacionados con el geotextil, se deben llevar a cabo de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo NTC 2437 (ASTM D4354), NTC 4805 (ASTM D4759).

El interventor debe medir y aprobar, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas.

673.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

673.5.2.1 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante

de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en las Tablas 673 – 1 y 673 – 2. El interventor no debe aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no debe evitar, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni debe implicar, necesariamente, la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote (cota superior del número mínimo de muestreo según el tamaño del lote (Tabla 1 de la NTC 2437 (ASTM D4354))). Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados ($400 \text{ m}^2 - 600 \text{ m}^2$) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra, como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se debe determinar de conformidad con las normas de ensayo NTC 2437 (ASTM D4354) y NTC 4805 (ASTM D4759). Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deben empaquetar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que

les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 673 – 1 y 673 – 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 673 – 1 y 673 – 2. Por ningún motivo se deben aceptar geotextiles rasgados, agujereados o usados.

673.5.2.2 Calidad del material granular drenante y de los materiales de cobertura distintos al material de excavación

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y, de cada fracción de ellas, se debe verificar su calidad y granulometría, según los requisitos indicados en los numerales 673.2.2 y 673.2.3. Los resultados deben satisfacer las exigencias allí establecidas; si los materiales no cumplen con la totalidad de los requisitos, deben ser rechazados.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las descargas de los acopios y debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

673.6 Medida

673.6.1 Geotextil

La unidad de medida del geotextil debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geotextil medido en obra, colocado de acuer-

do con los documentos del proyecto y esta especificación y debidamente aceptado por el interventor. No se deben medir los traslajos.

El resultado de la medida se debe informar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

673.6.2 Material granular drenante

La unidad de medida del material granular drenante debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

El volumen se debe determinar multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de la misma y por la altura de colocación del material drenante indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el interventor.

673.6.3 Materiales de cobertura

La unidad de medida del material de cobertura debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptada por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

El volumen se debe determinar multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de la misma y por la

altura de colocación del material de cobertura indicados en los documentos del proyecto o autorizados por el interventor.

673.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los documentos del proyecto y esta especificación, y aprobada por el interventor.

El precio unitario del ítem 673.1, geotextil, debe incluir el suministro del geotextil en obra, su almacenamiento, transportes, colocación, costuras; traslajos y desperdicios.

El precio unitario del ítem 673.2, material granular drenante, debe comprender los costos del suministro, equipos y mano de obra para la adecuada colocación y compactación del material en la zanja del subdrén; la obtención de permisos de explotación del material; la extracción y eventual trituración y/o lavado; la clasificación del material; cargues; transportes; descargues; almacenamiento; la adecuada disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén.

El precio unitario del ítem 673.3, material de cobertura, debe incluir todos los conceptos de costo enunciados para el ítem 673.2 Material granular drenante, excepto la disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén, conceptos ya incluidos en el ítem 673.2

En todos los casos, el precio unitario debe incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Se deben excluir del precio unitario de los ítems anteriores, la excavación de las zanjas, la cual se debe pagar de acuerdo con el artículo 600.

673.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
673.1	Geotextil tipo _____	Metro cuadrado (m ²)
673.2	Material granular drenante	Metro cúbico (m ³)
673.3	Material de cobertura tipo _____	Metro cúbico (m ³)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geotextil y cada tipo de material de cobertura que se especifiquen en el contrato.

Drenes horizontales en taludes

Artículo 674 – 22

674.1 Descripción

Los drenes horizontales de penetración transversal constituyen un sistema de subdrenaje, que consiste en la introducción de tuberías ranuradas o perforadas insertadas transversalmente en los taludes de cortes y, eventualmente, en terraplenes, para aliviar la presión de poros.

Este trabajo consiste en la perforación de barrenos en los taludes del proyecto y la instalación de tubería ranurada o perforada de drenaje dentro de los mismos, con o sin recubrimiento de geotextil, en los sitios establecidos en los documentos del proyecto aprobados por el interventor.

674.2 Materiales

Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo en contrario, la tubería de drenaje debe ser de policloruro de vinilo (PVC), norma ASTM D1785, con diámetro interior mínimo de cincuenta milímetros (50 mm), Schedule 80, ranurada o perforada de acuerdo con lo establecido en los documentos del proyecto aprobados por el interventor.

En el caso de que se requiera la utilización de un geotextil para el recubrimiento externo de la tubería, este debe cumplir con lo que se especifique en los documentos del proyecto;

como mínimo, con lo que sea pertinente del numeral 673.2.1 del artículo 673, Subdrenes con geotextil y material granular.

674.3 Equipo

El equipo que se debe emplear para la instalación de drenes de penetración transversal, debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto y en cantidad suficiente para producir el rendimiento establecido en el programa de trabajo, siendo responsabilidad del constructor su selección, pero debe contar con la aprobación del interventor. Dicho equipo debe ser mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. El equipo debe ser el adecuado para perforar barrenos en cualquier dirección y en profundidad; puede ser ligero rotatorio o a percusión con martinete en el frente (down the hole), que permita obtener perforaciones con diámetros de cincuenta milímetros (50 mm) a ciento cincuenta milímetros (150 mm), en suelo o en roca.

Las plataformas deben contar con canastillas telescópicas, de accionamiento hidráulico o neumático, cuya versatilidad de movimientos permitan acercar y retirar el equipo, materiales y personal para la perforación e instalación de los drenes de penetración transversal, de acuerdo con los documentos del proyecto.

674.4 Ejecución de los trabajos

674.4.1 Trabajos previos

Previamente a la perforación de los barrenos, estos se deben ubicar mediante el apoyo de alineamientos topográficos, con base en la distribución espacial establecida en el proyecto.

Antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se deben instalar los drenes horizontales, debe encontrarse limpia y libre de zonas que puedan presentar riesgos de desprendimientos. No se debe permitir la instalación de drenes horizontales de penetración transversal sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por el interventor.

674.4.2 Ejecución de las perforaciones e instalación del dren

En general, la instalación de los drenes horizontales se debe hacer de acuerdo con la ubicación indicada en los documentos del proyecto; sin embargo, la ubicación exacta se debe determinar conforme se acuerde con el interventor.

El esviaje y la inclinación de las tuberías horizontales deben ser los establecidos en el proyecto o aprobados por el interventor, pudiendo realizar los últimos ajustes en campo, según las condiciones del terreno en el punto de instalación de cada dren.

Si, a criterio del interventor, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados durante la ejecución del trabajo, este se debe suspender inmediatamente en tanto que el constructor corrija las deficien-

cias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, deben ser imputables exclusivamente al constructor.

Debe tenerse en cuenta que, si la perforación se hace en materiales sueltos o inestables, se debe colocar inmediatamente tubería de revestimiento, la cual se debe remover después de haber instalado la tubería ranurada o perforada de PVC. Si durante la perforación se utiliza agua, se debe cuidar que esta no contamine los cauces de agua superficiales.

A menos que el proyecto indique otra cosa o el interventor apruebe algo diferente, se debe conectar una extensión redondeada o en punta de bala al extremo de la tubería ranurada para facilitar ser introducida en la perforación.

La tubería se debe colocar con la ayuda del equipo de perforación para introducirla en el barreno. Para formar una línea de tubería continua se deben conectar los tramos de tubería que sean necesarios. Los tubos de PVC se deben pegar entre sí con accesorios de acuerdo con la NTC 4404 (ASTM D2467), con el sistema indicado en los documentos del proyecto o el autorizado por el interventor.

A menos que el proyecto indique otra cosa o el interventor autorice algo diferente, en el último tramo, de tres metros (3 m) de longitud, se debe utilizar tubería no ranurada o perforada que constituya la salida del dren.

El espacio entre la perforación y el tramo de tubería no perforada se debe sellar en un tramo de al menos tres metros (3 m) hacia adentro a partir de la cara del talud, con un material impermeable que cumpla lo estable-

cido en el proyecto o aprobado por el interventor. El espacio entre el barreno y la tubería perforada en el resto de la longitud del dren, no se debe sellar.

A menos que el proyecto señale algo diferente o así lo apruebe el interventor, se deben colocar tuberías de salida en los extremos de todos los drenes horizontales, utilizando una pieza (T) para conectarlos a la tubería colectora. Se debe incluir protección a la intemperie de las tuberías colectoras expuestas al aire libre.

Se debe instalar un sistema colector del tipo, características y dimensiones indicadas en el proyecto o aprobadas por el interventor.

674.4.3 Limitaciones en la ejecución

No se pueden ejecutar los trabajos de colocación de drenes horizontales en taludes, en momentos en que haya lluvia o pronóstico de ella, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C).

Los trabajos de construcción de drenes horizontales se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especifi-

cado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

674.4.4 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la elaboración de drenes horizontales se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Por ello, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

674.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

674.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo utilizado por el constructor.

- Comprobar que los tubos y demás materiales por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación y se encuentren en relación directa con los documentos del proyecto o sus indicaciones.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Corroborar que el alineamiento y la longitud del dren estén de acuerdo con los requerimientos de los documentos del proyecto o lo autorizado por el interventor.

El interventor debe medir y aprobar, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas.

674.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

674.5.2.1 Calidad de los materiales

674.5.2.1.1 Tubos de PVC

Se deben verificar los siguientes aspectos:

- Que el lote de tubos que llegue a la obra cumpla con las especificaciones exigidas. El constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante con los resultados de los ensayos de calidad pertinentes. Esta certificación no debe implicar necesariamente la aceptación del lote de tubos por parte del interventor.
- Que ningún tubo presente roturas, aplastamientos o deformaciones. Todos los tubos

que presenten algún desperfecto deben ser rechazados.

- Que el diseño y la ejecución de las ranuras o perforaciones de cada uno de los tubos se encuentre de acuerdo con los documentos del proyecto.
- Que la unión de los tubos, a medida que se van introduciendo en el barreno, se ejecute conforme con las indicaciones establecidas en los documentos del proyecto.

674.5.2.1.2 Geotextil

El geotextil debe cumplir con lo estipulado en el numeral 674.2. El constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante con los resultados de los ensayos de calidad pertinentes. Esta certificación no debe implicar necesariamente la aceptación del lote de geotextil por parte del interventor.

674.5.2.1.3 Calidad del producto terminado

Se debe verificar la adecuada colocación del material impermeable de sello en el último tramo del dren. Además, se debe comprobar que cada uno de los drenes esté correctamente conectado al sistema colector del agua, de acuerdo con los documentos del proyecto y a los procedimientos aceptados por el interventor.

674.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro (m), aproximado a la décima (0,1), de dren horizontal instalado de acuerdo con los documentos del proyecto aprobados por el interventor y esta especificación. El resultado de la medida

se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

674.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra terminada y aprobada por el interventor. El precio unitario debe comprender todos los costos de preparación de la superficie del talud; la perforación de los barrenos y la eventual instalación y posterior retiro de tubería de revestimiento; el suministro, adecuación e instalación de la tubería de PVC, incluyendo sus ensambles; el suministro y la instalación del geotextil, si se requiere; la colocación del sello impermeable; los costos de cargue, transporte, descargue, desperdicios, disposición adecuada de sobrantes y, en general, todos los costos requeridos para la correcta ejecución de los trabajos objeto de esta especificación.

El precio unitario debe incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

En caso de que se requiera instalar un sistema colector al cual se deban conectar los drenes, su forma de pago se debe definir mediante una especificación particular.

674.7.1 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

674.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
674.1	Dren horizontal de longitud menor o igual a veinte metros (20 m)	Metro (m)
674.2	Dren horizontal de longitud mayor a veinte metros (20 m)	Metro (m)

Muros de tierra estabilizada mecánicamente con paneles de concreto

Artículo 680 – 22

680.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de rellenos con material granular recubiertos con paneles de concreto, sostenidos con armaduras metálicas, en los sitios y con las dimensiones señaladas en los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

680.2 Materiales

680.2.1 Paneles de concreto

El concreto para la construcción de los paneles debe ser del tipo definido en los documentos del proyecto y su elaboración se debe hacer según lo especificado en el artículo 630, Concreto estructural. Si los documentos del proyecto no indican algo diferente, el concreto debe tener una resistencia mínima a la compresión de veintiocho megapascuales (28 MPa) a veintiocho días (28 d). Los paneles deben ser construidos en concreto reforzado, según las dimensiones y cantidades de refuerzo establecidas y aprobadas en los documentos del proyecto, que cumplan los requisitos del artículo 640, Acero de refuerzo. La forma y las dimensiones de los paneles deben corresponder con las indicadas en los documentos del proyecto.

Los paneles deben disponer de sistemas de espigos y tubos para su entrelazamiento, así como de arranques de armaduras sobre las

cuales se deben atornillar estas y un sistema de levantamiento que permita su izada en posición vertical durante su colocación.

Las juntas verticales de los paneles deben tener un empaque consistente en una cinta de poliuretano y, en las juntas horizontales, se pueden dar apoyos de neopreno que sirvan de soporte al panel superior.

