

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

**CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO
GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL
MUNICIPIO DE BARBACOAS-DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

NOVIEMBRE 2025

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

CONTENIDO

A.	ASPECTOS GENERALES	4
A.1	NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES.....	4
A.2	METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	4
A.3	PERSONAL DE LA OBRA	5
A.4	MATERIALES.....	6
A.5	NORMAS:	7
A.6	DISTINTIVO DEL PERSONAL	7
A.7	EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR	7
A.8	MANEJO DE MATERIALES Y LIMPIEZA EN LA ZONA DE TRABAJO:.....	7
A.9	BITÁCORA DE OBRA Y PLANOS RÉCORD.....	8
A.10	SEÑALIZACIÓN EN LA ZONA DE LAS OBRAS.....	8
A.11	PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD	9
A.12	ENSAYOS DE LABORATORIO	10
A.13	PRESENTACIÓN DE INFORMES FOTOGRÁFICOS Y ESCRITOS PERIÓDICOS	11
A.14	ENTREGA Y RECIBO DE LA OBRA	11
A.15	CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS	11
B.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES Y PARTICULARES DEL PROYECTO.....	12
1.	PRELIMINARES, EXCAVACIONES Y RELLENOS	14
1.1	Desmonte Y Limpieza En Bosque.....	14
1.2	Excavación manual En Conglomerado en Seco	15
1.3	Relleno Compactado Con Material De Excavación.....	16
1.4	Excavaciones Varias En Roca Bajo Agua Para Pilotes	17
1.5	Excavaciones Varias En Material Común Bajo Agua Para Pilotes	18
1.6	Relleno Para Estructuras Con Recebo.....	19
2.	CONCRETOS	20
2.1	Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Torres.....	20
2.2	Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Para Viga Cabezal Torres	21
2.3	Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Pilotes De Cimentación	22
2.4	Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Para Viga Cabezal De Anclaje.....	23
2.5	Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Pilotes De Anclajes	24
3.	ACERO DE REFUERZO.....	25
3.1	Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para torres.....	25
3.2	Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para viga cabezal torres	26
3.3	Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para pilotes de cimentación.....	27
3.4	Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para Cabezal anclajes...	28
3.5	Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para Pilotes de Anclaje	29
4.	PENDOLÓN PUENTE.....	30
4.1	Suministro e instalación de acero de 5/8 ASTM A36 (Fy=250 Mpa) para pendolón del	

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

sostenimiento del cable principal del puente.	30
5. CABLE PRINCIPAL.....	31
5.1 Suministro e instalación cable de acero en espiral, con diámetro nominal de 32 mm (1 1/4") ASTM A586 - grado 1770	31
5.2 Tambor de anclaje AISI-SAE 1045 Incluye tornillos (d=1" varilla corrugada L= 2 m ASTM A490).	31
6. GALAPAGO.....	32
6.1 Suministro e instalación de galápago en acero ASTM A36 con rodillo en la parte superior de las 2 torres del puente peatonal para facilitar la rigidez en los cables principales del puente. Incluye todos los accesorios para su correcto funcionamiento.	32
7. ESTRUCTURA DE TABLERO	34
7.1 Suministro y fabricación de cercha en acero ASTM A706 grado 60 para estructura metálica	34
7.2 Suministro y fabricación de platinas y grapas en acero ASTM A 36 para estructura metálica ..	34
7.3 suministro e instalación de tuercas y pernos en acero ASTM A 490 para estructura metálica .	35
7.4 Suministro e instalación de soporte de cable en acero ASTM 325 para estructura metálica	35
7.5 Lanzamiento, Montaje Y Pintura De La Armadura Metálica De Toda La Súper Estructura (Incluye Equipo De Izaje Y/O Montaje De Las Estructuras Metálicas).....	36
7.6 Suministro e instalación de viga longitudinal en madera tipo PET o similar, de 40 x 100 mm, incluye tornillos y accesorios	37
7.7 Piso madera plástica en polipropileno de alto impacto antideslizante para puente peatonal.....	39
7.8 Suministro e instalación malla eslabonada galvanizada hueco 2" cal. 10.5.....	40
PRUEBA DE CARGA PUENTE PEATONAL	41
SE ANEXA: ESPECIFICACIONES INVIAS APLICADAS	41

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

A. ASPECTOS GENERALES

La Construcción de la “CONSTRUCCIÓN DE PUENTE PEATONAL EN EL RESGUARDO DE PIPALTA PALBI YAGUAPI DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS - NARIÑO”, debe seguir los lineamientos técnicos requeridos conforme las normas para este tipo de intervención, bajo los principios de transparencia y equidad con el fin de garantizar la optimización de los recursos invertidos, a través de la contratación idónea.

A.1 NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES.

La ejecución de las obras y el suministro de materiales objeto de esta intervención deberá ajustarse a las especificaciones y Normas INVIAS, ICONTEC, AASHTO, ASTM y las vigentes dispuestas por EL MUNICIPIO.

A.2 METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

La metodología a seguir en la ejecución de la obra, consiste en realizar la totalidad de la obra con base en el cronograma de ejecución presentado y correcciones a que haya lugar, y que pueden ser solicitadas tanto por el interventor, como por supervisor y/o delegado de la Entidad Contratante, en cualquiera de los ítems que lo conforman.

Los métodos para la ejecución de las obras quedarán sujetos a la iniciativa del Contratista en concordancia con las especificaciones técnicas de cada ítem; sobre el contratista recaerá la responsabilidad final por la aplicación de tales métodos, los cuales estarán encaminados a obtener los mejores resultados en la obra. Sin embargo, el Interventor tendrá en cualquier momento el derecho de ordenar cambios en los métodos utilizados en beneficio de la seguridad y avance de la obra.

El contratista se responsabiliza por cualquier obra mal ejecutada o que se construya en contra de las normas de estabilidad y calidad.

Es obligación del contratista junto con el Interventor, verificar antes de iniciar los trabajos si existen diferencias y consultar oportunamente antes y por escrito, cualquier cambio de especificación, detalles o modificación a los contenidos de las condiciones técnicas. Los ítems de la presente obra, únicamente podrán ejecutarse después de haber sido aprobadas por la Interventoría, en caso contrario, serán por cuenta y riesgo del contratista.

Durante la obra, la Interventoría podrá revisar e inspeccionar todo proceso constructivo y estado general de la obra y ordenar la remoción de cualquier parte o elemento de construcción que no cumpla con lo estipulado en las cantidades de obra o especificaciones consignadas en estas Condiciones Técnicas; así mismo, ordenar el retiro de cualquier material que no reúna las condiciones de calidad, estabilidad o presentación estética en las áreas públicas.

Cualquier detalle que se haya omitido en las especificaciones, en los planos o en ambos pero que debe formar parte de la construcción, no exime al Contratista y/o Constructor de su responsabilidad en la ejecución no podrá tomarse como base para reclamaciones o demandas posteriores.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

Se aclara que los diseños del proyecto cumplen con la normatividad vigente, por lo tanto, cualquier cambio sugerido por el contratista, debe ser aprobado o rechazado por el Interventor, quien a su vez podrá hacer cambios que considere convenientes desde el punto de vista técnico y económico, previa consulta a la entidad contratante. De todo cambio que se realice debe dejarse constancia en la bitácora de obra o mediante actas, con copia al contratista y la entidad Contratante.

El Contratista deberá consignar en los planos definitivos todos los cambios que se realicen durante el proceso de la obra, con el fin de que quede un registro exacto de cómo se construyó, de los cuales entregara una copia impresa y en medio magnético, este será un requisito para la liquidación y recibo a satisfacción por parte del Contratante.

Donde quiera que se estipule, bien sea en los planos o en estas especificaciones, nombres de fábricas o fabricantes, se debe entender que tal mención se hace como referencia para fijar la calidad del material deseado. El contratista puede presentar el nombre de otro u otros productos, para aprobación de la interventoría siempre y cuando se cumplan las normas del ICONTEC y las correspondientes de acuerdo al tipo de obra para el producto o fabricante estipulado originalmente. Todos los materiales deben ser nuevos y de primera calidad. En todos los casos serán iguales a las muestras que se presenten cuando así lo exija la Interventoría, la cual podrá exigir certificados de los diferentes materiales utilizados en las obras.

A.3 PERSONAL DE LA OBRA

El contratista deberá mantener como personal directivo de la obra, un Residente permanente y un director responsable de la ejecución de la obra y un equipo de profesionales especialistas, cuyo porcentaje de dedicación en obra se discrimina en pliegos de condiciones y cuya hoja de vida se presentará al INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR para su aprobación antes de la iniciación de los trabajos.

El mismo contratista no podrá ser el Residente permanente de la obra, pero podrá actuar como director de la misma. Por tanto, el residente de tiempo completo no podrá ser el mismo Contratista, ni el director, ni el Representante Legal en caso de personas jurídicas, sino una persona distinta a cualquiera de ellos, con la capacidad técnica y profesional para representarlos y tomar decisiones en el desarrollo de los trabajos.

El personal que se emplee para la ejecución de las actividades, debe ser responsable, idóneo, poseer la suficiente experiencia y conocimiento; adicionalmente, deberá estar completamente identificado, con sus implementos de seguridad industrial y carnetizado.

Todos los trabajadores serán empleados directamente por el Contratista, no adquieren vinculación laboral con la Entidad Contratante; por lo tanto, corre a cargo del Contratista el pago de los salarios, indemnizaciones, bonificaciones y prestaciones sociales a que ellos tengan derecho, de acuerdo con los precios cotizados.

El Contratista se obliga a mantener el orden y a emplear personal idóneo con el fin que las obras se ejecuten en forma técnica, eficiente y se termine dentro del plazo acordado. El costo de personal técnico y profesional debe estar incluido en los costos de administración.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

Todas las labores que desarrolle el contratista en la ejecución de las obras deberán estar dentro de las normas y procedimientos que garanticen la seguridad del personal de la obra y de todas las demás personas autorizadas para transitar dentro del área de la obra, y de los particulares, cuando la construcción afecte las zonas públicas.

El contratista deberá suministrar a su personal todos los implementos de seguridad del caso, lo mismo que la dotación a la que tienen derecho por ley, exigirá su uso, mantendrá en la obra elementos de primeros auxilios y cumplirá todas las normas referentes a seguridad laboral que contemple la Ley Colombiana.

EL contratista deberá tener afiliado a todo el personal, tanto Directo como de Subcontratistas, a una EPS por salud, a una ARP por riesgos profesionales a un fondo de pensión (Jubilación), y estar a paz y salvo con el pago de parafiscales. Ningún trabajador podrá ingresar a la obra sin haber sido previamente afiliado.

A.4 MATERIALES

Todos los ítems contenidos en este documento contemplan el suministro e instalación de todos y cada uno de los materiales necesarios para su correcta ejecución de acuerdo con lo dispuesto en la respectiva especificación.

El Contratista se compromete a conseguir oportunamente todos los materiales que se requieran para la construcción de las obras y a mantener permanentemente una cantidad suficiente que garantice el avance normal de la obra para evitar la escasez de materiales.

Todos los elementos y materiales que se utilicen deberán ser de primera calidad, en su género, revisados y aceptados por la Interventoría, mediante la presentación de las respectivas muestras. Los trabajos de ejecución de las obras civiles deberán realizarse cumpliendo con los requisitos y procedimientos establecidos en las normas que les sean aplicables.

Sera de su responsabilidad la selección de las fuentes por utilizar, teniendo en cuenta que los materiales deberán cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos en las presentes especificaciones, las recomendaciones y requerimientos establecidos en los estudios técnicos.

La Supervisión y/o Interventor de la obra, podrá rechazar los materiales y elementos si no los encuentra conformes a lo establecido en las normas. El material rechazado se retirará del lugar, reemplazándolo con material aprobado y la ejecución de la obra defectuosa se corregirá satisfactoriamente, todo esto sin lugar a pago extra. Toda obra rechazada por deficiencia en el material empleado o por defectos de construcción, deberá ser reparado por El Contratista a su costo.

Todos los materiales están sujetos a inspección, muestreo, pruebas, repetición de pruebas y rechazo, en cualquier momento antes de la aceptación de los trabajos por parte de la Interventoría, esto para verificación de las especificaciones técnicas de los materiales de acuerdo con las normas.

Es obligación del Constructor ejecutar la obra y suministrar los materiales requeridos con el cumplimiento de los requisitos de normas vigentes y las recomendaciones de los fabricantes

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

para la colocación y utilización de sus productos. El Interventor velara y verificara que la obra se ejecute de conformidad con estas normas.

A.5 NORMAS:

INVIAS: Instituto nacional de vías

NTC: Norma técnica colombiana

Norma ASTM: Sociedad Americana de pruebas y materiales

ICONTEC: Instituto colombiano de Normas técnicas

AISC: Instituto Americano de Construcción de Aceros AWS:

Sociedad americana para soldaduras

A.6 DISTINTIVO DEL PERSONAL

El Contratista deberá dotar al personal que labora en la obra de algún distintivo que lo identifique ante la Administración municipal y la ciudadanía (escarapela y chaleco reflectivo), siendo de uso obligatorio para todo el personal el casco de protección.

El Contratista deberá suministrar al Interventor y/o supervisor, cuando este lo requiera información completa y correcta sobre la cantidad de personal empleado en la ejecución n de la obra, su clasificación, salario, sueldo y afiliaciones al sistema de seguridad social (pensión, salud y riesgos profesionales).

A.7 EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR

El equipo que utilicé el Contratista, su depreciación y mantenimiento correrán por su cuenta, así como su operación, estacionamiento, seguros, etc. Igualmente deberá mantener en el sitio de la obra un número suficiente de equipo en buen estado aprobado por el interventor, con el objeto de evitar demoras o interrupciones debidas a daños. La mala calidad de los equipos, la deficiencia en el mantenimiento o los daños que puedan sufrir, no serán causal que exima el cumplimiento de las obligaciones contractuales.

El Constructor deberá mantener en los sitios de las obras, herramienta menor y todos los equipos adecuados a las características y magnitud de las obras y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones de construcción y programas de trabajo aprobados.

A.8 MANEJO DE MATERIALES Y LIMPIEZA EN LA ZONA DE TRABAJO:

Todo material de trabajo y escombros en la vía pública será manejado por el contratista, debidamente aislado, tomando las medidas para impedir que se disemine por cualquier forma,

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

o que limite la circulación de vehículos o peatones, de acuerdo con las normas ambientales vigentes.

Durante el desarrollo de los trabajos, el Contratista deberá mantener en perfecto estado de limpieza la zona de la obra y sus alrededores, retirarla diariamente o con más frecuencia si así lo ordena la Interventoría, basuras, desperdicios y sobrantes de material, de manera que no aparezca en ningún momento una acumulación de estos. Las rutas por las cuales los trabajadores tengan que transitar regularmente, deberán acondicionarse de tal manera que en todo momento estén drenadas, libres de obstrucciones y no deberán cruzarse con cables, mangueras, tubos, zanjas y demás elementos que no tengan protección. En cuanto sea posible se separarán las áreas de trabajo de las de tránsito.

A.9 BITÁCORA DE OBRA Y PLANOS RÉCORD

El día que se inicien los trabajos se abrirá un libro de Interventoría y/o bitácora en el cual quedaran escritas las actividades realizadas diariamente, personal laborando en obra, equipo utilizado, estado del tiempo, accidentes de trabajo, avance de la obra, suministro de materiales, relación de ensayos para control de materiales, observaciones o sugerencias que diariamente haga la Interventoría, igualmente cambios realizados, avalados y autorizados por Interventoría. El libro de bitácora deberá ser firmado diariamente por contratista y/o Residente de obra, Interventor y/o residente de interventoría y fijar la fecha.

El Contratista tendrá la obligación de suministrar los planos récord y la bitácora de obra, de las labores realmente ejecutadas, indicando los cambios sobre el diseño inicial o anotaciones constructivas. Estos planos deben tener el mismo formato de los planos que le fueron suministrados al Contratista por la Entidad Contratante. Sin este requisito no podrá ser dado por recibida la obra. De todos estos documentos el Contratista entregara archivo magnético tanto de los planos como de la bitácora en scanner.

A.10 SEÑALIZACIÓN EN LA ZONA DE LAS OBRAS.

Desde la entrega de la zona al Contratista e iniciación de las obras y hasta la entrega definitiva a la Entidad Contratante, el Contratista está en la obligación de señalizar en el sector contratado como prevención de riesgos al personal que trabaja en la obra, de acuerdo con las estipulaciones y especificaciones vigentes sobre la materia.

El contratista se compromete con la entidad Contratante a instalar una valla informativa de acuerdo al modelo vigente, en el cual se informe la entidad que ejecuta la obra, el logo de esta y el contratista e Interventor responsable de los trabajos.

El Contratista deberá colocar las señales y avisos de prevención de accidentes tanto en horas diurnas como nocturnas en la cantidad, tipo, tamaño, forma, clase, color y a las distancias requeridas y con las instrucciones del Interventor.

Sera de responsabilidad del Contratista cualquier accidente ocasionado por la carencia de dichos avisos, defensas, barreras, guardianes y señales.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

El Interventor podrá en cualquier momento ordenar que se suspenda la construcción de una parte o en general de las obras, si existe incumplimiento sistema 'tico por parte de El Contratista en relación con los requisitos de señalización o las instrucciones del Interventor a este respecto.

El Contratista deberá colocar las señales y avisos de prevención de accidentes tanto en horas diurnas como nocturnas en la cantidad, tipo, tamaño, forma, clase, color y a las distancias requeridas de acuerdo con lo dispuesto en las normas anteriores o por instrucciones del interventor.

Cuando los trabajos deban realizarse sin iluminación natural suficiente, el Contratista suministrara la iluminación eléctrica adecuada dependiendo del tipo de la obra a ejecutar. Si la iluminación no es suficiente, el interventor podrá ordenar la suspensión de los trabajos sin que el Contratista tenga derecho a reclamos de ninguna clase.

No se permitirán extensiones arrastradas, colgadas en forma peligrosa o cuyos cables estén mal empalmados o mal aislados. A una distancia prudente del sitio de trabajo deberán colocarse avisos de peligro fosforescentes y las luces intermitentes a que hubiere lugar.

Los gastos en que incurra el Contratista para la instalación de señales preventivas, avisos para tomar medidas necesarias para la prevención de accidentes serán incluidas en la administración.

A.11 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

Durante la ejecución del Contrato el Contratista proveerá en todo momento los recursos necesarios para garantizar la higiene, salubridad y seguridad de todas las instalaciones de la obra, la de sus empleados, trabajadores, subcontratistas, proveedores, empleados, el Interventor y terceras personas.

El Contratista tiene la obligación de establecer y ejecutar permanentemente el programa de salud ocupacional conforme a lo estipulado en las normas vigentes, es responsable de los riegos originados en su ambiente laboral y deberá adoptar las medidas que fueren necesarias para disminuir tales riesgos. (Dto. 1295/94).

El Contratista impondrá a sus empleados, trabajadores, subcontratistas, proveedores y en general a todas aquellas personas relacionadas con la ejecución del Contrato el cumplimiento de todas las condiciones relativas a higiene, salubridad, prevención de accidentes y medidas de seguridad vigentes o estipuladas en la presente.

Durante la ejecución del Contrato, el Contratista observara todas y cada una de las regulaciones de las autoridades bajo cuya jurisdicción se ejecute el contrato relativo a seguridad, prevención de accidentes y enfermedad profesional, higiene y salubridad, y en general las normas que a este respecto mantenga las entidades oficiales. Igualmente cumplirá con lo establecido en la siguiente norma: Reglamento de higiene y seguridad para la Industria de la Construcción, Resolución 02413 de 1979 del Ministerio de Trabajo y seguridad social de Colombia.

Antes de iniciar la ejecución de las obras, el Contratista deberá preparar un programa completo con las medidas de seguridad que se tomaran durante la ejecución de los trabajos y lo someterá

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

a la aprobación del Interventor, quien podrá además ordenar cualquier otra medida adicional que considere necesaria.

Durante la ejecución del contrato el Interventor le podrá ordenar al Contratista cualquier medida adicional que considere conveniente o necesaria para garantizar la prevención de accidentes y este deberá proceder de conformidad.

En caso de peligro inminente a personas, obras o bienes, el interventor podrá obviar la notificación escrita y ordenar que se ejecuten inmediatamente las acciones correctivas que considere necesarias. El Contratista en estos casos no tendrá derecho a reconocimiento o indemnización alguna.

A.12 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizarán los ensayos de laboratorio que se estimen necesarios de acuerdo a las Normas Técnicas Colombinas NTC (exigidas por ICONTEC), o los parámetros internacionales para verificar la calidad de los elementos suministrados o instalados por el Contratista.

Se realizarán todos los estudios necesarios para así, garantizar la estabilidad de la obra; estudios como:

- Clasificación de suelos
- Ensayos de chequeo de densidad (cono y arena)
- Diseño de mezclas
- Ensayos de compresión para verificar la resistencia del concreto a los 7-14-28 días.
- Slump para chequear la consistencia del concreto.

El suministro y diseño de las mezclas de concreto estará a cargo del contratista y se hará para cada clase de concreto solicitado en estas especificaciones y con los materiales que haya aceptado la Interventoría con base en ensayos previos de laboratorio. Todos los diseños de mezcla, sus modificaciones y revisiones deberán someterse a la aprobación previa de la Interventoría

Los ensayos de compresión, se realizarán con cilindros standard de ensayo, dichos ensayos se harán para cada mezcla que se someta a aprobación. Los cilindros se ensayarán a los 7, 14 y 28 días y/o de acuerdo con las instrucciones de la Interventoría. Estos ensayos serán por cuenta el contratista, que deberá entregar a la Interventoría para los controles que considere convenientes.

Las pruebas o ensayos se realizarán con previa notificación al Interventor, con indicación de fecha y hora de la prueba. Para el desarrollo de las mismas es indispensable la presencia del Interventor o su delegado.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

A.13 PRESENTACIÓN DE INFORMES FOTOGRÁFICOS Y ESCRITOS PERIÓDICOS

El Contratista presentara informes fotográficos y escritos sobre el desarrollo y cumplimiento de las actividades objeto del contrato, de acuerdo con la programación que sea suministrada por el Interventor. Además, deberá El Contratista mantener durante todo el proceso de la ejecución de las obras, el libro de obra debidamente actualizado, así mismo entregar copia del mismo al Interventor.

A.14 ENTREGA Y RECIBO DE LA OBRA

El Contratista informara con quince (15) días de antelación la fecha en que se propone hacer entrega total de la obra. El Interventor dará la aprobación o hará las observaciones necesarias para que el Contratista las termine a satisfacción. Así mismo, el Contratista se obliga a ejecutar las pruebas finales que sean necesarias para la recepción final de los trabajos. Al momento de entregar la obra, las partes contratantes suscribirán el acta de recibo y entrega final.