680.2.2 Armadura y tornillería

Las armaduras deben ser de acero de conformidad con lo establecido en la NTC 1985 (ASTM A572) Grado 65 (Grado 450) y estar provistas de un recubrimiento de zinc por galvanizado en caliente según la NTC 3320 (ASTM A123), dotadas en ambas caras de estrías transversales. Deben constituirse por elementos lineales de la sección y la longitud indicadas en los documentos del proyecto.

Los tornillos deben satisfacer los requisitos para la clase de resistencia ocho punto ocho (8.8) indicada en la norma ISO 4017, con dimensiones apropiadas para la resistencia requerida por los elementos que deben ser sometidos a los mayores niveles de carga. Cada tornillo debe estar provisto de tuerca.

Las armaduras se deben enviar a la obra preparadas para su uso; es decir, cortadas a la medida y perforadas en su extremidad para atornillarlas a los arranques metálicos que salen de los paneles.

680.2.3 Concreto para solera

El concreto de la solera debe ser del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se debe realizar teniendo en cuenta lo especificado en el artículo 630. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, debe ser un concreto simple con una resistencia mínima a la compresión de diecisiete megapascales (17 MPa) a veintiocho días (28 d).

680.2.4 Relleno

Los documentos del proyecto deben definir los requisitos que debe cumplir el material de relleno, el cual puede ser: material granular tipo SBG (artículo 610, Rellenos para estructu-

ras, numeral 610.2.3), material granular tipo BG (artículo 610, numeral 610.2.3), o un material de características diferentes que cumpla con los requisitos definidos en la Tabla 680 – 1. No se debe permitir el uso de materiales procedentes de procesos industriales o de manipulación humana como residuos de construcción y demolición (RCD), residuos de fresado de capas asfálticas o cualquier otro material con uso previo.

Los materiales de relleno deben cumplir, también, las propiedades electroquímicas que se indican en la Tabla 680 – 2.

El pH del material de relleno, determinado según la norma de ensayo INV E-131, debe estar entre cinco (5) y diez (10).

Tabla 680 – 1. Requisitos para los materiales de relleno

Propiedad	Norma de ensayo INV	Requisito
Tamaño máximo (mm)	E-123	20
Porcentaje que pasa a través del tamiz de 0,425 mm (nro. 40), máximo (%)	E-123	60
Porcentaje que pasa a través del tamiz de 0,075 mm (nro. 200), máximo (%)	E-123	15
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-133	6
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota)	E-220	15
- Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio		30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 680 – 2. Propiedades electroquímicas de los materiales de relleno

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Resistividad (ohm-cm)	AASHTO T 288	> 3 000
pH	AASHTO T 289	5 a 10
Cloruros (ppm)	ASTM D4327	< 100
Sulfatos (ppm)	ASTM D4327	< 200
Contenido de material orgánica (%)	INV E-121 / UNE 103204	≤ 0,2

680.2.5 Drenaje

En los documentos del proyecto se deben definir los parámetros necesarios para la construcción del sistema de drenaje del muro, tanto en lo que respecta a sus dimensiones como a los materiales y procesos necesarios para su ejecución.

En el caso en que se opte por el uso de un sistema de drenaje con material granular, su diseño y proceso constructivo deben cumplir con lo establecido en el artículo 673, Subdrenes con geotextil y material granular.

Si en los documentos del proyecto se adopta una alternativa de drenaje distinta a las consideradas en las presentes especificaciones generales, debe ser necesario definir una especificación particular.

La propuesta de drenaje debe incluir los diseños de las estructuras y/o adecuaciones necesarias, que permitan garantizar la entrega de las aguas procedentes del muro a otro sistema de conducción de aguas de origen pluvial o a un efluente natural cercano.

680.3 Equipo

Al respecto, debe regir todo lo que sea aplicable del numeral 630.3 del artículo 630.

Las formaletas o moldes para la fabricación de los paneles deben ser metálicos, con acceso para el vibrado del concreto.

Se debe requerir, además, equipo para la explotación, procesamiento, extensión, humedecimiento, conformación y compactación del material de relleno, así como vehículos

para el transporte de todos los elementos constitutivos de la tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto, sin procesar o procesados.

También, se debe disponer de equipo para el izado y la colocación de los paneles de concreto y los elementos auxiliares requeridos para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

680.4 Ejecución de los trabajos

680.4.1 Fabricación de los paneles

680.4.1.1 Generalidades

La fabricación de los paneles se debe realizar de acuerdo con las partes pertinentes de los artículos 630 y 640. Los materiales y procedimientos empleados en la fabricación deben contar con la aprobación previa del interventor y deben estar sujetos a su inspección durante la ejecución de los trabajos; deben permitir la producción de una manera ordenada, que garantice la obtención de un producto de características uniformes, de acuerdo con los diseños y dentro de las especificaciones. La zona de trabajo debe adecuarse para el desarrollo de todas las operaciones. El interventor puede exigir todos los cambios que considere necesarios para cumplir estos preceptos.

680.4.1.2 Elaboración

El interventor solo debe autorizar la colocación del concreto cuando haya aprobado la correcta colocación del refuerzo. El vaciado del concreto, para cada panel, debe ser continuo hasta su terminación y el vibrado posterior se

debe efectuar empleando procedimientos adecuados que no produzcan segregación de los agregados, ni desplacen el acero de refuerzo o las formaleas. Los paneles de concreto deben someterse a un proceso de curado de acuerdo con el numeral 630.4.12 del artículo 630, al documento ACI 308.1, *Standard Specifications for Curing Concrete*, así como a las recomendaciones presentadas en el documento ACI 308R, *Guide to External Curing of Concrete*.

680.4.2 Descarga y almacenamiento de los paneles

Los paneles se deben descargar y manipular por medio de los arranques de armaduras.

Se deben almacenar sobre una superficie plana, con el paramento hacia abajo, en filas de cinco (5) paneles, como máximo.

El panel inferior de cada fila se debe proteger del contacto con el suelo por medio de tablores puestos de canto u otro sistema autorizado por el interventor. Durante estas operaciones debe tenerse cuidado de no doblar los arranques de las armaduras. Los paneles únicamente se pueden instalar luego de veintiocho días (28 d) de su fabricación.

680.4.3 Solera de asiento

Los paneles de la fila inferior se deben apoyar sobre el suelo por medio de una solera de concreto simple, con una resistencia mínima a la compresión de diecisiete megapascales (17 MPa) a los veintiocho días (28 d). La geometría de la solera debe estar definida en los documentos de proyecto junto con su respectiva memoria de cálculo.

680.4.4 Montaje de los paneles y colocación del relleno

El montaje de los paneles se debe efectuar por filas horizontales sucesivas, sobre toda la longitud de la obra. La primera fila de paneles debe estar compuesta por una intercalación de elementos enteros con elementos de media altura, apoyados directamente sobre la solera de asiento.

Antes de efectuar el relleno, todos los paneles de la primera fila deben ser calzados para que no se produzca ningún movimiento mientras se efectúa el relleno. Además, los paneles se deben mantener con puntales al lado opuesto del relleno, los cuales se pueden retirar cuando este haya cubierto uno coma cinco metros (1,5 m) de altura o cuando lo señale el interventor.

El relleno detrás de los paneles se debe efectuar por capas, extendiendo el material de forma paralela a la fila de los paneles. Los niveles superiores de estas capas deben corresponder a la parte alta de los paneles enteros y al nivel de las capas de armaduras.

El material debe ser humedecido o aireado según se precise y luego compactado, evitando la acción de compactadores pesados a menos de un metro (1 m) del paramento, para prevenir el desplazamiento de los paneles. En dicha zona, la compactación se debe realizar empleando máquinas accionadas manualmente. Cabe anotar que, la totalidad del material de relleno debe cumplir los requisitos de compactación establecidos en el numeral 680.5.2.6.

El montaje de una nueva fila de paneles solamente se puede iniciar cuando el relleno

haya sido construido en toda la altura de la anterior. Este montaje debe comenzar por los espacios entre los paneles de la fila inferior.

La última fila del macizo debe llevar, también, paneles de media altura.

680.4.5 Colocación de las armaduras

Las armaduras se deben colocar perpendicularmente al paramento, en capas horizontales y sujetas a los paneles mediante tornillos con sus respectivos accesorios de fijación.

El relleno debe estar cuidadosamente nivelado, para que la armadura se apoye completamente sobre su superficie.

680.4.6 Limpieza final

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el constructor debe retirar del lugar toda obra falsa, materiales no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pueda haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y debe dejar el lugar de la estructura limpio y presentable.

680.4.7 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

680.4.8 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de muros de tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto, deben realizarse teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y la protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

680.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

680.5.1 Controles

El plan de calidad y el de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento, tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los materiales por utilizar acaten los requisitos de calidad exigidos por esta especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y en la elaboración de las mezclas de concreto.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de las mezclas.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Corroborar que el alineamiento, pendiente, verticalidad o forma del paramento, sección y acabado de los paneles, cumplan los requerimientos de los documentos del proyecto.
- Medir las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el constructor.

680.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

680.5.2.1 Calidad de los ingredientes de la mezcla de concreto y de los productos de curado

En lo referente a la calidad del cemento, adiciones suplementarias, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se deben aplicar los criterios del artículo 630, numeral 630.5.1.1, 630.5.1.2, 630.5.1.3, 630.5.1.4 y 630.5.1.6.

680.5.2.2 Calidad de las mezclas

680.5.2.2.1 Dosificación

Al respecto, se deben aplicar los criterios del artículo 630, numeral 630.5.2.3.

680.5.2.2.2 Consistencia

En tal sentido, deben emplear los criterios del artículo 630, numeral 630.5.2.4.

680.5.2.2.3 Resistencia de las mezclas

En relación con el concreto utilizado para elaborar los paneles, deben tomarse al azar muestras para fabricar tres (3) cilindros por cada lote.

Se debe entender por lote, veinticinco (25) paneles prefabricados o los elaborados en una jornada de trabajo, lo que resulte menor.

Para el concreto destinado a la producción de los paneles, el proceso de toma, elaboración, curado y ensayo de las muestras se debe realizar según lo descrito en el numeral

630.5.2.9 del artículo 630, así como los criterios para definir conformidad o no conformidad del producto terminado.

En caso de incumplimiento de una o varias de las exigencias a que se refiere el numeral 630.5.2.9, se deben rechazar los paneles representados por dichos cilindros.

Para el concreto destinado a la elaboración de la solera, se deben emplear los criterios definidos en el artículo 630, numeral 630.5.2.9.

680.5.2.3 Refuerzo de los paneles

No se debe admitir tolerancia alguna por parte del interventor en relación con la calidad establecida para el acero en el numeral 640.2 del artículo 640.

En relación con la colocación de las armaduras, se aceptan las tolerancias indicadas en el numeral 640.5.2 del mismo artículo.

680.5.2.4 Aceptación de los paneles

Para su colocación, los paneles solamente se deben aceptar si cumplen con las dimensiones del diseño y demás requisitos establecidos en esta especificación y en las particulares del contrato. Sus superficies deben ser lisas, uniformes, libres de bordes salientes, hormigueros u otros defectos. Todos los paneles que presenten defectos en la superficie a la vista o señales de haber sido averiados durante su manejo deben ser rechazados por el interventor.

680.5.2.5 Armaduras y tornillería

No debe haber ninguna tolerancia en relación con los requisitos establecidos en el numeral 680.2.2 para las armaduras y tornillería.

680.5.2.6 Relleno

La calidad del material de relleno se debe evaluar en función de sus características y de los requisitos aplicables de las presentes especificaciones, según sea el tipo de material por utilizar, de acuerdo con lo señalado en el numeral 680.2.4.

El valor del peso unitario seco máximo se debe obtener según la norma de ensayo INV E-142, efectuando, de ser necesaria, la corrección por la presencia de partículas gruesas de acuerdo con la norma INV-E-143. La humedad de compactación debe permanecer dentro del intervalo de más o menos dos por ciento ($\pm 2\%$) con relación al valor óptimo determinado mediante la norma INV E-142. Excepto que los documentos del proyecto especifiquen algo diferente, la capa de relleno se debe aceptar si el grado de compactación individual GC_i , calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple los siguientes criterios:

Cuando el muro deba soportar cargas derivadas de la construcción de la vía:

$$GC_i \geq 95,0 \% \quad [680.1]$$

En los casos en que el muro deba soportar cualquier otra carga distinta de las generadas por la estructura del pavimento, siempre y cuando existan diseños detallados y autorización expresa por parte del diseñador:

$$GC_i \geq 100,0 \% \quad [680.2]$$

680.5.2.7 Calidad del producto terminado

En caso de que la superficie a la vista del muro de tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto presente irregularidades que sean notorias, debe ser rechazada por el interventor.

En lo que respecta a las dimensiones del muro y su localización en planta, se deben aceptar las tolerancias que resulten pertinentes del artículo 630, numeral 630.5.3.

Toda obra ejecutada donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, se debe corregir por el constructor, bajo su propia cuenta y riesgo, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con los procedimientos aprobados por el interventor y hasta conseguir su aprobación.