A.15 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS

Durante la ejecución del objeto contractual y hasta la entrega final, El Contratista tendrá la obligación de poner en práctica procedimientos adecuados de construcción, seguridad del recurso humano y protección contra cualquier daño o deterioro que pueda afectar la calidad, estabilidad y acabados. Así mismo, deberá tener debidas precauciones a fin de conservar en perfecto estado los inmuebles aledaños, las estructuras e instalaciones y redes de servicio superficiales o subterráneas existentes dentro del área de trabajo o adyacentes a ella, siendo de su exclusiva responsabilidad cualquier daño que pudiese ocasionar a tales inmuebles, estructuras, instalaciones o redes. Adicionalmente El Contratista deberá asumir y responder por los daños que se causen a terceros con la maquinaria del contratista durante el cumplimiento del objeto del contrato, que se pretende celebrar, para lo cual deberá tener vigente la póliza de responsabilidad civil extracontractual.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO		
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ		

B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES Y PARTICULARES DEL PROYECTO

Para el proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE PEATONAL EN EL RESGUARDO DE PIPALTA PALBI YAGUAPI, MUNICIPIO DE BARBACOAS - NARIÑO”, se presentará inicialmente un **resumen de las principales especificaciones técnicas**. Al final del documento se **anexan las especificaciones INVIAS correspondientes**, en congruencia con el presupuesto del proyecto que se muestra a continuación:

No	ITEM	ESP	DESCRIPCION	UN
1			PRELIMINARES, EXCAVACIONES Y RELLENOS	
1,1	200,1,2p	200-22	Desmonte y limpieza en bosque	M2
1,2	600,1,1p	600-22	Excavación manual en conglomerado seco	M3
1,3	610,1p	610-22	Relleno compactado con material de excavación	M3
1,4	600,2,2p	600-22	Excavaciones varias en roca bajo agua para pilotes	M3
1,5	600,2,4p	600-22	Excavaciones varias en material comun bajo agua para pilotes	m3
1,6	610,1p	610-22	Relleno para estructura con recebo	m3
2			CONCRETOS	
2,1	630,1,3,1p1	630-22	Concreto de 27,6 Mpa (4.000 psi) para torres	M3
2,2	630,1,3,1p2	630-22	Concreto de 27,6 Mpa (4.000 psi) para viga cabezal torres	M3
2,3	630,1,3,1p3	630-22	Concreto de 27,6 Mpa (4.000 psi) para pilotes de cimentacion	M3
2,4	630,1,3,1p2	630-22	Concreto de 27,6 Mpa (4.000 psi) para viga cabezal de anclaje	M3
2,5	630,1,3,1p3	630-22	Concreto de 27,6 Mpa (4.000 psi) para pilotes de anclaje	M3
3			ACERO DE REFUERZO	
3,1	640,1p1	640-22	Suministro e instalacion de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para torres	Kg
3,2	640,1p2	640-22	Suministro e instalacion de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para viga cabezal torres	Kg
3,3	640,1p3	640-22	Suministro e instalacion de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para pilotes de cimentacion	Kg
3,4	640,1p2	640-22	Suministro e instalacion de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para cabezal anclajes	Kg
3,5	640,1p3	640-22	Suministro e instalacion de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para pilotes de anclaje	Kg
4			PENDOLON PUENTE	
4,1			Suministro e instalacion de acero de 5/8 ASTM A36 (Fy=250 Mpa) para pendolon del sostenimiento del cable principal del puente.	M
5			CABLE PRINCIPAL	

		CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
		ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

5,1			Suministro e instalacion cable de acero en espiral, con diametro nominal de 32 mm (1 1/4") ASTM A586 - grado 1770.	M
5,2			Tambor de anclaje AISI-SAE 1045 Incluye tornillos (d=1" varilla corrugada L= 2 m ASTM A490).	UND
6			GALAPAGOS	
6,1			Suministro e instalacion de galapago en acero ASTM A36 con rodillo en la parte superior de las 2 torres del puente peatonal para facilitar la rigidez en los cables principales del puente. Incluye todos los accesorios para su correcto funcionamiento, ver cuadro de diseño.	UND
7			ESTRUCTURA DE TABLERO	
7,1	650,2,1p	650-22	Suministro y fabricación de cercha en acero ASTM A706 grado 60 para estructura metálica	Kg
7,2	650,2,1p	650-22	Suministro y fabricacion de platinas y grapas en acero ASTM A 36 para estructura metalica	Kg
7,3	650,2,1p	650-22	suministro e instalacion de tuercas y pernos en acero ASTM A 490 para estructura metalica	Kg
7,4	650,2,1p	650-22	Suministro e instalacion de soporte de cable en acero ASTM 325 para estructura metalica	Kg
7,5	650,4p	650-22	Lanzamiento, montaje y pintura de la armadura metálica de toda la súper estructura (incluye equipo de izaje y/o montaje de las estructuras metálicas)	Kg
7,6			Suministro e instalación de viga longitudinal en madera tipo PET o similar, de 40 x 100 mm, incluye tornillos y accesorios	M
7,7			Piso madera plastica en polipropileno de alto impacto antideslizante para puente peatonal	M2
7,8	650,2,1p	650-22	Suministro e instalacion malla eslabonada galvanizada hueco 2" cal. 10.5	M2
8			PRUEBA DE CARGA PUENTE PEATONAL	UND

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

1. PRELIMINARES, EXCAVACIONES Y RELLENOS

1.1 Desmonte Y Limpieza En Bosque

Unidad: m²

Descripción:

Corresponde a la remoción de la cobertura vegetal existente en el área de influencia del proyecto para permitir la ejecución de obras. Incluye la tala selectiva de arbustos, maleza, árboles pequeños (menos de 15 cm de diámetro) y el retiro de elementos superficiales como piedras, residuos orgánicos, escombros o estructuras abandonadas.

Procedimiento:

Replanteo y demarcación del área a intervenir mediante equipo topográfico o GPS.
 Identificación y marcación de árboles o especies a conservar según Plan de Manejo Ambiental y consulta previa.
 Corte manual de vegetación con machete, guadaña, hacha o motosierra.
 Recolección, apilamiento y transporte del material vegetal a zonas de disposición transitoria o para reutilización comunitaria (leña, compostaje, cercas).
 Limpieza superficial del terreno (rastrillado, nivelación ligera si es necesario).
 Registro fotográfico y validación con la interventoría y acompañamiento ambiental.

Criterios de aceptación:

A' rea completamente despejada, sin vegetación obstructiva.
 Disposición final del material conforme al POMA.
 Ausencia de afectación a especies protegidas o cuerpos de agua.

Normas de referencia:

Decreto 1076 de 2015 (sector ambiente). Manual de Buenas Prácticas Ambientales INVIAS.

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cuadrado (m²)
 Pago: cantidad ejecutada y verificada en campo mediante acta de obra firmada por la interventoría.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

1.2 Excavación manual En Conglomerado en Seco

Unidad: m³

Descripción:

Comprende la excavación de suelo natural de tipo conglomerado seco a profundidades entre 2 y 6 metros para la construcción de elementos estructurales del puente como cimentaciones, torres y estribos. Se ejecuta de manera mecanizada o manual según accesibilidad.

Procedimiento:

Trazado y replanteo del perímetro de excavación conforme planos geotécnicos y estructurales. Excavación con retroexcavadora, minicargador o herramientas manuales (pico, pala) en zonas de difícil acceso.

Control y estabilización de taludes naturales o mediante sistemas de entibado si es necesario. Disposición temporal del material excavado en sitios autorizados dentro del área de obra, para eventual reutilización en rellenos.

Limpieza del fondo de excavación, remoción de material suelto, raíces o elementos no estructurales.

Registro topográfico de profundidades y volumen extraído.

Criterios de aceptación:

Cotas y dimensiones de excavación conforme a diseño.

Taludes estables, sin derrumbes ni sobre excavaciones.

Fondo limpio y libre de material suelto o colapsado.

Normas de referencia:

Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras INVIAS

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cubico (m³)

Pago: volumen excavado conforme a planos, validado mediante cubicación en campo y aprobado por interventoría.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

1.3 Relleno Compactado Con Material De Excavación

Unidad: m³

Descripción:

Corresponde a la actividad de conformación de rellenos estructurales mediante la reutilización de material previamente excavado, el cual debe cumplir con condiciones de granulometría, humedad y resistencia determinadas por los ensayos de laboratorio.

Procedimiento:

Clasificación del material proveniente de la excavación: se seleccionan suelos granulares o finos cohesivos estables, sin materia orgánica ni material contaminante.

Transporte del material apto hacia el área de relleno.

Colocación en capas sucesivas de máximo 20 cm de espesor antes de compactar.

Compactación de cada capa con vibro compactador de placa o pisón mecánico, dependiendo del acceso y topografía del sitio.

Control de humedad para asegurar que este dentro del $\pm 2\%$ de la humedad optima.

Realización de ensayos de densidad in situ (densímetro nuclear, me 'todo de cono de arena o reemplazo de arena) para validar el cumplimiento del 95% de densidad Proctor Modificado.

Avance sucesivo por capas hasta alcanzar la cota de diseño.

Criterios de aceptación:

Compactación igual o superior al 95% del Proctor Modificado.

Ausencia de materia orgánica, residuos u otros materiales no aptos.

Nivelación, pendiente y espesor final conforme a planos.

Normas de referencia:

INV. E-141, INV. E-161, INV. E-162 (normas INVIAS para compactación y densidad).

NTC 3459 (ensayo Proctor modificado).

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cubico (m³)

Pago: volumen de relleno compactado y certificado por acta de aprobación técnica, acompañado de resultados de ensayos de campo.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

1.4 Excavaciones Varias En Roca Bajo Agua Para Pilotes

Unidad: m³

Descripción:

Actividad correspondiente a la remoción de estratos rocosos naturales con herramientas mecánicas, hidráulicas o neumáticas, para permitir la construcción de elementos estructurales del puente. Aplica cuando el estudio geotécnico identifica presencia de roca dentro de la zona de cimentación.

Procedimiento:

Reconocimiento del tipo de roca (dureza, fracturación, humedad) por parte del ingeniero geotecnia.
 Perforación de testigos con martillo neumático, punteros o equipo de perforación rotativa.
 Fractura de la roca con cunas, martillos hidráulicos, barrenos o micro voladuras controladas (previa autorización ambiental si aplica).
 Retiro y transporte del material fragmentado hasta zona de acopio o disposición.
 Limpieza del fondo de la excavación con herramientas manuales para garantizar una base firme.
 Revisión y medición del volumen ejecutado mediante cubicación directa o escaneo topográfico.

Criterios de aceptación:

Volumen excavado conforme a planos.
 Ausencia de material suelto en el fondo.
 Cumplimiento de medidas de seguridad y control ambiental si se emplean explosivos.

Normas de referencia:

Reglamento Nacional de Seguridad en Manipulación de Explosivos (si aplica).
 Manual de construcción de cimentaciones profundas (INVIAS).

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cúbico (m³)
 Pago: volumen de roca excavado y aprobado por la interventoría, sustentado con registros topográficos y control de calidad en campo.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

1.5 Excavaciones Varias En Material Común Bajo Agua Para Pilotes

Unidad: m³

Descripción:

Actividad correspondiente a la remoción de estratos de material natural con herramientas mecánicas, hidráulicas o neumáticas, para permitir la construcción de elementos estructurales del puente. Aplica cuando el estudio geotécnico identifica presencia de roca dentro de la zona de cimentación.

Procedimiento:

Reconocimiento del tipo de roca (dureza, fracturación, humedad) por parte del ingeniero geotecnia.
 Perforación de testigos con martillo neumático, punteros o equipo de perforación rotativa.
 Fractura de la roca con cunas, martillos hidráulicos, barrenos o micro voladuras controladas (previa autorización ambiental si aplica).
 Retiro y transporte del material fragmentado hasta zona de acopio o disposición.
 Limpieza del fondo de la excavación con herramientas manuales para garantizar una base firme.
 Revisión y medición del volumen ejecutado mediante cubicación directa o escaneo topográfico.

Criterios de aceptación:

Volumen excavado conforme a planos.
 Ausencia de material suelto en el fondo.
 Cumplimiento de medidas de seguridad y control ambiental si se emplean explosivos.

Normas de referencia:

Reglamento Nacional de Seguridad en Manipulación de Explosivos (si aplica).
 Manual de construcción de cimentaciones profundas (INVIAS).

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cubico (m³)
 Pago: volumen de roca excavado y aprobado por la interventoría, sustentado con registros topográficos y control de calidad en campo.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

1.6 Relleno Para Estructuras Con Recebo

Unidad: m³

Descripción:

Corresponde a la actividad de conformación de rellenos estructurales mediante la utilización de material de suelo externo como recebo, el cual debe cumplir con condiciones de granulometría, humedad y resistencia determinadas por los ensayos de laboratorio.

Procedimiento:

Clasificación del material proveniente de la excavación: se seleccionan suelos granulares o finos cohesivos estables, sin materia orgánica ni material contaminante.

Transporte del material apto hacia el área de relleno.

Colocación en capas sucesivas de máximo 20 cm de espesor antes de compactar.

Compactación de cada capa con vibro compactador de placa o pisón mecánico, dependiendo del acceso y topografía del sitio.

Control de humedad para asegurar que este dentro del $\pm 2\%$ de la humedad optima.

Realización de ensayos de densidad in situ (densímetro nuclear, me 'todo de cono de arena o reemplazo de arena) para validar el cumplimiento del 95% de densidad Proctor Modificado.

Avance sucesivo por capas hasta alcanzar la cota de diseño.

Criterios de aceptación:

Compactación igual o superior al 95% del Proctor Modificado.

Ausencia de materia orgánica, residuos u otros materiales no aptos.

Nivelación, pendiente y espesor final conforme a planos.

Normas de referencia:

INV. E-141, INV. E-161, INV. E-162 (normas INVIAS para compactación y densidad).

NTC 3459 (ensayo Proctor modificado).

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cubico (m³)

Pago: volumen de relleno compactado y certificado por acta de aprobación técnica, acompañado de resultados de ensayos de campo.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

2. CONCRETOS

2.1 Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Torres

Unidad: m³

Descripción:

Corresponde al suministro, transporte, vaciado, curado y control de calidad del concreto estructural para elementos las torres del puente. Se requiere una resistencia a la compresión de 27.6 MPa (4000 psi) a 28 días.

Procedimiento:

Verificación de formaletas, refuerzo y elementos insertos.

Preparación del concreto premezclado (en planta) o en obra, cumpliendo la dosificación establecida.

Transporte en trompo o carretillas según accesibilidad del sitio.

Vaciado continuo en capas, evitando juntas frías.

Vibrado mecánico interno (vibradores tipo aguja) para garantizar homogeneidad.

Curado húmedo o mediante membranas químicas durante 7 días mínimo.

Toma de cilindros para control de calidad (mínimo 3 por vaciado por cada 50 m³).

Criterios de aceptación:

Asentamiento entre 8 y 12 cm (cono de Abrams).

Resistencia a compresión $\geq$ 27.6 MPa a 28 días. Ausencia de segregación o vacíos visibles.

Superficies limpias y sin exudaciones.

Normas de referencia:

NTC 550 (Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros).

ASTM C143, ASTM C39, ASTM C31.

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cubico (m³)

Pago: volumen de concreto vaciado, conforme al diseño estructural, y certificado por actas de obra con ensayos aprobados.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

2.2 Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Para Viga Cabezal Torres

Unidad: m³

Descripción:

Corresponde al suministro, transporte, vaciado, curado y control de calidad del concreto estructural para elementos las vigas cabezal de las torres. Se requiere una resistencia a la compresión de 27.6 MPa (4000 psi) a 28 días.

Procedimiento:

Verificación de formaletas, refuerzo y elementos insertos.

Preparación del concreto premezclado (en planta) o en obra, cumpliendo la dosificación establecida.

Transporte en trompo o carretillas según accesibilidad del sitio.

Vaciado continuo en capas, evitando juntas frías.

Vibrado mecánico interno (vibradores tipo aguja) para garantizar homogeneidad.

Curado húmedo o mediante membranas químicas durante 7 días mínimo.

Toma de cilindros para control de calidad (mínimo 3 por vaciado por cada 50 m³).

Criterios de aceptación:

Asentamiento entre 8 y 12 cm (cono de Abrams).

Resistencia a compresión $\geq$ 27.6 MPa a 28 días. Ausencia de segregación o vacíos visibles.

Superficies limpias y sin exudaciones.

Normas de referencia:

NTC 550 (Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros).

ASTM C143, ASTM C39, ASTM C31.

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cubico (m³)

Pago: volumen de concreto vaciado, conforme al diseño estructural, y certificado por actas de obra con ensayos aprobados.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

2.3 Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Pilotes De Cimentación

Unidad: m³

Descripción:

Corresponde al suministro, transporte, vaciado, curado y control de calidad del concreto estructural para elementos los pilotes de cimentación de las torres. Se requiere una resistencia a la compresión de 27.6 MPa (4000 psi) a 28 días.

Procedimiento:

Verificación de formaletas, refuerzo y elementos insertos.

Preparación del concreto premezclado (en planta) o en obra, cumpliendo la dosificación establecida.

Transporte en trompo o carretillas según accesibilidad del sitio.

Vaciado continuo en capas, evitando juntas frías.

Vibrado mecánico interno (vibradores tipo aguja) para garantizar homogeneidad.

Curado húmedo o mediante membranas químicas durante 7 días mínimo.

Toma de cilindros para control de calidad (mínimo 3 por vaciado por cada 50 m³).

Criterios de aceptación:

Asentamiento entre 8 y 12 cm (cono de Abrams).

Resistencia a compresión $\geq$ 27.6 MPa a 28 días. Ausencia de segregación o vacíos visibles.

Superficies limpias y sin exudaciones.

Normas de referencia:

NTC 550 (Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros).

ASTM C143, ASTM C39, ASTM C31.

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cubico (m³)

Pago: volumen de concreto vaciado, conforme al diseño estructural, y certificado por actas de obra con ensayos aprobados.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

2.4 Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Para Viga Cabezal De Anclaje

Unidad: m³

Descripción:

Corresponde al suministro, transporte, vaciado, curado y control de calidad del concreto estructural para elementos las vigas cabezal de los anclajes. Se requiere una resistencia a la compresión de 27.6 MPa (4000 psi) a 28 días.

Procedimiento:

Verificación de formaletas, refuerzo y elementos insertos.

Preparación del concreto premezclado (en planta) o en obra, cumpliendo la dosificación establecida.

Transporte en trompo o carretillas según accesibilidad del sitio.

Vaciado continuo en capas, evitando juntas frías.

Vibrado mecánico interno (vibradores tipo aguja) para garantizar homogeneidad.

Curado húmedo o mediante membranas químicas durante 7 días mínimo.

Toma de cilindros para control de calidad (mínimo 3 por vaciado por cada 50 m³).

Criterios de aceptación:

Asentamiento entre 8 y 12 cm (cono de Abrams).

Resistencia a compresión $\geq$ 27.6 MPa a 28 días. Ausencia de segregación o vacíos visibles.

Superficies limpias y sin exudaciones.

Normas de referencia:

NTC 550 (Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros).

ASTM C143, ASTM C39, ASTM C31.

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cubico (m³)

Pago: volumen de concreto vaciado, conforme al diseño estructural, y certificado por actas de obra con ensayos aprobados.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

2.5 Concreto 27,6 Mpa (4.000 Psi) Para Pilotes De Anclajes

Unidad: m³

Descripción:

Corresponde al suministro, transporte, vaciado, curado y control de calidad del concreto estructural para elementos los pilotes de anclajes. Se requiere una resistencia a la compresión de 27.6 MPa (4000 psi) a 28 días.

Procedimiento:

Verificación de formaletas, refuerzo y elementos insertos.

Preparación del concreto premezclado (en planta) o en obra, cumpliendo la dosificación establecida.

Transporte en trompo o carretillas según accesibilidad del sitio.

Vaciado continuo en capas, evitando juntas frías.

Vibrado mecánico interno (vibradores tipo aguja) para garantizar homogeneidad.

Curado húmedo o mediante membranas químicas durante 7 días mínimo.

Toma de cilindros para control de calidad (mínimo 3 por vaciado por cada 50 m³).

Criterios de aceptación:

Asentamiento entre 8 y 12 cm (cono de Abrams).

Resistencia a compresión $\geq$ 27.6 MPa a 28 días. Ausencia de segregación o vacíos visibles.

Superficies limpias y sin exudaciones.

Normas de referencia:

NTC 550 (Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros).

ASTM C143, ASTM C39, ASTM C31.

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cubico (m³)

Pago: volumen de concreto vaciado, conforme al diseño estructural, y certificado por actas de obra con ensayos aprobados.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

3. ACERO DE REFUERZO

3.1 Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para torres

Unidad: kg

Descripción:

Incluye el suministro, transporte, corte, doblado, armado y colocación del acero de refuerzo para todos los elementos estructurales en concreto de las torres, conforme a planos y especificaciones.

Procedimiento:

Recepción del acero: verificar etiquetas de calidad, diámetro, tipo y longitud. Corte y doblado mecánico de las barras según planos de taller.

Armado de estructuras (jaulas, parrillas) en sitio o prefabricadas.

Amarre con alambre recocido en intersecciones.

Instalación en formaletas y revisión de recubrimientos (mín. 3 cm en contacto con suelo). Inspección previa al vaciado por parte de la interventoría.

Criterios de aceptación:

Diámetro, longitud y forma de las barras conforme a planos.

Acero sin corrosión, aceite ni defectos mecánicos.

Espaciamiento y recubrimientos verificados.

Normas de referencia:

ASTM A615/A615M (especificación estándar para barras de acero de refuerzo).

NTC 2289, NTC 5806.

Unidad y medida de pago:

Unidad: kilogramo (kg)

Pago: peso real instalado, conforme a planos estructurales, y certificado por acta de obra y bitácora.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

3.2 Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para viga cabezal torres

Unidad: kg

Descripción:

Incluye el suministro, transporte, corte, doblado, armado y colocación del acero de refuerzo para todos los elementos estructurales en concreto de las vigas cabezal de las torres, conforme a planos y especificaciones.

Procedimiento:

Recepción del acero: verificar etiquetas de calidad, diámetro, tipo y longitud. Corte y doblado mecánico de las barras según planos de taller.

Armado de estructuras (jaulas, parrillas) en sitio o prefabricadas.

Amarre con alambre recocido en intersecciones.

Instalación en formaletas y revisión de recubrimientos (mín. 3 cm en contacto con suelo). Inspección previa al vaciado por parte de la interventoría.

Criterios de aceptación:

Diámetro, longitud y forma de las barras conforme a planos.

Acero sin corrosión, aceite ni defectos mecánicos.

Espaciamiento y recubrimientos verificados.

Normas de referencia:

ASTM A615/A615M (especificación estándar para barras de acero de refuerzo).