680.6 Medida

680.6.1 Paneles en concreto

La unidad de medida de los paneles en concreto debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), de paneles realmente suministrados, colocados y terminados, debidamente aceptados por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El área se debe determinar multiplicando el área de un panel completo y uno de media altura por el número de paneles de cada clase aceptados por el interventor. El área total debe ser la suma de las dos (2) multiplicaciones.

680.6.2 Armadura

La unidad de medida de la armadura debe ser el kilogramo (kg), aproximado la décima (0,1), de acero galvanizado, incluyendo empalmes, suministro y colocación de acuerdo con los documentos del proyecto y la presente especificación. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida de la armadura se debe basar en el producto entre la longitud de armadura colocada y aprobada por el interventor y los valores de masa, por metro, suministrados por el fabricante.

680.6.3 Relleno

La unidad de medida del relleno granular debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material suministrado, colocado y terminado de acuerdo con los documentos del proyecto y debidamente aceptada por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes se deben determinar con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de relleno. Dichas áreas deben estar limitadas por las líneas de pago teóricas mostradas en los documentos del proyecto o autorizadas por el interventor. No se deben medir cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto aprobadas por el interventor, ni el concreto utilizado para la solera de asiento.

680.6.4 Drenaje

Si el sistema adoptado corresponde al establecido en el artículo 673, se debe aplicar lo dispuesto en el numeral 673.6.

En el caso en que se defina un método distinto, se debe acudir a la especificación particular aprobada para la actividad.

680.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor.

680.7.1 Paneles en concreto

El precio unitario debe cubrir los costos de todos los materiales empleados en la fabricación de los paneles con las dimensiones especificadas, incluyendo formaletas o moldes, el acero de refuerzo, los espigos y tubos para entrelazamiento, los arranques de armaduras, los materiales para las juntas y su colocación; la elaboración de la mezcla de fabricación de los paneles de acuerdo con los documentos del proyecto y lo aprobado por el interventor; los equipos, la mano de obra y los accesorios requeridos; patentes, transporte, almacenamiento, desperdicios, colocación de los paneles y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos.

Debe comprender, así mismo, los costos de materiales, elaboración, transporte y colocación en el lugar indicado por el interventor, del concreto para la solera de asiento; al igual que los costos de señalización preventiva de la vía

y el eventual ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos.

Los precios unitarios deben incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

680.7.2 Armadura galvanizada

El precio unitario debe cubrir todos los costos que se deriven del suministro de las platinas galvanizadas, incluidas las patentes, los tornillos de unión, tuercas y otros materiales accesorios; el equipo y mano de obra requeridos; los cargues, transportes, descargues, instalación de las armaduras, desperdicios y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo objeto del pago. El precio unitario debe incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

680.7.3 Relleno granular para muros de tierra mecánicamente estabilizada

El precio unitario debe cubrir los costos de extracción, preparación y suministro de los materiales; la obtención de los permisos ambientales y derechos de explotación, la construcción o adecuación de las vías de acceso a las zonas de préstamo; la adecuación de dichas zonas una vez extraído el material, para recuperar las características hidrológicas superficiales; los cargues, transportes, compactación y conformación del relleno granular para tierra mecánicamente estabilizada; todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario debe incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Si la superficie de apoyo del muro se debe preparar mediante una excavación, se debe pagar con cargo al artículo 600, Excavaciones varias.

680.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
680.1	Paneles de concreto	Metro cuadrado (m ²)
680.2	Armadura galvanizada	Kilogramo (kg)
680.3	Relleno granular para tierra mecánicamente estabilizada con paneles de concreto	Metro cúbico (m ³)
680.4	Drenaje	Se debe cobrar según las unidades definidas en la especificación utilizada

Gaviones y colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado

Artículo 681 – 22

681.1 Descripción

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo, almacenamiento e instalación de canastas de mallas hexagonales de alambre de acero con revestimiento metálico, entrelazado en triple torsión (Nota), y el suministro, transporte y colocación de material de relleno dentro de las canastas, de acuerdo con los alineamientos, formas y dimensiones y en los sitios establecidos en los documentos del proyecto o aprobados por el interventor. También incluye las canastas de alambre de acero con doble revestimiento, metálico y policloruro de vinilo (PVC), cuando los documentos del proyecto así lo requieran.

Nota: la definición de malla de triple torsión utilizada en el numeral 3.2.3 de la NTC 5333 es equivalente a la expresión “*Double-Twisted wire mesh*” empleada en la norma ASTM A975, en su numeral 3.2.1. Para efectos de la denominación en las presentes especificaciones, se adopta la expresada en la NTC 5333.

Las canastas de colchogaviones tienen un espesor que es varias veces menor que su largo y su ancho.

681.2. Materiales

681.2.1 Canastas metálicas

681.2.1.1 Requisitos

Las canastas metálicas deben estar formadas de alambre de acero con recubrimiento metálico (o con recubrimiento metálico y recubrimiento posterior de PVC) de triple torsión, con huecos hexagonales y deben cumplir los requisitos de materiales y de fabricación establecidos en la NTC 5333 (ASTM A975).

681.2.1.2 Clasificación

Las mallas para gaviones y colchogaviones se clasifican en cinco (5) estilos, en función del recubrimiento del alambre, como se menciona en la Tabla 681 – 1.

- Las mallas estilo uno (1) se elaboran con alambres de acero recubiertos con zinc (galvanizado).

Tabla 681 – 1. Estilos de mallas para gaviones y colchogaviones según el tipo de recubrimiento del alambre

Estilo	Tipo de recubrimiento
1	Zinc (galvanizado)
2	Aleación Zn-5Al-MM
3	Igual a estilo 1, recubierto con PVC
4	Aluminio (aluminizado)
5	Igual a estilo 2, recubierto con PVC

- Las mallas estilo dos (2) se fabrican con alambres de acero recubiertos con una aleación de zinc, cinco por ciento (5 %) aluminio y metal de Misch (Zn – 5Al – MM).
- Las mallas estilo tres (3) corresponden a las del estilo uno (1), sobre las cuales se aplica un recubrimiento en PVC.
- Las mallas estilo cuatro (4) se elaboran con alambres de acero recubiertos con aluminio (aluminizados).
- Las mallas estilo cinco (5) concuerdan con las del estilo dos (2), sobre las cuales se aplica un recubrimiento en PVC.

Para los alambres que componen las mallas de los gaviones y colchogaviones, el recubrimiento especificado se debe aplicar antes de entrelazarlos entre sí con triple torsión.

A su vez, los alambres que acompañan a las mallas en la formación de las canastas (para aristas o bordes, templetes, amarres y anclajes) deben tener los siguientes recubrimientos, dependiendo del tipo de malla al cual se integran:

- Estilo 1: Recubrimiento en zinc (galvanizado).
- Estilo 2: Recubrimiento en zinc, cinco por ciento (5 %) aluminio y metal de Misch (Zn – 5Al – MM).
- Estilo 3: Elaborados en acero inoxidable.

- Estilo 4: Recubrimiento en aluminio (aluminizados).
- Estilo 5: Elaborados en acero inoxidable.

Para los alambres que acompañan a las mallas en la formación de las canastas, si el estilo de malla usado exige la aplicación de un recubrimiento, este debe ser aplicado antes de su instalación en la canasta.

681.2.1.3 Características del alambre

681.2.1.3.1 Resistencia a la tensión

Todos los alambres deben ser de acero de bajo temple; su resistencia a la tensión, cuando se verifique con base en los métodos de ensayo NTC 3353 (ASTM A370) y NTC 2 (ASTM E8), debe cumplir con lo establecido en la Tabla 681 – 2.

681.2.1.3.2 Diámetro de los alambres

El diámetro mínimo de los alambres debe cumplir los requisitos mencionados en la Tabla 681 – 3.

681.2.1.3.3 Recubrimiento metálico

El alambre con recubrimiento metálico debe estar libre de astillas, escamas y otras imperfecciones que no sean consistentes con las buenas prácticas de fabricación de estos elementos. El recubrimiento debe ser continuo

Tabla 681 – 2. Resistencia máxima a la tensión para los alambres

Diámetro del alambre (mm)	Resistencia a la tracción (MPa)	
	Mínima	Máxima
2,0 – 2,69	415	515
> 2,69		485

Tabla 681 – 3. Diámetro mínimo nominal de los alambres

Característica	Tipo de recubrimiento	
	Metálico (estilos 1, 2 y 4)	Metálico y PVC (estilos 3 y 5)
Malla (mm)		
• Gaviones	3,00	2,70
• Colchogaviones	2,20	2,20
Aristas y bordes (mm)		
• Gaviones	3,80	3,40
• Colchogaviones	2,70	2,70
Templetes (aplica solo para gaviones):		
• Elaborados en obra para conectar las caras anterior y posterior de cada panel de gavión (mm)	2,20	2,20
• Preformados para enlazar las esquinas de una misma canasta (mm)	3,80	3,40
Amarres (gaviones y colchogaviones) (mm)	2,20	2,20

y razonablemente homogéneo; se debe permitir la soldadura en fábrica de los extremos del alambre para conseguir la longitud necesaria en los rollos de empaque.

El recubrimiento con zinc de todos los alambres para los gaviones y colchogaviones de estilo uno (1) y tres (3) debe cumplir los requerimientos de la norma ASTM A641 para recubrimiento clase tres (3).

El recubrimiento con aleación zinc, cinco por ciento (5 %) aluminio y metal de Misch (Zn – 5Al – MM) de todos los alambres para los gaviones y colchogaviones de estilos dos (2) y cinco (5) debe cumplir los requerimientos la norma ASTM A856 para recubrimiento clase tres (3).

El recubrimiento con aluminio de todos los alambres para los gaviones y colchogaviones del estilo cuatro (4) debe cumplir los requerimientos de la norma ASTM A809.

La cantidad de recubrimiento metálico, en masa por unidad de área de la superficie del alambre sin recubrir, se debe determinar según

los procedimientos descritos en las normas NTC 3237 (ASTM A90) o ASTM A428, según el tipo de recubrimiento utilizado.

El alambre, con su recubrimiento metálico, debe ser enrollado alrededor de un mandril cilíndrico de acero, formando una espiral apretada, a razón de quince (15) giros por minuto, sin que el recubrimiento metálico se agriete o descascare hasta tal punto que cualquier partícula del recubrimiento (zinc, aleación Zn-5Al-MM o aluminio) se pueda remover frotando con los dedos desnudos. El mandril para la prueba de adherencia debe tener el diámetro indicado en la Tabla 681 – 4, el cual está en función del diámetro nominal del alambre, D.

El aflojamiento o desprendimiento durante la prueba de pequeñas partículas del recubrimiento metálico (zinc, aleación Zn-5Al-MM o aluminio) que se hayan formado por pulimiento mecánico de la superficie del alambre recubierto, no se debe considerar como causa de rechazo del recubrimiento metálico.

Tabla 681 – 4. Diámetro del mandril para la prueba de adherencia del recubrimiento metálico

Diámetro nominal del alambre (D) (mm)	Diámetro del mandril (mm)
2,20 a 3,69	3 * D
≥ 3,70	4 * D

Nota: para el caso de alambres con recubrimiento en Aluminio (estilo 4), solo se debe utilizar un mandril con diámetro de 3 * D.

681.2.1.3.4 Recubrimiento en PVC

El recubrimiento con PVC de todos los alambres para los gaviones y colchogaviones de estilos tres (3) y cinco (5), que se coloca sobre el recubrimiento metálico, debe cumplir los requerimientos de la NTC 5333 (ASTM A975); su espesor debe cumplir los requisitos indicados en la Tabla 681 – 5.

681.2.1.4 Características de las mallas para gavión y colchogavión

En la NTC 5333 (ASTM A975) se indica la nomenclatura de los elementos que integran tanto un gavión como un colchogavión, así como su configuración y detalles de fabricación; las partes se ilustran en la Figura 681 – 1.

Tabla 681 – 5. Espesor del recubrimiento de PVC

Característica	Requisito
Espesor nominal (mm)	0,50
Espesor mínimo (mm)	0,38

La abertura de malla y sus tolerancias deben ser:

- Sentido horizontal:
 - Gavión: Ocho centímetros más o menos ocho milímetros (8 cm ± 8 mm)
 - Colchogavión: Seis centímetros más o menos seis milímetros (6 cm ± 6 mm).

- Sentido vertical:
 - Gavión: Diez centímetros más o menos diez milímetros (10 cm ± 10 mm).
 - Colchogavión: Ocho centímetros más o menos ocho milímetros (8 cm ± 8 mm).