NTC 2289, NTC 5806.

Unidad y medida de pago:

Unidad: kilogramo (kg)

Pago: peso real instalado, conforme a planos estructurales, y certificado por acta de obra y bitácora.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

3.3 Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para pilotes de cimentación

Unidad: kg

Descripción:

Incluye el suministro, transporte, corte, doblado, armado y colocación del acero de refuerzo para todos los elementos estructurales en concreto de los pilotes de las torres, conforme a planos y especificaciones.

Procedimiento:

Recepción del acero: verificar etiquetas de calidad, diámetro, tipo y longitud. Corte y doblado mecánico de las barras según planos de taller.

Armado de estructuras (jaulas, parrillas) en sitio o prefabricadas.

Amarre con alambre recocido en intersecciones.

Instalación en formaletas y revisión de recubrimientos (mín. 3 cm en contacto con suelo). Inspección previa al vaciado por parte de la interventoría.

Criterios de aceptación:

Diámetro, longitud y forma de las barras conforme a planos.

Acero sin corrosión, aceite ni defectos mecánicos.

Espaciamiento y recubrimientos verificados.

Normas de referencia:

ASTM A615/A615M (especificación estándar para barras de acero de refuerzo).

NTC 2289, NTC 5806.

Unidad y medida de pago:

Unidad: kilogramo (kg)

Pago: peso real instalado, conforme a planos estructurales, y certificado por acta de obra y bitácora.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

3.4 Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para Cabezal anclajes

Unidad: kg

Descripción:

Incluye el suministro, transporte, corte, doblado, armado y colocación del acero de refuerzo para todos los elementos estructurales en concreto de las vigas cabezal de los anclajes, conforme a planos y especificaciones.

Procedimiento:

Recepción del acero: verificar etiquetas de calidad, diámetro, tipo y longitud. Corte y doblado mecánico de las barras según planos de taller.

Armado de estructuras (jaulas, parrillas) en sitio o prefabricadas.

Amarre con alambre recocido en intersecciones.

Instalación en formaletas y revisión de recubrimientos (mín. 3 cm en contacto con suelo). Inspección previa al vaciado por parte de la interventoría.

Criterios de aceptación:

Diámetro, longitud y forma de las barras conforme a planos.

Acero sin corrosión, aceite ni defectos mecánicos.

Espaciamiento y recubrimientos verificados.

Normas de referencia:

ASTM A615/A615M (especificación estándar para barras de acero de refuerzo).

NTC 2289, NTC 5806.

Unidad y medida de pago:

Unidad: kilogramo (kg)

Pago: peso real instalado, conforme a planos estructurales, y certificado por acta de obra y bitácora.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

3.5 Suministro e instalación de Acero de Refuerzo ASTM A706 Grado 60 para Pilotes de Anclaje

Unidad: kg

Descripción:

Incluye el suministro, transporte, corte, doblado, armado y colocación del acero de refuerzo para todos los elementos estructurales en concreto de los pilotes de anclaje, conforme a planos y especificaciones.

Procedimiento:

Recepción del acero: verificar etiquetas de calidad, diámetro, tipo y longitud. Corte y doblado mecánico de las barras según planos de taller.

Armado de estructuras (jaulas, parrillas) en sitio o prefabricadas.

Amarre con alambre recocido en intersecciones.

Instalación en formaletas y revisión de recubrimientos (mín. 3 cm en contacto con suelo). Inspección previa al vaciado por parte de la interventoría.

Criterios de aceptación:

Diámetro, longitud y forma de las barras conforme a planos.

Acero sin corrosión, aceite ni defectos mecánicos.

Espaciamiento y recubrimientos verificados.

Normas de referencia:

ASTM A615/A615M (especificación estándar para barras de acero de refuerzo).

NTC 2289, NTC 5806.

Unidad y medida de pago:

Unidad: kilogramo (kg)

Pago: peso real instalado, conforme a planos estructurales, y certificado por acta de obra y bitácora.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

4. PENDOLÓN PUENTE

4.1 Suministro e instalación de acero de 5/8 ASTM A36 (Fy=250 Mpa) para pendolón del sostenimiento del cable principal del puente.

Unidad: m

Descripción:

Incluye el suministro e instalación de pendolones o barras de suspensión que conectan el tablero del puente con los cables principales. Estas barras garantizan la estabilidad vertical de la estructura colgante.

Procedimiento:

Corte de barras meta 'licas de 5/8" (PDR 60.000) a la longitud de diseño.

Roscado en extremo inferior y dobléz de 0.15 m en el superior.

Fijación de platinas perforadas (½" espesor, 0.25 x 0.07 m) mediante tornillos de 5/8" con tuercas y arandelas.

Instalación de las barras sobre el tablero de madera y sujeción al cable.

Revisión de verticalidad, apriete y simetría.

Criterios de aceptación:

Longitudes conforme al plano.

Barras sin deformaciones, con recubrimiento anticorrosivo.

Platinas, pernos y tornillos instalados correctamente y sin juego.

Normas de referencia:

NTC 3848 (acero estructural).

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro lineal (m)

Pago: longitud total instalada conforme planos, con todos sus accesorios, y aprobada por la interventoría.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

5. CABLE PRINCIPAL

5.1 Suministro e instalación cable de acero en espiral, con diámetro nominal de 32 mm (1 1/4") ASTM A586 - grado 1770

Unidad: m

Descripción:

Corresponde al suministro e instalación del sistema principal de cables que soportan la estructura colgante del puente. Los cables de acero deben ser altamente resistentes, flexibles y duraderos para soportar cargas pesadas y resistir las condiciones ambientales.

Procedimiento:

Transporte de los rollos de cable hasta el sitio de obra, garantizando su integridad y evitando dobleces bruscos.

Desenrollado y tendido inicial del cable con winchas o guinches sobre el galibo de diseño.

Fijación del cable en los anclajes con accesorios como guardacabos, grilletes, sujetadores tipo perro, abrazaderas y tensores.

Ajuste y tensado del cable conforme a especificaciones de diseño estructural.

Revisión de alineación, tensión y nivel con instrumentos de medición.

Aplicación de recubrimiento anticorrosivo en puntos expuestos o de contacto.

Criterios de aceptación:

Cable sin torceduras, daño físico ni oxido.

Tensión uniforme y fijación completa en ambos extremos.

Accesorios instalados correctamente y según diseño.

Cumplimiento del galibo y trazado del eje del puente.

Normas de referencia:

ASTM A 586/ grado 1770 (especificaciones estándar para cables de acero estructurales).

Manual de diseño estructural de INVIAS.

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro lineal (m)

Pago: longitud total instalada del cable, con todos sus accesorios, conforme planos y verificación de la interventoría.

5.2 Tambor de anclaje AISI-SAE 1045 Incluye tornillos (d=1" varilla corrugada L=

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

2 m ASTM A490).

Descripción:

Es un conjunto de anclaje conformado por un tambor, barras de acero de alta resistencia y pernos que se fija a la base de una columna o estructura metálica, también se ancla a una cimentación o soportes cabezales de concreto.

AISI / SAE 1045 es un acero de medio carbono que posee baja soldabilidad y buena maquinabilidad, responde al tratamiento térmico para ser endurecido. Por su dureza y tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria.

Procedimiento:

Fabricación del anclaje compuesto por tambor, tornillos y platinas según especificaciones de diseño en taller.

Transporte al sitio e instalación sobre los cabezales de anclaje.

Fijación con pernos de anclaje y placas base niveladas.

Verificación de la sujeción del cable principal.

Aplicación de recubrimiento anticorrosivo en puntos expuestos o de contacto.

Criterios de aceptación:

Elementos sin torceduras, daño físico ni oxido.

Tensión uniforme y fijación completa en el cabezal.

Accesorios instalados correctamente y según diseño.

Sujeción precisa del cable principal.

Normas de referencia:

AISI-SAE 1045 / ASTM A490 (especificaciones estándar para elementos y piezas de acero estructurales o de maquinaria).

Manual de diseño estructural de INVIAS.

Unidad y medida de pago:

Unidad: unidad (und)

Pago: unidades totales instaladas del conjunto de anclaje, con todos sus accesorios, conforme planos y verificación de la interventoría.

6. GALAPAGO

6.1 Suministro e instalación de galápago en acero ASTM A36 con rodillo en la parte superior de las 2 torres del puente peatonal para facilitar la rigidez en los cables principales del puente. Incluye todos los accesorios para su correcto funcionamiento.

Unidad: und

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

Descripción:

Elemento metálico ubicado en la parte superior de las torres del puente que permite la libre movilidad longitudinal del cable principal. Su función es reducir esfuerzos por dilatación térmica o desplazamientos estructurales.

Procedimiento:

Fabricación del galápago y rodillo según especificaciones de diseño en taller.
Transporte al sitio e instalación sobre la corona de las torres.
Fijación con pernos de anclaje y placas base niveladas.
Verificación de giro libre del rodillo y alineación con el eje del puente.
Aplicación de grasas o lubricantes de larga duración en los cojinetes.

Criterios de aceptación:

Giro libre sin fricción excesiva.
Alineación correcta del eje de paso del cable.
Sujeción firme sin desplazamientos durante carga.

Normas de referencia:

Manual de puentes peatonales INVIAS.

Unidad y medida de pago:

Unidad: unidad (und)
Pago: unidad instalada por torre, en pleno funcionamiento y conforme diseño aprobado.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

7. ESTRUCTURA DE TABLERO

7.1 Suministro y fabricación de cercha en acero ASTM A706 grado 60 para estructura metálica

Unidad: kg

Descripción:

Incluye el suministro, corte, armado y montaje de los perfiles metálicos estructurales para conformar las cerchas del puente fabricados en acero ASTM A572 (Grado 50) los cuales soportan la estructura del tablero, conforme a los planos estructurales del proyecto.

Procedimiento:

Corte de perfiles según planos de taller.

Ensamblaje mediante soldadura por arco eléctrico (SMAW o MIG). Aplicación de imprimante anticorrosivo en taller.

Transporte de componentes al sitio.

Montaje con grúas o sistemas de izaje manual adaptado (andamios). Revisión de conexiones, alineación, verticalidad y nivelación.

Criterios de aceptación:

Perfiles sin deformaciones ni corrosión.

Soldaduras continuas, sin poros ni grietas.

Alineación estructural según planos.

Normas de referencia:

ASTM A572/A572M.

AWS D1.1/D1.1M (Código de soldadura estructural).

Unidad y medida de pago:

Unidad: kilogramo (kg)

Pago: peso real instalado, conforme planos y bitácora de obra, aprobado por interventoría.

7.2 Suministro y fabricación de platinas y grapas en acero ASTM A 36 para estructura metálica

Unidad: kg

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

7.3 suministro e instalación de tuercas y pernos en acero ASTM A 490 para estructura metálica

Unidad: kg

7.4 Suministro e instalación de soporte de cable en acero ASTM 325 para estructura metálica

Unidad: kg

Descripción:

Corresponde a la actividad de izaje, acoplamiento y anclaje de los elementos que hacen parte de la estructura metálica del puente colgante, estos elementos son previamente suministrados o fabricados en taller.

Procedimiento:

Transporte de los componentes metálicos al sitio de obra.

Revisión previa de los puntos de apoyo, anclajes y condiciones de seguridad.

Montaje secuencial con winchas, polipastos, trípodes o grúas de acceso restringido. Uniones mediante platinas, grapas, pernos y demás elementos de alta resistencia o soldadura, según diseño.

Nivelación de la estructura con calces, gatos o elementos de ajuste.

Verificación final de alineación y verticalidad.

Criterios de aceptación:

Ensamblajes conforme planos y detalles estructurales.

Alineación y nivel verificados.

Uniones firmes, sin movimiento o defectos visibles.

Normas de referencia:

ASTM A 36, ASTM A 490, ASTM 325.

Unidad y medida de pago:

Unidad: kilogramo (kg)

Pago: peso instalado conforme planos, con acta de montaje y revisión técnica.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

7.5 Lanzamiento, Montaje Y Pintura De La Armadura Metálica De Toda La Súper Estructura (Incluye Equipo De Izaje Y/O Montaje De Las Estructuras Metálicas)

Unidad: kg

Descripción:

Corresponde a la actividad de izaje, acoplamiento, nivelación y anclaje de la estructura metálica del puente colgante, previamente fabricada en taller.

Procedimiento:

Transporte de los componentes metálicos al sitio de obra.

Revisión previa de puntos de apoyo, anclajes y condiciones de seguridad.

Montaje secuencial con winchas, polipastos, trípodes o grúas de acceso restringido. Uniones mediante pernos de alta resistencia o soldadura, según diseño.

Nivelación de la estructura con calces, gatos o elementos de ajuste.

Verificación final de alineación y verticalidad.

Criterios de aceptación:

Ensamble conforme planos estructurales.

Alineación y nivel verificados.

Uniones firmes, sin movimiento o defectos visibles.

Normas de referencia:

AWS D1.1 (Código de soldadura estructural acero).

Unidad y medida de pago:

Unidad: kilogramo (kg)

Pago: peso instalado conforme planos, con acta de montaje y revisión técnica.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

7.6 Suministro e instalación de viga longitudinal en madera tipo PET o similar, de 40 x 100 mm, incluye tornillos y accesorios

Unidad de medida
Metro lineal (ml)

Descripción

Este ítem comprende el suministro, transporte, y la instalación de vigas longitudinales fabricadas en madera tipo PET reciclado o material similar, con dimensiones nominales de 40 mm x 100 mm, según los planos y especificaciones del diseño estructural del puente. Las vigas servirán como elementos de apoyo y unión del piso o tablero del puente peatonal colgante, garantizando su estabilidad y durabilidad.

El valor incluye todos los tornillos, pernos, arandelas, conectores metálicos y accesorios necesarios para su correcta fijación, así como la mano de obra, herramientas y equipos requeridos para su instalación.

Procedimiento de ejecución

Revisión previa:

Verificar en campo las dimensiones del tablero y la ubicación de los apoyos según los planos del diseño aprobado.

Confirmar que las vigas cumplan con las dimensiones y especificaciones de resistencia requeridas.

Suministro y transporte:

Las vigas deberán ser suministradas en tramos rectos, libres de defectos, deformaciones o fisuras.

El transporte y almacenamiento deben realizarse de manera que se evite el deterioro del material.

Instalación:

Colocar las vigas longitudinales sobre la estructura metálica o de suspensión conforme al diseño del tablero.

Alinear y nivelar las vigas asegurando una correcta distribución del peso.

Fijar las vigas mediante tornillos y accesorios galvanizados, de acuerdo con el detalle constructivo.

Verificar la rigidez y continuidad del conjunto antes de proceder con la instalación del piso o entablado superior.

Control de calidad:

Inspeccionar visualmente el ajuste, nivelación y alineación.

Comprobar la correcta fijación y el cumplimiento de las dimensiones especificadas.

Criterios de aceptación

El ítem será aceptado cuando:

Las vigas instaladas cumplan con las dimensiones (40 x 100 mm $\pm$ tolerancia de fabricación) y longitudes definidas en el diseño.

Se garantice una instalación alineada, nivelada y firmemente fijada.

El material (madera tipo PET o similar) presente resistencia, rigidez y durabilidad equivalentes a las especificadas en el diseño.

Todos los tornillos y accesorios sean galvanizados o inoxidables, sin defectos visibles ni corrosión.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

Se haya realizado la verificación técnica y aprobación por parte de la supervisión.

Normas de referencia

INVIAS – Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Puentes (última edición).

NTC 5593: Plásticos reciclados para aplicaciones estructurales o industriales.

NTC 2209: Tornillos y pernos – Especificaciones generales.

ASTM D6108: Propiedades mecánicas de plásticos estructurales.

Unidad y forma de pago

La unidad de medida es el metro lineal (ml) de viga longitudinal instalada y aprobada por la interventoría.

El precio unitario incluye:

Suministro del material (madera tipo PET o similar).

Tornillería y accesorios de fijación.

Mano de obra, herramientas y equipos.

Transporte, instalación y control de calidad.

Todos los costos indirectos, desperdicios y demás actividades necesarias para la correcta ejecución del ítem.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

7.7 Piso madera plástica en polipropileno de alto impacto antideslizante para puente peatonal

Unidad: m²

Descripción:

Corresponde al suministro e instalación de Plástico de polipropileno copolímero de alta densidad, modificado para resistencia al impacto, El material debe ser antideslizante, impermeable y resistente a la abrasión, ideal para zonas expuestas a humedad y tránsito peatonal.

Procedimiento:

Preparación del Sustrato: Asegurarse de que la superficie sobre la cual se instalarán los paneles esté nivelada y libre de impurezas.

Instalación: Utilizar el sistema de unión adecuado (clips o grampas) para fijar las placas de manera que no haya movimiento entre las uniones.

Mantenimiento: Para preservar sus características, se recomienda limpiar regularmente la superficie con agua y detergentes suaves.

Limpieza profunda y nivelación de la superficie de base (metálica o de concreto).

Verificación de condiciones de temperatura y humedad para evitar deformaciones.

Ensamble del piso iniciando en una esquina y continuando por filas con el sistema de encaje por presión.

Ajuste perimetral y cortes en zonas irregulares.

Limpieza y revisión general del acabado.

Criterios de aceptación:

Superficie continua, nivelada, sin separaciones ni piezas sueltas.

Alineación recta entre láminas.

Ausencia de burbujas, levantamientos o imperfecciones visibles.

Normas de referencia:

- Cumple con las normativas nacionales e internacionales para pisos en puentes peatonales y áreas públicas.
- Certificación en resistencia a UV, deslizamiento y resistencia al impacto.

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cuadrado (m²)

Pago: área instalada completamente, conforme a planos, y validada mediante acta de aprobación técnica por parte de la interventoría.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

7.8 Suministro e instalación malla eslabonada galvanizada hueco 2" cal. 10.5

Descripción:

Consiste en la ejecución de todas las actividades relativas a la construcción o instalación de la malla eslabonada por la alineación a cada lado del puente, así como en la disposición de los materiales resultantes de dichas operaciones. La malla metálica eslabonada debe ser de alambre galvanizado calibre No. 10.5 y con aberturas de 0,050 m x 0,050 m (2" x 2"). Esta malla sirve de protección a los peatones usuarios del puente.

Procedimiento:

La malla debe quedar suficientemente templada en ambas direcciones, para ello se debe utilizar equipos especialmente destinados para dicho uso. Los amarres a los pendolones, se deben hacer con abrazaderas descritas en los detalles. En los extremos de cada tramo de cerco la malla se envuelve al tubo y se suelda a éste. Los elementos de soporte de la malla deben ser los cables verticales separados como máximo 1,20 m cuyas características se describen en los planos.

Limpieza y revisión general del acabado.

Criterios de aceptación:

Superficie continua, nivelada, sin separaciones ni piezas sueltas.

Alineación recta entre secciones.

Ausencia de levantamientos o imperfecciones visibles.

La malla y pendolones deben quedar libres de polvo, óxido, aceite, grasas y escamas de laminación; los empates con soldadura (cuando aplique) deben ser esmerilados y pulidos.

Normas de referencia:

- Cumple con las normativas nacionales de cerramiento en malla eslabonada, como las Normas ICONTEC para la materia prima: NTC 2403 - Fabricación de Alambres Galvanizados NTC 461 - Norma sobre capa de Zinc NTC 414 Norma de Ductilidad.

Unidad y medida de pago:

Unidad: metro cuadrado (m²)

Pago: área instalada completamente, conforme a planos, y validada mediante acta de aprobación técnica por parte de la interventoría.

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS- DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

PRUEBA DE CARGA PUENTE PEATONAL

Unidad: un

Descripción:

Consiste en el ensayo estructural final del puente para verificar su comportamiento ante la carga prevista en condiciones de servicio. Es requisito previo a la entrega y puesta en funcionamiento.

Procedimiento:

Instalación de cargas esta 'ticas equivalentes (sacos de arena, bloques, personas, etc.).
Medición de deflexiones, desplazamientos y vibraciones en puntos estratégicos con instrumentos de precisión (nivel digital, deformímetros).
Comparación con valores teóricos y márgenes de seguridad del diseño.
Elaboración de informe técnico firmado por ingeniero estructural responsable.

Criterios de aceptación:

Deflexión máxima dentro de los límites de diseño.
Comportamiento estructural sin fisuras o deformaciones permanentes.
Validación por parte de la interventoría y autoridad competente.

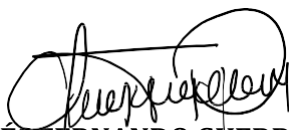
Normas de referencia:

Manual de Ensayos de Carga INVIAS. AASHTO
LRFD Bridge Design Specifications.

Unidad y medida de pago:

Unidad: unidad (un)
Pago: prueba ejecutada, con informe aprobado por la supervisión y sin observaciones estructurales.

SE ANEXA: ESPECIFICACIONES INVIAS APLICADAS



ANDRÉS FERNANDO GUERRERO CABRERA

Ingeniero civil - profesional HseQ
UDENAR. - Pontificia Universidad Javeriana MP
52202106802 NRN

	CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS-DEPARTAMENTO DE NARIÑO
	ESPECIFICACIONES TECNICAS, PUENTE PEATONAL RÍO GUELMAMBÍ

ANEXO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS INVIAS APLICADAS AL PROYECTO:

**CONSTRUCCIÓN DE PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO
GUELMAMBÍ DEL RESGUARDO AWA NUNALBÍ ALTO ULBÍ DEL
MUNICIPIO DE BARBACOAS-DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

Desmonte y limpieza

Artículo 200 – 22

200.1 Descripción

200.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural en las áreas que deben ocupar las obras del proyecto vial y las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, que se encuentren cubiertas de rastrojo, maleza, bosque, pastos, cultivos, etc., incluyendo la remoción de tocones, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos.

El trabajo debe incluir, también, el retiro y la disposición final dentro o fuera de la zona del proyecto, de todos los materiales provenientes de las operaciones de desmonte y limpieza, previa autorización del interventor, atendiendo las normas y disposiciones legales vigentes, entre ellas las obligaciones que deriven de los permisos y licencias emanadas de la autoridad ambiental competente; siendo de gran importancia el manejo y protección de la fauna silvestre contenidos en la guía ambiental; además de los aspectos generales dispuestos en el artículo 106, Aspectos ambientales y en los lineamientos ambientales para la construcción de infraestructura del Programa Nacional de Transporte Urbano, emitido por el Ministerio de Transporte (Plan de manejo forestal, silvicultura y paisajístico, entre otros).

Al finalizar cada jornada de trabajo no deben quedar elementos de la obra en estado inestable o peligroso.

200.1.2 Clasificación

El desmonte y limpieza se clasifica de acuerdo con los siguientes criterios:

200.1.2.1 Desmonte y limpieza en bosque

Comprende la tala de árboles, remoción de tocones, desraíce y limpieza de las zonas donde la vegetación se presenta en forma de bosque continuo.