Estas medidas se deben obtener tomando las longitudes en ángulo recto en sentidos vertical

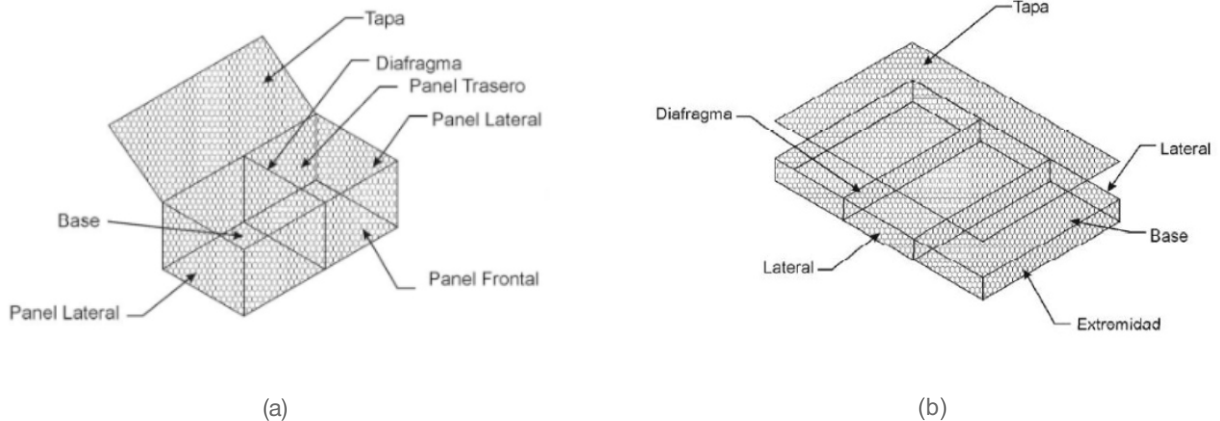


Figura 681 – 1. Partes de (a) un gavión y (b) un colchogavión

y horizontal, como se muestra en la Figura 681 – 2.

La canasta metálica debe llevar diafragmas conformando celdas de largo no mayor a un metro (1 m). Las medidas nominales de los gaviones y colchogaviones y su número de celdas se muestran en las Tablas 681 – 6 y 681 – 7 respectivamente. Las tolerancias dimensionales antes del llenado se establecen en el numeral 681.5.2.2.

El ancho, la altura y la longitud de una canasta para gavión o colchogavión al ser fabricada, no debe diferir, antes de su llenado, en más o menos cinco por ciento ($\pm 5\%$) en la menor dimensión y en más o menos tres por ciento ($\pm 3\%$) en las otras dos (2) dimensiones.

El diámetro de los alambres debe cumplir con lo establecido en la Tabla 681 – 3, con una tolerancia según lo definido en las normas ASTM A641, ASTM A809 o ASTM A856, de acuerdo con el estilo de malla utilizado.

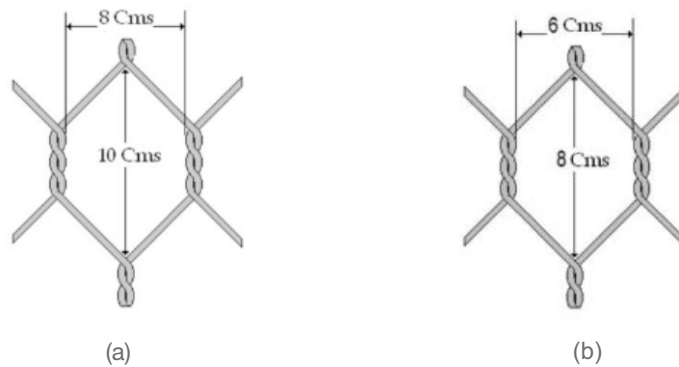


Figura 681 – 2. Abertura de la malla de (a) gavión y (b) colchogavión

Todos los bordes y aristas deben ser rematados, como mínimo, envolviendo los alambres de la malla alrededor del alambre de borde por lo menos dos coma cinco (2,5) veces, como lo indica la Figura 681 – 3(a), con excepción de la unión de los paneles laterales y diafragmas

con la base, que se pueden doblar con una sola abertura de malla, como lo señala la Figura 681 – 3(b). Los requisitos de resistencia mínima de la malla, de las conexiones de la malla con los alambres de las aristas o bordes, de las conexiones entre paneles y de las

Tabla 681 – 6. Medidas nominales y número de celdas de los gaviones

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Número de celdas	Volumen (m ³)
2,0	1,0	1,0	2	2,0
3,0	1,0	1,0	3	3,0
4,0	1,0	1,0	4	4,0
2,0	1,0	0,5	2	1,0
3,0	1,0	0,5	3	1,5
4,0	1,0	0,5	4	2,0

Tabla 681 – 7. Medidas nominales y número de celdas de los colchogaviones

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Número de celdas	Volumen (m ³)
3,0	2,0	0,17	3	1,02
4,0	2,0	0,17	4	1,36
3,0	2,0	0,23	3	1,38
4,0	2,0	0,23	4	1,84
3,0	2,0	0,30	3	1,80
4,0	2,0	0,30	4	2,40

pruebas de punzonamiento son los mostrados en la Tabla 681 – 8. Los ensayos se deben realizar siguiendo los métodos descritos en la NTC 5333 (ASTM A975).

681.2.2 Material de llenado

El material de llenado puede estar conformado por rocas provenientes de una fuente aluvial o de cantera, que no exhiban un nivel elevado de meteorización. Debe estar razonablemente libre de materia orgánica, no debe tener óxido de hierro con excesiva alcalinidad o compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre de la canasta.

Como alternativa para el material de llenado, se debe permitir el uso de residuos triturados y lavados de concreto.

En cualquiera de los casos mencionados, o también si se realiza una mezcla entre materiales naturales y residuos de concreto, el material resultante debe cumplir los requisitos descritos en la Tabla 681 – 9.

681.2.3 Geotextil de separación

Sobre la superficie compactada se debe instalar un geotextil de separación, el cual debe cumplir con lo especificado en el artículo

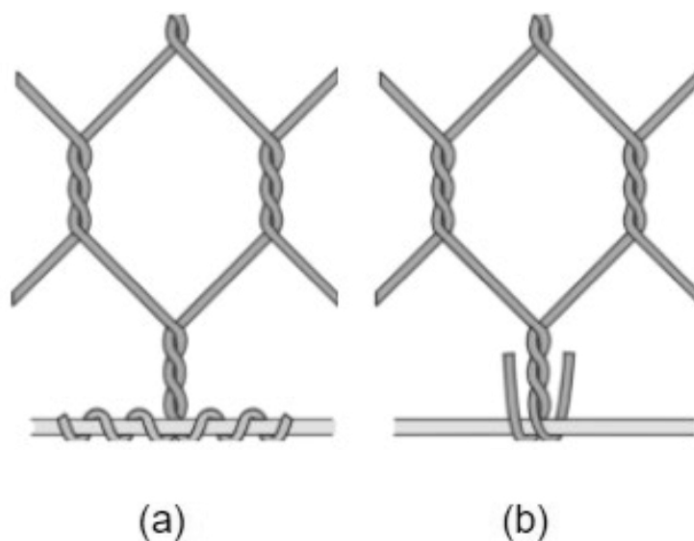


Figura 681 – 3. Remates para bordes de la malla en las aristas de la canasta

Tabla 681 – 8. Resistencia mínima de la malla y las conexiones

Descripción del ensayo	Tipo de recubrimiento		
	Gavión		Colchogavión
	Metálico (clases 1 y 2)	Metálico y PVC (clases 3 y 4)	Todas las clases
Resistencia de la malla, mínimo (kN/m)			
• Ensayo paralelo al entorchado de los alambres	51,1	42,3	33,6
• Ensayo perpendicular al entorchado de los alambres	26,3	20,4	13,1
Resistencia de las conexiones, mínimo (kN/m)			
• Conexiones a los bordes y aristas	20,4	17,5	10,2
• Conexiones entre paneles	20,4	17,5	10,2
Ensayo de punzonamiento, mínimo (kN)	26,7	23,6	17,8

231, Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil, numeral 231.2.1.

681.3 Equipo

Se requieren, principalmente, equipos para el transporte del material de relleno y la eventual adecuación de la superficie sobre la cual se deben construir los gaviones o colchogaviones, así como herramientas manuales para las operaciones de tensionamiento, amarre y cierre de las canastas metálicas.

681.4 Ejecución de los trabajos

681.4.1 Generalidades

Los procedimientos que adopte el constructor para la construcción de gaviones y colchogaviones deben prevenir el deterioro del revestimiento de los alambres de las canastas.

681.4.2 Preparación de la superficie de apoyo

Cuando los gaviones requieran una base firme y lisa para apoyarse, esta puede consistir en una adecuación del terreno o una cimentación

diseñada y construida de acuerdo con los detalles de los documentos del proyecto o lo aprobado por el interventor.

En el caso de adecuaciones del terreno, en función de los niveles definidos en los documentos del proyecto, se aplica lo contenido en los artículos 600, Excavaciones varias y 610, Rellenos para estructuras, según sea el caso.

681.4.3 Colocación del geotextil de separación sobre la superficie de apoyo

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se debe instalar un geotextil de separación, labor que debe adelantarse de acuerdo con lo indicado en el artículo 231, numerales 231.4.3. y 231.4.4.

681.4.4 Colocación y ensamble de las canastas

Las canastas vacías y completamente ensambladas se deben colocar en su posición final sobre la superficie preparada. Su amarre y llenado se debe realizar en su posición final; no se debe permitir el transporte de canastas llenas.

Tabla 681 – 9. Características del material granular para llenado de gaviones y colchogaviones (piedras)

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Granulometría (F)		
- Tamaño máximo (mm)	(Nota 1)	200
- Tamaño mínimo (mm)		100
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación 1), máximo (%)	INV E-219	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas de ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota 2)	INV E-220	
- Sulfato de sodio		12
- Sulfato de magnesio		18
Resistencia mecánica (O)		
Relación $\frac{\text{Resistencia a la compresión simple}}{\text{Maximo esfuerzo de trabajo}}$	ASTM D7012 Método C	≥ 250
- La muestra para el ensayo se obtiene tomando núcleos de piedras representativas		
Geometría de las partículas (Nota 4)		
Partículas con relación largo / espesor mayor que tres (3), máximo (%)	-	10
Masa unitaria (F)		
Masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, mínimo (kg/m ³) (Nota 4)	(Nota 3)	1 250
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	INV E-223	2,0
- La muestra para el ensayo se debe obtener fragmentando una muestra representativa de las piedras		

Nota 1: el constructor debe tener en obra unas mallas con aberturas de cien y doscientos milímetros (100 mm – 200 mm) para el control de la granulometría. En ningún caso, el material de relleno puede ser menor de diez centímetros (10 cm).

Nota 2: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Nota 3: el procedimiento constructivo que debe elaborar el constructor para aprobación de la interventoría, debe incluir un método para la verificación de la masa unitaria de las canastas llenas. El material debe presentar una adecuada distribución de tamaños para cumplir con el requisito establecido.

Nota 4: los documentos pueden especificar un valor mayor de masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, por ejemplo, mil seiscientos kilogramos por metro cúbico (1 600 kg/m³). Así mismo, se puede requerir el uso de material granular triturado para el relleno de las canastas.

Los paneles que conforman las canastas metálicas se deben amarrar a través de las cuatro (4) aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes del llenado, cada canasta se debe amarrar a las adyacentes, laterales e inferiores, a lo largo de todas las aristas en contacto,

tanto horizontales como verticales y se deben poner los tirantes permanentes y temporales.

Para obtener un mejor alineamiento y terminado, se debe tensar la malla de las canastas metálicas antes del llenado, utilizando una palanca o una barra metálica; como alternativa para garantizar la regularidad del gavión o

colchogavión y facilitar su llenado, se puede utilizar una formaleta de madera en las caras que no están en contacto con otros elementos del mismo tipo.

681.4.5 Llenado y atirantado de las canastas

El proceso de llenado se debe hacer de forma que se obtengan superficies de contacto parejas y libres de bordes entrantes o salientes entre gaviones o colchogaviones; así mismo, que se cumpla con la masa unitaria definida en los documentos del proyecto o, ante ausencia de este valor, con el que se encuentra definido en la Tabla 681 – 9. Para el efecto, el material de relleno se debe colocar dentro de la canasta manualmente, distribuyendo las piedras por tamaño de la manera más compacta posible, logrando que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro y las más grandes junto a la malla; finalmente, el material de llenado se debe apisonar por capas; no se deben dejar espacios en la parte superior de la canasta.

Durante el relleno, se deben colocar tirantes o tensores internos transversales, para volver

solidarios los paneles opuestos de las canastas, así como tirantes diagonales en las esquinas, con el fin de evitar la deformación de las canastas debido a la presión ejercida por el relleno. En la Figura 681 – 4 se ilustra la disposición de estos elementos.

Las canastas de una misma fila o capa se deben rellenar por etapas, de manera que el nivel de llenado de ninguna canasta supere en más de trescientos milímetros (300 mm) el nivel de llenado de las canastas adyacentes.

Las canastas se deben llenar a tope; al cerrar la tapa, no deben quedar vacíos en la parte superior de la canasta.

681.4.6 Costura y cierre

Terminadas las operaciones de relleno, se debe instalar la tapa de la canasta sobre la base y coserla a los bordes superiores de la base y de los diafragmas. Todas las costuras o amarres deben ser realizados de forma continua, atravesando todas las mallas con el alambre, alternativamente, con una vuelta simple y una doble, como se ilustra en la Figura

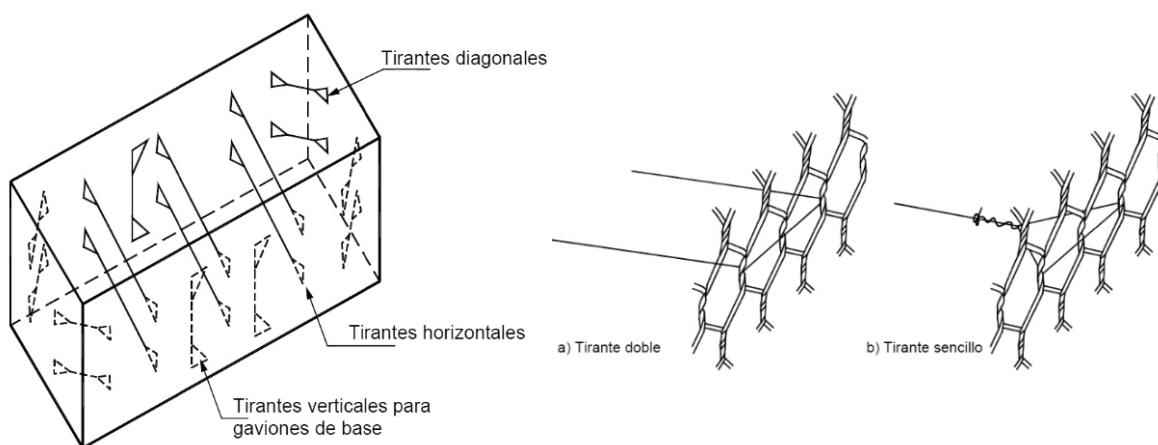


Figura 681 – 4. Disposición de tirantes o tensores

Fuente: Suárez Díaz, Jaime. (2001). Control de erosión en zonas tropicales. (p. 240)

681 – 5. Las uniones deben ser resistentes y asegurar una estructura monolítica y apta para soportar fuertes solicitaciones y deformaciones; su resistencia, debe cumplir los requisitos de la Tabla 681 – 8.

681.4.7 Colocación del geotextil de separación detrás de las canastas

Contra las caras de los gaviones o colchogaviones que van a quedar en contacto con los rellenos laterales se debe instalar un geotextil de separación; el geotextil se debe asegurar a las canastas por medios mecánicos suficientemente resistentes y convenientemente

separados, de manera que el geotextil no se desplace durante la colocación y compactación de los rellenos laterales.

La colocación del geotextil se debe realizar según lo dispuesto en el numeral 231.4.4 del artículo 231.

681.4.8 Ejecución de rellenos laterales

Los rellenos laterales de las estructuras de gaviones o colchogaviones se deben adelantar a medida que avanza su construcción según el artículo 610, empleando los materiales indicados en los documentos del proyecto.

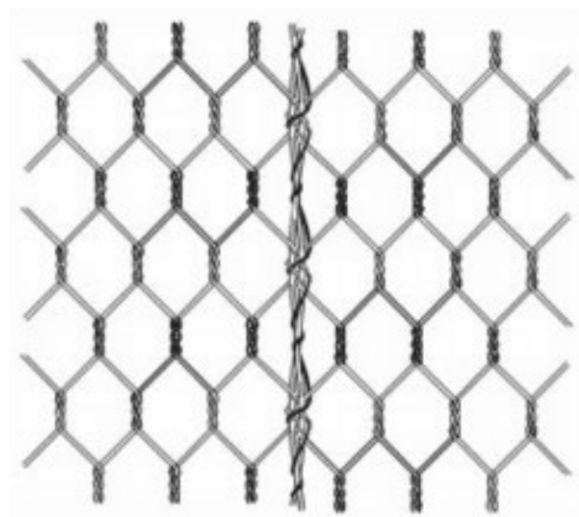


Figura 681 – 5. Detalle de las costuras o amarres

Los equipos y procedimientos deben ser los adecuados para lograr la densidad especificada en los documentos del proyecto; en el caso de uso de geotextiles de separación, los equipos y procedimientos deben lograr los requisitos de compactación sin afectar el geotextil.

681.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

681.4.10 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la elaboración de gaviones y colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

681.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

681.5.1 Controles

El plan de calidad y el de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento, tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el constructor.
- Verificar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad estipulados en la presente especificación.
- Revisar que el alineamiento y las pendientes y dimensiones de la obra se ajusten al diseño.

El interventor debe medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

681.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Se debe verificar que las canastas metálicas y el material de llenado satisfagan las exigencias de los documentos del proyecto y de la presente especificación y que la estructura construida esté en concordancia con los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los documentos del proyecto y las

eventuales modificaciones aprobadas por el interventor.

681.5.2.1 Calidad de las canastas

Por cada lote de canastas y alambres complementarios que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación de calidad de estos elementos, expedida por el fabricante, con los respectivos reportes de ensayos de laboratorio, los cuales deben satisfacer todos los requisitos establecidos en el numeral 681.2.1. Dicha constancia no debe evitar, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor ni debe implicar, necesariamente, la aceptación de la entrega.

681.5.2.2 Tolerancias en las canastas metálicas

Las dimensiones en la abertura hexagonal de la malla de triple torsión, deben encontrarse dentro los límites establecidos en el numeral 681.2.1.4.

El ancho, la altura y la longitud de una canasta para gavión o colchogavión al ser fabricada, antes de su llenado, debe cumplir las tolerancias establecidas en el numeral 681.2.1.4.

Los diámetros de los alambres deben cumplir con los requisitos definidos en la Tabla 681 – 3 y en el numeral 681.2.1.4.

En caso de deficiencias en los materiales o en la ejecución de la obra, el constructor debe acometer, bajo su cuenta y riesgo exclusivos, sin costo adicional alguno para INVÍAS, las correcciones necesarias hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

681.5.2.3 Calidad de los materiales de llenado de los gaviones y colchogaviones

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y, de cada fracción de ellas, se debe verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 681.2.2. Si los materiales no satisfacen la totalidad de los requisitos, estos deben ser rechazados.

En el caso en que se cambie la fuente de los materiales, se incorpore alguna nueva, u ocurran cambios en el aspecto de los materiales que puedan ser relacionados con variaciones en su comportamiento, debe ser necesario realizar un nuevo proceso de caracterización de la misma forma como se establece en el párrafo anterior.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las descargas de los acopios y ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

681.6 Medida

La unidad de medida de los gaviones y colchogaviones debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1). El volumen se debe determinar sumando los volúmenes de las canastas de gavión o colchogavión, según corresponda, instaladas y aprobadas por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

No se deben medir cantidades en exceso de las recién indicadas.

Se deben medir por aparte, para pago, las excavaciones y los rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles

681.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de equipos, herramientas y mano de obra; suministro e instalación de las canastas; la extracción, preparación y suministro de los materiales para el llenado de los gaviones o colchogaviones; la construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes, la obtención de los permisos y derechos de explotación; la adecuación de las fuentes al terminar la explotación para recuperar sus características hidrológicas superficiales, el cargue, transporte y descargue de los fragmentos de roca; el llenado, amarre y anclaje de los gaviones o colchogaviones; y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y según lo que sea aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir, también, los costos por concepto del suministro e instalación de abrazaderas, alambre, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el gavión o

el colchogavión en su sitio, así como la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario debe cubrir, igualmente, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

Se deben pagar independientemente las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles, de acuerdo con los siguientes artículos:

- Artículo 600.
- Artículo 610.
- Artículo 231.

681.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
681.1	Gaviones o colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado estilo 1: recubrimiento de zinc (galvanizado)	Metro cúbico (m ³)
681.2	Gaviones o colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado estilo 2: recubrimiento de aleación Zn-5Al-MM	Metro cúbico (m ³)
681.3	Gaviones o colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado estilo 3: recubrimiento de zinc (galvanizado) y PVC	Metro cúbico (m ³)
681.4	Gaviones o colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado estilo 4: recubrimiento de aluminio (aluminizado)	Metro cúbico (m ³)
681.5	Gaviones o colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado estilo 5: recubrimiento de aleación	Metro cúbico (m ³)

Muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos

Artículo 683 – 22

683.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos, en los sitios y con las dimensiones definidas en los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

tiles tejidos o geomallas. Los tipos y las propiedades requeridas de los geosintéticos deben ser los establecidos en los documentos del proyecto; por ello, las propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño deben ser, como mínimo, las indicadas en la Tabla 683 – 1.

683.2 Materiales

683.2.1 Geosintéticos

Los geosintéticos por emplear en las capas de refuerzo y en las fachadas pueden ser geotex-

Las propiedades de los geosintéticos se expresan en general en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el

Tabla 683 – 1. Propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño

Propiedad	Norma de ensayo o guía	Requisito
Resistencia a la tensión última en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m) - Geotextiles - Geomallas	NTC 3334 (ASTM D4595) NTC 5492 (ASTM D6637)	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Resistencia a la tensión a largo plazo en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m)	Numeral 683.2.1.1.	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	ASTM D7737	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Coefficiente de interacción geosintético/suelo por extracción para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	ASTM D6706	0,85
Coefficientes de deslizamiento pico y residual en la interfaz geosintético/suelo, para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo	NTC 4847 (ASTM D5321)	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Estabilidad ultravioleta: Resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%)	NTC 3300 (ASTM D4355)	70

comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se calcula como el valor promedio menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, si se especifican valores máximos. Esta consideración es válida para datos provenientes del mismo método de ensayo y asociados a una misma propiedad.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo, deben satisfacer los requisitos establecidos en el presente artículo.

683.2.1.1 Resistencia a largo plazo

Los valores de resistencia a largo plazo de los geosintéticos deben cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto; estos valores se deben determinar a partir de la resistencia última, aplicando los factores de reducción [683.1] definidos mediante ensayos, según los procedimientos descritos en el documento WSDOT T925 – *Standard practice for determination of long-term strength for Geosynthetic reinforcement*.

$$RF = RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_D \quad [683.1]$$

Siendo:

RF , factor de reducción de resistencia combinado, que tiene en cuenta el potencial de degradación a largo plazo debido a daños de instalación, fluencia y degradación química y biológica.

RF_{ID} , factor de reducción de resistencia para tener en cuenta los daños de instalación.

RF_{CR} , factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo a largo plazo por fluencia (creep).

RF_D , factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo por degradación química y biológica.

El constructor debe entregar las certificaciones de los ensayos efectuados, suministradas por el proveedor del geosintético, para determinar los factores de reducción específicos para las condiciones del proyecto.

En ausencia de estos ensayos, se deben adoptar los valores para los factores de reducción según los siguientes documentos:

- Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD – CCP 14: en caso de que la estructura se ajuste a los criterios para el uso de un único factor de reducción por defecto (RF), definidos en la sección 11.
- En los casos en que no se permita la adopción de un único factor de reducción por defecto (RF), según los criterios establecidos en la sección 11 de la Norma Colombiana de Diseño de puentes – LRFD – CCP 14:
 - FHWA-NHI-10-024. Diseño y construcción de muros de tierra estabilizada mecánicamente y taludes de suelos reforzado – Volumen I.
 - FHWA-NHI-10-025. Diseño y construcción de muros de tierra estabilizada mecánicamente y taludes de suelos reforzado – Volumen II.

Así mismo, se deben tener en cuenta los criterios indicados en las siguientes publicaciones:

- AASHTO LRFD *Bridge Design Specifications, Customary U.S. Units.*
- GRI GG4(a). *Determination of the Long-Term Design Strength of Stiff Geogrids* (Nota).
- GRI GG4(b). *Determination of the Long-Term Design Strength of Flexible Geogrids.*
- GRI GT7 *Determination of Long-Term Design Strength of Geotextiles.*

Nota: GRI método de ensayo del *Geosynthetic Research Institute.*

Para la determinación de los factores de reducción se deben tener en cuenta, además, las consecuencias que pueda tener la falla o el comportamiento deficiente del geosintético, según los criterios establecidos en los documentos de la AASHTO y la FHWA citados anteriormente.

Algunas de las pautas que se deben tener en cuenta para la selección de los factores de reducción son:

- Para geosintéticos que cuenten con todos los ensayos y pruebas específicas para el producto, relacionados con daños durante la instalación, fluencia (creep) y degradación (química y biológica), el valor de reducción de resistencia combinado (RF), debe estar típicamente entre tres (3) y seis (6). En ningún caso, este valor debe ser menor que dos (2).
- Para geosintéticos que no cuenten con todos los ensayos y pruebas específicas

para el producto, como soporte para la determinación de los factores de reducción, y sea necesario emplear valores por defecto, el valor de RF no debe ser menor que siete (7).