200.1.2.2 Desmonte y limpieza en zonas no boscosas

Comprende el desraíce y la limpieza en zonas cubiertas de pastos, rastrojo, maleza, escombros, cultivos y arbustos.

También comprende la remoción total de árboles aislados o grupos de árboles dentro de superficies que no presenten características de bosque continuo.

200.2 Materiales

Los materiales obtenidos como resultado de la ejecución de los trabajos de desmonte y

limpieza, se deben disponer de acuerdo con lo establecido en el numeral 200.4.4.

200.3 Equipo

El equipo empleado para llevar a cabo los trabajos de desmonte y limpieza debe ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere la aprobación previa del interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y su eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de esta especificación.

200.4 Ejecución de los trabajos

200.4.1 Desmonte y limpieza

Los trabajos de desmonte y limpieza se deben efectuar en todas las zonas señaladas en los planos o indicadas por la interventoría y de acuerdo con procedimientos aprobados por esta, tomando las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad satisfactorias. Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo diferente, dichas zonas deben abarcar, como mínimo, los límites indicados en la Tabla 200 – 1.

Tabla 200 – 1. Límite de áreas para desmonte y limpieza

Tipo de zona	Límite área
Áreas de fundación de terraplenes.	Hasta un metro (1 m) más, afuera del pie del terraplén.
Áreas de excavación.	Hasta un metro (1 m) más, afuera de los bordes superiores.
Fajas de emplazamiento de canales, zanjas y otras obras de drenaje.	Hasta cero coma cincuenta metros (0,50 m) más, afuera de las líneas de borde.
Áreas de excavación para fundaciones de estructuras.	Hasta un metro (1 m) más, afuera de las líneas de excavación.
Áreas de emplazamiento de las cercas que delimitan la faja de derecho de vía.	En un metro (1 m) de ancho.
Áreas de cauce de escurrimientos naturales.	Toda el área dentro de los límites definidos por el proyecto.
Áreas de cruce de cultivos y plantaciones agrícolas.	Toda el área delimitada por los cercos.

No se debe permitir el procedimiento de desmonte mediante quema, así sea controlada. Tampoco se debe admitir el uso de herbicidas, para ambos casos, sin previo permiso de la autoridad ambiental competente, con la aprobación de la interventoría.

Para evitar daños en las propiedades adyacentes o en los árboles que deban permanecer en su lugar, se debe procurar que los árboles a ser

derribados caigan en el centro de la zona objeto de limpieza, troceándolos por su copa y tronco progresivamente, cuando así lo exija el interventor. Las ramas de los árboles que se extiendan sobre el área que, según el proyecto, vaya a estar ocupada por la corona de la vía, deben ser cortadas o podadas para dejar un claro mínimo de seis metros (6 m), a partir del borde de la superficie de esta.

Para el inicio de la actividad, debe efectuarse una visita previa. Esta visita de inspección se debe realizar por el especialista ambiental tanto del contratista como del interventor, así como los directores de la obra; de ella, se debe generar un acta en la que deben quedar consignados los lineamientos de equipo, del personal y de la ejecución.

200.4.2 Remoción de tocones y raíces

En aquellas áreas donde se deban efectuar trabajos de excavación, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deben ser removidos hasta una profundidad no menor de sesenta centímetros (60 cm), contados desde la superficie de la subrasante del proyecto.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de contención o drenaje, los tocones, raíces de más de diez centímetros (10 cm) de diámetro y demás materiales inconvenientes, se deben eliminar hasta una profundidad no menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo de la superficie que se deba descubrir de acuerdo con las necesidades del proyecto; además de las medidas que el interventor avale con base en los métodos de demolición adoptados y teniendo en cuenta las disposiciones ambientales descritas en el artículo 106.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se pueden cortar a ras del suelo.

Igualmente, las oquedades, huecos o vacíos causados por la extracción de tocones y raíces, se deben rellenar con el suelo que haya

quedado al descubierto al hacer la limpieza y, para su conformación, se debe apisonar hasta obtener un grado de compactación similar al del terreno adyacente y la superficie se debe ajustar a la del terreno circundante.

200.4.3 Descapote

El volumen de la capa vegetal que se remueva al efectuar el desmonte y la limpieza, no debe incluirse dentro del trabajo objeto del presente artículo. Dicho trabajo se encuentra cubierto por el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

200.4.4 Remoción y disposición de materiales

Los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento, deben ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los cuales deben ser apilados debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el interventor.

El resto de los materiales provenientes del desmonte y la limpieza debe ser retirado del lugar de los trabajos, transportado y depositado en los lugares establecidos en los documentos del proyecto o señalados por el interventor, donde dichos materiales deben ser enterrados convenientemente, extendiéndolos en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos.

Cada capa se debe cubrir o mezclar con suelo para rellenar los posibles huecos y, sobre la capa superior, extender al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos

al descubierto. Estos materiales no se deben extender en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

El trabajo de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) está cubierto por el artículo 203, Trasplante de árboles.

200.4.5 Orden de las operaciones

Los trabajos de desmonte y limpieza se deben efectuar con anterioridad al inicio de las operaciones de explanación. En cuanto dichos trabajos lo permitan, y antes de disturbar con maquinaria la capa vegetal, se deben levantar secciones transversales del terreno original, las cuales deben servir para determinar los volúmenes de la capa vegetal y del movimiento de tierra.

Si después de ejecutados el desmonte y la limpieza, la vegetación vuelve a crecer por motivos imputables al constructor, este debe efectuar una nueva limpieza, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), antes de realizar la operación constructiva subsiguiente.

200.4.6 Limitaciones de ejecución

Los trabajos deben ser realizados en condiciones de luz solar.

200.4.7 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, de estas especificaciones, todas las labores requeridas para el desmonte y limpieza se deben realizar con base en lo establecido en los estudios y evaluaciones

ambientales del proyecto, lo mismo que en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Cuando la autoridad competente lo permita, la materia vegetal inservible y los demás desechos del desmonte y limpieza, se pueden quemar en un momento oportuno y con los controles adecuados para prevenir la propagación del fuego. El constructor es el responsable tanto de obtener el permiso para la quema, como de cualquier conflagración que resulte de dicho proceso.

Por ningún motivo se debe permitir que los materiales de desecho se incorporen en la construcción de los terraplenes, ni disponerlos a la vista en las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, ni en sitios donde puedan ocasionar perjuicios ambientales. Queda prohibida la comercialización de la madera producto de la tala y/o entregarla a terceros que la comercialicen. Tampoco se debe permitir el uso de explosivos para remover la vegetación.

Se sugiere que para el llenado de oquedades se utilicen compuestos orgánicos (naturales). Se insinúa, también, evitar el uso de insecticidas, por cuanto son compuestos químicos que pueden afectar a nivel ambiental, como efectos en la flora, fauna, el suelo, el sistema hídrico y la atmósfera.

En caso de uso de agua lluvia, se recomienda que el pH sea normal entre cinco y cinco coma cinco (5 – 5,5); asimismo, se debe revisar que el material de relleno implementado en la actividad sea biodegradable y cumpla con el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

200.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

200.5.1 Controles

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

- Verificar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos.
- Confirmar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que la disposición de los materiales obtenidos de los trabajos de desmonte y limpieza, se ajuste a las exigencias de la presente especificación y todas las disposiciones legales vigentes.

El interventor, en conjunto con la autoridad ambiental si es requisito, deben establecer qué individuos (árboles) quedan en pie y deben ordenar cuáles deben ser talados; todo esto cumpliendo con lo establecido en el plan de manejo ambiental.

El constructor debe aplicar las acciones y los procedimientos constructivos recomendados en los respectivos estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales; por ello, el interventor debe vigilar su cumplimiento.

El interventor se debe encargar de medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en

acuerdo con esta especificación y el plan de calidad, medición y ensayo. 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.

200.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

La actividad de desmonte y limpieza se debe considerar terminada cuando la zona quede despejada, de tal manera que permita continuar con las siguientes actividades de la construcción. Para efectos de medida y pago, el interventor únicamente debe controlar las zonas donde el desmonte y la limpieza se realicen en una longitud no mayor de un kilómetro (1 km) adelante del frente de la explanación.

Para evitar incurrir en “causal de procedimiento sancionatorio ambiental”, en ningún caso, la implementación del desmonte descapote y limpieza puede superar el área prevista para ello.

200.6 Medida

La unidad de medida del área desmontada y limpiada debe ser la hectárea (ha), en su proyección horizontal, aproximada al décimo de hectárea.

Para pequeñas zonas como bordes de vía, se recomienda que la unidad de medida sea el metro cuadrado (m²).

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 pago, las áreas correspondientes a:

- Calzadas de vías existentes.
- Áreas desmontadas y limpiadas en zonas de préstamos o de canteras y otras fuentes de materiales que se encuentren localizadas fuera de la zona del proyecto.
- Áreas que el constructor haya despejado por conveniencia propia, tales como vías de acceso, vías para acarreos, campamentos, instalaciones o depósitos de materiales.

200.7 Forma de pago

El pago del desmonte y limpieza se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a plena satisfacción por el interventor.

El precio debe cubrir todos los costos de desmontar, destroncar, desraizar, rellenar y compactar los huecos de tocones y disponer los materiales sobrantes de manera uniforme en los sitios aprobados por el interventor. El precio unitario debe cubrir, además, el cargue, transporte y descargue y debida disposición de estos materiales, así como la mano de obra,

herramientas, equipo necesario para la ejecución de los trabajos y la obtención de todos los permisos requeridos.

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

El pago por concepto de desmonte y limpieza, se debe hacer independientemente del correspondiente a la excavación o el descapote en los mismos sitios, aunque los dos (2) trabajos se ejecuten en una (1) sola operación. El descapote y la excavación se deben medir y pagar de acuerdo con el artículo 210.

Por su parte, el pago de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio), debe estar cubierto por el artículo 203.

200.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
200.1	Desmonte y limpieza en bosque	Hectárea (ha)
200.1	Desmonte y limpieza en bosque	Metro cuadrado (m ²)
200.2	Desmonte y limpieza en zonas no boscosas	Hectárea (ha)
200.2	Desmonte y limpieza en zonas no boscosas	Metro cuadrado (m ²)

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 cimientto.

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 cimientto, 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 gálibos 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	$1,50 \cdot DE + 0,20$ (Nota)
CCP y concreto	$DE + 0,50$
Glass Fiber Reinforced Plastic Pipe (GRP)	$1,25 \cdot DE + 0,30$
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 alcantarilla, dichos materiales deben ser removidos en una profundidad igual al ancho de la excavación 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 indiquen los documentos del proyecto aprobados por el interventor. Las paredes de las excavaciones 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 gaviones 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 procedimientos 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 aceptados 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 sobreanchos 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 deleznales, 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 (m³)
610.2	Rellenos para estructuras con recebo	Metro cúbico (m³)
610.3	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG-50	Metro cúbico (m³)
610.4	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG-38	Metro cúbico (m³)
610.5	Rellenos para estructuras con material granular tipo SBG-20	Metro cúbico (m³)
610.6	Rellenos para estructuras con material granular tipo BG-38	Metro cúbico (m³)
610.7	Rellenos para estructuras con material granular tipo BG-25	Metro cúbico (m³)
610.8	Rellenos con material filtrante	Metro cúbico (m³)
610.9	Relleno con gravilla	Metro cúbico (m³)
610.10	Relleno con arena	Metro cúbico (m³)

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 deleznales, 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 $\text{SO}_4^{=}$, 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 deleznales 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 (%):	E-218	
- En seco, 500 revoluciones, máximo (%)		40
- En seco, 100 revoluciones, máximo (%)		8
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1):	E-220	
- Sulfato de sodio		12
- Sulfato de magnesio		18

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, 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	ASTM C33	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	7	-	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	40 — 70	0 — 15	0 — 5	-	-
AG-25	67	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	-	20 — 55	0 — 10	0 — 5	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	0 — 5	-	-	-
AG-38	57	-	-	-	-	-	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	467	-	-	-	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	0 — 5	-	-	-
AG-50-2	4	-	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	-	0 — 5	-	-	-	-
AG-63-1	357	-	-	-	100	95 — 100	-	35 — 70	-	10 — 30	-	0 — 5	-	-	-
AG-63-2	3	-	-	-	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		Tipos de material cementante (Nota 3)		Uso de aditivo cloruro de calcio	
			Sulfato (SO4) disuelto en agua (ppm) (Nota 2)			ASTM C150	ASTM C595		NTC 121
	Moderada	S1		SO ₄ ⁼ < 0,10		17	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción
				0,10 ≤ SO ₄ ⁼ < 0,20	150 ≤ SO ₄ ⁼ < 1 500	28	II (Nota 4 y Nota 5)	Tipos con designación MS	MS

Categoría	Severidad	Clase	Condición		Rel. a/mc máx. (Nota 9)	f'c mín. (MPa)	Requisitos mínimos adicionales			
							Contenido de aire		Límites en los cementantes	
S Sulfato			Sulfatos solubles en agua (SO4) en el suelo, porcentaje (%) en peso (Nota 1)	Sulfato (SO4) disuelto en agua (ppm) (Nota 2)			Tipos de material cementante (Nota 3)			Uso de aditivo cloruro de calcio
							ASTM C150	ASTM C595	NTC 121	
	Severa	S2	$0,20 \leq SO_4 < 2,00$	$1\ 500 \leq SO_4 < 10\ 000$	0,45	31	V (Nota 5)	Tipos con designación HS	HS	No se permite
	Muy severa	S3	$SO_4 > 2,00$	$SO_4 > 10\ 000$	0,45	31	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

Categoría	Severidad	Clase	Condición	Rel. a/mc máx. (Nota 9)	f'c mín. (MPa)	Requisitos mínimos adicionales			
						Contenido de aire	Límites en los cementantes	Requisitos relacionados	
						Contenido máximo de iones de cloruro (Cl-) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento	Concreto preesforzado		
						Concreto reforzado			
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	0,06		Ninguno
	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	0,06	(Nota 8)	

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.

630.2.6.1.2 Métodos por desempeño verificado

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.

No se establecen requisitos de contenido mínimo de cementante o de tipo de cemento,

siempre y cuando se cumplan los requisitos de desempeño verificado y los requisitos de resistencia especificada para el concreto.

630.2.6.1.2.1 Exposición a sulfatos

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.

Tabla 630 — 11. Requisitos del concreto con exposición de sulfatos

Tipo de exposición a sulfatos	Descripción	Sulfatos en el suelo, solubles en agua ($\text{SO}_4^{=}$), 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.

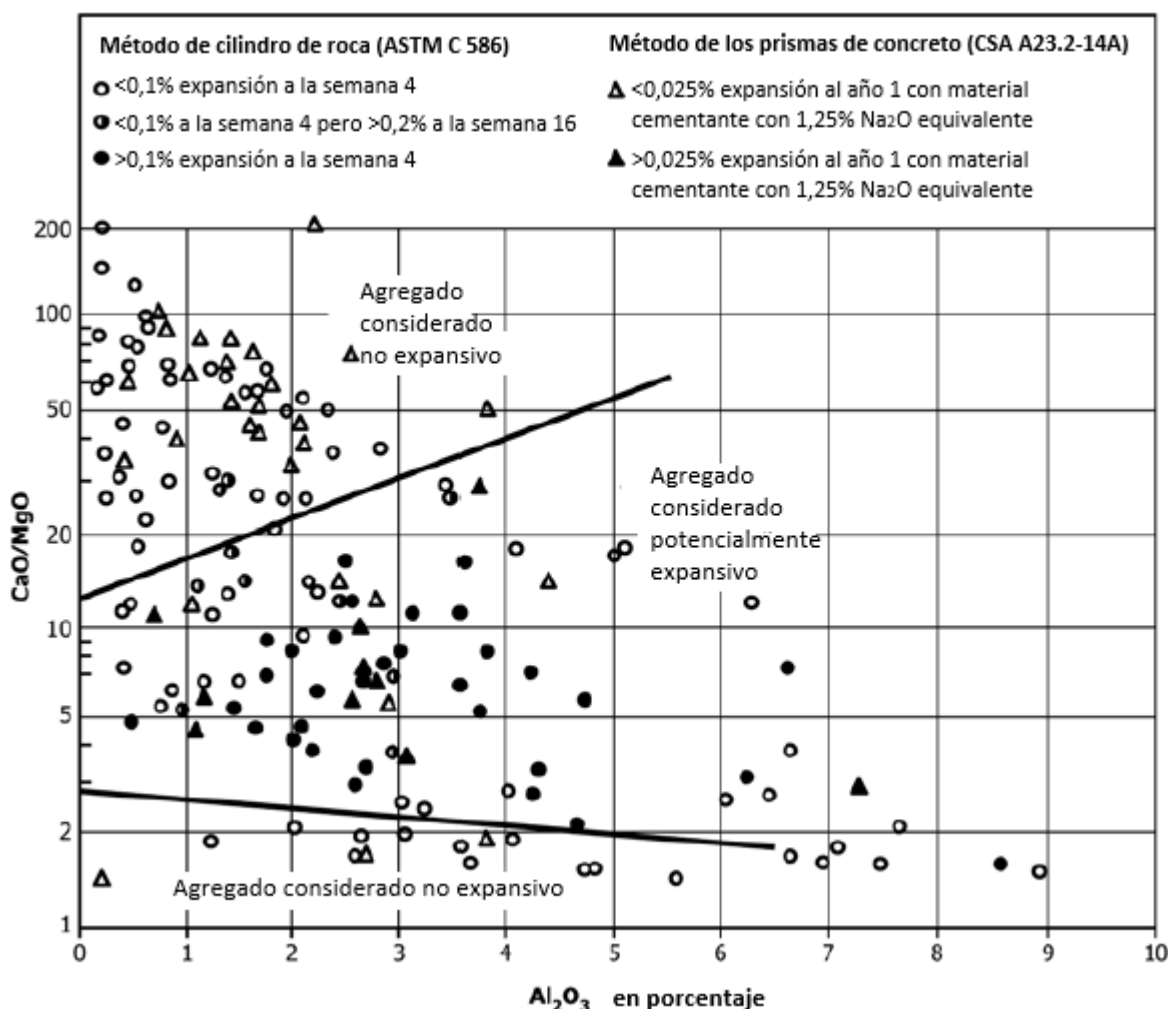


Figura 630 — 1. Franjas de composición para calificar el potencial de reacción álcali-carbonato de rocas calcáreas

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 expan-

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 cero 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 megapascals (17 MPa) a los veintiocho días (28 d).
- Concreto simple: la resistencia no debe ser menor de diecisiete megapascals (17 MPa) a los veintiocho días (28 d).
- Concreto reforzado: la resistencia no debe ser menor de veintiún megapascals (21 MPa) a los veintiocho días (28 d).
- Concreto pretensado y postensado: la resistencia no debe ser menor de treinta y dos megapascals (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 megapascuales (35 MPa), es decir, elementos que requieran concreto con una resistencia a la compresión mayor de treinta y cinco megapascuales (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 contruidos 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, arriostamientos, 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 autososteento 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 megapascuales (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 formale- tas y de la obra falsa

El tiempo de remoción de formale-
tas 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 formale-
tas.

Si las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencia de cilindros de concreto, la remoción de formale-
tas 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 (f_m) 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.

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

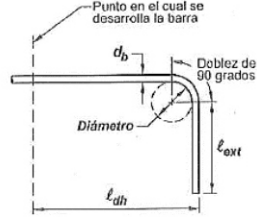
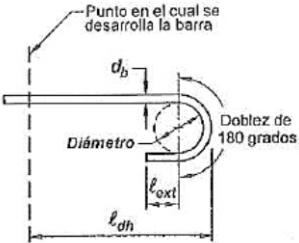
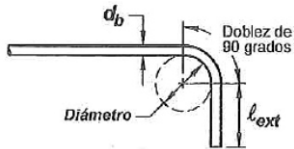
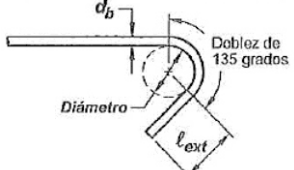
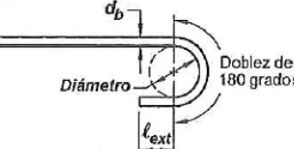
Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado (mm)	Extensión recta [1], ℓ_{ext} (mm)	Tipo de gancho estándar
Gancho de noventa grados (90°)	Nro. 10 a nro. 25	6_{db}	12_{db}	
	Nro. 29 a nro. 36	8_{db}		
	Nro. 43 y nro. 57	10_{db}		
Gancho de ciento ochenta grados (180°)	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	4_{db}	Mayor de 6_{db} y 75 mm	
	Nro. 19 a nro. 25	6_{db}	12_{db}	
Gancho de ciento treinta y cinco grados (135°)	Nro. 10 a nro. 16	4_{db}	Mayor de 6_{db} y 75 mm	
	Nro. 19 a nro. 25	6_{db}		
Gancho de ciento ochenta grados (180°)	Nro. 10 a nro. 16	4_{db}	Mayor de 4_{db} y 65 mm	
	Nro. 19 a nro. 25	6_{db}		

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.

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 (ASTM A709) Grado HPS 100W.
- NTC 1920 (ASTM A36).
- NTC 3470 (ASTM A53 Grado B).
- NTC 1950 (ASTM A242).
- NTC 1986, ASTM A1085, ASTM A500, Grados B o C o, ASTM A847.
- NTC 2374 (ASTM A501).
- NTC 6 (ASTM A1011).
- NTC 1985 (ASTM A572).
- NTC 2012 (ASTM A588).
- NTC 4001 (ASTM A618).
- NTC 4005 (ASTM A709).
- NTC 4007 (ASTM A529).
- NTC 4009 (ASTM A606).
- NTC 4014 (ASTM A514).
- NTC 5091 (ASTM A1008).
- ASTM A913.
- NTC 6147 (ASTM A992).
- ASTM A847.
- ASTM A1065.
- NTC 6207 (ASTM A1085).
- ASTM A1066.

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 megapascals (225 MPa) y, a su vez, la resistencia última no mayor de trescientos sesenta megapascals (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 (ASTMA449).

- 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.

- ASTM A449.
- 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 (ASTM A29), 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 megapascals (420 MPa)
- Límite de fluencia (mínimo): trescientos cincuenta megapascals (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.
- AWSA5.36.

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 (ASTM A709)	Grado 100 rojo
NTC 4005 (ASTM A709)	Grado 100W rojo y naranja
NTC 4005 (ASTM A709)	Grado 50 verde y amarillo
NTC 4005 (ASTM A709)	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 megapascals (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 templear y revenir de nuevo de acuerdo con la práctica de las aceras.

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 ASTM A913.

650.4.2.17 Pasadores y rodillos**650.4.2.17.1 Características generales**

Los pasadores y rodillos se deben torneear 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 empacar 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/m^3):

- 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)