- El período de diseño para la selección de los factores de reducción debe ser el definido en los documentos del proyecto, pero no debe ser menor de cien (100) años para obras permanentes.
- El factor de reducción por daños durante la instalación (RF_{ID}), se debe escoger en función del tipo de material de relleno por emplear.
- En cualquier caso, los valores del factor de reducción por daños durante la instalación (RF_{ID}) y el factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo por degradación química y biológica (RF_D), no pueden ser menores a uno coma uno (1,1).

683.2.1.2 Empalmes en la dirección del refuerzo

Si los documentos del proyecto contemplan la ejecución de empalmes en la dirección del refuerzo (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas), las resistencias última y a largo plazo a la tensión, de esos empalmes, en la dirección perpendicular al empalme, deben cumplir con los valores especificados en la Tabla 683 – 1. La medición de la resistencia última y el cálculo de la resistencia a largo plazo de los empalmes se deben realizar con los mismos procedimientos de ensayo y análisis que se emplean para determinar las resistencias del geosintético.

683.2.1.3 Documentación de soporte de la resistencia a largo plazo

Para la aprobación de los geosintéticos de refuerzo, el fabricante o proveedor debe

suministrar la información sobre las propiedades que se mencionan en la Tabla 683 – 2, relacionada con la resistencia a largo plazo para diseño.

Tabla 683 – 2. Información de soporte para la determinación de la resistencia a largo plazo de los geosintéticos

Propiedad	Método o norma de ensayo
Comportamiento en fluencia para un rango de niveles de carga, para una duración mínima de diez mil horas (10 000 h)	AASHTO R 69 NTC 4853 (ASTM D5262)
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación de los datos de fluencia para setenta y cinco (75) y cien (100) años	AASHTO R 69
Resistencia última a la tensión - Geotextiltes. - Geomallas. Los ensayos se deben ejecutar a una tasa de diez por ciento (10 %) por minuto	NTC 3334 (ASTM D4595) NTC 5492 (ASTM D6637)
Resultados de ensayos de laboratorio y técnicas de extrapolación que documenten las siguientes características para todos los componentes del geosintético: - Resistencia a la hidrólisis del poliéster (PET). - Resistencia a la oxidación del polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE). - Resistencia al agrietamiento por esfuerzos del polietileno de alta densidad (HDPE). - Factores de seguridad parciales por degradación por envejecimiento para setenta y cinco (75) y cien (100) años	AASHTO R 69
Resultados de ensayos de campo y laboratorio, así como criterios utilizados de la literatura especializada, que soporten los factores de reducción por deterioro en la instalación en función de la gradación del material de relleno	AASHTO R 69 Documento FHWA NHI-10-025 Vol. II
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación que documenten la resistencia a la degradación biológica de todos los materiales que componen el geosintético y los valores de reducción correspondiente (Nota)	AASHTO R 69 Documento FHWA NHI-10-025 Vol. II
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	ASTM D7737

Propiedad	Método o norma de ensayo
Coeficientes de interacción geosintético/suelo por extracción para varios tipos de suelo	ASTM D6706
Coeficientes de deslizamiento en las interfaces geosintético/suelo, para varios tipos de suelos, y geosintético/geosintético	NTC 4847 (ASTM D5321)
Información sobre la resina primaria usada en la fabricación del geosintético <ul style="list-style-type: none"> - Resina tipo polietileno de alta densidad (HDPE). - Resina tipo polipropileno (PP): identificación de grupo, clase y grado. - Resina tipo poliéster (PET): viscosidad intrínseca mínima 	ASTM D1248 NTC 2966 (ASTM D4101) ASTM D4603
Estabilidad ultravioleta: Resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%)	NTC 3300 (ASTM D4355)

Nota: para proyectos con riesgo de que se presente degradación biológica.

683.2.1.4 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geosintéticos debe contar con un proceso de producción que incluya un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de calidad de la producción, debe

estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *Geosynthetic Accreditation Institute - Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP)* del *Geosynthetic Institute (GSI)*.

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, en el que se indiquen los requisitos de

Tabla 683 – 3. Criterios mínimos de aceptación que debe contemplar el programa de control de calidad del fabrican-

Propiedad	Norma de ensayo
Resistencia a la tensión <ul style="list-style-type: none"> - Geotextiles: resistencia en tira ancha. - Geomallas: resistencia individual de las costillas 	NTC 3334 (ASTM D4595) NTC 5492 (ASTM D6637)
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	ASTM D7737
Productos de polietileno de alta densidad (HDPE) <ul style="list-style-type: none"> - Gravedad específica - Índice de fluidez 	NTC 3577 (ASTM D1505) NTC 3576 (ASTM D1238)
Productos de polipropileno (PP) <ul style="list-style-type: none"> - Índice de fluidez 	NTC 3576 (ASTM D1238)
Resina de poliéster (PET) <ul style="list-style-type: none"> - Viscosidad intrínseca 	ASTM D4603

ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para la evaluación de cada producto. Los criterios de aceptación contemplados en el programa de control de calidad del fabricante deben incluir, como mínimo, las propiedades indicadas en la Tabla 683 – 3, evaluadas bajo las normas de ensayo allí citadas.

683.2.1.5 Geotextiles

En general, se pueden emplear geotextiles tejidos elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de poliolefinas o poliéster. Las fibras del geotextil deben conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes. El geotextil debe permitir el libre paso del agua en todo momento.

El geotextil debe ser fabricado con al menos un noventa y cinco por ciento (95 %) de resina virgen, complementando con un máximo de cinco por ciento (5 %) de material remolido en

planta. La resina de poliéster debe tener una masa molecular mínima de veinticinco mil gramos por mol (25 000 g/mol) (norma ASTM D4603) y un número de grupo carboxilo final máximo de treinta (30) (norma ASTM D7409); los productos de polietileno y polipropileno deben estabilizarse con antioxidantes de largo plazo.

De igual manera, las propiedades mecánicas por supervivencia y las propiedades hidráulicas deben ser las establecidas en los documentos del proyecto; en este numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener el geotextil.

683.2.1.5.1 Propiedades mecánicas por supervivencia a la instalación

Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 683 – 4, en términos de VMPR.

683.2.1.5.2 Propiedades hidráulicas

El geotextil de refuerzo debe ser permeable y debe permitir el flujo libre del agua dentro del

Tabla 683 – 4. Propiedades mecánicas del geotextil por supervivencia en términos de VMPR (Medidas en el sentido más débil del geotextil)

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Elongación, valor máximo (%)	NTC 1998 (ASTM D4632)	50
Peso por unidad de área, mínimo (g/m ²)	NTC 1999 (ASTM D5261)	270
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	NTC 1998 (ASTM D4632)	1 400
Resistencia de la costura a tensión Grab, valor mínimo (N)	NTC 1998 (ASTM D4632)	1 260
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro, valor mínimo (N)	NTC 5289 (ASTM D6241)	2 750
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N). (Nota)	NTC 2003 (ASTM D4533)	500

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debe ser de doscientos cincuenta newtons (250 N).

relleno, sin atraparla ni generar empozamientos. Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo diferente, las propiedades hidráulicas a cumplir por el geotextil se indican en la Tabla 683 – 5, en términos de VMPPR.

683.2.1.6 Geomallas

La geomalla debe tener una geometría regular de elementos resistentes a la tensión interconectados, con apertura suficiente para

Tabla 683 – 5. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPPR

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Permitividad, valor mínimo (s^{-1})	NTC 3541 (ASTM D4491)	0,5
Permeabilidad	NTC 3541 (ASTM D4491)	Según lo establecido en los documentos del proyecto. Debe ser mayor que la permeabilidad del suelo.

permitir una adecuada trabazón mecánica con los materiales de relleno. La geomalla debe ser capaz de mantener su estabilidad dimensional durante su instalación y el tránsito normal de construcción que circule sobre la capa de relleno que se coloque sobre ella. Debe resistir el daño durante la construcción, la degradación ultravioleta y debe tener resistencia a largo plazo a la degradación química y biológica.

La geomalla debe ser fabricada con por lo menos un noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de resina virgen consistente en cadenas largas de polietileno, polipropileno o poliéster, complementada con un máximo de cinco por ciento (5 %) de material remolido en planta. La resina de poliéster debe tener una masa molecular mínima de veinticinco mil gramos por mol (25 000 g/mol) (norma ASTM D4603) y un número de grupo carboxilo final máximo de treinta (30) (norma ASTM D7409). Los productos de polietileno y polipropileno deben ser estabilizados con antioxidantes de largo plazo.

El fabricante debe documentar la supervivencia de las uniones a la instalación, mediante pruebas a escala real, según la NTC 5015 (ASTM D5818), que demuestren su integridad bajo las condiciones del proyecto (suelo de apoyo, espesor de capas, materiales de relleno, equipo de construcción). La geomalla se debe cubrir con una capa de material de relleno de quince centímetros (15 cm) de espesor mínimo y se debe someter al paso repetido de una volqueta cargada hasta producir un ahuellamiento de diez centímetros (10 cm). El informe de las pruebas debe incluir un registro fotográfico de la geomalla recuperada, que muestre claramente que las uniones no se han desplazado ni sufrido deterioro alguno durante el proceso de instalación.

683.2.1.7 Suministro y manejo de los geosintéticos

El geosintético que se suministre debe estar debidamente empacado. La identificación, el

almacenamiento y el manejo de los rollos de geosintético se deben realizar según lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geosintético debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geosintético se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geosintético se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos y protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geosintético se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso, se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geosintético deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlos.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté debidamente identificado.

Los rollos de geosintéticos no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

En todo caso, se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante para el transporte y almacenamiento de los geosintéticos.

683.2.2 Elementos especiales de fachada

Los documentos del proyecto pueden especificar elementos de fachada diferentes a los geosintéticos de fachada, tales como los establecidos en el numeral 3.6 del documento FHWA NHI-10-025 Vol. II.

Estos elementos se deben definir mediante especificación particular, junto con sus elementos de sujeción a los geosintéticos; la especificación particular debe indicar, también, los requisitos de resistencia a largo plazo para las uniones de los elementos especiales de fachada con los geosintéticos y los procedimientos y las normas para su evaluación, teniendo en cuenta los criterios y métodos establecidos en el documento FHWA NHI-10-025 Vol. II, apéndice B.

683.2.3 Material de relleno

Los documentos del proyecto deben definir los requisitos que debe cumplir el material de relleno, el cual puede ser: material granular tipo SBG (artículo 610, Relleno para estructuras, numeral 610.2.3), material granular tipo BG (artículo 610, numeral 610.2.3) o un material alternativo que cumpla con los requisitos de la Tabla 683 – 6. No se debe permitir el uso de residuos de construcción y demolición o cualquier otro material reciclado.

Tabla 683 – 6. Requisitos para material alternativo de relleno

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Tamaño máximo, (mm)	E-123	19,0
Material que pasa a través del tamiz de 0,075 mm, máximo (%)	E-123	15
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	50
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	
- Sulfato de sodio		12
- Sulfato de magnesio		18
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2
Índice de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	50

El pH del material de relleno, determinado según la norma de ensayo AASHTO T 289, debe estar entre cinco (5) y diez (10). El contenido de materia orgánica, determinado según la norma de ensayo INV E-121 o la UNE103204 para la porción de material que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro. 10), no puede ser mayor que cero coma dos por ciento (0,2 %).

683.2.4 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geosintético y su conexión con los elementos de fachada, deben cumplir con los requisitos establecidos por la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

683.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para instalar los geosintéticos correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, cargar, transportar, extender y compactar el material de relleno, de conformidad con esta especificación y los documentos del proyecto.

El equipo que se debe usar para compactar las capas de relleno sobre el geosintético debe ser acorde con la clase del geosintético, el espesor de capa y las características de los materiales de apoyo y relleno.

Para la colocación del geosintético de fachada, el contratista debe suministrar formaleas metálicas o de madera suficientemente fuertes para resistir la compactación del material adyacente.

683.4 Ejecución de los trabajos

683.4.1 Generalidades

Durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos deben tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

El constructor debe presentar al interventor, para su aprobación, los planos detallados de disposición de los geosintéticos y los elementos de fachada, secuencias y procedimientos constructivos, con los detalles de los empalmes (traslapes, empalmes mecánicos, etc.), con anticipación no menor a siete días (7 d) respecto del inicio de la instalación del geosintético.

Los trabajos se deben efectuar con una adecuada coordinación entre las actividades de colocación del geosintético y la colocación, conformación y compactación del material de relleno, de manera que el geosintético quede expuesto el menor tiempo posible.

683.4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de los muros de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos, el terreno de apoyo debe ser preparado como se indica en el numeral 220.4.2 del artículo 220, Terraplenes.

La superficie debe quedar nivelada y debe ser firme. La firmeza se comprueba por medio del paso de una volqueta completamente cargada. Toda zona débil debe ser excavada y reemplazada con un suelo adecuado y compactado. La superficie preparada del terreno

debe ser inspeccionada y aprobada por el interventor.

La superficie del terreno de apoyo preparado debe estar libre de rocas, piedras grandes u otros elementos que puedan deteriorar el geosintético.

Además, se deben adelantar las labores adicionales de preparación del terreno que indiquen los documentos del proyecto. Para el caso de sistemas de elementos prefabricados de fachada, los documentos deben indicar el sistema de apoyo en concreto que se requiere instalar a nivel de cimentación.

683.4.3 Colocación de los geosintéticos

683.4.3.1 Extensión

El geosintético de refuerzo se debe instalar de acuerdo con las recomendaciones consignadas en la ficha del producto suministrada por el fabricante. Se debe colocar entre las capas de relleno compactado, según lo indicado en los documentos del proyecto, con los ajustes y modificaciones que apruebe el interventor.

Los rollos se deben extender en la dirección del refuerzo principal, perpendiculares al talud (vista en planta), sobre la superficie compactada y aceptada del terreno de apoyo o de la capa subyacente de relleno, sin arrugas o dobleces. No se deben permitir empalmes en la dirección del refuerzo, a no ser que estos se muestren en los documentos del proyecto. Los geosintéticos se deben instalar según las cotas de los documentos del proyecto, sin que difieran de estas en más de cincuenta milímetros (50 mm) y en una longitud nunca menor que la señalada en ellos.

El geosintético se debe templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión y prevenir movimientos durante la colocación del relleno. La sujeción a la superficie se debe hacer según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto, por medio de grapas o elementos similares.

Los rollos adyacentes se deben colocar con o sin traslapes entre ellos o con conexiones mecánicas entre ellos, según lo indiquen los documentos del proyecto. En ausencia de información, se debe adoptar la recomendación del fabricante. Las conexiones mecánicas (costuras de geotextiles o ganchos en geomallas, etc.) se deben hacer usando los materiales y siguiendo las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto.

El traslape (mínimo de quince centímetros (15 cm)) o conexión mecánica entre rollos adyacentes, es indispensable cuando los documentos del proyecto indiquen que el geosintético debe envolver la superficie del talud. Las conexiones mecánicas (costuras de geotextiles o ganchos en geomallas, etc.) deben hacerse usando los materiales y siguiendo las recomendaciones del fabricante del geosintético.

No se debe permitir que el geosintético quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres días (3 d).

En ninguna circunstancia se debe permitir la circulación de equipos sobre el geosintético antes de que esté cubierto con una capa de relleno de por lo menos quince centímetros (15 cm) de espesor. Se debe evitar el frenado brusco o los giros cerrados que ocasionen algún desplazamiento del material de relleno.

683.4.3.2 Empalmes

No se deben permitir los empalmes de geosintéticos en la dirección del refuerzo, a no ser que su uso se encuentre expresamente indicado en los documentos del proyecto.

En caso de que estén contemplados en los documentos del proyecto, los empalmes (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas) se deben realizar según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto y deben cumplir los requisitos de capacidad última y a largo plazo establecidos en el numeral 683.2.1.2.

683.4.4 Colocación del material de relleno

El relleno se debe colocar por capas sensiblemente horizontales. La operación de extensión del material de relleno sobre el geosintético se debe realizar cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el mismo. No se debe permitir el tránsito de maquinaria sobre el geosintético hasta que se conforme y se compacte adecuadamente la primera capa de relleno sobre el mismo. En el caso de geotextiles, no se debe permitir el giro de maquinaria sobre la primera capa de relleno sobre él.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geosintético debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de compactación. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de

material de cobertura debe ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm); para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de relleno se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación definido en el numeral 683.5.2.3.2, antes de comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

En la cercanía de la cara del muro uno o uno coma cinco metros (1 m o 1,5 m), se debe utilizar equipos manuales para garantizar la adecuada compactación de esta zona; en este caso, se debe reducir el espesor de capas para que los equipos manuales permitan alcanzar el grado de compactación especificado.

683.4.5 Construcción de la fachada del muro

En los documentos del proyecto se debe indicar el sistema de fachada del muro de tierra estabilizado mecánicamente con geosintéticos. En ningún caso, los geosintéticos que envuelven la cara del talud deben quedar expuestos a la intemperie.

683.4.5.1 Empradización de la cara del talud con bloques de césped

Los documentos del proyecto pueden requerir que la fachada sea empradizada mediante la instalación de bloques de césped contra los geosintéticos de fachada, que en este caso deben ser geomallas, para que permitan que el césped atraviese sus espacios libres.

Los bloques de césped deben cumplir los requisitos establecidos en el artículo 810, Protección vegetal de taludes, numeral 810.2.1, y se deben instalar, regar y conservar según lo indicado en el numeral 810.4 del mismo artículo.

683.4.5.2 Protección de la cara del talud con malla y mortero

Si los documentos del proyecto indican que la cara del talud se debe proteger con malla de alambre de acero y mortero de cemento hidráulico, el trabajo correspondiente se debe ejecutar según el artículo 812, Recubrimiento de taludes con malla y mortero.

683.4.5.3 Fachada en gaviones de malla de alambre de acero entrelazado

Si los documentos del proyecto especifican que la fachada se debe construir con gaviones de malla de alambre de acero entrelazado, los materiales y el trabajo correspondiente deben atender lo especificado en el artículo 681, Gaviones y colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado. La conexión entre los geosintéticos de refuerzo y los gaviones debe ser por la fricción que se desarrolla en la longitud de geosintético que se coloque entre gaviones verticales adyacentes, según los detalles de los documentos del proyecto.

683.4.5.4 Colocación de elementos especiales de fachada

Si los documentos del proyecto especifican que la fachada se debe construir con bloques especiales de concreto provistos de elementos de sujeción a los geosintéticos de refuerzo,

las características de los bloques y los elementos, así como su instalación, se deben definir mediante especificación particular. En este caso, en la especificación particular se deben precisar también las características del sistema de apoyo que requiere esta fachada a nivel de cimentación, como viga de concreto o similar.

683.4.6 Control del tránsito

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

683.4.7 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y, debe poner a disposición de la obra, el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

683.4.8 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de muros de tierra estabilizada mecánicamente con geostintéticos, se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y la protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben incluirse en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

683.4.9 Reparaciones

Antes de ser cubierto, el geotextil colocado debe ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso de que los hubiese, estos se deben reparar inmediatamente, cubriéndolos con un paño de geotextil que se debe extender como mínimo setenta y cinco centímetros (75 cm) alrededor de toda la zona dañada.

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslajos, en las uniones, en los elementos de sujeción, en los cortes de los geosintéticos; en la extensión y compactación del material de relleno; en la instalación de los materiales de fachada, así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor bajo su propia cuenta y riesgo, de acuerdo con los documentos del proyecto y lo aprobado por el interventor.

683.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

683.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles:

- Identificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Revisar que cada rollo de geosintético tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como su composición química.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Corroborar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geosintéticos contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado en cuanto a la colocación del geosintético de refuerzo, del geosintético de fachada, de los bloques de césped (si es el caso) y la construcción de las capas de relleno.
- Confirmar que los diferentes niveles de geosintéticos sean colocados con las separaciones definidas en los documentos del proyecto, de acuerdo con los procedimientos aceptados por el interventor.
- Efectuar ensayos de control sobre el geosintético, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor. Los ensayos de control relacionados con el geosintético se deben efectuar de conformidad con lo establecido en las normas NTC 2437 (ASTM D4354) y NTC 4805 (ASTM D4759).
- Realizar ensayos de control sobre el material de relleno.
- Comprobar la compactación de las capas de relleno.

El interventor debe medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

683.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

683.5.2.1 Calidad del geosintético

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del geosintético, donde se establezca el nombre del producto, la composición química y toda la información que lo describa, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o en las Tablas 683 – 1, 683 – 4 y 683 – 5, según los que prevalezcan. El interventor no debe aceptar el empleo de suminis-

tros de geosintéticos que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no debe evitar, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni debe implicar necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados ($400 \text{ m}^2 - 600 \text{ m}^2$) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos (2) primeras vueltas de geosintético para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una

Tabla 683 – 7. Pruebas de verificación de la calidad del geotextil

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión en prueba de tira ancha (kN/m)	NTC 3334 (ASTM D4595)
Resistencia última a la tensión de las costuras, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	ASTM D4884
Área abierta, como (%) del área total	Medido
Tamaño de abertura (mm)	Medido
Propiedades de supervivencia	
Elongación (%)	NTC 1998 (ASTM D4632)
Peso por unidad de área (g/m^2)	NTC 1999 (ASTM D5261)
Resistencia a la tensión Grab (N)	NTC 1998 (ASTM D4632)
Resistencia de la costura a tensión Grab (N)	NTC 1998 (ASTM D4632)
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro (N)	NTC 5289 (ASTM D6241)
Resistencia al rasgado trapezoidal (N)	NTC 2003 (ASTM D4533)
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición (%)	NTC 3300 (ASTM D4355)
Propiedades hidráulicas	
Permitividad (s^{-1})	NTC 3541 (ASTM D4491)
Permeabilidad (cm/s)	NTC 3541 (ASTM D4491)

Tabla 683 – 8. Pruebas de verificación de la calidad de la Geomalla

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión del geosintético en prueba con costillas múltiples (kN/m)	NTC 5492 (ASTM D6637)
Resistencia última a la tensión de los empalmes mecánicos, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	NTC 5492 (ASTM D6637)
Área abierta, como (%) del área total	Medido
Tamaño de abertura (mm)	Medido
Propiedades de supervivencia	
Resistencia de las uniones o nodos (N)	ASTM D7737
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición (%)	NTC 3300 (ASTM D4355)

muestra, como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia.

Para la evaluación de las costuras en los geotextiles, se deben tomar muestras de juntas cosidas cuyo largo sea al menos dos metros (2 m) en el sentido de la costura, y cuyo ancho sea al menos uno coma cinco metros (1,5 m).

El número de especímenes para ensayo y la conformidad con las especificaciones, se deben determinar según las normas de ensayo NTC 2437 (ASTM D4354) y NTC 4805 (ASTM D4759). Los especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deben empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante, para realizar las pruebas especificadas en los documentos del proyecto o las Tablas 683 – 7 y 683 – 8, según corresponda.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 683 – 1, 683 – 4 y 683 – 5, o los que se establezcan en los documentos del proyecto, según los que

prevalezcan. No se deben aceptar geosintéticos rasgados o usados; en el caso de los geotextiles, no se debe permitir la presencia de agujeros en ellos.

No se deben emplear geosintéticos o productos relacionados acopiados cuando las condiciones de almacenamiento no hayan sido adecuadas.

683.5.2.2 Calidad del material de relleno

La calidad del material de relleno se debe evaluar en función de sus características y de los requisitos aplicables de las presentes especificaciones, según sea el tipo de material por utilizar, de acuerdo con lo señalado en el numeral 683.2.3.

683.5.2.3 Calidad del producto terminado

683.5.2.3.1 Relleno estabilizado

El geosintético instalado debe tener las dimensiones establecidas y debe estar libre de dobleces y arrugas; debe estar templado y

sujeto a la superficie de apoyo, según lo indicado en el numeral 683.4.3. Los empalmes deben tener las características y dimensiones definidas para el proyecto, según se establece en el numeral 683.4.3.2.

Cada capa terminada de relleno debe presentar una superficie uniforme, ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

La fachada terminada no debe acusar irregularidades a la vista.

La cota de cualquier punto de la capa final del relleno, conformada y compactada, no debe variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo. Si la capa final del relleno corresponde a la subrasante del pavimento, en ningún caso la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto. No se debe aceptar la presencia de irregularidades que impidan el normal escurrimiento de las aguas en las obras concluidas.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias mencionadas deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, hasta conseguir la aprobación por parte del interventor.

683.5.2.3.2 Compactación del relleno

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas del relleno, se debe definir como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total del relleno.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²).

- El volumen de relleno colocado y compactado en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa en el terreno se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de relleno, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo descrito en la norma INV E-142, mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} \times 100 \quad [683.2]$$

Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{CY_{d,máx}} \times 100 \quad [683.3]$$

Siendo

GC_i , valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$Y_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$Y_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación), sobre una muestra representativa del mismo.

$CY_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($CY_{d,máx}$) que se debe usar para calcular el grado de compactación individual GC_i se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$GC_I(90) \geq 95,0\%$ se acepta el lote [683.4]

$GC_I(90) < 95,0\%$ se rechaza el lote [683.5]

Siendo:

$GC_I(90)$, límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se debe calcular según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y acepta-

ción de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se controla.

Los rellenos de los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de humedad adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada. Este procedimiento debe ser adelantado por el constructor de manera que no se afecte el geosintético subyacente. Si el geosintético sufre algún deterioro, se debe remover la capa de relleno correspondiente al lote rechazado, reemplazarse por uno nuevo y se debe colocar nuevamente la capa de relleno hasta lograr el grado de compactación especificado.

683.5.2.3.3 Fachada con elementos especiales

Si en los documentos del proyecto se especifica que la fachada se debe construir con bloques especiales de concreto, las condiciones específicas para el recibo y tolerancias de instalación se deben definir mediante especificación particular.

683.6 Medida

683.6.1 Geosintéticos

La unidad de medida de los geosintéticos debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geosintético colocado aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El resultado de la medida se debe reportar con la aproxima-

ción establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

No se debe medir ningún área por fuera de tales límites indicados en los documentos del proyecto, ni se deben considerar para efecto del pago, los traslapes.

683.6.2 Relleno

La unidad de medida del relleno debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material suministrado, colocado, compactado y terminado de acuerdo con los documentos del proyecto y debidamente aceptado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

No se deben medir cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto.

683.7 Forma de pago

683.7.1 Geosintéticos

El pago de los geosintéticos se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para toda obra ejecutada de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, almacenamiento y transporte del geosintético y los elementos accesorios a que hace referencia el numeral 683.2.4; la colocación del geosintético con sus uniones y elementos de fijación entre geosintéticos y con los elementos de fachada; los traslapes y costuras; los desperdicios; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito

durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con lo aprobado por el interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe comprender, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

683.7.2 Relleno

El precio unitario debe cubrir los costos de extracción, preparación y suministro de los materiales en el sitio de la obra; la obtención de los permisos y derechos de explotación, la construcción o adecuación de las vías de acceso a las zonas de préstamo; la adecuación de dichas zonas una vez extraído el material, para recuperar las características hidrológicas superficiales; los cargues, transportes, compactación y conformación del relleno; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con los documentos del proyecto y lo aprobado por el interventor; todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado. Además, debe incluir los costos por concepto de desperdicios.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Se deben pagar por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación y los elementos de fachada diferentes a los geosintéticos, de acuerdo con los siguientes artículos:

- Excavaciones: artículo 600, Excavaciones varias.
- Rellenos: artículo 610.
- Protección de la fachada del muro con malla y mortero: artículo 812.
- Empradización de la fachada con bloques de césped: artículo 810.
- Fachada en gaviones de malla de alambre de acero galvanizado: artículo 681.

Los elementos especiales de fachada, como bloques de concreto, y los elementos especiales de apoyo asociados, se deben pagar según la especificación particular correspondiente.

683.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
683.1	Geotextil de refuerzo tipo ___ para muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)
683.2	Geomalla de refuerzo tipo ___ para muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)
683.3	Geotextil de fachada tipo ___ para muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)
683.4	Geomalla de fachada tipo ___ para muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos	Metro cuadrado (m ²)
683.5	Relleno tipo ___ para muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos	Metro cúbico (m ³)
683.6	Muro de tierra estabilizada mecánicamente con geosintético tipo ___ y relleno tipo ___	Metro cúbico (m ³)

Nota: se debe establecer un ítem de pago para cada tipo de geosintético y de relleno que se especifiquen en el contrato.

Impermeabilización de estructuras

Artículo 690 – 22

690.1 Descripción

Este trabajo consiste en la impermeabilización de superficies de estructuras de concreto, previa a la aplicación de pavimentos o rellenos. También, consiste en el tratamiento que se debe dar a los paramentos de estructuras en contacto con rellenos de tierra, como es el caso de muros de contención de tierras y/o estribos de puentes.

690.2 Materiales

690.2.1 Láminas impermeabilizantes para tableros

Las láminas para impermeabilización consisten en una película de asfalto modificado con polímeros reforzada con un tejido de poliéster o una malla de fibra de vidrio. Las láminas deben cumplir con los requisitos descritos en la Tabla 690 – 1.

En los documentos del proyecto se debe indicar el espesor de lámina por emplear.

690.2.2 Impermeabilizantes de paramentos de estructuras

Se deben utilizar productos impermeabilizantes según lo indiquen las especificaciones particulares del proyecto o aquellos que hayan sido autorizados por el interventor y que garantizan ser completamente estancos, resistentes al envejecimiento y de gran flexibilidad, de acuerdo con los requerimientos de la obra.

Cuando se utilice un material impermeabilizante con una base de cemento asfáltico, este debe cumplir con lo dispuesto en la NTC 3541 (ASTM D449).

Tabla 690 – 1. Requisitos para láminas impermeabilizantes para tableros

Característica	Norma de ensayo	Lugar de uso	
		Superficies de puentes	Otras superficies
Resistencia a la tracción longitudinal (kN/m/)	NTC 942 (ASTM D882)	4,52	2,26
Elongación longitudinal, mínimo (%)	NTC 942 (ASTM D882)	10	25
Espesor, mínimo (mm)		1,78	1,52
Punto de ablandamiento, mínimo (°C)	INV E-712 NTC 3785 (ASTM D3681)	99	99

690.3 Equipo

La maquinaria y los equipos utilizados en la impermeabilización de las estructuras de concreto deben ser los adecuados para que dicha operación se lleve a cabo correctamente.

690.4 Ejecución de los trabajos

690.4.1 Preparación de la superficie

La superficie de concreto debe quedar lisa y libre de protuberancias o depresiones. Se deben reparar oquedades, protuberancias, hormigueros, armaduras o alambres que puedan dar un mal acabado o dañar los elementos impermeabilizantes.

Para la colocación de láminas impermeabilizantes, pinturas o cualquier otro material impermeabilizante, se debe dejar que las superficies de concreto se sequen, después del curado, el tiempo necesario para que presenten un aspecto seco o según orientación del fabricante. La aplicación debe hacerse en clima seco, sin pronóstico de lluvia, con la superficie seca, exenta de polvo, arena, aceites, grasas o de cualquier otra suciedad que afecte la adherencia del material impermeabilizante en los sitios por impermeabilizar.

690.4.2 Impermeabilización de tableros

Se debe garantizar que todos los detalles para las obras de desagüe estén perfectamente terminados al nivel donde va la impermeabilización.

Sobre la superficie preparada, de acuerdo con el numeral 690.4.1, se debe aplicar un imprimante asfáltico de buena penetración y adherencia, a razón de trescientos gramos por metro cuadrado (300 g/m²) o según la dosificación establecida por el fabricante.

Luego del proceso de imprimación, se debe extender la membrana de impermeabilización, adhiriéndola a la losa mediante un proceso establecido por el fabricante (termofusión o cualquier otro proceso aceptado por el interventor). La lámina se debe extender sobre la superficie considerando traslapos de, al menos, diez centímetros (10 cm) en el sentido longitudinal y quince centímetros (15 cm) en el sentido transversal, medidos estos en la línea y longitud del tablero. La lámina de impermeabilización debe continuar hasta los extremos del tablero, pasando por debajo de defensas o barreras de seguridad.

Antes de la colocación del pavimento, se debe supervisar el trabajo de impermeabilización y el estado de las superficies y juntas, efectuando pruebas para garantizar su impermeabilidad en los sitios que determine el interventor, las cuales deben correr por cuenta del constructor.

690.4.3 Impermeabilización de paramentos de estructuras

Una vez fraguado el concreto de muros o estribos y antes de la colocación del relleno, se deben pintar las paredes que están en contacto con el material de relleno, en los sitios indicados en los documentos del proyecto y con la pintura impermeabilizante especificada.

La impermeabilización de estribos y muros se debe realizar con dos (2) manos de pintura impermeabilizante, como mínimo. Manos adicionales de pintura se deben aplicar de acuerdo con lo especificado en los documentos del proyecto y de acuerdo con los procedimientos aceptados por el interventor.

690.4.4 Manejo ambiental

Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la impermeabilización de estructuras se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades se deben incluir en los costos del proyecto; por tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

690.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

690.5.1 Controles

El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Constatar el cumplimiento de las disposiciones existentes en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud.
- Comprobar que los materiales utilizados cumplan las exigencias de la presente especificación.
- Corroborar que los materiales se apliquen uniformemente y en los sitios previstos.
- Revisar que los trabajos se ejecuten de acuerdo con lo que establece la presente especificación.
- Supervisar la adhesión y el acabado del material impermeabilizante efectivamente colocado.
- Medir, para efectos de pago, las impermeabilizaciones de estructuras ejecutadas de acuerdo con esta especificación.

690.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El interventor únicamente debe aceptar las impermeabilizaciones que se hayan elaborado con materiales adecuados y realizadas conforme lo establecen los documentos del proyecto y la presente especificación.

690.6 Medida

La unidad de medida para la impermeabilización de estructuras debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), de superficie efectivamente impermeabilizada, medida en el terreno y aceptada por el inter-

ventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

No se debe medir ninguna impermeabilización por fuera de los límites autorizados por el interventor

690.7 Forma de pago

El precio unitario debe cubrir todos los costos de suministro, transporte, almacenamiento, desperdicios y aplicación del material impermeabilizante, incluyendo los refuerzos necesarios. Igualmente, se deben determinar los costos de todos los trabajos e insumos necesarios para preparar las superficies donde se debe aplicar la impermeabilización. Además, se debe considerar la señalización preventiva

de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos, la ejecución de pruebas de estanqueidad en sitios de dudoso acabado y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

Además, se deben incluir los costos de la administración, los imprevistos y la utilidad del constructor.

690.8 Ítem de pago

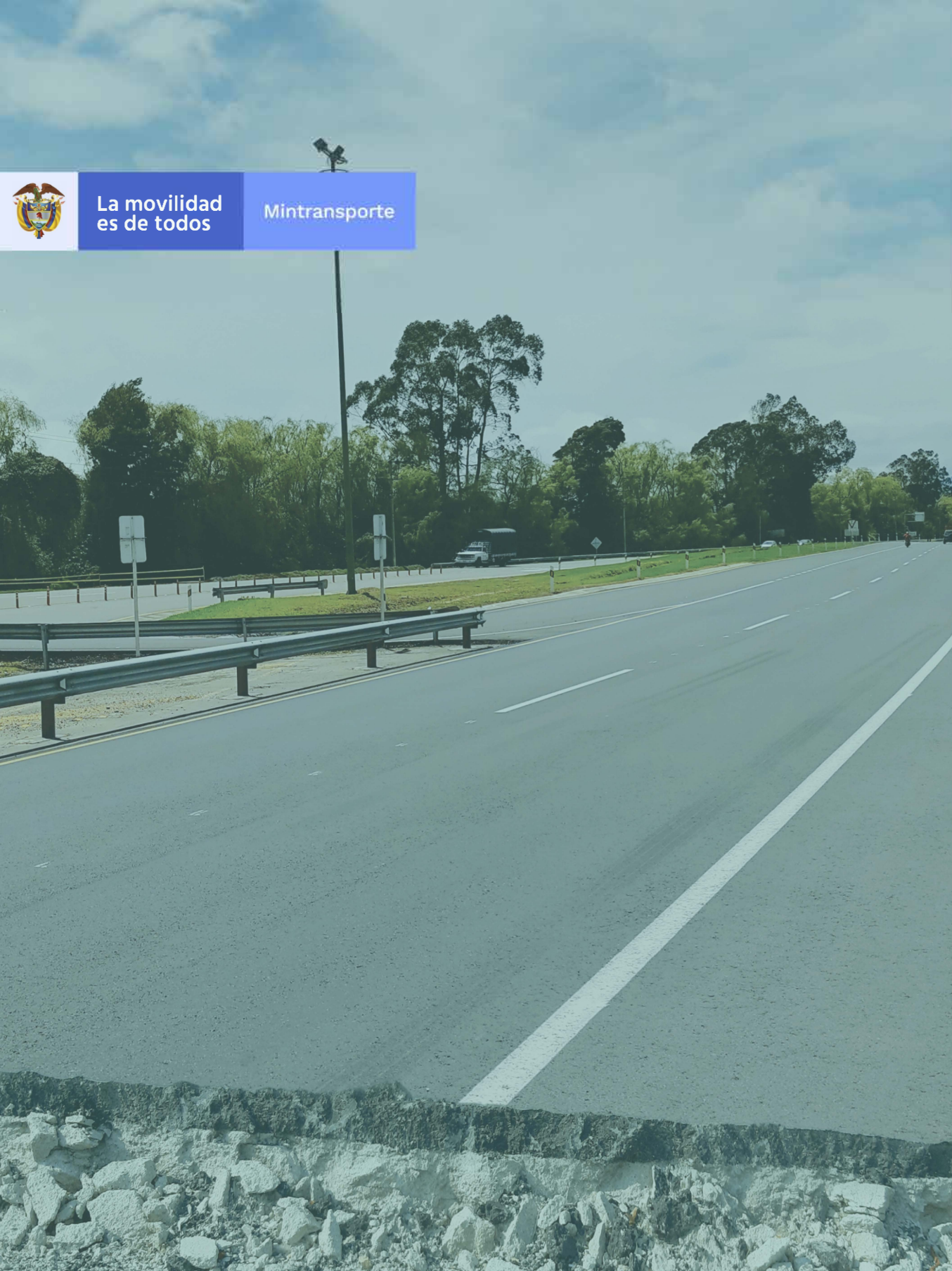
Ítem	Descripción	Unidad
690.1	Impermeabilización de estructuras líquido/membrana/lámina	Metro cuadrado (m ²)

Nota: debe haber un ítem de pago para cada sistema de impermeabilización que requiera el proyecto.



La movilidad
es de todos

Mintransporte



UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS