

# ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES

MATERIALES PARA ESTRUCTURAS  
TIPOS DE ESTRUCTURAS  
PUENTES Y BÓVEDAS  
OBRAS COMPLEMENTARIAS

**VOLUMEN 2**



DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS  
MINISTERIO DE COMUNICACIONES, INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA  
REPÚBLICA DE GUATEMALA

---

**ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN  
DE CARRETERAS Y PUENTES**

**VOLUMEN 2**

**MATERIALES PARA ESTRUCTURAS  
TIPOS DE ESTRUCTURAS  
PUENTES Y BÓVEDAS  
OBRAS COMPLEMENTARIAS**

---

Enero, 2025

*Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*  
© Primera edición, 1956

*Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*  
© Segunda edición, 1975

*Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*  
© Tercera edición, 2001

*Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*  
Volumen 2  
© Cuarta edición, 2025

© Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, (CIV), 2024  
8a avenida y 15 calle, zona 13, Guatemala, Centro América  
[www.civ.gob.gt](http://www.civ.gob.gt)



ISBN: 978-9929-8322-1-3



Esta obra está bajo la licencia Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional de Creative Commons. Esta licencia permite que la obra se comparta bajo cualquier formato y se adapte, siempre y cuando no sea con propósitos comerciales y se de crédito de manera adecuada, brinde un enlace a la licencia, e indique si se han realizado cambios en forma razonable. Ver licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

Instituciones que participaron en la actualización:

Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala -ICCG-

Instituto del Asfalto de Guatemala -IAG-

Asociación Guatemalteca de Contratistas de la Construcción -AGCC-

Dirección General de Caminos -DGC-

Edición: Silvia Pacheco Corado  
Diseño y diagramación: Hanna Godoy Cobar

## ÍNDICE

<b>Tabla de contenidos .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabla de conversiones.....</b>	<b>9</b>
<b>DIVISIÓN 550</b>	
<b>ESTRUCTURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>Sección 551</b>	
Concreto estructural .....	11
<b>Sección 552</b>	
Acero de refuerzo.....	57
<b>Sección 553</b>	
Estructuras de concreto .....	71
<b>Sección 554</b>	
Estructuras de concreto preestablecido.....	97
<b>Sección 555</b>	
Concreto ciclópeo .....	117
<b>Sección 556</b>	
Formaletas y obra falsa.....	121
<b>Sección 557</b>	
Pilotes hincados.....	133
<b>Sección 558</b>	
Pilotes fundidos en el lugar .....	153
<b>Sección 559</b>	
Estructuras de acero .....	163
<b>Sección 560</b>	
Conectores de acero.....	187
<b>Sección 561</b>	
Dispositivos para soporte .....	191
<b>Sección 562</b>	
Estructuras de madera .....	199
<b>Sección 563</b>	
Pintura.....	211
<b>Sección 564</b>	
Tablestacado.....	221
<b>Sección 565</b>	
Estructuras de mampostería de piedra.....	225
<b>Sección 566</b>	
Estructuras de mampostería de ladrillo o bloque .....	231
<b>Sección 567</b>	
Barandales de puente.....	239

<b>Sección 568</b>	
Reparación de grietas en estructuras de concreto.....	245
<b>Sección 569</b>	
Recubrimientos protectores el concreto .....	251
 DIVISIÓN 600	
<b>ESTRUCTURAS DE DRENAJE .....</b>	257
<b>    Sección 601</b>	
Alcantarillas de tubos de concreto reforzado .....	257
<b>    Sección 602</b>	
Tubos para drenaje de estructuras.....	265
<b>    Sección 603</b>	
Alcantarillas de metal corrugado .....	269
<b>    Sección 604</b>	
Alcantarillas de material plástico .....	277
<b>    Sección 605</b>	
Subdrenajes .....	285
<b>    Sección 606</b>	
Drenajes horizontales .....	297
<b>    Sección 607</b>	
Cajas y cabezales para alcantarillas.....	301
<b>    Sección 608</b>	
Cunetas y contracunetas revestidas .....	305
<b>    Sección 609</b>	
Bordillos .....	311
<b>    Sección 610</b>	
Capa filtrante.....	315
<b>    Sección 611</b>	
Limpieza, reacondicionamiento o remoción de estructuras de drenaje existentes .....	319
<b>    Sección 612</b>	
Disipadores de energía .....	323
 DIVISIÓN 700	
<b>CONSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS .....</b>	329
<b>    Sección 701</b>	
Sistemas de contención para carreteras .....	329
<b>    Sección 702</b>	
Indicadores del derecho de vía.....	335
<b>    Sección 703</b>	
Cercas .....	339
<b>    Sección 704</b>	
Monumentos indicadores de kilometraje.....	345
<b>    Sección 705</b>	
Delineadores .....	349
<b>    Sección 706</b>	
Líneas, marcas y marcadores de tráfico.....	353

<b>Sección 707</b>	
Señales de tránsito .....	363
<b>Sección 708</b>	
Dispositivos para el control temporal del tránsito .....	369
<b>Sección 709</b>	
Barricadas de concreto .....	377
<b>Sección 710</b>	
Aceras y medianas o arriate central pavimentados.....	383
 <b>DIVISIÓN 800</b>	
<b>ASPECTOS AMBIENTALES PARA ADAPTAR LA INFRAESTRUCTURA VIAL</b>	
<b>AL CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	389
<b>Sección 801</b>	
Control de erosión .....	393
<b>Sección 802</b>	
Capa de suelo vegetal.....	403
<b>Sección 803</b>	
Siembra de césped con semillas .....	407
<b>Sección 804</b>	
Siembra de césped con guías o tepes.....	413
<b>Sección 805</b>	
Siembra de césped mediante vástagos .....	417
<b>Sección 806</b>	
Plantas, árboles, arbustos y enredaderas .....	421
<b>Sección 807</b>	
Esteras para el control de la erosión, tejido de primera torsión y sistemas celulares de confinamiento .....	427
<b>Sección 808</b>	
Productos enrollados para control de erosión .....	435
<b>ÍNDICE ALFABÉTICO .....</b>	445



**Tabla de contenidos**  
**Volumen 2**

<b>Tabla de conversiones</b>				
<b>Símbolo</b>	<b>Cuando se tiene</b>	<b>Multiplicar por</b>	<b>Para obtener</b>	<b>Símbolo</b>
μm mm m m km mm mil	micrómetros milímetros metros metros kilómetros milímetros mil	<b>LONGITUD</b> 3.937 x 10 <sup>-5</sup> 0.0393 3.28 1.0936 0.6213 0.0011963 0.00254	pulgadas pulgadas pies yardas millas varas centímetros	pulg. pulg. pie yd. mi vrs mil
mm <sup>2</sup> m <sup>2</sup> m <sup>2</sup> ha km <sup>2</sup>	milímetros cuadrados metros cuadrados metros cuadrados hectáreas kilómetros cuadrados	<b>ÁREA</b> 0.0016 10.764 1.195 2.47105 0.3861	pulgadas cuadradas pies cuadrados yardas cuadradas acres millas cuadradas	pulg <sup>2</sup> pie <sup>2</sup> yd <sup>2</sup> acre mi <sup>2</sup>
lt m <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	litros metros cúbicos metros cúbicos	<b>VOLUMEN</b> 0.264 35.3147 1.3079	galones pies cúbicos yardas cúbicas	gal pie <sup>3</sup> yd <sup>3</sup>
g kg T	gramos kilogramos toneladas métricas	<b>MASA</b> 0.03527 2.204 1.1023	onzas libras toneladas inglesas o corta	oz. lb. T
°C	grados Centígrados	<b>TEMPERATURA</b> 1.8(°C) + 32	grados Fahrenheit	°F
lx cd/m <sup>2</sup>	lux candela por metro cuadrado	<b>ILUMINACIÓN</b> 0.0929 0.2919	pie-candela pie-Lamberts	pie-cd pie-L
J N kPa MPa	joule newton kilo Pascal mega Pascal	<b>FUERZA Y PRESIÓN O ESFUERZO</b> 0.7376 0.2248 0.145 1	pie - libra libra libra por pulgada cuadrada newton por milímetro cuadrado	lb.-pie lb. psi N/mm <sup>2</sup>



---

---

**DIVISIÓN 550**  
**ESTRUCTURAS**

---

---

---

---

**SECCIÓN 551**  
**CONCRETO ESTRUCTURAL**

---

---

- 551.01 Definición.
- 551.02 Descripción.
- 551.03 Clase y resistencia del concreto.
- 551.04 Materiales para la fabricación del concreto.
- 551.05 Aditivos.
- 551.06 Materiales para juntas.
- 551.07 Dispositivos para soporte.
- 551.08 Materiales para curado.
- 551.09 Adhesivos para concreto.
- 551.10 Recubrimientos protectores.
- 551.11 Calidad y proporcionamiento del concreto.
- 551.12 Evaluación y aceptación del concreto.
- 551.13 Investigación de resultados de ensayos de baja resistencia.
- 551.14 Planta y equipo para producción del concreto.
- 551.15 Requisitos de producción y suministro de concreto.
- 551.16 Medida.
- 551.17 Pago.



### 551.01 Definición.

**Concreto estructural.** Es el concreto de calidad especificada para uso estructural producto de la mezcla y combinación de cemento hidráulico, agregados, agua y aditivos en las proporciones adecuadas, cumpliendo con elevadas normas de control de calidad para lograr el mejor desempeño de las estructuras.

**551.02 Descripción.** El trabajo consiste en la fabricación, el suministro en el lugar de la obra, el manejo, la colocación, el curado y el acabado del Concreto Estructural, para puentes, alcantarillas, pavimentos y otras estructuras de concreto o partes de ellas, de conformidad con el trazado, alineación y niveles requeridos en los planos y lo prescrito en las distintas Secciones de estas Especificaciones Generales que cubren construcciones de concreto hidráulico.

**Tabla 551-01**  
**Clases de concreto**

Clase de concreto	Resistencia a 28 días	
	MPa	lb/pulg <sup>2</sup>
56 (8000)	56	(8000)
52.5 (7500)	52.5	(7500)
49 (7000)	49	(7000)
45.5 (6500)	45.5	(6500)
42 (6000)	42	(6000)
38.5 (5500)	38.5	(5500)
35 (5000)	35	(5000)
31.5 (4500)	31.5	(4500)
28 (4000)	28	(4000)
24.5 (3500)	24.5	(3500)
21 (3000)	21	(3000)
17.5 (2500)	17.5	(2500)
14 (2000)	14	(2000)

**551.03 Clase y resistencia del concreto.** Las clases de concreto se indican a continuación en la Tabla 551-01 y se deben emplear de acuerdo a lo indicado en los planos, Disposiciones Especiales y en las distintas Secciones de estas Especificaciones Generales que cubren construcciones de concreto.

Las diferentes clases de concreto deben llenar los requisitos de calidad y aceptación estipulados en la Especificación 551.12.

## MATERIALES

### 551.04 Materiales para la fabricación del concreto.

(a) **Cementos hidráulicos.** Estos cementos deben ajustarse a las Normas COGUANOR NTG 41095, AASHTO M 85, ASTM C 150 o para los Cementos Portland ordinarios y a las normas AASHTO M 240, ASTM C 595 ASTM C 1157, para Cementos Hidráulicos Mezclados y debiendo indicarse su clase de resistencia en MPa o en lbs/pulg<sup>2</sup>.

Los Cementos Hidráulicos se clasifican en las clases de resistencia de 21, 28, 35, 42, 49 y 56 MPa (3000, 4000, 5000, 6000, 7000 y 8000 lb/pulg<sup>2</sup>), que corresponden a una resistencia mínima a los 28 días en morteros de cemento normalizados AASHTO T 106, ASTM C 109 y COGUANOR NTG 41003 h4.

Cuando no se especifique el cemento a usar, pueden emplearse indistintamente los siguientes tipos de cementos, siempre que se adecúen al tipo de concreto para el que serán utilizados: El Cemento Portland ordinario tipo I o II. Así mismo, de conformidad con la clasificación AASHTO M 240 (ASTM C 595) se pueden usar también los siguientes tipos de cemento:

Cemento Portland Puzolánico P cuando no se requiere alta resistencia temprana.

Cemento Portland Modificado con Puzolanas IP y el Cemento Portland Modificado con escorias de alto horno IS, para uso en general en construcciones de concreto.

Así mismo, los tipos de cemento indicados en la Clasificación ASTM C1157 según la Especificación 4.2 de la norma COGUANOR NTG 41095.

Todos deberán tener una clase de resistencia de 28 MPa (4000 lb/pulg<sup>2</sup>) o mayor.

Cuando se utilicen cementos de los tipos IV y V, según la Clasificación AASHTO M 85, P y PA según la Clasificación AASHTO M 240, MRS y ARS según la Clasificación ASTM C1157, se deberán tener en cuenta debidamente, los efectos de la ganancia de resistencia más lenta tanto en la dosificación del concreto como en las prácticas de construcción.

Para los Cementos Puzolánicos modificados con cenizas finas y los cementos de los tipos S y SA, se requerirá el certificado de composición proporcionado por el fabricante, su uso será permitido cuando así se indique en los planos, en las Disposiciones Especiales o lo apruebe el Delegado Residente con autorización del Ingeniero.

Si se propone el uso de Cemento Mezclado (AASHTO M 240), se deberán aplicar todos los requisitos especificados para Cemento Modificado con ceniza fina en las secciones aplicables.

El empleo de otros tipos de cemento debe estar establecido en los planos o en las Disposiciones Especiales, su uso debe ser verificado por el Delegado Residente, quien previo a su autorización, deberá comprobar que la calidad del cemento suministrado corresponde con la calidad establecida.

No deben mezclarse cementos de diferentes tipos o de diferentes plantas cementeras, sin la aprobación del Delegado Residente.

Los cambios en el diseño aprobado del concreto, únicamente se podrán efectuar debido a causas de fuerza mayor y plenamente justificadas. Estos cambios se deberán proponer por el contratista con la debida anticipación para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y rectificaciones que estime conveniente.

**(b) Agregado fino.** De acuerdo a AASHTO M 6, Clase B, incluyendo el requisito suplementario de reactividad potencial del agregado, excepto lo siguiente: No se aplicará el ensayo de congelamiento y deshielo alternados y que en el ensayo de desintegración al sulfato de sodio la pérdida de masa será no mayor del 15% después de cinco ciclos conforme AASHTO T 104. Las cantidades de sustancias perjudiciales permisibles serán las establecidas para Clase B y cuando el caso lo amerite, serán fijados en las Disposiciones Especiales. El porcentaje permisible en masa de material de baja densidad constituido por pómex y otros materiales piroclásticos a solicitud del contratista, debe ser fijado por el Delegado Residente con la Aprobación del Ingeniero, para cada caso particular. Cuando el material de baja densidad sea carbón, lignito o mica u otro mineral liviano no piroclástico, el porcentaje máximo permisible en masa será de 1.0. La arena de mar, podrá usarse únicamente en concreto no reforzado, cuando además de llenar los requisitos aquí establecidos, no produzca un cambio de más de 25% del tiempo de fraguado del cemento, o una reducción de más del 10% de la resistencia a compresión en morteros de cemento hidráulico a 7 y 28 días, en relación a la resistencia obtenida de morteros hechos con arena normalizada, de acuerdo a AASHTO T 106 (ASTM C 109).

La graduación del agregado debe estar dentro de los límites de la Tabla 551-02:

**Tabla 551-02**  
**Graduación de los agregados**

Tamices AASHTO M 92		Porcentaje en masa que pasa
9.500 mm	3/8"	100
4.750 mm	No.4	95-100
2.360 mm	No.8	80-100
1.180 mm	16	50-85
0.600 mm	30	25-60
0.300 mm	50	10-30 <sup>(1)</sup>
0.150 mm	100	2-10 <sup>(1)</sup>
0.075 mm	200	0- 5 <sup>(2)</sup>

- (1) Para concreto de pavimentos estos límites pueden quedar: de 5-30 para Tamiz 0.300 mm (No. 50), y de 0-10 para Tamiz 0.150 mm (No. 100).
- (2) Para concreto sujeto a desgaste superficial, estos límites se reducen a 0-3.

Para arena triturada, si el material que pasa por el tamiz 0.075 mm (No.200) consiste en el polvo de la trituración, libre de arcilla o esquistos arcillosos, el límite de material que pasa por el tamiz 0.075 mm (No. 200) puede ser elevado a 5 por ciento, en concretos sujetos a desgaste superficial y a 7 por ciento en otros concretos.

El módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 ni variar en más de 0.20 del valor asumido al seleccionar las proporciones del concreto, el agregado fino deberá tener un equivalente de arena mínimo de 75 cuando sea ensayado de acuerdo con lo establecido en AASHTO T 176, alternativa 2.

El módulo de finura de un agregado se determina, de la suma de los porcentajes por masa acumulados retenidos en los siguientes tamices de malla cuadrada: 3", 1½", ¾", ⅜", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50 y No.100, divididos entre 100.

- (c) **Agregado grueso.** Debe cumplir con los requisitos de AASHTO M 80; excepto que no se aplicará el ensayo de congelamiento y deshielo alternados y que, en el ensayo de desintegración al sulfato de sodio, la pérdida

de masa no debe ser mayor de 12% después de cinco ciclos, conforme AASHTO T 104. Además, el porcentaje de desgaste no debe ser mayor de 40% en masa después de 500 revoluciones en el ensayo de abrasión, AASHTO T 96.

El porcentaje de partículas planas (relación de ancho a espesor mayor de 3) y de partículas alargadas (relación de largo a ancho mayor de 3) o alternativamente, el porcentaje de partículas planas y alargadas (largo a espesor mayor de 3), según se establezca en las Disposiciones Especiales, no debe sobrepasar de 15% en masa.

El porcentaje de partículas friables, desmenuzables o de terrones de arcilla no deben exceder del 3% en masa, pero el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0.25 % en masa. Los límites para otras sustancias perjudiciales serán fijados para cada caso en las Disposiciones Especiales.

La graduación del agregado grueso, debe satisfacer una de las graduaciones indicadas en la Especificación AASHTO M-43, que se describen en la siguiente Tabla 551-03, según se especifique en los planos o Disposiciones Especiales, o sea aprobada por el Delegado Residente, con base en el tamaño máximo de agregado a usar, de acuerdo a la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

**Tabla 551-03**  
**Porcentaje por peso que pasa por tamices de apertura cuadrada**

Graduaciones AASHTO M 43		63.0 mm ( $2\frac{1}{2}$ ')	50.0 mm (2")	38.1 mm (1 $\frac{1}{2}$ ')	25.0 mm (1")	19.0 mm ( $\frac{3}{4}$ ')	12.5 mm ( $\frac{1}{2}$ ')	9.50 mm ( $\frac{3}{8}$ ')	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)
Nº7	12.5 a 47.5 mm ( $\frac{1}{2}$ " a Nº4)	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
Nº67	19.0 a 47.5 mm ( $\frac{3}{4}$ " a Nº4)	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
Nº57	25.0 a 47.5 mm (1" a Nº4)	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
Nº467	37.5 a 47.5 mm ( $1\frac{1}{2}$ " a Nº4)	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
Nº357	50.0 a 47.5 mm (2" a Nº4)	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
Nº4	37.5 a 19.0 mm ( $1\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ ")	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
Nº3	50.0 a 25.0 mm 2" a 1"	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

El material que pasa el Tamiz 0.075 mm (Nº200) no debe exceder de 1.0%, salvo el caso que consista de polvo de trituración, libre de arcilla, esquistos o pizarras, en cuyo caso, se podrá aceptar un límite máximo de 1.5%.

**(d) Agua.** El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero, para aceptar un suministro de agua para concreto, se deberá verificar el cumplimiento de lo establecido en la Especificación ASTM C 1602. El agua de mar o aguas salobres y de pantanos no deben usarse para concreto reforzado.

El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede

usarse sin ensayos previos. Donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse en forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.

**(1) Aguas de calidad cuestionable.** El agua cuya calidad sea cuestionable, también deberá ser sometida al criterio de aceptación indicado en la Tabla 551-04 y cuando el Delegado Residente, tomando en consideración el tipo de construcción y la calidad del agua disponible, así lo ordene, se deberán efectuar los ensayos establecidos en Tabla 551-05.

**Tabla 551-04**  
**Criterio de aceptación para suministros de aguas de calidad dudosa**

	Límites	Método de ensayo
Resistencia a la compresión, en % mínimo de la resistencia a la compresión de la mezcla de control a los 7 días.	90	AASHTO T 106 <sup>(1)</sup> ASTM C 109
Tiempo de fraguado final, desviación a partir del tiempo de fraguado final de la mezcla de control, en horas y minutos.	Desde 1.0 horas menos hasta 1.5 horas más.	AASHTO T 131 <sup>(1)</sup> ASTM C 191

<sup>(1)</sup> La comparación debe basarse en proporciones fijas de los componentes de la mezcla y el mismo volumen de agua de ensayo, comparando con una mezcla de control en la que se haya empleado agua municipal o agua destilada.

**(2) El agua de lavado de la mezcladora.** Podrá usarse con la aprobación del Delegado Residente, siempre que no tenga efectos perjudiciales y cumpla con los requisitos de la Tabla 551-05.

**Tabla 551-05**  
**Requisitos químicos del agua de mezclado cuando se le agregan aguas de lavado**

	Concentraciones máximas permitidas en mg/L <sup>(1)</sup>	Método de ensayo
<b>Cloruros, como cl:</b> 1. Concreto preesforzado o concreto reforzado en losas de puentes. 2. Otros concretos reforzados en un ambiente húmedo o que contenga piezas empotradadas de aluminio o esté en contacto con formaletas de metal galvanizado. 3. Concreto reforzado que se mantendrá seco o protegido de la humedad.	500 <sup>(2)</sup> 1000 <sup>(2)</sup> Ningún límite para efectos de corrosión	AASHTO T260 AASHTO T260 AASHTO T260
Sulfato como SO <sub>4</sub> <sup>(1)</sup>	3,000	ASTM D516
Alcalis como (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O) <sup>(1)</sup>	600	ASTM D516
Sólidos totales, ppm <sup>(2)</sup>	50,000	NTG 41074

<sup>(1)</sup> El agua para lavado que se utilice como agua de mezclado del concreto, podrá contener concentraciones de cloruros y sulfatos mayores que las indicadas cuando se compruebe, a satisfacción del Delegado Residente, que la concentración calculada de éstos, para la cantidad total de agua de la mezcla, incluyendo la del agua contenida en los agregados, el cemento, los aditivos y la procedente de otras fuentes, no excede los límites establecidos en esta Tabla.

<sup>(2)</sup> El contenido de cloruros solubles en el concreto endurecido a la edad de veintiocho (28) días, expresado como porcentaje de la masa de cemento, para los casos en que se requiera protección especial del refuerzo de acero contra la corrosión, deberá ajustarse, además a los requisitos establecidos en la Tabla 551-14.

**551.05 Aditivos.** Los aditivos para concreto se deben emplear con la aprobación previa del Delegado Residente y de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener esencialmente la misma composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica. No se permitirá el uso de aditivos que contengan iones de cloruro, en ningún tipo de concreto reforzado o preesforzado o concretos que contengan elementos galvanizados o de aluminio. Previa a la autorización del uso de aditivos, el contratista deberá realizar mezclas de pruebas de campo con suficiente antelación, utilizando los materiales y equipo a emplear en el proyecto u obra. Si se emplea más de un aditivo, debe cuidarse de que los efectos deseables de cada uno se realicen y no interfieran entre sí. Cuando se empleen aditivos acelerantes en tiempo caluroso, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar un fraguado muy rápido del concreto.

Los aditivos permisibles son los siguientes:

- (a) **Aditivos incorporadores o inclusores de aire.** Estos aditivos deben cumplir con lo prescrito en AASHTO M 154, ASTM C 260 o COGUANOR NTG 41069.
- (b) **Aditivos retardantes.** Estos aditivos deben cumplir con los requisitos para los aditivos tipo B o tipo D, establecidos en AASHTO M 194, ASTM C 494 o COGUANOR NTG 41070.
- (c) **Aditivos acelerantes.** Los aditivos acelerantes deben cumplir con los requisitos establecidos para los aditivos Tipo C, establecidos en ASTM C 494, AASHTO M 194 o COGUANOR NTG 41070, excepto que no deberán contener cloruros.
- (d) **Aditivos reductores de agua, reductores de agua y retardantes, reductores de agua y acelerantes, reductores de agua de alto rango y reductores de agua de alto rango y retardantes.** Deberán cumplir con los requisitos establecidos para los aditivos tipos A, D, E, F y G, respectivamente en AASHTO M 194, ASTM C 494 o COGUANOR NTG 41070.

- (e) **Aditivos plastificantes y plastificantes y retardantes.** Deberán cumplir con los requisitos establecidos para los aditivos tipos I y II en ASTM C 1017 o COGUANOR NTG 41047.
- (f) **Cloruro de calcio.** Cuando se especifique su empleo como aditivo acelerante, debe usarse sólo para concreto simple sin refuerzo que no tenga aluminio ahogado, o que no sea fundido contra formaletas de metal galvanizado, y debe cumplir además de lo indicado en (c), con AASHTO M 144 o ASTM D 98. No se debe usar en el concreto a utilizarse en pavimentación.
- (g) **Ceniza volante de carbón y otras puzolanas naturales o artificiales.** Al emplearse como aditivos minerales en el concreto, deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 295, ASTM C 618.
- (h) **Escorias granuladas de alto horno.** Cuando se utilicen como aditivo mineral en el concreto, deben cumplir con lo indicado en AASHTO M 302 y ASTM C 989, para grados 100 y 120.
- (i) **Humo de sílice (o microsílice).** Al emplearse como aditivo mineral en el concreto debe cumplir con lo indicado en AASHTO M 307 y ASTM C 1240 o NTG 41046.

Los aditivos (g), (h) e (i) pueden ser utilizados en casos especiales como reemplazo parcial del cemento, siempre que no existan en el mercado cementos hidráulicos mezclados o adicionados que contengan estos aditivos, en cuyo caso se especificará preferentemente el empleo de estos cementos.

- (j) **Aditivos expansivos y reductores de contracción.** Cuando se especifique el uso de estos aditivos (para cementos expansivos o cementos de contracción compensada), estas mezclas deben cumplir con ASTM C 845 y no producir efectos nocivos secundarios en el concreto.

Los ensayos de los aditivos deben hacerse, utilizando el mismo cemento y agregados propuestos para el trabajo de que se trate.

El Contratista puede seleccionar el o los aditivos a usar, de la lista de aditivos aprobados por el Ingeniero, o bien presentar al Delegado Residente, las certificaciones de un laboratorio reconocido por el Ingeniero, en las que se haga constar que el aditivo que se propone emplear cumple con los requisitos arriba establecidos.

**551.06 Materiales para juntas.** Los materiales para relleno y/o sellado de juntas y grietas deben ser especificados en los planos o en las Disposiciones Especiales, y deben ser previamente aprobados por el Delegado Residente. Los materiales de esta Sección deben ser de los tipos señalados a continuación:

**(a) Rellenos premoldeados para juntas de expansión.**

- (1) Relleno premoldeado no bituminoso, resiliente y no exprimible.** A menos que los planos indiquen en otra forma, debe ser de los Tipos I (caucho esponjoso), II (corcho) o III (corcho auto expansivo), IV (hule reciclado con poliuretano adherido) de AASHTO M 153 (ASTM D 1752).
- (2) Relleno premoldeado bituminoso.** De acuerdo a AASHTO M 33 (ASTM D 994).
- (3) Relleno premoldeado de fibra impregnada de bitumen, resiliente y no exprimible.** De acuerdo a AASHTO M 213 (ASTM D 1751).

**(b) Selladores de juntas y de grietas, vertidos en caliente o en frío.**

- (1) Sellador vertido en caliente para juntas y grietas de concreto.** Debe ajustarse a AASHTO M 324 (ASTM D 6690).
- (2) Sellador vertido en caliente tipo elastomérico para concretos de cemento Portland.** Deben ajustarse a AASHTO M 282.
- (3) Sellador vertido en caliente para grietas en pavimentos de concreto y de asfalto.** Debe cumplir con ASTM D 5078.

**(4) Sellos elastoméricos vertidos en frío de bajo coeficiente de alargamiento.** Debe cumplir con ASTM C 920.

**(c) Sellos premoldeados elastoméricos para juntas en compresión.**

- (1) Sellos premoldeados elastoméricos de policloropreno para juntas en pavimentos de concreto.** Deben ser de acuerdo a AASHTO M 220 (ASTM D 2628).
- (2) Sellos premoldeados elastoméricos de policloropreno para puentes de concreto.** De acuerdo a AASHTO M 297 (ASTM D 3542).

**(d) Relleno premoldeado de espuma de poliestireno expandido (Backer Rod).** Con una resistencia a compresión no menor de 70 kilo pascales.

**(e) Cordones o, tiras de apoyo para selladores fluidos aplicados en frío o en caliente en pavimentos de concreto hidráulico y en juntas en asfalto.** Deben ser conforme ASTM D 5249.

**(f) Sellos de lámina de acero galvanizado.** Deben ser de clase 1.25 comercial y de 0.5512 mm de espesor como mínimo, conforme a ASTM A 653.

**(g) Sellos de planchas o perfiles de acero estructural.** Las planchas, angulares u otros perfiles de acero estructural usados como sellos de juntas, deben de cumplir con lo indicado en la Especificación 553.10 y ser de la calidad indicada en la Especificación 559.03 (a) y fabricados para ajustarse a la sección del elemento de concreto en que se colocarán.

La fabricación y pintura de los sellos de planchas o perfiles de acero estructural, debe hacerse conforme se indica en las Secciones correspondientes de estas Especificaciones Generales. En caso de que los planos o Disposiciones Especiales así lo indiquen, el material puede ser galvanizado en vez de pintado. Las superficies de contacto de los sellos deben ser planas y alineadas.

**(h) Retenedores de agua (perfiles para sello de juntas).**

- (1) **Retenedores de plástico PVC.** Los retenedores de plástico PVC (Cloruro de Polivinilo), deben ajustarse a la norma del cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de Norteamérica, CRD-C 572.
- (2) **Retenedores de caucho.** Pueden ser obtenidos por moldeo o por extrusión a presión y deben estar constituidos por caucho natural o sintético o mezcla de ambos, junto con otros materiales, que produzcan un retenedor durable y elástico que cumpla con los requisitos siguientes:

**551.08 Materiales para curado.**

- (a) **Esteras de algodón.**
- (b) **Brin de Yute o de Kenaf.** Debe ser de 2 capas de 305 g/m<sup>2</sup> o más (10 onzas o más por yarda lineal de brin de 40 pulgadas de ancho) o de 3 capas de 227 g/m<sup>2</sup> o más (7.5 onzas o más por yarda lineal de brin de 40 pulgadas de ancho).

No puede usarse brin que haya sido empleado para encostalar azúcar. Antes de que el brin se use por primera vez, se debe lavar cuidadosamente con el fin de remover los almidones usados en el encolado del material. El brin se debe suministrar en tiras más largas que el ancho de la superficie que se va a cubrir.

**Tabla 551-06**  
**Requisitos para retenedores de caucho**

Propiedad	Requisitos	Norma
Dureza durómetro Shore Tipo A	60 a 70	ASTM D 2240
Alargamiento a la rotura	450% mínimo	ASTM D 412
Resistencia a tensión	17 MPa (2500 lb/pulg <sup>2</sup> mínimo)	ASTM D 412
Absorción de agua (en masa) después de inmersión en agua a (158°F + 2°F) 70°C ± 1°C por 2 días.	5% máximo	
Deformación permanente por compresión después de 22 horas a 70°C (158°F).	30% máximo	ASTM D395 Método B

**551.07 Dispositivos para soporte.** Las planchas de soporte, almohadillas elastoméricas, planchas de refuerzo, pernos de anclaje, balancines, disipadores sísmicos, amortiguadores sísmicos y otros dispositivos de soporte deben construirse de acuerdo a los detalles de los planos. Si se especifica el uso de planchas de bronce o de aleación de cobre, éstas deben ajustarse a lo prescrito en la Especificación 561.03 (b) de estas Especificaciones Generales. El acero estructural y la pintura para el mismo, deben cumplir con los requisitos de las Secciones correspondientes de estas Especificaciones Generales. Si se especifica el empleo de apoyos elastoméricos, éstos deben cumplir con lo prescrito en AASHTO M 251 y en la Especificación 561.03 (c).

- (c) **Papel impermeable.** El papel será del tipo Kraft de acuerdo a AASHTO M 171 (ASTM C 171).
- (d) **Tiras o rollos de polietileno blanco.** Conforme AASHTO M 171 (ASTM C 171).
- (e) **Brin de Yute o de Kenaf impregnado en polietileno blanco.** Consistirá de brin de 305 g/m<sup>2</sup> o más del tipo mencionado en el inciso (b), impregnado con no menos de 84.77 g/m<sup>2</sup> (2.5 onzas/yarda<sup>2</sup>) de película de polietileno, de acuerdo a AASHTO M 171, excepto que no serán aplicables los ensayos de resistencia a tensión, elongación y tolerancias dimensionales.

- (f) **Compuestos líquidos formadores de membranas de curado.** Deben ajustarse a lo prescrito en AASHTO M 148 y COGUANOR NTG 41103.

**551.09 Adhesivos para concreto.** Deberán de seleccionarse según los tipos de concreto y tipos de uniones de conformidad con los detalles indicados en la Especificación AASHTO M 235 (ASTM C 881).

- (a) **Adhesivos para concreto, a base de resinas epóxicas.**

- (1) **Adhesivos para unir concreto endurecido u otros materiales a concreto endurecido en juntas no sometidas a carga.** Deben ser del Tipo I, de acuerdo con AASHTO M 235 o ASTM C 881.
- (2) **Adhesivos para unir concreto fresco a concreto endurecido en juntas no sometidas a carga.** Deben ser del tipo II, especificado en AASHTO M235 o ASTM C 881.
- (3) **Adhesivos para unir materiales antideslizantes a superficies de concreto endurecido o como conglomerante de morteros y concreto de resinas epóxicas.** Deben ser del tipo III según AASHTO M 235 o ASTM C 881.
- (4) **Adhesivos para unir concreto endurecido a concreto endurecido y otros materiales en uniones sometidas a carga o como conglomerante para morteros epóxicos y concretos.** Deben ser del tipo IV, especificado en AASHTO M235 o ASTM C 881.
- (5) **Adhesivos para unir concreto fresco a concreto endurecido en uniones sometidas a carga.** Deben ser del tipo V, especificado en AASHTO M235 o ASTM C 881.
- (6) **Adhesivos para unir y sellar segmentos prefabricados con tendones internos y la construcción por tramos cuando se aplican postensados temporales.** Deben

ser del tipo VI, especificado en AASHTO M235 o ASTM C 881.

- (7) **Sellador para juntas no sometidas a carga en segmentos prefabricados en la construcción por tramos cuando no se aplican postensados temporales.** Deben ser del tipo VII, especificado en AASHTO M235 o ASTM C 881.

Los sistemas de resinas epóxicas se adhieren a una gran variedad de materiales incluyendo madera, metales, mampostería y la mayoría de plásticos, no obstante, estas resinas no se adhieren a materiales como polietileno, fluorocarbonos, celofán y superficies enceradas o engrasadas.

- (b) **Adhesivos para concreto, a base de resinas de látex.** Este tipo de adhesivos para unir concreto fresco o concreto endurecido, especialmente en pisos, pavimentos, losas de puentes, rampas, aceras y bordillos, deben ser del tipo II (no reemulsificable), en conformidad con ASTM C 1059.

**551.10 Recubrimientos protectores.** Deben cumplir con los requisitos y deben colocarse como se indica en la Sección 570.

**551.11 Calidad y proporcionamiento del concreto.**

- (a) **Generalidades.** El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) lo suficientemente alta para minimizar la frecuencia de resultados de ensayos por debajo del valor de resistencia a la compresión especificada ( $f'c$ ) indicada en los planos. Los planos deben mostrar claramente la resistencia a la compresión del concreto, para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura.

Para la determinación de la resistencia a la compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) lo suficientemente alta para minimizar la frecuencia de resultados de ensayos por debajo del valor

de resistencia a la compresión especificada ( $f'c$ ) se deberá seguir el procedimiento que se indica en la Especificación ACI 318 y que se presenta de forma resumida a partir de la Especificación 551.11 (b).

Los requisitos para evaluar la resistencia del concreto, deben basarse en ensayos de cilindros fabricados y probados de acuerdo con los métodos AASHTO o ASTM que se estipulan en la Especificación 551.12 (b).

La resistencia a la compresión para la aceptación del concreto será la de 28 días, para otras aplicaciones, se debe de contar con resultados de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días para concreto de uso general, para concreto de alta resistencia se podrán adicionar otros ensayos como por ejemplo a 3, 7, 14 y 28 días.

Cuando en las Disposiciones Especiales así se establezca, por la naturaleza de la obra de que se trate, el concreto deberá cumplir, además, con las resistencias a tracción indirecta o con el módulo de ruptura, especificados según el caso.

**(b) Selección de las proporciones del concreto.**

El proporcionamiento de los materiales para el concreto debe establecerse como se indica a continuación, para lograr:

- (1) El cumplimiento con los requisitos de evaluación y aceptación del concreto con base en los ensayos de resistencia de acuerdo con la Especificación 551.12.
- (2) La trabajabilidad y consistencia adecuada para permitir su fácil manejo y colocación dentro de las formaletas y alrededor del refuerzo, bajo las condiciones de colocación que van a emplearse, sin segregación ni exudación excesivas según la Especificación 551.15 (f).
- (3) La resistencia a aguas o suelos agresivos y a otras condiciones especiales de exposición, cuando así se requiera en los planos o en las

Disposiciones Especiales, de acuerdo con la Especificación 551.11 (e).

El Contratista debe diseñar las mezclas por el método de proporcionamiento por peso o por volumen absoluto de los componentes del concreto de conformidad con las especificaciones del Comité 211 del ACI (American Concrete Institute) o el método de Portland Cement Association indicado en EB 201.

Las proporciones del concreto, incluyendo la relación agua/cemento o agua/materiales cementantes, deben establecerse en base a la experiencia de campo o mezclas de prueba en el laboratorio con los materiales que hayan de utilizarse de acuerdo con la Especificación 551.11 (c). A menos que en las Disposiciones Especiales se autorice el proporcionamiento basado en relaciones agua/cemento máximas y en contenidos de cemento mínimos como se indica en la Especificación 551.11 (d), o en lo requerido en la Especificación 551.11 (e) (2) para concreto sujeto a condiciones especiales de exposición cuando se empleen materiales diferentes para distintas partes de una obra, se deberá evaluar cada una de las combinaciones propuestas.

El cumplimiento de las mezclas de concreto a utilizar en la obra deberá ser verificado en la obra por medio de mezclas de prueba en el laboratorio y deben ser sometidas a la aprobación del Delegado Residente por lo menos 30 días antes de su empleo en la obra. Al efecto el Contratista debe suministrar información sobre los materiales a usar, sus proporciones en masa, registros de ensayos de resistencia del concreto a 7, 14 y 28 días y muestras de los materiales a usar. Una mezcla podrá ser aprobada estando pendiente de resultados de ensayos de resistencia a 28 días sobre la base de los resultados de resistencia a 7 días, siempre que éstos sean iguales o excedan el 85% de la resistencia requerida a 28 días, sin usar acelerantes ni cementos de alta resistencia.

**(c) Proporcionamiento de mezclas de concreto con base en la experiencia de campo o en mezclas de prueba en el laboratorio.** Para la selección de

una mezcla de concreto por esta metodología, se debe aplicar el procedimiento siguiente: primero se debe determinar la desviación estándar de los registros de un adecuado número de ensayos de resistencia que indiquen la uniformidad de la producción de concreto; luego se determinará la resistencia promedio requerida para la mezcla ( $f'_{cr}$ ) y finalmente se seleccionan las proporciones para obtener dicha resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ).

### (1) Cálculo de la desviación estándar.

- a) Cuando la planta de producción de concreto lleve un registro y control adecuados de su producción, debe establecerse la desviación estándar. Los registros de ensayos, a partir de los cuales se calculará la desviación estándar, debe cumplir con los requisitos siguientes:
  - i) Deben corresponder a materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a las esperadas y los cambios en materiales y proporciones dentro de la serie de ensayos, no deben haber sido sujetos a más restricciones que los de la obra a realizar.
  - ii) Deben corresponder a concreto producido que cumpla con la resistencia o resistencias especificadas ( $f'c$ ), conforme se indica a continuación:
- iii) Deben constar, al menos, de 30 ensayos consecutivos o de dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen al menos 30 ensayos definidos como se establece en 551.12 (b), con excepción de lo que se establece en la siguiente Especificación 551.11 (c)(1) b).
- b) Cuando la planta de producción de concreto no cuente con registros de ensayos, que se ajuste a los requisitos de la Especificación 551.11 (c)(1) a), pero lleve un registro basado en 15 a 29 ensayos consecutivos, se establecerá una desviación estándar multiplicando la desviación estándar calculada por el factor de modificación indicado en la Tabla 551-07. Para que sea aceptable, el registro de ensayos debe ajustarse a los requisitos de la Especificación 551.11 (c)(1) a) y representar un solo registro

Tabla 551-07

Factor de modificación para la desviación estándar, cuando se dispone de menos de 30 ensayos

Número de ensayos <sup>(1)</sup>	Factor de modificación para desviación estándar <sup>(2)</sup>
Menos de 15	Sujeto a verificaciones adicionales
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

<sup>(1)</sup> Interpolar para un número de ensayos intermedios.

<sup>(2)</sup> Desviación estándar de la muestra modificada, que se deberá emplear para determinar la resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) de la tabla 551-15.

de ensayos consecutivos que cubran un período no menor de cuarenta y cinco (45) días calendario.

**(2) Cálculo de la resistencia promedio requerida ( $f'cr$ ).** Para determinar la aceptabilidad del concreto con respecto a la resistencia a la compresión especificada ( $f'c$ ), la mezcla se debe proporcionar a manera de que el promedio de todos los ensayos de resistencia realizados sea igual, o superior, a la resistencia requerida ( $f'cr$ ) para cada clase de concreto.

La resistencia promedio requerida ( $f'cr$ ) se calcula aplicando la ecuación siguiente, empleando una desviación estándar ( $s$ ) calculada de acuerdo con la Especificación 551.11(c)(1) a o b) y un factor de probabilidad ( $p$ ) basado en el nivel de riesgo según el tipo de estructuras y consecuencias de las posibles fallas y en el número de ensayos que se permita sean menores de  $f'c$  según se indica en la tabla 551-08.

$$f'cr = f'c + ps$$

En la que:

$f'c$  = resistencia a la compresión especificada en los planos, a la edad de 28 días.

$p$  = factor de probabilidad basado en el porcentaje de ensayos de resistencia que se permita sean menores de  $f'c$ . Ver tabla 551-08.

$s$  = desviación estándar de los ensayos individuales de resistencia.

Tabla 551-08

Valores de “ps” recomendados para calcular la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ) requerida <sup>(1)(2)</sup> y criterios de aceptación del concreto según el tipo de estructura en el que será utilizado

Aplicación	Criterio de aceptación	Valor de “ps” para el cálculo de $f'_{cr}$ <sup>(3)</sup> en MPa
Estructuras en las que la resistencia es crítica (consecuencia de fallas severas, pérdida de vidas; utilidad pública y costos).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se aceptarán resultados individuales de resistencia menores que <math>f'c</math>.</li> <li>• No más de 1 resultado menor que <math>f'c</math> en 100 resultados individuales de ensayos de resistencia a la compresión.</li> <li>• No más de 5 resultados menores que <math>f'c</math> en 100 resultados individuales de ensayos de resistencia a la compresión.</li> </ul>	3 s <sup>(4)</sup> 2.33 s 1.64 s
Estructuras diseñadas por el método de diseño de puentes AASHTO LRFD o el método ACI-318 y estructuras de concreto preesforzado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No más de 1 resultado promedio menor que <math>f'c</math> en 100 de los promedios de cualquiera serie de 3 ensayos consecutivos de resistencia a la compresión.</li> <li>• No más de 1 resultado menor que <math>(f'c - 3.5)</math> MPa en 100 resultados individuales de ensayos de resistencia a la compresión (aplicable solamente para valores de <math>s</math> mayores de 3.5 MPa)</li> </ul>	1.34 s <sup>(5)</sup> 2.33 s – 3.5 s
Estructuras diseñadas por el método de esfuerzos de trabajo, losas de pavimento y otras construcciones donde no se requiera el cumplimiento de funciones estructurales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No más de 10 resultados menores que <math>f'c</math> en 100 resultados individuales de ensayos de resistencia a la compresión.</li> <li>• No más de 20 resultados menores que <math>f'c</math> en 100 resultados individuales de ensayos de resistencia a la compresión.</li> </ul>	1.28 s 0.85 s

<sup>(1)</sup> La resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) se calcula como se indica en 551.11 (c)(2).

<sup>(2)</sup> El criterio de aceptación debe ser establecido en los planos o en las Disposiciones Especiales, con base en esta Tabla. En el caso de que éste no se indique, se aplicarán los criterios establecidos para estructuras diseñadas por AASHTO LRFD, Normas ACI 318.

<sup>(3)</sup> Los valores dados por el producto “ps” (factor de probabilidad por desviación estándar), serán aplicables cuando el número de ensayos realizados sea mayor que treinta (30); cuando el número de ensayos realizados sea menor, la desviación estándar no será confiable y deberá ser corregida como se indica en 551.11 (c) (1).

<sup>(4)</sup> Usar 3 desviaciones estándar significa una probabilidad de que se registren 1.3 resultados en 1000 con una resistencia por debajo de  $f'c$ .

<sup>(5)</sup> Usar 1.34 desviaciones estándar significa una probabilidad de que se registren 9 resultados en 100 con una resistencia por debajo de  $f'c$ .

Cuando en la planta de concreto se cuente con menos de 30 registros de ensayos de resistencia, pero con un mínimo de 15, se deberá de incrementar la desviación estándar de la muestra en la forma como se indica en la Tabla 551-07. Para obras complementarias que no cumplan funciones estructurales la resistencia promedio requerida deberá determinarse según se indica en la Tabla 551-09 y la documentación que garantice que se obtendrá dicha resistencia promedio, debe cumplir con los requisitos de la Especificación 551.11 (c)(3).

registros de ensayos que consistan en menos de treinta (30), pero nunca en menos de diez (10) ensayos, siempre que dichos registros abarquen un período no menor de cuarenticinco (45) días. Las proporciones requeridas, se pueden establecer por interpolación, entre las resistencias y las proporciones de dos o más registros de ensayos, cada uno de los cuales debe cumplir con los demás requisitos de esta Sección.

- b) Cuando no se disponga de un registro aceptable de resultados de ensayos de

**Tabla 551-09**  
**Resistencia promedio a la compresión requerida ( $f'_{cr}$ ) para obras menores cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar**

Resistencia a la compresión especificada ( $f'c$ )		Resistencia promedio a la compresión requerida ( $f'_{cr}$ )	
Mpa	lb/pulg <sup>2</sup>	Mpa	lb/pulg <sup>2</sup>
Menos de 21	3000	$f'c + 7$	$f'c + 1000$
De 21 a 35	3000 a 5000	$f'c + 8.3$	$f'c + 1200$
Más de 35	Más de 5000	$1.10f'c + 6.2$	$1.10f'c + 900$

(3) **Documentación que garantice que con las proporciones propuestas se obtendrá la resistencia promedio requerida.** La documentación que garantice que, con las proporciones propuestas para la mezcla de concreto, se obtendrá una resistencia promedio a la compresión, igual o mayor que la resistencia promedio requerida de acuerdo a la Especificación 551.11 (c)(2), debe consistir en uno o varios registros de ensayos de resistencia en el campo o de mezclas de prueba preparadas en el laboratorio.

- a) Cuando se utilicen registros de ensayos de campo, dichos registros deberán representar materiales y condiciones similares a las esperadas y llenar los requisitos de la Especificación 551.11 (c)(2). Con el propósito de documentar el potencial de alcanzar la resistencia promedio requerida, se pueden aceptar

campo, las proporciones del concreto se pueden establecer con base en mezclas de prueba en el laboratorio que cumplan con los requisitos siguientes:

- Los materiales y la combinación de los mismos deben ser los que se utilizarán en la obra a ejecutar.
- Las mezclas de prueba con las proporciones y resistencias requeridas para la obra a realizar, se deben preparar empleando cuando menos tres (3) relaciones diferentes agua/cemento o agua/materiales cementantes, que produzcan una gama de resistencias que abarque la resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ).
- Las mezclas de prueba se deben diseñar para producir un asentamiento

dentro de  $\pm 20$  mm del máximo permitido y para concreto con aire incluido o incorporado, el contenido de aire deberá quedar dentro de  $\pm 0.5\%$  del máximo permisible.

- iv) Para cada relación agua/cemento o agua/materiales cementantes, se deberán hacer por lo menos 2, y preferiblemente 3, cilindros de prueba para cada edad de ensayo, de acuerdo con la norma AASHTO T 126 o ASTM C192.

Los cilindros se deben ensayar a 28 días o a la edad señalada por el Delegado Residente, para determinar la resistencia de concreto especificada ( $f'c$ ).

- v) A partir de los resultados del ensayo de los cilindros, se debe graficar una curva que muestre la correspondencia entre la relación agua/materiales cementantes o el contenido de materiales cementantes y la resistencia a una edad de ensayo determinada.
- vi) La relación agua/materiales cementantes máxima, o el contenido mínimo de cemento o materiales cementantes para la mezcla que se usará en la obra, deben ser los que indique la curva para producir la resistencia promedio requerida ( $f'cr$ ), en la Especificación 551.11 (c)(2), a no ser que, en el caso en que los requisitos especiales para exposición establecidos en la Especificación 551.11 (e) sean determinantes, los planos o las Disposiciones Especiales exijan una relación agua/materiales cementantes menor o una resistencia requerida mayor.

**(4) Reducciones permitidas en la resistencia promedio requerida.** Conforme se disponga de más datos sobre resultados de ensayos de resistencia, durante la construcción, se puede reducir la cantidad en la que el valor de la resistencia promedio requerida ( $f'cr$ ), deba exceder el valor de la resistencia especificada ( $f'c$ ) siempre que:

- a) Se tenga disponibles los resultados de 30 o más ensayos de resistencia y que el promedio de los mismos exceda el requerido por el criterio de aceptación, aprobado de acuerdo con la Especificación 551.11 (e), empleando una desviación estándar calculada de acuerdo con la Especificación 551.11 (c)(1) a).
- b) Se disponga de los resultados de 15 a 29 ensayos de resistencia y el promedio de los mismos exceda al requerido por el criterio de aceptación aprobado para el caso, de acuerdo con la Especificación 551.11 (e), empleando una desviación estándar calculada conforme la Especificación 551.11 (c)(1) b).
- c) Se cumpla con los requisitos establecidos para concreto sujeto a condiciones especiales de exposición, cuando éstos sean aplicables. Ver la Especificación 551.11 (e).
- d) **Proporcionamiento de mezclas por medio de la relación agua/cemento máxima o del contenido mínimo de cemento.** Cuando se trate de estructuras pequeñas o de menor importancia, y cuando no se disponga de registros de ensayos de campo, o de mezclas de prueba en el laboratorio, el Delegado Residente podrá autorizar como base para las proporciones del concreto, los límites máximos de la relación agua/cemento, o los contenidos mínimos de cemento, indicados en la Tabla 551-10. Esta tabla se deberá usar únicamente para concreto fabricado con cementos de clase de resistencia

**Tabla 551-10**  
**Proporcionamiento del concreto con base en la relación agua/cemento máxima**  
**y del contenido de cemento mínimo**  
**Concretos sin aire incluido**

Clase de concreto <sup>(1)</sup>	Relación agua/cemento máxima <sup>(2)</sup>		Contenido mínimo de sacos de cemento de 42.5 kg por m <sup>3</sup> de concreto
	Agua/cemento	Litros/saco	
14 (2000)	0.71	30.0	6.5
17.5 (2500)	0.62	26.5	7
21 (3000)	0.58	24.5	7.5
24.5 (3500)	0.53	22.5	8
28 (4000) <sup>(3)</sup>	0.44	19.0	8.5
<b>Concretos con aire incluido <sup>(4)</sup></b>			
Clase de concreto <sup>(1)</sup>	Relación agua/cemento máxima <sup>(2)</sup>		Contenido mínimo de sacos de cemento de 42.5 kg por m <sup>3</sup> de concreto
14 (2000)	0.58	24.5	7.5
17.5 (2500)	0.53	22.5	8
21 (3000)	0.49	21	8.5
24.5 (3500)	0.44	19	9
<sup>(3)</sup> ---	---	---	---

<sup>(1)</sup> Resistencia a compresión a 28 días, expresada en MPa (lb/pulg<sup>2</sup>).

<sup>(2)</sup> La cantidad de agua requerida para el asentamiento o revenimiento queda fija y se varía la cantidad de cemento para cumplir con los requisitos de esta tabla.

<sup>(3)</sup> Las proporciones para mezclas de mayor resistencia que las indicadas, deberán establecerse basadas en la Especificación 551.11 (c).

<sup>(4)</sup> El contenido de aire del concreto con aire incluido no debe sobrepasar los límites de la Especificación 551.11 (e) (1).

de 28 MPa (4,000 lb/pulg<sup>2</sup>) o mayor y no será aplicable a concretos con agregados livianos o con aditivos que no sean incorporadores de aire. La aplicación de este método para estimar las proporciones, no elimina el requisito de cumplir con los criterios de aceptación de los ensayos de resistencia a la compresión de la Especificación 551.12 y con los requisitos para condiciones especiales de exposición de la Especificación 551.11 (e).

Todo el concreto a utilizarse en cualquier obra debe tener registro y aprobación de las pruebas que garanticen su resistencia antes de ser usadas en obra.

e) **Proporcionamiento de mezclas para concretos expuestos a condiciones especiales de exposición.**

(1) **Concretos expuestos a congelación y deshielo o a la acción de productos químicos deshelantes.** Deben ser concretos con aire incluido o incorporado, con el contenido de aire señalado en la Tabla 551-11. La tolerancia para el contenido de aire, a la entrega del concreto, deberá ser de  $\pm 1.5\%$ . En los casos de resistencia a la compresión mayor que 35 MPa (5,000 lb/pulg<sup>2</sup>), el contenido de aire indicado podrá reducirse en 1%. El incorporador de aire a

**Tabla 551-11**  
**Contenido total de aire para concretos resistentes a la congelación**

Tamaño máximo nominal del agregado <sup>(1)</sup> mm      Pulg.	Contenido de aire, en %	
	Exposición severa <sup>(3)</sup>	Exposición moderada <sup>(4)</sup>
9.5 $\frac{3}{8}$	7 $\frac{1}{2}$	6
12.5 $\frac{1}{2}$	7	5 $\frac{1}{2}$
19.0 $\frac{3}{4}$	6	5
25.0      1	6	4 $\frac{1}{2}$
37.5 $1\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$
50.0      2 <sup>(2)</sup>	5	4
63.0 $2\frac{1}{2}$ <sup>(2)</sup>	4 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$

<sup>(1)</sup> Ver nota de la Tabla 551-03.

<sup>(2)</sup> Estos contenidos de aire serán aplicables a la mezcla total, pero para determinarlos se deberá retirar por tamizado, el agregado de tamaño mayor de 38 mm (1 $\frac{1}{2}$ ") y el contenido de aire se determinará en la fracción de mezcla con agregados de tamaño menor que 38 mm (1 $\frac{1}{2}$ "). La tolerancia para el contenido de aire a la entrega se aplicará a este valor.

<sup>(3)</sup> Concreto en clima frío en contacto casi permanente con la humedad previo al congelamiento o donde se utilizan sales deshelantes sobre el concreto.

<sup>(4)</sup> Concreto en clima frío ocasionalmente expuesto a la humedad, previo al congelamiento y donde no se emplean sales deshelantes sobre el concreto.

utilizar deberá cumplir con los requisitos indicados en la Especificación 551.05 (a).

- (2) Concretos que deban ser poco permeables al agua y concretos expuestos a condiciones de exposición especial.** Deben cumplir con todos los requisitos para la relación máxima agua/cementantes indicados en la Tabla 551-12.

El concreto reforzado deberá cumplir, además, con los requisitos de recubrimiento mínimo indicados en la Tabla 551-15 para asegurar la protección del refuerzo contra la corrosión.

**Tabla 551-12**  
**Relación agua/materiales cementantes máxima y resistencia a compresión mínima permitida para concretos en condiciones de exposición especial**

Condición de exposición	Relación agua/cementantes máxima	Resistencia a compresión, mínima a 28 días	
		MPa	lb/pulg <sup>2</sup>
1) Concretos que deban ser de baja permeabilidad al agua: a) Concreto expuesto al agua dulce. b) Concreto expuesto al agua salobre o al agua de mar u otras aguas o suelos agresivos.	0.50 0.45	28 31.5	4000 4500
2) Concreto expuesto a congelamiento en condiciones húmedas: a) Barandales, canaletas, guardarieles y otras secciones delgadas. b) Otros elementos. c) En presencia de sales deshelantes.	0.45 0.50 0.45	31.5 28 31.5	4500 4000 4500
Para proteger contra la corrosión al refuerzo en concretos expuestos a sales deshelantes, agua salobre, agua de mar u otras aguas o suelos agresivos.	0.40 <sup>(1)</sup>	31.5	5000

<sup>(1)</sup> Cuando el recubrimiento mínimo del refuerzo indicado en Tabla 551-14 se incremente en 13mm, la relación agua/cemento se podrá incrementar a 0.45.

**NOTA:** Para concreto expuesto a sales deshelantes, la masa máxima de ceniza volante y puzolanas, humo de sílice o escorias que se incluyan en el concreto no deberá ser mayor de 25, 10 y 50% respectivamente, de la masa total de cementantes y la masa total de adiciones no deberá sobrepasar el 50% de la masa total de cementantes.

**(3) Concretos expuestos a soluciones que contengan sulfatos.** Los concretos que vayan a estar expuestos a aguas sulfatadas o a suelos sulfatados, deben cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 551-13 y deben ser fabricados con un cemento que proporcione la resistencia a los sulfatos, en una mezcla cuya relación agua/cemento o

agua/cimentantes máxima y la resistencia a compresión mínima a 28 días, sea la indicada en la Tabla 551-13. No se debe emplear cloruro de calcio en concretos simples que vayan a quedar expuestos a sulfatos, bajo condiciones severas o muy severas, como ahí mismo se definen.

**Tabla 551-13**  
**Tipos de cemento y relación agua/materiales cementantes máxima permitidos para concretos expuestos a soluciones que contengan sulfatos**

Grado de exposición a sulfatos	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) soluble en el suelo (% en masa)	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua (en mg/l)	Tipos de cementos recomendados	Relación agua/cimentantes máxima por masa <sup>(1)</sup>	Resistencia a compresión mínima 28 días MPa lb/pulg <sup>2</sup>
Insignificante	0.0 a 0.10	0-150	---	---	----
Moderado <sup>(2)</sup>	0.10 a 0.20	150-1500	Tipo MRS (NTG 41095) o Tipo II (AASHTO M85) Tipo IPMS (AASHTO M 240)	0.50	28 4000
Severo	0.20 a 2.0	1500-10000	V (AASHTO M 85), ARS (NTG 41095)	0.45	31.5 4500
Muy Severo	Más de 2.0	Más de 10000	Tipo V (AASHTO M 85) más puzolana o cemento de escoria, Tipo ARS (NTG 41095) más puzolanas o cemento de escoria. <sup>(3)</sup>	0.45	31.5 4500

<sup>(1)</sup> Para lograr una baja permeabilidad del concreto, para la protección contra la corrosión del refuerzo u otras piezas ahogadas en el concreto, o para protección contra la congelación y el deshielo en condiciones de humedad, podrá requerirse una relación agua/cimentantes más baja. Ver tabla 551-11.

<sup>(2)</sup> Normal para la exposición al agua de mar.

<sup>(3)</sup> Se refiere a puzolanas o escorias de alto horno que, mediante pruebas de servicio o de laboratorio, hayan demostrado mejorar la resistencia a los sulfatos cuando se les emplea con cemento tipo V.

**(4) Contenido máximo de cloruros para la protección del refuerzo contra la corrosión.**

Para protección del refuerzo contra la corrosión, las concentraciones máximas de iones de cloruro solubles en agua –en

concreto endurecido, a la edad de 28 días y aportados por todos los componentes incluyendo el agua, cemento, puzolanas, agregados y aditivos– no deben exceder los límites fijados en la Tabla 551-14.

**Tabla 551-14**  
**Contenido máximo de cloruros para la protección del refuerzo**

Tipo de elemento	Contenido máximo de iones de cloruro (Cl <sup>-</sup> ) solubles en agua, en el concreto (porcentaje por masa de cemento)
Concreto preeforzado	0.06
Concreto reforzado expuesto a cloruros <sup>(1)</sup>	0.15
Concreto reforzado que estará seco o protegido de la humedad.	1.00
Otras construcciones de concreto reforzado	0.30

<sup>(1)</sup> El contenido de cloruros se determina de acuerdo con ASTM C 1218.

Cuando el concreto reforzado vaya a estar expuesto a sales descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar y otras aguas y suelos agresivos y otras condiciones que aceleren

la corrosión del refuerzo, debe cumplir con los requisitos de la Tabla 551-12. Además, debe tener los recubrimientos mínimos señalados en la Tabla 551-15.

Tabla 551-15

Recubrimientos mínimos de concreto en mm para protección del acero de refuerzo contra la corrosión <sup>(1) (2)</sup>

Condiciones de exposición	Concreto reforzado		Concreto preefuerzado	
	Colado	Prefabricado	Colado	Prefabricado
1) Concreto fundido en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él.	75	---	75	---
2) Concreto expuesto al suelo, agua o a la intemperie.				
<b>Losas, muros y viguetas:</b>				
• Barras #14 a #18	50	40	30	25
• Barras #11 y menores	40	20	30	25
<b>Vigas y columnas:</b>				
• Refuerzo principal	50	40	40	40
• Estribos y espirales	40	30	40	30
<b>Cáscaras y elementos similares:</b>				
• Barras #6 y mayores	50	40	40	40
• Barras #5 y alambre W31, D31 y menores	40	30	40	30
3) Concreto no en contacto con el suelo, agua ni expuesto a la intemperie.				
<b>Losas, muros y viguetas:</b>				
• Barras #14 a #18	40	30	20	20
• Barras #11 y menores.	20	15	20	15
<b>Vigas y columnas:</b>				
• Refuerzo principal	40	$d_b^{(3)}$	40	$d_b^{(3)}$
• Estribos y espirales	40	10	25	10
<b>Cáscaras y elementos similares:</b>				
• Barras #6 y mayores.	20	15	$d_b^{(4)}$	15
• Barras #5 y alambre W31, D31 y menores	13	10	10	10

<sup>(1)</sup> Para los casos de exposición muy severa a ambientes corrosivos, los planos o las Disposiciones Especiales pueden establecer o el Delegado Residente puede ordenar un recubrimiento mayor o el empleo de un concreto más denso o impermeable o el suministro de cualquier otro tipo de protección adecuada (recubrimientos o selladores), cuyo empleo se autorice previamente. Cuando por razones de protección contra el fuego se especifiquen recubrimientos mayores que los indicados se deben utilizar esos espesores mayores.

<sup>(2)</sup> Para concretos preefuerzados que deban permanecer expuestos a la intemperie, o en contacto con el suelo en ambientes corrosivos y para los cuales se excede el esfuerzo permisible de tracción en la zona precomprimida de tracción, el recubrimiento mínimo se debe incrementar en un cincuenta por ciento (50%). Para concretos preefuerzados, fabricados bajo condiciones de control en planta, el recubrimiento del refuerzo no preefuerzado debe ser el indicado para concreto prefabricado.

<sup>(3)</sup> “ $d_b$ ” es el diámetro de la barra, pero el recubrimiento no debe ser en ningún caso, menor que 15 mm, ni mayor que 40 mm.

<sup>(4)</sup> “ $d_b$ ” es el diámetro de la barra, pero el recubrimiento no debe ser en ningún caso, menor que 20 mm.

- (5) Recubrimientos mínimos de concreto para protección del acero de refuerzo contra la corrosión.** El recubrimiento mínimo de concreto para el acero de refuerzo, excepto para ambientes muy corrosivos, exposiciones severas o protección contra el fuego debe estar indicado en los planos y no podrá ser menor de cómo se indica en la Tabla 551-15.

### 551.12 Evaluación y aceptación del concreto.

- (a) Número y frecuencia de las muestras.** Las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto producido por la planta mezcladora una vez establecida su uniformidad de producción, deben tomarse como mínimo una vez por cada cien metros cúbicos ( $100 \text{ m}^3$ ) o fracción de concreto colocado diariamente en una estructura y de cargas de concreto diferentes, a menos que por el grado de supervisión y de control de las operaciones, el Delegado Residente autorice un muestreo más espaciado. En ningún caso, el número de muestras será menor que una (1) por día o una por cada ciento veinte metros cúbicos ( $120 \text{ m}^3$ ) de concreto colocado diariamente y no menos de una (1) por cada  $460 \text{ m}^2$  (ACI 318 5.6.2.1) de superficie de losa y muros.

Cuando en un proyecto dado, el volumen total del concreto sea tal que la frecuencia de muestreo indicada anteriormente proporcione menos de cinco (5), resultados de ensayos de resistencia para una clase dada de concreto, los ensayos se deben realizar en muestras representativas de cuando menos cinco (5) cargas de concreto seleccionadas al azar, o en una (1) por cada carga cuando se emplee menos de cinco (5) cargas.

- (b) Toma de las muestras, fabricación y ensayo de los especímenes de prueba en el laboratorio.** Las muestras para los ensayos de resistencia deberán tomarse de acuerdo a AASHTO T 141, ASTM C 172 o COGUANOR NTG 41057. Normalmente, se debe hacer un muestreo del concreto al ser recibido en la obra, de la descarga

de las mezcladoras o agitadores de camión, de la descarga de las mezcladoras en el sitio de la obra o de la descarga de las tuberías del equipo de bombeo, según el caso. Los cilindros y/o viguetas para los ensayos de aceptación deben moldearse y curarse bajo condiciones de humedad y temperatura en el laboratorio de acuerdo con AASHTO T 23, ASTM C 31 o COGUANOR NTG 41061. Los cilindros deben ensayarse de acuerdo a AASHTO T 22, ASTM C 39 o COGUANOR NTG 41017 h1 y las viguetas conforme a AASHTO T 97 o ASTM C 78 o COGUANOR NTG 41017 h2. Los cilindros para tracción indirecta deberán ensayarse de acuerdo a AASHTO T 198 o ASTM C 496 o COGUANOR NTG 41017 h15.

Un “resultado de ensayo” o “un ensayo de resistencia” será el promedio de por lo menos dos (2) especímenes obtenidos de la misma muestra de concreto y ensayados a la edad especificada. Se deberá realizar ensayos a los 7 o a 28 días, o a la edad establecida en las Disposiciones Especiales.

- (c) Criterios de aceptación de la calidad del concreto suministrado en la obra, con base en los ensayos de resistencia.** La producción del concreto será considerada satisfactoria cuando el promedio de las resistencias obtenidas en los ensayos de laboratorio sea igual o mayor al valor de la resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ).

Cuando la resistencia promedio del concreto no cumpla con lo indicado anteriormente, el Contratista deberá tomar las medidas necesarias para incrementar el valor promedio de los ensayos de resistencia subsiguientes.

Cuando persista el incumplimiento del criterio de aceptación o cuando se detecten zonas de baja resistencia en componentes de la estructura, el Delegado Residente debe ordenar la suspensión de los trabajos del componente afectado y que se siga el procedimiento indicado en la Especificación 551.13.

**(d) Comprobación de la adecuación del curado del concreto en obra y de la resistencia real alcanzada por el concreto en la estructura, para fines de autorización del desencofrado y puesta en servicio.** Cuando lo estime necesario, el Delegado Residente puede solicitar ensayos de resistencia de especímenes curados bajo las condiciones de campo. Los especímenes se deben tomar y moldear al mismo tiempo y en la misma forma y de las mismas muestras que los obtenidos para ser curados en el laboratorio para la aceptación del concreto, [Ver la Especificación 551.12 (b)], excepto que el curado de los mismos debe ser bajo las mismas condiciones de curado en el campo del elemento estructural que representen. Los cilindros curados en el campo, se deben moldear al mismo tiempo y de las mismas muestras que los cilindros curados en el laboratorio. Los procedimientos para proteger y curar el concreto deben mejorarse cuando la resistencia de los cilindros curados en el campo a la edad de ensayo establecida para determinar el desarrollo de resistencia alcanzada, sea menor que el 85% de la de los cilindros gemelos curados en el laboratorio. Esta limitación del 85% puede omitirse si los cilindros curados en el campo superan en 3.5 MPa (1,500 lb/pulg<sup>2</sup>) la resistencia especificada prevista para la edad del ensayo.

Antes de autorizar el desencofrado de la estructura y la puesta en servicio de la misma, el concreto debe haber alcanzado el porcentaje de la resistencia especificada ( $f'_c$ ), establecido en las Disposiciones Especiales, o el que el Delegado Residente señale.

**551.13 Investigación de resultados de los ensayos de baja resistencia.** Cuando los ensayos de resistencia efectuados según la Especificación 551.12 (b) de los especímenes curados en el laboratorio sean menores que el valor de la resistencia especificada ( $f'_c$ ), fuera de los límites del criterio de aceptación especificado sobre la base de la Especificación 551.12 (c) o cuando los ensayos de cilindros curados en el campo indiquen deficiencias en la protección o en el curado en la obra según la Especificación 551.12 (d), el Delegado Residente debe tomar las medidas para

asegurar que no se pondrá en peligro la capacidad de carga de la estructura, mediante la realización de las acciones indicadas a continuación:

**(a) Determinación de la resistencia del concreto por métodos no destructivos.** Como complemento de los ensayos de resistencia de especímenes tomados durante la construcción, 551.12 (b), se podrán efectuar ensayos no destructivos, previa autorización del Delegado Residente, para estimar la resistencia a la compresión o el módulo de elasticidad del concreto *in situ* usando los siguientes métodos:

**(1) Martillo suizo de rebote.** Llamado también martillo Schmidt. Da una medida de la dureza superficial, con base en el rebote de una pequeña masa cilíndrica disparada contra la superficie del concreto, por medio de un resorte calibrado.

Es útil para exámenes cualitativos de concreto *in situ*, la comparación de lecturas de rebote entre diversas áreas o elementos, detectando áreas de resistencia potencialmente baja. El ensayo se debe realizar de acuerdo con ASTM C 805.

**(2) Ensayo de Resistencia a la Penetración (Ensayo de Windsor).** Este método consiste en insertar en la superficie del concreto un clavo de acero, disparado por explosión por medio de una pistola especial; la penetración del clavo proporciona una medida de dureza y resistencia similar a la que se obtiene con el martillo de rebote y se le emplea para los mismos fines. El ensayo se deberá efectuar de acuerdo con ASTM C 803 y COGUANOR NTG 41017 h18

**(3) Medidas de velocidad de propagación de ondas ultrasónicas.** Consiste en determinar por medio de un aparato de ultrasonido adecuado, la velocidad con que una onda de alta frecuencia se propaga en la masa de concreto. Suministra una indicación de la densidad e integridad del concreto y de su resistencia. El ensayo se debe hacer de acuerdo con ASTM C 597.

**(4) Otras técnicas.** Podrán utilizarse otras técnicas como eco de pulso ultrasónico, rayos x, radiografía gamma, inspección térmica, radar, emisión acústica u otras, siempre que sean previamente aprobadas por el Delegado Residente

**(b) Ensayos de testigos de concreto endurecido extraídos de las estructuras.** Cuando se confirme que la resistencia determinada por ensayos de especímenes de concreto es baja, y si una revisión de los cálculos estructurales indica que la capacidad de carga de la estructura pudo haberse reducido significativamente, el Delegado Residente puede ordenar el examen y evaluación de toda la estructura, o de la parte de la misma que esté en duda, utilizando métodos no destructivos aprobados para detectar las zonas más débiles [Ver la Especificación 551.13 (a)]. Debe también, requerir el ensayo de testigos extraídos de dichas zonas, realizados de acuerdo con las Normas AASHTO T 24 o ASTM C 42 y COGUANOR NTG 41049. Para el efecto, se deben tomar 3 testigos (núcleos barrenados) por cada ensayo de resistencia cuyo resultado sea menor de 3.5 MPa (500 lb/pulg<sup>2</sup>) que la resistencia especificada ( $f'_c$ ). Cuando el concreto de la estructura vaya a mantenerse seco en condiciones de servicio, se deben secar los testigos al aire a una temperatura entre 15 y 30°C y una humedad relativa entre 55 y 65% durante los 7 días anteriores a su ensayo y se deben ensayar en seco.

La resistencia del concreto en la zona representada por los testigos, se considerará estructuralmente aceptable cuando el promedio de la resistencia de los tres testigos sea, cuando menos, igual al 85% de la resistencia especificada ( $f'_c$ ) y siempre que ninguno de los testigos tenga menos del 75% de dicha resistencia. Se permitirá ensayar nuevos testigos, tomados de las zonas representadas por resistencias irregulares cuando así lo ordene el Delegado Residente.

Dependiendo de los resultados obtenidos el Delegado Residente podrá solicitar al Ingeniero

que por su medio se requiera la revisión de los cálculos estructurales para que se evalúe el efecto que puedan tener las insuficiencias de resistencia detectadas y los procedimientos a seguir que puedan ser aplicados para su corrección.

**(c) Pruebas de carga de las estructuras o partes de ellas.** Cuando el concreto no se ajuste a los criterios de aceptación mencionados anteriormente, aún después de los ensayos de testigos, y persistan dudas con respecto a la confiabilidad estructural de la estructura o de parte de la misma, después de su evaluación analítica, el Delegado Residente puede ordenar la realización de pruebas de carga en la parte dudosa de la estructura, tal como lo especifica el Reglamento ACI 318. En caso de que las pruebas de carga indiquen que el concreto colocado no llena los requisitos establecidos en los planos, en estas Especificaciones Generales, o en las Disposiciones Especiales, el Contratista deberá tomar las medidas que el Delegado Residente ordene para corregir esta deficiencia; éstas podrán incluir la demolición total o parcial de la estructura, si fuere necesaria, sin ningún costo adicional para El Estado.

## REQUISITOS DE FABRICACIÓN

### 551.14 Planta y equipo para la producción y suministro del concreto.

**(a) Requisitos generales de la planta y equipo para producir concreto.** Todo el equipo necesario para la producción y suministro adecuado del concreto destinado a la obra debe estar en condiciones óptimas de servicio, debiendo ser inspeccionado y aprobado por el Delegado Residente antes de que se dé inicio a las operaciones de prueba y producción. La planta podrá estar ubicada en el sitio de la obra o fuera del área del proyecto para la producción de concreto premezclado, según lo autorice el Delegado Residente. La planta debe incluir las áreas de suministro y almacenamiento, los silos o depósitos, las tolvas de pesaje y las básculas, tanto para el cemento como para el agregado

fino y para cada uno de los tamaños del agregado grueso y demás materiales a usar incluyendo tanques de almacenamiento de agua y equipo de enfriamiento de ésta, cuando por la localización del proyecto así sea requerido, también deberán proveerse sitios de almacenamiento para los aditivos y materiales de curado. El equipo para la producción del concreto debe incluir el equipo necesario para la mezcla y transporte del concreto, salvo que, por la naturaleza de la obra, se haya especificado de otra forma, en las Disposiciones Especiales. Los diferentes equipos de pesaje, mezclado y transporte del concreto deben ajustarse a lo prescrito en las normas AASHTO M 157, ASTM C 94 y COGUANOR NTG 41068. Los equipos de mezclado continuo deberán cumplir con las normas AASHTO M 241 y ASTM C 685, todos los equipos deben presentar la documentación de su calibración más reciente de no más de 2 meses de efectuada.

**(b) Almacenamiento de los materiales.**

**(1) Cemento.** El cemento hidráulico se debe suministrar en sacos o a granel. El Contratista debe obtener de la compañía a la cual se le compra el cemento, un certificado del fabricante por cada embarque, en el que conste que el cemento entregado en la obra, llena los requisitos de las Especificaciones estipuladas en la Especificación 551.04 (a) sobre el tipo de cemento para el uso especificado.

**a) Almacenaje de sacos.** Los locales o bodegas para el almacenaje de sacos de cemento deben ser sitios adecuados en los que éstos queden debidamente protegidos de la lluvia y de la humedad; en los trabajos pequeños y en forma temporal, el Delegado Residente podrá autorizar el apilamiento al aire libre sobre plataforma separada del suelo y amplia cubierta impermeable.

Durante su transporte y almacenamiento, el cemento en sacos no debe ser

apilado en pilas de más de diez (10) sacos. Los diferentes envíos de cemento en sacos, se deben almacenar por separado a fin de facilitar su identificación e inspección. Se recomienda que el cemento más antiguo sea utilizado primero.

Cuando el cemento en sacos haya estado almacenado por más de sesenta (60) días, o cuando el Delegado Residente compruebe que ha sufrido algún daño, éste debe ser reinspeccionado y reensayado, a fin de establecer si puede ser utilizado.

No se debe usar cemento dañado por exposición a la humedad, parcialmente fraguado o que contenga terrones o que se haya endurecido; en estos casos, se debe rechazar el contenido total del saco, recipiente o bulto, el que debe ser retirado inmediata y definitivamente de la obra. No puede usarse el cemento recogido de sacos rechazados o usados, o proveniente de la limpieza de los mismos.

**b) Almacenamiento del cemento a granel.** El cemento a granel se debe almacenar en silos apropiados que lo protejan de la intemperie y que dispongan de un sistema de ventilación forzada que impida la acumulación de humedad. De preferencia, los silos deberán estar equipados con tablillas de flujo, difusoras de aire para aflojar el cemento que se adhiera al silo; deberán estar provistos, además, de mecanismos precisos para el control y corte inmediato del flujo de descarga, así como de sellos contra el polvo, localizados entre el silo y la tolva de pesaje.

No se permite la mezcla de cementos de marcas diferentes o de la misma marca pero de distinta procedencia, o de tipos diferentes, en un mismo proceso de fundición del concreto; tampoco

se deben mezclar alternadamente en ninguna de las unidades mezcladoras de concreto para estructuras. Las diferentes marcas, tipos y clases de cemento, también se deben almacenar por separado.

**(2) Ceniza volante de carbón, otras puzolanas naturales y artificiales y escoria granulada de alto horno.** Se deben manejar y almacenar en la misma forma que el cemento.

**(3) Agregados para concreto.** Los agregados se pueden almacenar en pilas o silos; en términos generales, se deben almacenar y manejar en forma tal que se evite la segregación y la mezcla con materiales extraños.

**a) Almacenamiento en pilas.** El almacenamiento de los agregados en pilas se debe reducir al mínimo posible, ya que aún bajo condiciones ideales, la porción fina de los agregados tiende a asentarse y acumularse. El apilamiento se debe hacer por métodos adecuados, para minimizar la pérdida de finos, la segregación, la ruptura de agregados y las variaciones en la graduación.

Los agregados finos y cada uno de los tamaños de los gruesos, se deben almacenar en pilas distintas, a una distancia adecuada o separadas unas de las otras por muros o tabiques adecuados, para evitar su mezcla con los materiales contiguos.

Las pilas se deben formar sobre bases firmes construidas con material igual al que se apilará sobre ellas o preferiblemente, sobre plataformas de concreto, asfalto u otro material de similares características. Las bases deben permitir el drenaje hacia afuera de las pilas, estar libres de maleza u otro tipo de vegetación y permanecer inalteradas durante todo el tiempo que dure el apilamiento, el cual debe ser

ejecutado cumpliendo con los requisitos, procedimientos y medidas de seguridad que se especifican en la Sección 313 de estas Especificaciones.

Se deben tomar las medidas adecuadas para evitar que los agregados finos sean separados por la acción del viento y que los materiales apilados sean contaminados con agregados sueltos, provenientes de los cucharones o almejas empleados para el manejo de las pilas de agregados de diferentes tamaños.

**b) Almacenamiento en silos.** Cuando la planta cuente con silos para el almacenamiento de agregados, éstos deberán ser del tipo adecuado con compartimientos separados para el agregado fino y para cada uno de los distintos tamaños de agregados gruesos. Todos los compartimientos de cada silo deben estar diseñados para que la operación de descarga sea eficiente, con un mínimo de segregación en la tolva de pesaje; además deben contar con un sistema adecuado para regular el flujo de material a dicha tolva. El diseño de las tolvas de pesaje debe permitir la descarga fácil y completa del material, sin que éste se acumule adherido a ellas.

**c) Control de humedades.** Cuando los agregados sean producidos en planta, éstos pueden ser apilados o almacenados en silos, tomando todas las precauciones necesarias para asegurar un contenido de humedad uniforme y estable.

Los agregados producidos o manejados por métodos hidráulicos, los agregados lavados y los agregados rociados con agua en épocas calurosas para promover su enfriamiento, deben dejarse escurrir un tiempo prudencial para remover el exceso de agua libre antes de su transferencia a las tolvas de pesaje.

- (4) **Aditivos.** Los aditivos, tanto líquidos como sólidos, se deben almacenar en depósitos o contenedores sellados en las condiciones que recomiende el fabricante.
- (c) **Equipos de dosificación de los materiales para concreto.**

(1) **Equipos de dosificación por masa.** La dosificación y la medición de los componentes del concreto se deben hacer en forma automática o semiautomática; se podrá también, hacer manualmente cuando así lo autorice el Delegado Residente. Todas las plantas, automáticas o semiautomáticas, deberán contar con tolvas de pesaje que descarguen los materiales fácil y completamente, por la acción de la gravedad y sin que el material se adhiera a ellas. Además, deben contar con dispositivos de seguridad para regular la apertura del mecanismo de carga cuando la báscula indique carga cero o cuando la compuerta esté cerrada y con dispositivos para que ésta se pueda abrir únicamente cuando el peso deseado se haya completado dentro de la tolva y el mecanismo de carga esté cerrado. Las tolvas y compuertas de pesaje deben ser herméticas contra filtraciones. Tanto el mecanismo de pesado como los tableros indicadores deben ser instalados de manera que faciliten la observación por el operador e indiquen el momento preciso en que la cantidad exacta de material está en la tolva de pesaje.

Las básculas para pesar los ingredientes del concreto pueden ser de brazo, de balancín o de carátula, sin resortes y deberán tener una exactitud con tolerancias de  $\pm 0.15\%$  de la capacidad total de la escala o  $0.4\%$  de la carga neta aplicada (NTG 41068 10.3 y ASTM C94/C94 M). Son aceptables también, los métodos de pesado en los que se utilicen sistemas electrónicos, hidráulicos, de celdas de carga y cualquier otro método que asegure la tolerancia indicada.

En toda planta para la fabricación de concreto, se debe disponer de masas

calibradas (patrones) para verificar la exactitud de las básculas. Todos los componentes de las básculas se deben mantener perfectamente limpios. Las básculas de brazo deben estar equipadas con un indicador lo suficientemente sensible como para que registre movimiento cuando se coloque en la tolva de pesaje una masa igual al cero uno por ciento (0.1%) de la capacidad nominal de la báscula. El desplazamiento del puntero indicador debe ser como mínimo, del cinco por ciento (5%) de la capacidad neta especificada del brazo de pesaje mayor, cuando se trate de pesadas por debajo de dicha capacidad y del cuatro por ciento (4%) de la capacidad neta cuando se trate de masas mayores.

El dispositivo para la medición del agua añadida directamente debe tener la capacidad para suministrar, con la exactitud requerida, el volumen de agua especificado para cada carga de concreto; este dispositivo debe ser instalado de tal forma que las mediciones no sean afectadas por las variaciones de presión registradas en la línea de suministro de agua. Los tanques de medición deben estar equipados con válvulas u otros elementos adecuados para permitir su calibración en forma rápida.

En el caso de los aditivos, se recomienda utilizar dispensadores mecánicos de fácil calibración, con dispositivos ajustables para variar la dosificación; cuando se trate de aditivos agregados en forma líquida, éstos deben ser agitados convenientemente antes de su utilización.

La exactitud de las básculas y demás equipo de pesaje debe verificarse con la periodicidad que el Delegado Residente ordene.

- (2) **Equipo de dosificación por volumen.** Cuando se utilice la dosificación por volumen, ésta debe ejecutarse como una

operación continua, acompañada de un proceso de mezclado, también continuo. La dosificación exacta se logra haciendo pasar los materiales a través de un alimentador calibrado, con paletas rotativas; de una compuerta de salida calibrada, de contadores de revoluciones indicadores de velocidad o por cualquier otro dispositivo que asegure la acumulación de un volumen conocido de materiales, en una unidad calibrada de tiempo. Tanto el equipo como su operación debe cumplir con lo que establece la Norma COGUANOR NTG 41048 (ASTM C 685 / C 685M).

Todos los dispositivos indicadores de la exactitud de la dosificación deben estar a la vista y al alcance del operador mientras dure la producción del concreto.

Los dispositivos de dosificación y los indicadores deben ser calibrados individualmente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de los mismos. El Contratista debe suministrar las medidas normalizadas de volumen, las básculas y los patrones de masa adecuados para que la exactitud de los mecanismos de dosificación pueda ser comprobada en cualquier momento.

Los materiales dosificados por volumen deben cumplir con las tolerancias indicadas en la Especificación 551.15 (a)(5).

**(d) Equipo de mezclado.** Las mezcladoras, ya sean estacionarias o de camión, deben ser de un tipo aprobado y un diseño que garantice su capacidad para mezclar los ingredientes del concreto, dentro del tiempo especificado, hasta formar una masa uniforme y bien mezclada de concreto, así como su capacidad para descargarlo sin segregación y con un grado de uniformidad que cumpla con los requisitos de las normas COGUANOR NTG 41068 (ASTM C 94). Ver tabla 551-17.

Las mezcladoras deben contar con una placa en la que se indique claramente la velocidad de mezclado y/o agitación del tambor o de las paletas y la capacidad del tambor, en términos del volumen del concreto mezclado. Las mezcladoras estacionarias, además, deben contar con un dispositivo de control de tiempo, que no permita su descarga antes de que haya transcurrido el tiempo de mezcla especificado.

Las mezcladoras deben ser examinadas y pesadas periódicamente con la frecuencia necesaria para detectar cambios debidos a acumulaciones de concreto o de mortero endurecido, o desgaste en las aspas o paletas.

**(e) Equipo de mezclado continuo.** Las mezcladoras continuas deben estar equipadas con un aspa en espiral, tornillo sin fin u otro tipo de elemento mezclador que tenga la capacidad para producir y descargar un concreto, cuya consistencia y uniformidad sean las requeridas por la Norma ASTM C 685. Las mezcladoras continuas se utilizan, generalmente, en conjunto con equipos de dosificación volumétrica. Ver la Especificación 551.14 (c) (2).

La mezcladora continua debe llevar una placa visible en la que se destaque su capacidad en términos de volumen de concreto mezclado; su velocidad de descarga y la constante de calibración por masa en términos de lectura del contador de revoluciones o de otro tipo de indicador del flujo de concreto descargado por unidad de tiempo.

La unidad de dosificación y mezclado continuos debe contar con compartimientos para los distintos materiales necesarios para fabricar el concreto y estar equipada con mecanismos o dispositivos de calibración y ajuste que permitan variar las proporciones de la mezcla, a efecto de producir un concreto que cumpla con los requisitos de uniformidad indicados en la Norma ASTM C 685 / C 685M y en la Tabla 551-17.

**(f) Equipo para transporte del concreto.**

- (1) Equipo sin agitación.** El concreto mezclado en planta central o en una mezcladora estacionaria puede ser transportado en equipo apropiado, sin agitación y previamente aprobado por el Delegado Residente, siempre que la descarga del concreto se complete dentro de los 20 minutos contados desde la adición del cemento a la mezcladora. Los recipientes o depósitos deben ser sellados, de paredes internas lisas y equipados con compuertas que permitan el control de la descarga del concreto. Además, deben estar provistos de cubiertas que protejan el concreto contra las inclemencias del tiempo y tener la capacidad para suministrar un concreto con el grado de uniformidad requerido en la Tabla 551-17.
- (2) Mezcladoras o agitadoras de camión.** De preferencia el transporte del concreto de la planta central al sitio de la obra, se debe hacer por medio de mezcladoras o agitadoras de camión, que cumplan con los requisitos de COGUANOR NTG 41068, AASHTO M 157 y que descarguen un concreto cuyo grado de uniformidad se ajuste al especificado en la Tabla 551-17.

Las mezcladoras, cuando se les utilice como agitadoras, deben ser operadas dentro de los límites de capacidad y de velocidad de rotación para las que fueron diseñadas por el fabricante.

**551.15 Requisitos de producción y suministro de concreto.** Se debe producir y suministrar concreto en forma tal que permita una fundición continua del mismo, sin que ninguna porción de concreto fragüe antes que el concreto restante que se está colando, adyacente al mismo. Los métodos de transporte, manejo y colocación del concreto deben minimizar la remanipulación del concreto y prevenir daños a la estructura que se está fundiendo o colando.

**(a) Manejo y medición de los materiales.** La medición y dosificación de los materiales que forman la mezcla de concreto, debe realizarse

en una planta con equipos aprobados que llenen los requisitos de la Especificación 551.14 (c); salvo que en el caso de estructuras pequeñas o de poca importancia, el Delegado Residente lo autorice en otra forma.

**(1) Cemento y puzolanas.** Cuando el cemento o las puzolanas se suministren a granel, su transporte se debe hacer en carros tanque (pipas) apropiados y protegidos adecuadamente contra la humedad ambiental y el viento. Si se les transporta en sacos se le debe cubrir con lonas impermeables o con otros medios que los protejan de la lluvia o de la humedad. Su almacenaje debe hacerse de acuerdo con lo indicado en la Subsección 551.14 (b)(1) y (2).

Salvo en los casos en que se especifique su dosificación por volumen, como se indica en la Especificación 551.14 (c)(2) o cuando se trate de trabajos menores, tanto el cemento como las puzolanas deben ser medidos con equipo de dosificación por masa que satisfaga los requisitos de la Especificación 551.14 (c) (1). Cuando el diseño de la mezcla especifique el uso de cenizas volantes de carbón o de otras puzolanas, éstas pueden ser pesadas en forma acumulativa con el cemento; el cemento y la puzolana se deben pesar en una báscula, con su correspondiente tolva de pesaje, destinada exclusivamente para pesar el cemento y la puzolana por lo que no deberá ser utilizada para otros materiales. El cemento se debe pesar antes que la puzolana y cuando la cantidad de cemento excede el treinta por ciento (30%) de la capacidad total de la báscula, la cantidad de cemento y la cantidad acumulada de cemento más puzolana debe estar comprendida dentro de  $\pm 1\%$  de la masa requerida. Para cargas pequeñas, hasta de un metro cúbico ( $1m^3$ ) como mínimo, la cantidad de cemento y la cantidad acumulada de cemento más puzolana utilizada, no debe ser menor que la cantidad requerida ni mayor que el cuatro por ciento (4%) en exceso. Bajo

circunstancias especiales y previa aprobación del Delegado Residente, el cemento se puede medir en sacos, tomando la masa neta normalizada de cada uno (50 kg, 42.5 kg o 25 kg) según el caso. No se deben utilizar fracciones de saco.

El Contratista debe proporcionar al Delegado Residente, copias de todas las boletas de envío o embarque de las cantidades de cemento suministradas a la obra y cuando le sea requerida, una certificación de que el material cumple con las especificaciones correspondientes.

- (2) Agregados.** Los agregados se deben manejar y almacenar tratando de mantener la uniformidad de su graduación (granulometría) y su grado de humedad y de evitar su segregación y contaminación con materias extrañas.

El almacenamiento de agregados debe cumplir con lo indicado en la Especificación 551.14 (b)(3) y el control de humedad se debe hacer como se indica en la Especificación 551.14 (b)(3) c).

Los agregados deben ser medidos por masa en equipo que cumpla con los requisitos de la Especificación 551.14 (c) (1), salvo cuando, de conformidad con la Especificación 551.14 (c)(2) o con las Disposiciones Especiales o cuando se trate de trabajos menores, se estipule su medición por volumen. Las masas de las cargas deben corresponder a la masa de los materiales secos más la masa total de la humedad (tanto absorbida como superficial), contenida en el agregado. La masa del volumen de agregado empleado en una carga dada de concreto, indicado por la báscula, debe estar dentro de una tolerancia de  $\pm 2\%$  de la masa obtenida, cuando el agregado se pesa en tolvas de pesaje individual. Cuando se empleen tolvas de pesaje acumulativo, el peso acumulado después de cada pesada sucesiva, debe estar dentro de una tolerancia de  $\pm 1\%$  de la cantidad acumulada requerida, cuando

la báscula se utilice por encima del 30% de su capacidad. Para masas acumuladas menores que el 30% de la capacidad de la báscula, la tolerancia debe ser de  $\pm 0.3\%$  de dicha capacidad, o de  $\pm 3\%$  de la masa acumulada requerida tomando el valor que sea menor.

Los agregados deben ser ensayados y aceptados por el Delegado Residente antes de su utilización, como se indica en la Especificación 551.04 (b) y (c).

- (3) Agua de mezcla.** El agua de mezcla comprende el agua agregada a la carga o bachada, directa o indirectamente, y el agua presente en los agregados como humedad superficial; el agua agregada directamente se debe medir por masa o por volumen, con una exactitud de  $\pm 1\%$  del total de agua de mezcla requerida. En el caso de mezcladoras de camión, cualquier cantidad de agua de lavado, retenida en el tambor de mezclado, debe ser medida exactamente antes de colocar la siguiente carga de concreto. Si esto fuera impráctico o imposible de realizar, el agua de lavado retenida debe ser eliminada antes de preparar la carga siguiente.

El agua total, incluyendo el agua de lavado si la hubiere, se debe medir o pesar con una exactitud de  $\pm 1\%$  (ASTM C94 9.3) de la cantidad total especificada.

El agua a emplear debe ser aprobada previamente por el Delegado Residente como se indica en la Especificación 551.04 (d).

- (4) Aditivos.** Los aditivos se deben almacenar tal como se indica en la Especificación 551.14 (b) (4). Los aditivos u otros materiales adicionados en polvo, se deben medir por masa. Los aditivos en pasta o líquidos se pueden medir por masa o por volumen. La exactitud de la operación de pesado de los aditivos debe estar comprendida entre  $\pm 3\%$  de la masa requerida. Las mediciones volumétricas deben tener una exactitud de  $\pm$

3% de la cantidad total requerida, o bien una exactitud comprendida entre más o menos el volumen de la dosificación requerida para un saco de cemento, tomando el valor que sea mayor.

Los aditivos deben ser del tipo y calidad aprobados y deben utilizarse en las cantidades autorizadas previamente por el Delegado Residente, de acuerdo con la Especificación 551.05.

**Tabla 551-16**  
**Tolerancias para mediciones de masas y volúmenes de materiales**

Material	Masa de carga, mayor que el 30% de la capacidad de la báscula.		Masa de carga, menor que el 30% de la capacidad de la báscula.	
	Dosificación por cargas individuales	Dosificación acumulada	Dosificación por cargas individuales	Dosificación acumulada
Cemento y otros materiales cementantes en masa. <sup>(1)</sup>	± 1%	± 1%	0 ± 4%	0 ± 4%
Agua por volumen o masa	± 1%	No recomendada	± 1%	No recomendada
Agregados en masa	± 2%	± 1%	± 2%	± 0.3% de la capacidad de la báscula o ± 3% de la masa acumulada requerida, el que sea menor.
Aditivos por masa	± 3%	No recomendado	± 3%	No recomendado

<sup>(1)</sup> Cenizas volantes, puzolanas, escoria de alto horno, humo de sílice, etc.

**(5) Medición continua de los materiales por volumen.** Las tolerancias señaladas en la Especificación 551.15 (a) (1)(2)(3) y (4) son también aplicables a las dosificaciones continuas por volumen, para lo cual se debe establecer en cada caso, la relación volumen/masa correspondiente, mediante la calibración de los dispositivos de medición del equipo de dosificación, como se indica en la Especificación 551.14 (e) y en la norma ASTM C 685. Se exceptúa el caso de trabajos menores, en el que se debe aplicar lo estipulado en la Especificación 551.15 (a)(6).

En la Tabla 551-16 se presenta un resumen de las tolerancias para mediciones de masas y volúmenes de materiales indicados en las Especificaciones 551.15 (a)(1)(2)(3)(4) y (5).

**(6) Medición y dosificación de los materiales para trabajos menores.** Cuando el volumen de concreto requerido para un trabajo determinado sea pequeño, no sería práctico establecer y mantener una planta dosificadora y mezcladora en el lugar de la construcción; en este caso es preferible el empleo de concreto premezclado o utilizar un equipo móvil de dosificación volumétrica y mezclado continuo, de acuerdo a la Especificación 551.14 (c)(2) y la Especificación 551.14 (e). Si ninguno de éstos estuviere disponible se debe tomar las precauciones necesarias para la medida y dosificación de la mezcla en el lugar de trabajo. Siempre que sea posible, se debe dosificar por masa utilizando una báscula con la capacidad adecuada para pesar cubetas, carretillas, u

otros contenedores y proceder a dosificar por masa. Se puede también, efectuar la medición inicial por masa, marcando en el contenedor el nivel de masa correcto y continuar dosificando por volumen, llenando el contenedor hasta esta marca. Se debe determinar el contenido de agua, agregados y del agua neta de mezcla, para tomar en cuenta, al hacer la dosificación, el estado real de humedad de los agregados. El cemento puede agregarse por sacos, los que deben ser protegidos de la humedad, pero no se permite el uso de fracciones de saco, a menos que las mismas sean previamente pesadas. Los dispositivos para medir el agua deben ser confiables y la capacidad de la mezcladora a utilizar no debe ser excedida en ningún caso.

**(b) Transporte de las cargas de los materiales ya pesados a la mezcladora.** Cuando las cargas deban ser transportadas de la planta dosificadora a la mezcladora (caso de planta dosificadora central y de mezcladoras en el sitio del proyecto), el acarreo de las mismas debe hacerse en depósitos o contenedores sellados de la capacidad adecuada. El cemento a granel puede ser transportado por separado, o pipas entre capas de los agregados grueso y fino. En este último caso y si los agregados están húmedos, las cargas serán rechazadas a menos que el mezclado se realice dentro de los 30 minutos contados a partir del contacto del cemento con los agregados; este tiempo debe ser reducido a 15 minutos en tiempo caluroso. El cemento puede ser transportado también en sacos.

Las cargas deben ser entregadas y descargadas en la mezcladora por separado.

**(c) Mezclado y suministro del concreto.**

**(1) Requisitos generales.** El concreto puede ser producido y suministrado al lugar de la obra por cualesquiera de las siguientes operaciones o sus combinaciones:

- a) Concreto mezclado en planta central estacionaria.** Puede ser transportado al lugar de la obra en una agitadora de camión o en equipo sin agitación aprobado previamente por el Delegado Residente.
- b) Concreto mezclado parcialmente en planta central estacionaria y terminado en tránsito (en mezcladoras de camión).**
- c) Concreto mezclado en tránsito o al llegar al proyecto (en mezcladoras de camión).**
- d) Concreto producido en mezcladoras continuas móviles.**
- e) Concreto premezclado proveniente de plantas externas a la obra.**
- f) Concreto mezclado con mezcladora portátil.**
- g) Concreto envasado, mezclado en seco.**

El equipo utilizado deberá llenar los requisitos establecidos en la Especificación 551.14 (d)(e) y (f) y deberá producir o suministrar un concreto que cumpla con todos los requisitos de uniformidad indicados en la Especificación 551.15 (e).

**(2) Concreto mezclado por cargas en mezcladoras estacionarias o de camión.** Se definirá como carga a la cantidad de concreto producido en una sola operación de mezclado, sea manualmente o en una mezcladora de cargas individuales, estacionaria o de camión.

Los materiales deben ser colocados en la mezcladora en tal forma que una parte del agua sea introducida antes que los materiales sólidos (cemento y agregados) y que sustancialmente, la totalidad del agua esté en el tambor al final del primer cuarto del tiempo total de mezcla especificado.

Los aditivos químicos deben ser introducidos a la mezcladora en el mismo punto de la secuencia de mezclado para todas las cargas. Los aditivos líquidos se deben introducir junto con el agua de mezcla o con la arena húmeda; los aditivos secos, mezclados con el cemento u otros materiales secos.

La mezcla se debe iniciar dentro de los treinta (30) minutos después de que el cemento entre en contacto con los agregados. Cuando los agregados estén muy húmedos o existan condiciones que favorezcan el endurecimiento rápido de la mezcla, este tiempo debe reducirse al requerido para producir un concreto de la uniformidad y consistencia especificados.

El contenido de las mezcladoras debe ser totalmente descargado antes de colocar la carga siguiente. El interior del tambor y de la canaleta de descarga se deben conservar libres de acumulaciones de mezclas y se les debe lavar cuidadosamente después de cada turno de fundición de concreto y cuando se interrumpa dichas operaciones por más de una hora.

Las mezcladoras deben ser operadas dentro de los límites de su capacidad y a la velocidad de rotación para las que fueron diseñadas por el fabricante del equipo, con la salvedad de que si el concreto no cumple con los requisitos de uniformidad exigidos en la Especificación 551.15 (e), la velocidad de mezclado debe ser ajustada o el tiempo de mezclado extendido, según lo autorice el Delegado Residente.

El tiempo de mezclado debe medirse a partir del momento en que el cemento, los agregados y el agua, se introduzcan en el tambor hasta el momento en que se inicie la descarga del concreto.

Para mezcladoras estacionarias, la carga de concreto no debe exceder de la

capacidad nominal de mezclado de las mismas, el tiempo de mezclado deberá ser determinado con base en la habilidad de la mezcladora para producir un concreto uniforme, que cumpla con los requisitos establecidos en la Especificación 551.15 (e).

Se deben hacer ensayos previos para establecer el rendimiento de una mezcladora estacionaria, cuando las especificaciones del fabricante no indiquen el tiempo de mezclado más adecuado, este tiempo no deberá ser menor de 1 minuto para mezcladoras con capacidad de 1m<sup>3</sup> o menos. Para mezcladoras con capacidades mayores, este valor mínimo debe ser aumentado en 15 segundos por cada metro cúbico o fracción de capacidad adicional.

El tiempo de mezclado se puede reducir cuando el Contratista demuestre, mediante ensayos de comportamiento y a satisfacción del Delegado Residente, que la mezcladora es capaz de producir, en un tiempo menor, un concreto que cumpla con los requisitos de uniformidad indicados en la Especificación 551.15 (e).

Cuando el mezclado del concreto se efectúe en el camión mezclador, el volumen de la carga de concreto no debe exceder del 63% del volumen total del tambor. Cuando la mezcla del concreto es efectuada en la planta central la carga de concreto no debe exceder del 80% del volumen total del tambor. Los camiones mezcladores y agitadores deben estar equipados con un medidor del número de revoluciones del tambor para facilitar su verificación.

El concreto mezclado en camión debe hacerse entre 70 y 100 revoluciones a la velocidad de mezclado recomendada por el fabricante para producir un concreto de la uniformidad indicada en la Especificación 551.15 (e). Cuando sea necesario incrementar el número de revoluciones de la mezcladora para mantener la uniformidad requerida,

éstas se deben ajustar a la velocidad de agitación recomendada por el fabricante.

La descarga del concreto se debe completar dentro de 1.5 horas o antes que el tambor haya alcanzado 300 revoluciones, los límites indicados se pueden superar si el revenimiento del concreto se logra sin adición de agua a la mezcla. En climas calurosos o bajo condiciones que contribuyan al endurecimiento del concreto el Delegado Residente puede requerir que la descarga de los camiones se efectúe antes de los límites indicados anteriormente.

En el caso del concreto mezclado parcialmente en planta estacionaria y terminado en tránsito, se pueden adicionar 30 rotaciones o más de ser necesario a la velocidad de mezclado hasta alcanzar la uniformidad del concreto requerida. No se agregará agua a la mezcla en ningún tiempo posterior.

**(3) Concreto producido en mezcladora continua.** Las dosificadoras mezcladoras continuas, ya sean estacionarias o de camión, deben tener compartimientos o contenedores separados para todos y cada uno de los distintos materiales requeridos para producir el concreto y la mezcla se debe realizar en forma automática y continua. La dosificación y las velocidades de mezcla y de descarga del flujo de concreto se deben regular por mecanismos apropiados de calibración y ajuste del equipo según se indica en la Especificación 551.14 (e), a efecto de producir un concreto con las características de uniformidad requeridas en la Especificación 551.15 (e).

**(4) Concreto premezclado proveniente de plantas externas al proyecto.** El concreto premezclado proveniente de plantas de proveedores comerciales o del propio Contratista, situadas fuera del sitio de la obra, debe cumplir con todos los requisitos de la Sección 551, que le sean aplicables y

con los específicos indicados en las Normas AASHTO M 157 y COGUANOR NTG 41068.

**(5) Concreto mezclado manualmente.** No se debe emplear concreto mezclado manualmente, salvo cuando se trate de estructuras secundarias, en las que únicamente se requiera un pequeño volumen de concreto y se cuente con una autorización previa y por escrito del Delegado Residente. El concreto mezclado a mano se debe fabricar en cargas no mayores que un cuarto ( $\frac{1}{4}$ ) de metro cúbico, mezcladas sobre una base, plataforma o batea con un fondo firme y liso que no deje escapar el agua. El cemento debe medirse en sacos y los agregados en cajones o recipientes adecuados, conforme la Especificación 551.15 (a) (6). Los agregados gruesos y fino deben ser esparcidos sobre la base o plataforma en 2 capas cuyo espesor sea de 150 mm aproximadamente; sobre estas capas se debe esparcir el cemento en seco y toda la masa debe ser mezclada, también en seco, no menos de 2 veces hasta lograr una apariencia uniforme; luego se debe formar un cono truncado, ahuecado en el centro, al que se debe agregar agua, mezclándola poco a poco y evitando que escurra; la masa de concreto fresco se debe mezclar 3 veces cuando menos, hasta lograr un concreto uniforme de la consistencia requerida y se harán las pruebas correspondientes.

**(6) Concreto empacado mezclado en seco.** Para reparaciones y para estructuras secundarias de pequeño volumen, se podrá utilizar concreto de esta clase, siempre que el Delegado Residente lo autorice previamente y por escrito. Este concreto debe ser de los tipos, y cumplir con los requisitos especificados en la Norma ASTM C 387. Dicho concreto debe alcanzar la resistencia a la compresión especificada a los 28 días, al ser mezclado con la cantidad de agua suficiente, para producir un asentamiento entre 50 y 75 mm (2" a 3").

**(d) Carga, transporte y entrega del concreto.**

El concreto debe ser cargado, transportado, entregado y colocado dentro de un lapso de 1½ hora contado a partir del momento en que se inició el mezclado. Cuando se utilicen mezcladoras o agitadoras de camión, el concreto debe ser descargado antes de que el tambor de la mezcladora haya rotado trescientas (300) revoluciones. El tiempo antes mencionado puede extenderse, cuando se utilicen aditivos que permitan mantener las características del concreto, siendo éstos a propuesta del Contratista y aprobado por el Delegado Residente.

No obstante, los límites indicados pueden ser extendidos, previa autorización del Delegado Residente, cuando los ensayos de campo indiquen que el concreto ha alcanzado un grado de asentamiento que permita su colocación sin necesidad de añadir más agua a la carga.

En climas cálidos y bajo condiciones que favorezcan el endurecimiento rápido del concreto, el Delegado Residente puede ordenar una reducción del tiempo de descarga. Los límites indicados, tambien pueden extenderse cuando se utilicen aditivos retardantes u otros mecanismos como el de enfriamiento del concreto o sus componentes, que garanticen que el concreto se podrá colocar satisfactoriamente en el tiempo previsto y que permitan mantener las características del concreto, a propuesta del Contratista y con la aprobación del Delegado Residente.

En clima frío la temperatura mínima del concreto colado, deberá de cumplir con la Especificación 12.8 Tabla 5 de la norma COGUANOR NTG 41068.

La temperatura máxima del concreto no debe sobrepasar los 32°C a menos que se determine experimentalmente, en el sitio de la obra y a satisfacción del Delegado Residente, la posibilidad de obtener a una temperatura mayor, resultados satisfactorios.

Se prohíbe el reablandamiento del concreto en el sitio del proyecto, agregándole agua por otros medios, salvo cuando se trate de concreto transportado en mezcladoras o agitadoras de camión aprobadas y que para alcanzar el asentamiento especificado, requiera un fluidificante adicional previo a ser descargado en el proyecto. Es necesario humedecer las paredes del tambor y las aletas mezcladoras antes de agregar el aditivo para que este pueda resbalar, de igual manera después de agregarlo humedecer nuevamente para que este pueda ser removido de las paredes y aletas mezcladores e integrarse correctamente en el concreto, el agua agregada no debe alterar la relación A/C. El tambor de mezclado debe rotar 30 revoluciones adicionales o más si fuera necesario, a la velocidad de mezclado, hasta que la uniformidad del concreto sea aceptable. En ningún momento se debe añadir agua a la mezcla.

**(e) Requisitos de uniformidad del concreto fresco recién mezclado.** El concreto fresco, o recién mezclado, debe ser despachado al sitio del proyecto bajo la forma de una masa bien mezclada y uniforme y descargado con un grado de uniformidad que cumpla con los requisitos indicados en la Tabla 551-17. Además, para su aceptación el concreto fresco deberá cumplir con los requisitos de manejabilidad y consistencia indicados en la Especificación 551.15 (f).

Los requisitos de uniformidad establecidos para el concreto servirán específicamente, como base para la evaluación y aprobación del equipo para mezclado del concreto, como se expone en la Especificación 551.14 (d) y (e), y del equipo de transporte del concreto, según la Especificación 551.14 (f), hasta su lugar de descarga en la obra, así como para regular la operación de dicho equipo (tiempo de mezclado, velocidad de mezclado, tiempo máximo de transporte, volumen de cargas, tiempo límite para la descarga y colocación del concreto, etc.), todo de acuerdo a la Especificación 551.15 (c) y (d).

**Tabla 551-17**  
**Requisitos de uniformidad del concreto fresco recién mezclado**

Determinaciones	Diferencia máxima permitida entre los resultados de muestras tomadas en puntos separados de una misma carga de concreto (1)	Especificaciones aplicables
1. Masa unitaria libre de aire, en kg/m <sup>3</sup> (lb./p <sup>3</sup> )	16 (1.0)	AASHTO M 157 COGUANOR NTG 41068
2. Contenido de aire, en porcentaje de volumen del concreto.	1.0	AASHTO T 152 COGUANOR NTG 41017h7
3. Asentamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si el asentamiento promedio es de 100 mm (4 pulg) o menos, en mm (pulg)</li> <li>• Si el asentamiento promedio es de 101 mm a 150 mm (4 a 6 pulg), en mm (pulg)</li> </ul>	25 (1.0)  38 (1.5)	AASHTO T119 COGUANOR NTG 41017h4
4. Contenido de agregado grueso, porción en masa de cada muestra retenida en tamiz de 4.75 mm (No.4) en porcentaje.	6.0	AASHTO M 43 AASHTO T 27 COGUANOR NTG 41068
5. Masa unitaria del mortero libre del aire, en porcentaje con respecto al promedio de todas las muestras comparativas ensayadas.	1.6	AASHTO M 157 COGUANOR NTG 41068 AASHTO T 121
6. Promedio de la resistencia a la compresión a 7 días, para cada muestra, en porcentaje con respecto a la resistencia de todos los especímenes de ensayo comparativos <sup>(2)</sup>	7.5 <sup>(3)</sup>	AASHTO T 22 COGUANOR NTG 41017h1

<sup>(1)</sup> Las determinaciones para establecer las diferencias indicadas en la presente tabla, se deberán hacer sobre muestras individuales tomadas después de la descarga de aproximadamente el 15% y el 85% de la carga, de acuerdo con COGUANOR NTG 41068 y en relación con los procedimientos de muestreo para los ensayos del concreto fresco (AASHTO T 141).

<sup>(2)</sup> Se debe moldear y ensayar tres (3) cilindros por cada muestra como mínimo.

<sup>(3)</sup> Se puede aprobar tentativamente la mezcladora o agitadora sujeta a evaluación, pero la aprobación definitiva dependerá de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los siete (7) días.

Las pruebas para la comprobación de la uniformidad del concreto se deben efectuar inicialmente, como base para que el Delegado Residente dé su aprobación al equipo de producción y suministro del concreto y luego con la frecuencia que éste considere necesaria para detectar cualesquiera cambios en las condiciones de dicho equipo, debidas a acumulaciones de concreto o de mortero en el tambor, deterioro o desgaste de las aspas, etc.; cuando surjan dudas con respecto a la uniformidad del concreto o cuando se identifiquen cambios lo suficientemente grandes como para afectar el funcionamiento del equipo de mezclado o transporte. Paralelamente, se debe tomar las medidas correctivas necesarias para el reacondicionamiento o reparación del mismo, o para ambos, para llevar el concreto nuevamente al grado de uniformidad indicado en la Tabla 551-17. Se considera uniforme un concreto que cumple con por lo menos cinco (5) de los requisitos especificados en dicha tabla.

**(f) Requisitos de manejabilidad y consistencia del concreto.**

**(1) Determinación del asentamiento.** Tanto la manejabilidad o trabajabilidad como la consistencia del concreto recién mezclado se debe determinar en el campo y en el laboratorio por medio de ensayos de asentamiento (o revenimiento), efectuados de acuerdo con las Normas COGUANOR NTG 41017h4, AASHTO T 119 o ASTM C 143. El asentamiento debe quedar comprendido dentro de los valores que se especifiquen en los planos o en las Disposiciones Especiales.

Adicionalmente, el concreto debe cumplir con los requisitos de aceptación de la resistencia [Ver Especificación 551.12] y con los de durabilidad o resistencia a condiciones de exposición especiales, [Ver Especificación 551.11 (e)], que le sean aplicables. Cuando en los planos o en las Disposiciones Especiales no se hayan establecido valores para el asentamiento, se utilizarán los indicados en la Tabla 551-18.

**Tabla 551-18**  
**Asentamientos recomendados para concretos vibrados en diversos tipos de construcción <sup>(1)</sup>**

Tipo de estructura	Asentamiento máximo <sup>(1)</sup>		Asentamiento mínimo	
	mm	(pulg)	mm	(pulg)
Muros de cimentación y cimientos de concreto reforzado	75	3	25	1
Estribos, pilas y otras subestructuras	75	3	25	1
Vigas, columnas, muros de concreto reforzado y secciones delgadas reforzadas	100	4	25	1
Concreto reforzado	100	4	25	1
Losas de pavimentos	75	3	25	1
Concreto masivo	75	3	25	1

<sup>(1)</sup> Los valores de esta tabla se podrán incrementar en 25 mm (1") cuando se utilicen otros métodos de consolidación que no sean basados en vibración, por ejemplo: varillado y picado.

Los plastificantes pueden proveer revenimientos mayores.

Adaptada de la Tabla 9-6 de PCA.

Los ensayos de asentamiento AASHTO T 119, ASTM C 143 y COGUANOR NTG 41017h4, los ensayos de contenido de aire AASHTO T 152, ASTM C 231 y COGUANOR NTG 41017 h7, se deben efectuar en el momento en que se descargue el concreto en el proyecto o en el momento en que se coloque, según lo ordene el Delegado Residente, quien debe también, establecer la frecuencia de los ensayos de verificación para fines de control y aceptación. Estos ensayos se deben realizar siempre que se preparen especímenes para los ensayos de resistencia.

Cuando la medida del asentamiento o del contenido de aire esté fuera de los límites especificados, se debe realizar de inmediato otro ensayo de comprobación en una porción diferente de la misma muestra; en caso de que esta segunda muestra también falle, se considerará que el concreto no cumple con los requisitos establecidos en estas Especificaciones.

**(2) Tolerancias para los asentamientos.** A menos que en los planos, en las Especificaciones Técnicas Especiales o en las Disposiciones Especiales se especifiquen otras tolerancias, se deben aplicar las siguientes:

- a)** Cuando en las Especificaciones se indique que los asentamientos deben “ser máximos” o que “no deben exceder de”, no se aplicarán tolerancias para exceder dichos valores. Cuando el asentamiento esté especificado como un rango tampoco se aplicarán tolerancias.
- b)** Cuando en las Especificaciones no se indique que los asentamientos “deben ser máximos” o que “no deben exceder de”, es decir que se señala asentamientos nominales promedio, se deberán aplicar las tolerancias indicadas en la siguiente Tabla.

**Tabla 551-19**  
**Tolerancias para asentamientos normales**

Asentamiento especificado	Tolerancia
50 mm (2 pulg) o menos	± 13 mm (± 0.5 pulg)
Más de 50 mm (2 pulg) hasta 100 mm (4 pulg)	± 25 mm (± 1.0 pulg)
Más de 100 mm (4 pulg)	± 38 mm (± 1.5 pulg)

- c)** El asentamiento del concreto debe mantenerse dentro de las tolerancias especificadas, durante un período de 30 minutos cuando menos, contado a partir del momento en que llegue al sitio de descarga en la obra o de que se efectúe el ajuste inicial con el aditivo fluidificante autorizado para alcanzar el asentamiento especificado. Están exentas del cumplimiento de este requisito, tanto la primera como la última porción de  $\frac{1}{4}$  de metro cúbico de mezcla que se descargue.
- (g) Aceptación del concreto fresco o recién mezclado en el proyecto.** El concreto debe ser entregado en el lugar señalado para su descarga, en el sitio de la obra, mezclado totalmente y con el grado de uniformidad señalado en la Tabla 551-17. No obstante, el incumplimiento de uno o más de los requisitos de uniformidad no será motivo para el rechazo del concreto, siempre que éste cumpla con los otros requisitos que se establecen más adelante.

La identificación de faltas de uniformidad será indicativa de la necesidad de tomar, en relación con el equipo de mezclado o transporte que se esté utilizando, algunas de las medidas correctivas indicadas en la Especificación 551.15 (e), a fin de restablecer la uniformidad especificada.

El concreto fresco debe cumplir con los requisitos de manejabilidad y consistencia expuestas en la Especificación 551.15 (f) y cuando se utilice un aditivo incorporador de aire, con los de contenido de aire que se establece en las Especificaciones 551.11 (d) y 551.11 (e)(1).

No se debe aceptar el concreto que haya desarrollado un fraguado o endurecimiento inicial. Tampoco debe autorizarse el uso de material que se haya desbordado de la mezcladora, o que haya sobrepasado los límites de tiempo para descarga y colocación, establecidos en la Especificación 551.15 (d).

También se debe rechazar el concreto cuyo asentamiento se encuentre fuera de los límites especificados en las Especificaciones 551.15 (f)(2) a) b) y c) o cuya temperatura exceda los límites indicados en la Especificación 551.15 (d).

Todo el concreto fresco rechazado, cualquiera que haya sido la causa, deberá ser retirado del sitio del proyecto y reemplazado por un concreto satisfactorio a costa del Contratista.

**551.16 Medida.** No se hará ninguna medida directa con cargo a esta Sección del concreto estructural colocado. La medida se debe hacer del número de unidades fabricadas, en la forma indicada en las Secciones correspondientes a estructuras, pavimentos u otros tipos de construcciones en las que se utilice este concreto, de acuerdo con estas Especificaciones o con las Disposiciones Especiales.

**551.17 Pago.** No se hará pago directo con cargo a esta Sección. El pago se debe hacer por el número de unidades medidas como se indique en las Secciones correspondientes, en las que se utilice Concreto Estructural y al costo unitario de contrato para el Renglón de que se trate. Dicho costo cubrirá todo lo correspondiente a esta Sección, más lo que se estipule en la Sección en la que se utilice este concreto, de conformidad con lo establecido en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Materiales para fabricar concreto			
Ensayos		Materiales	
Muestreo cemento	AASHTO T 127 NTG 41105	Cementos hidráulicos por desempeño	ASTM C1157 NTG 41095
Muestreo agregados	AASHTO T2 NTG 41009	Cementos hidráulicos mezclados	AASHTO M 240 ASTM C 595 NTG 41095
		Cemento Portland	AASHTO M 85 ASTM C 150
Resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico	AASHTO T 106 NTG 41003 h 4	Terminología del cemento	ASTM C 219 NTG 41001
Gravedad específica y absorción de agregado fino	AASHTO T 84 NTG 41010 h9	Agregado fino para concreto	AASHTO M 6
		Tamaño de Agregados para Construcción de Carreteras y Puentes	AASHTO M 43
Gravedad específica y absorción de agregado grueso	AASHTO T 85 NTG 41010 h8	Agregado grueso para concreto	AASHTO M 80
Masa unitaria volumétrica y vacíos en el agregado	AASHTO T 19 NTG 41010 h2	Agua de mezcla para concreto	Especificación 551.04 (d) AASHTO M 157 4.1.4

Ensayos		Materiales	
Granulometría agregados finos y gruesos	AASHTO T 27 NTG 41010 h1		
Material pasa tamiz 0.075 mm (No. 200)	AASHTO T 11 NTG 41010 h3		
Materia orgánica en agregado fino	AASHTO T 21 NTG 41010 h4		
Efecto materia orgánica en resistencia de los morteros	AASHTO T 71 NTG 41010 h5		
Partículas friables y terrones de arcilla	AASHTO T 112 NTG 41010 h10		
Partículas livianas	AASHTO T 113 NTG 41010 h7		
Partículas planas y alargadas	ASTM D 4791 NTG 41010 h12		
Desgaste o abrasión máquina Los Ángeles			
Agregado grueso menor de 37.5mm (1½")	AASHTO T 96 NTG 41010 h20		
Agregado grueso mayor de 19 mm (¾")	ASTM C 535 NTG 41010 h21		
Estabilidad al sulfato de sodio	AASHTO T 104 NTG 41010 h6		
Analisis de agua	AASHTO M 157 4.1.4. Especificación 551.04 (d)		

Aditivos para concreto			
Ensayos		Materiales	
Ensayos incorporadores o inclusores de aire	AASHTO T 157	Aditivos químicos	AASHTO M 194 NTG 41070
		Aditivos incorporadores de aire para concreto	AASHTO M 154 NTG 41069
Muestreo y Ensayos cloruro de calcio	AASHTO T 143	Cloruro de calcio	AASHTO M 144 ASTM D 98
Ensayos de ceniza volante de carbón y otras puzolanas naturales y artificiales	ASTM C 311 / C 311M	Ceniza volante de carbón y otras puzolanas naturales o artificiales	AASHTO M 295 ASTM C 618

Ensayos de escoria granulada de alto horno	ASTM C 441	Escoria granulada de alto horno	AASHTO M 302 ASTM C 989
		Microsílice	AASHTO M 307 NTG 41046
Ensayos de aditivos expansivos y reductores de contracción	ASTM C 806		
<b>Materiales para juntas</b>			
		Materiales para juntas	Especificación 551.06
<b>Dispositivos de apoyos y soportes</b>			
		Dispositivos de apoyos y soportes	Especificación 561.03
		Soportes elastoméricos para puentes	AASHTO M 251
<b>Materiales para curado</b>			
		Materiales para curado	Especificación 551.08
<b>Adhesivos para concreto</b>			
		Adhesivos para concreto	Especificación 551.09

Recubrimientos protectores		
Ensayos	Materiales	
	Recubrimientos protectores del concreto	Sección 570*
	Uso de sellos protectores del concreto	AASHTO M 224

Diseño o proporcionamiento de mezclas de concreto		
	Reglamento para Concreto estructural	ACI 318 ACI 318 S
	Selección de proporciones para concreto normal, pesado y masivo	ACI 207
	Concreto elaborado mediante dosificación volumétrica y mezcla contínua	AASHTO M 241
	Colocación de concreto en climas cálidos	AASHTO Guía de Especificaciones de Construcción 2020. Sección 808.3 D ACI 305 R
	Concreto premezclado	AASHTO M157
	Tolerancias para concreto y materiales	ACI 117
	Especificaciones para concreto estructural	ACI 301 S
	Código de concreto estructural prefabricado	ACI 319
	Selección de proporciones para concreto normal, pesado y masivo	ACI 211

Evaluación y aceptación del concreto			
Ensayos		Materiales	
Muestreo concreto fresco en el campo	AASHTO T 141 NTG 41057	Guía para la evaluación resultados de ensayos de resistencia en especímenes de concreto	ACI 214 RS
Preparación y curado especímenes de concreto en el campo	AASHTO T 23 NTG 41061		
Masa unitaria y contenido de aire en concreto fresco	AASHTO T 121 NTG 41017 h5		
Contenido aire en concreto fresco (método de presión)	AASHTO T 152 NTG 41017 h7		
Contenido de aire en concreto fresco (método volumétrico)	AASHTO T 196 NTG 41017 h6		
Asentamiento o revenimiento	AASHTO T 119 NTG 41017 h4		
Preparación de especímenes de ensayo en el laboratorio	AASHTO T 126 NTG 41060		
Ensaya compresión cilindros de concreto	AASHTO T 22 NTG 41017 h1		
Ensaya de tracción indirecta en cilindros de concreto	AASHTO T 198 NTG 41017 h6		
Ensaya de resistencia a la flexión en vigas con carga a tercios de la luz	AASHTO T 97 y NTG 41017 h2		

Extracción de núcleos perforados y vigas aserradas de concreto	AASHTO T 24 NTG 41049	
Determinación del número de rebote en concreto endurecido	ASTM C 805 NTG 41017 h11	

Ensayos		Materiales	
Determinación de la Resistencia a la penetración del concreto endurecido	ASTM C 803 NTG 41017 h18		
Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto	ASTM C 597 NTG 41017 h17		
Evaluación de la resistencia de estructuras existentes	ACI 318 Capítulo 20		
Concreto premezclado			
Ensayos concreto premezclado	Ensayos AASHTO M 157 2.1 NTG 41068	Concreto premezclado	AASHTO M 157 NTG 41068

(\*) Se refiere a estas Especificaciones Generales

---

---

**SECCIÓN 552**  
**ACERO DE REFUERZO**

---

---

- 552.01 Definición.
- 552.02 Descripción.
- 552.03 Acero de refuerzo.
- 552.04 Lista de pedidos.
- 552.05 Almacenaje y protección del material.
- 552.06 Doblado de las barras.
- 552.07 Colocación y amarre.
- 552.08 Empalmes.
- 552.09 Sustituciones.
- 552.10 Medida.
- 552.11 Pago.



## 552.01 Definición.

**Acero de refuerzo.** Son las barras, alambre de refuerzo, mallas de barras, mallas de alambre de refuerzo y perfiles estructurales de acero o acero, utilizados como refuerzo del concreto estructural.

**552.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro, almacenaje, transporte y colocación del refuerzo para concreto, de entera conformidad con los planos, estas Especificaciones Generales o las Disposiciones Especiales.

## MATERIALES

**552.03 Acero de refuerzo.** El acero de refuerzo para concreto y el acero estructural y acero que se

utilicen como refuerzo del concreto, deben ajustarse a los requisitos estipulados en las Especificaciones AASHTO, ASTM o COGUANOR NTG. Puede aceptarse el uso de otros tipos de acero de refuerzo, de acuerdo a otras Especificaciones equivalentes cuando así se indique en las Disposiciones Especiales, en este caso, el Contratista debe presentar al Delegado Residente copia traducida al idioma español de dichas Especificaciones, así como los resultados de las pruebas y los certificados de laboratorio pertinentes, con su correspondiente traducción.

El acero de refuerzo debe ser corrugado, excepto para dovelas o pasadores a corte, barras de sujeción y barras No. 2 para estribos, las cuales deben ser lisas.

Tipo de refuerzo	Especificación
<b>(a) Barras corrugadas de acero de refuerzo.</b>	
(1) Barras corrugadas de acero de lingotes grados 300 (40), 420 (60), 520 (75) y 550 (80)	AASHTO M 31, ASTM A 615 o COGUANOR NTG 36011
(2) Barras corrugadas de acero de riel grados 350 (50) y 420 (60)	ASTM A 996
(3) Barras corrugadas de acero de eje grados 300 (40) y 420 (60)	ASTM A 996
(4) Barras corrugadas de acero de baja aleación grados 420 (60) y 550 (80)	ASTM A 706

Nota: Aplicar AASHTO M 31, ASTM A 615 o ASTM A 706 para grados 550(80)

Las barras corrugadas de acero de refuerzo que vayan a soldarse, deben cumplir con el Código de Soldadura Estructural, Sección Acero de Refuerzo (“Structural Welding Code –Steel Reinforcing Bars”) AWS D1.4/D1.4M de la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society). El tipo y ubicación de los empalmes soldados y otras soldaduras requeridas de las barras de refuerzo, deberán indicarse en los planos o en las Disposiciones

Especiales y deben estar sujetas a inspección por un especialista en soldadura calificado, preferentemente se recomienda usar uniones mecánicas.

Las especificaciones para barras de refuerzo, excepto las de baja aleación según norma ASTM A 706, deben complementarse con un certificado que demuestre que el material es apto para cumplir con los procedimientos de soldadura especificados en el código AWS D1.4/D1.4M.

Tipo de refuerzo	Especificación
<b>(b) Otras barras de refuerzo corrugado.</b>	
(1) Barras corrugadas de acero revestidas de zinc (galvanizado)	ASTM A 767
(2) Barras de acero de refuerzo con recubrimiento epóxico	AASHTO M 284, ASTM A 775, ASTM D 3963
Las barras de refuerzo galvanizadas o con recubrimiento epóxico, deben cumplir además con una de las especificaciones indicadas en la Especificación 552.03 (a).	
<b>(c) Alambres y mallas de acero de refuerzo.</b>	
(1) Alambre liso o corrugado de acero para refuerzo	AASHTO M 336 ASTM A 1064 COGUANOR NTG 36018 COGUANOR NTG 36020
(2) Malla engrapada o soldada de barras corrugadas de acero de refuerzo	AASHTO M 54 o ASTM A 184
(3) Malla soldada de alambre corrugado de acero de refuerzo	AASHTO M 221, ASTM A 497 o COGUANOR NTG 36021
(4) Malla soldada de alambre liso de acero de refuerzo	AASHTO M 55, ASTM A 185 o COGUANOR NTG 36019
<b>(d) Alambres y mallas de acero de refuerzo con recubrimiento epóxico.</b>	ASTM A 884
<b>(e) Barras y alambres lisos de acero de refuerzo, para refuerzo en espiral y pasajuntas.</b>	
(1) Barras lisas de acero de refuerzo. Deben cumplir con requisitos de especificaciones indicadas en (a)(1), y (3) para barras lisas.	
(2) Alambre liso o corrugado de acero para refuerzo en espiral.	AASHTO M 336 o ASTM A 1064

Tipo de refuerzo	Especificación
(f) Perfiles estructurales y acero de refuerzo para concreto.	
(1) Perfiles de acero estructural, utilizado junto a barras de refuerzo en elementos compuestos sujetos a compresión, deben ajustarse a las siguientes especificaciones:	
a) Acero estructural al carbono.	ASTM A 36
b) Acero estructural de baja aleación y alta resistencia.	ASTM A 242
c) Aceros de baja aleación de calidad estructural y alta resistencia.	ASTM A 572
d) Acero estructural de alta resistencia y baja aleación, con resistencia a la corrosión con límite de fluencia mínimo de 345 MPa (50 ksi).	ASTM A 588
(2) Tubos de acero de refuerzo para elementos compuestos sujetos a compresión, consistentes en acero llenos de concreto, deben ajustarse a las siguientes especificaciones:	
a) Tubería de acero negra y galvanizada soldada y sin costuras.	ASTM A 53 Grado B
b) Tubería de acero estructural al carbono conformada en frío, soldada	ASTM A 500
c) Tubería de acero estructural al carbono, conformada en caliente, soldada y sin costuras.	ASTM A 501
(g) Pasadores o Dovelas.	AASHTO M 254

Las dovelas deberán cumplir con lo indicado en AASHTO M 254, y estar libres de rebabas o deformaciones que restrinjan su libre movimiento en el concreto. Las dovelas deberán estar recubiertas en toda su longitud con una capa anticorrosiva, si esta capa genera adherencia con el concreto deberá de aplicarse un lubricante del tipo recomendado por el fabricante según el tipo de recubrimiento anticorrosivo.

El Delegado Residente, previo a la autorización de uso de un determinado tipo de dovelas deberá requerir un certificado de calidad del fabricante con indicación del cumplimiento de las especificaciones establecidas en la norma AASHTO M 254, así como del tipo de recubrimiento del material anticorrosivo, y el tipo de material lubricante a usar si éste es requerido.

Deben suministrarse ensamblajes para sostener los pasadores o dovelas con una tolerancia de  $\pm 6$  mm vertical y horizontalmente, durante la colocación del concreto y permitir un movimiento libre de la losa de concreto del pavimento. Estos ensamblajes se fabrican con alambre liso de acero para refuerzo, según la Especificación 552.03 (c) (2), y se recubren con pintura anticorrosiva y lubricantes utilizados para las dovelas.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**552.04 Listas de pedidos.** Antes de cortar el material a los tamaños indicados en los planos, el Contratista debe verificar las listas o planillas de materiales y diagramas de doblado, tal como éstos se muestran en los mismos. Cuando no ocurra así,

las listas o planillas de materiales y los diagramas de doblado deben ser preparadas por el Contratista para la aprobación del Delegado Residente, pero tal aprobación de dichas listas y diagramas, no exime al Contratista de su responsabilidad por la exactitud de las mismas. El Contratista debe elaborar las listas y diagramas del acero de refuerzo e incluir el costo de la elaboración de estas listas y diagramas, en sus costos unitarios de oferta.

**552.05 Almacenaje y protección del material.** El acero de refuerzo debe almacenarse por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros, bloques u otros soportes de madera u otro material adecuado y debe ser protegido contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.

En el caso de acero de refuerzo recubierto con epóxico, se deberán soportar los haces de barras sobre soportes acolchonados. En su levantado y manipuleo, debe evitarse que las barras se doblen o rocen entre sí. Los haces de barras tampoco deben golpearse, ni dejarse caer o arrastrarse. Antes de usarse, deben inspeccionarse las barras, para determinar visualmente defectos del recubrimiento epóxico. Todas las áreas dañadas del revestimiento epóxico deben ser reparadas en obra por el Contratista, con un material de reparación aprobado y que cumpla con la norma ASTM A 775, ASTM D 3963. Las áreas a ser reparadas deben ser limpiadas del recubrimiento dañado, óxido y contaminantes superficiales. La resina de reparación debe ser aplicada prontamente para evitar oxidación. El grosor de la película aplicada debe ser no menor de 200 micrones y el traslape sobre el recubrimiento original, mayor de 50 mm o como se recomiende por el fabricante.

Deben tomarse las medidas necesarias para minimizar el daño al recubrimiento epóxico de las barras ya colocadas. No se permitirán reparaciones en obra a las barras con revestimiento severamente dañados, que son aquellas cuyas superficies dañadas excedan del 5% de la superficie total, en cualquier largo de barra de 50 mm o más. El Contratista deberá remover y reemplazar las barras con revestimientos severamente dañados.

**552.06 Doblado de las barras.** Las barras de refuerzo deben ser trabajadas de acuerdo con normas ACI 318, ACI 315 y el manual ACI SP-66. Las barras que requieran dobleces, deben ser dobladas en frío, a menos que se detalle en otra forma en los planos o Disposiciones Especiales. Los dobleces y cortes deben ser efectuados por obreros competentes utilizando las herramientas y los dispositivos adecuados para tal trabajo. Las barras parcialmente empotradas en el concreto, no deben ser dobladas en obra, a menos que los planos o las disposiciones especiales así lo indiquen, o el Delegado Residente lo autorice. Se podrá usar bajo control de la Supervisora, la aplicación de calor para el doblado de las barras en el lugar de la obra, pero deben adoptarse precauciones para asegurar que las propiedades físicas y mecánicas del acero no sean alteradas sustancialmente. En este caso, la temperatura de calentamiento debe estar entre 590° a 650°C y debe aplicarse de manera de lograr un calentamiento uniforme de la porción de la barra que será doblada en una longitud de barra de por lo menos 5 diámetros de barra a cada lado del centro del doblez. La temperatura de la barra en la interfase del concreto no debe exceder de 260°C. La temperatura de calentamiento se debe mantener hasta terminar el doblado o enderezado de la barra. La operación debe hacerse en ambiente protegido de lluvia, llovizna, corriente de aire u otros efectos que puedan ocasionar cambios bruscos de temperatura. Debe dejarse que las barras dobladas se enfríen lentamente, no se permite el uso de agua, aire u otro medio de enfriamiento aprobado por el Delegado Residente, hasta que la temperatura de la barra sea menor de 315°C.

A menos que los planos lo muestren en otra forma, los dobleces deben hacerse de acuerdo con los requisitos siguientes:

Los estribos de barras número 3 o menor, del grado 300 o menor, y las barras de amarre o sujeción del refuerzo, deben doblarse alrededor de un pasador de un radio no menor del diámetro del estribo o de la barra que esté sujetando.

Los dobleces para las otras barras deberán de cumplir con lo indicado en la norma ACI 318, tendrán radios en el interior de la barra no menores de los indicados a continuación, salvo que se indique de otra forma en los planos y las Disposiciones

Especiales. Además, el inicio del doblez no debe estar más cerca de la superficie de concreto que la distancia del diámetro mínimo del doblez.

Número de la barra	Radio mínimo del doblez interior
3 al 8	6 diámetros de barra
9, 10 y 11	8 diámetros de barra
14 y 18	10 diámetros de barra

El diámetro interior de doblez para estribos y anillos no debe ser menor de 4 diámetros de barra para barras del No.5 y menores. Para barras mayores del No.5, el diámetro de doblez deberá concordar con la tabla anterior.

El diámetro interior de los dobleces en malla soldada de alambre (corrugado o liso) para estribos y anillos no debe ser menor de 4 diámetros de barra para alambre corrugado mayor que D 6 y de 2 diámetros de barra para los demás alambres. El doblez con un diámetro menor de 8 diámetros de barra, no debe estar a menos de 4 diámetros de barra de la intersección soldada más cercana.

Las medidas de los ganchos estándar y demás detalles de dobleces y medidas de las barras de refuerzo no indicados en los planos deben estar de acuerdo con normas, ACI 318 o manual ACI SP-66.

**552.07 Colocación y amarre.** Cuando se coloque en la obra, el acero de refuerzo debe estar libre de suciedad, óxido o escamas sueltas, pintura, grasa, aceite u otras materias extrañas. Además, el refuerzo debe estar libre de defectos como grietas o laminaciones. El óxido e irregularidades superficiales, no serán causa de rechazo, siempre que las dimensiones mínimas, área de la sección transversal y propiedades a tracción o tensión de una muestra cepillada a mano con cepillo de alambre reúna los requisitos de tamaño y calidad especificados para dicho acero. Todo el mortero seco debe quitarse del acero. El acero de refuerzo debe estar colocado en el lugar indicado en los

planos y aprobado por el Delegado Residente, antes de principiar a colocar el concreto.

Todo el acero de refuerzo debe colocarse exactamente en las posiciones mostradas en los planos y estar firmemente apoyado antes de la colocación del concreto, dentro de las tolerancias permisibles de ACI 318. El refuerzo de acero en losas de tableros de puentes debe estar dentro de los  $\pm 6$  mm de su localización vertical. Las barras paralelas de una cama o lecho de refuerzo deben espaciarse dentro de los 38 mm de su localización requerida. No se permite acumular variaciones de espaciamiento y el promedio de cualesquiera dos espacios contiguos, no debe exceder del espaciamiento requerido. Debe comprobarse el recubrimiento de concreto sobre las camas de refuerzo antes de colocar el concreto. El recubrimiento libre mínimo debe ser de 50 mm a menos que los planos indiquen otro espesor. Para otros recubrimientos mínimos permitidos, ver lo indicado en la Sección 554.

En elementos en compresión, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de 1.5 diámetros de barra ni de 40 mm. Esta limitación de la distancia libre entre barras debe aplicarse también a la distancia libre entre un traslape de contacto y los traslapos o barras adyacentes.

En muros y losas, exceptuando las nervadas, la separación del refuerzo principal a flexión no debe ser mayor de 3 veces el espesor del muro o losa, ni de 450 mm.

Cuando sea necesario mover el refuerzo más allá de las tolerancias de colocación a fin de evitar interferencia con otro refuerzo, ductos o elementos ahogados, el arreglo del refuerzo resultante debe ser aprobado previamente con el Delegado Residente.

Se pueden colocar grupos de barras de refuerzo paralelas en contacto entre sí, formando paquetes o manojos que actúen como una unidad, pero el número de barras en cada manjo no debe exceder de 4 barras. En vigas no deben usarse manojos de barras mayores del No. 11. Los manojos pueden utilizarse solamente cuando se usen estribos o anillos

que los confinen, a intervalos que no excedan de 2 m. Las barras en un paquete o manojo deben ser de un mismo diámetro. Cuando las limitaciones de espacio estén basadas en el tamaño de las barras de refuerzo, los manojos de barras deben considerarse como una barra individual de área equivalente a la de las barras que constituyen el manojo.

Si el refuerzo de malla se suministra en rollos para uso en superficies planas, la malla debe enderezarse en láminas planas antes de colocarse.

Las barras deben amarrarse en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de 300 mm, en el cual se amarrarán las intersecciones alternas.

El alambre usado para amarre debe tener un diámetro de 1.5875 a 2.0320 mm (0.0625 a 0.0800 pulgadas), o calibre equivalente. No se permite el soldado de las intersecciones de barras de refuerzo.

Además, la posición del refuerzo dentro de las formaletas debe mantenerse por medio de tirantes, bloques, ataduras, silletas y otros soportes aprobados de acuerdo con el Manual de Standard Practice of the Reinforcing Steel Institute (CRSI). No es permitido el uso de guijarros, pedazos de piedra o ladrillos quebrados, tubería de metal o bloques de madera. Los bloques deben ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Las silletas pueden ser de plástico o de metal. Las de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto, deben ser protegidas con plástico o bien de acero inoxidable. El acero inoxidable debe cumplir con norma ASTM A 493 tipo 430. Para refuerzo recubierto con epóxico deben usarse soportes de alambre de refuerzo recubiertos con material dieléctrico, incluyendo epóxico u otro polímero. Para refuerzo recubierto con zinc (galvanizado) deben usarse soportes de alambre galvanizado o de alambre para refuerzo recubierto con material dieléctrico. Las camas de las barras deben separarse por bloques de mortero de cemento u otros dispositivos igualmente adecuados, espaciados a no más de 1.2 m transversal o longitudinalmente. Los soportes de las barras no deben usarse para

soporte directo o indirecto de tráfico de carretillas o peatonal en la obra.

**552.08 Empalmes.** El empalme de las barras, salvo donde lo indiquen los planos, no será permitido sin la aprobación escrita del Delegado Residente. Los empalmes en tensión deben localizarse alejados de los puntos de momento máximo y de las zonas de altos esfuerzos de tensión, de acuerdo al diseño y basado en el ACI 318.

Las longitudes de traslape en tensión y compresión serán las que se indiquen en los planos y deben basarse en las longitudes de desarrollo del refuerzo y cumplir con los demás requisitos de espaciamientos y escalonamientos requeridos en ACI 318.

Los empalmes traslapados no deben usarse para barras mayores del No.11, salvo en caso de columnas sujetas a compresión, en que las barras pueden unirse a las zapatas con espigas como se indique en los planos, y de acuerdo a los requisitos del Reglamento ACI 318.

Las barras en un manojo deben terminar en puntos diferentes escalonados, por lo menos 40 diámetros de barra, salvo el caso en que todas las barras terminen en un apoyo o soporte.

Los empalmes traslapados de manojos de barras, deben basarse en la longitud de traslape requerida por una barra individual del mismo tamaño que las barras empalmadas y tales empalmes de cada barra, en cada manojo no deben coincidir entre sí. La longitud del traslape en los manojos debe aumentarse de acuerdo a lo que señala el Reglamento ACI 318, pero en todo caso el aumento será no menor de 20% para manojos de 3 barras y de 33% para manojos de 4 barras.

En los empalmes de traslape, las barras deben colocarse en contacto entre sí y amarrarse con alambre, de tal manera que mantengan la alineación de las mismas y su espaciamiento, dentro de las distancias libres mínimas especificadas, con relación a las demás barras y a las superficies del concreto.

Las longitudes de desarrollo y empalmes se deben realizar de conformidad con la Sección 5.10.8 de las Especificaciones AASHTO LRFD.

Como alternativa a los empalmes traslapados, se podrán efectuar empalmes soldados u otras uniones mecánicas aprobadas, si así se detalla en los planos o Disposiciones Especiales o lo autoriza por escrito el Delegado Residente. Las juntas soldadas deben ser biseladas a penetración completa y deben desarrollar en tensión por lo menos un 125 % de la resistencia a la fluencia especificada para la barra a unirse. Las juntas soldadas deben realizarse y cumplir con los requisitos de normas ANSI/AWS. Los soldadores y los procedimientos deben ser precalificados de acuerdo con los requisitos de la AWS y las juntas soldadas deben ser revisadas radiográficamente o por otro método no destructivo, aprobado por el ingeniero.

Se pueden utilizar como anclajes los dispositivos capaces de desarrollar la resistencia del acero de refuerzo sin dañar el concreto circundante. El desempeño de los anclajes mecánicos debe ser verificado mediante ensayos de laboratorio. El desarrollo del acero de refuerzo puede consistir en una combinación de anclajes mecánicos y de una longitud embebida adicional del acero de refuerzo entre el punto de esfuerzo máximo en la barra y el anclaje mecánico. Para utilizar anclajes mecánicos, previamente se deberá solicitar la autorización del Delegado Residente presentando los detalles completos de sus características, especificaciones y localización propuesta.

Las uniones o conexiones mecánicas deben desarrollar en tensión o compresión, según se requiera, por lo menos un 125 % de la resistencia a la fluencia especificada de las barras a unirse.

Las mallas de alambre soldado de refuerzo, deben traslaparse unas con otras, lo suficiente para mantener una resistencia uniforme y deben amarrarse debidamente en los extremos y bordes. El traslape en las mallas de alambre liso, no debe ser menor del espaciamiento de los alambres transversales de la malla, en la dirección del traslape, más 50 mm, pero no menor que 1.5 la longitud de

desarrollo calculada conforme ACI 318, ni menor de 150 mm. En las mallas de alambre corrugado, el traslape no debe ser menor de 1.3 la longitud de desarrollo calculada conforme ACI 318 ni menor de 200 mm.

Las barras de refuerzo de las mallas deben empalmarse conforme los requisitos para barras individuales y de conformidad como se indica a continuación.

**552.09 Sustituciones.** La sustitución de las diferentes secciones de refuerzo se permitirá solamente con autorización específica del Delegado Residente previo a la colocación del acero de refuerzo. La solicitud de sustitución de las secciones del refuerzo deberá incluir la documentación de respaldo que corresponda. El acero sustituyente debe tener un área y perímetro equivalente o mayores que el área y perímetro de diseño.

**552.10 Medida.** La medida se debe hacer del número de kilogramos, con aproximación de dos decimales, de Acero de Refuerzo, satisfactoriamente suministrados e incorporados a la obra para estructuras de concreto, para esta medición se deben usar las planillas y diagramas de construcción aprobadas por el Delegado Residente complementadas con los diagramas incluidos en los planos.

En los empalmes que no sean los indicados en los planos, no se medirá el acero extra requerido para el traslape de dichos empalmes.

Se exceptúa el acero de refuerzo específicamente estipulado para pago en otros renglones de contrato.

No se hará medida de la masa de las abrazaderas, alambre de amarre, separadores, silletas de alambre y otro material usado para sostener el refuerzo en su puesto. Si se sustituyen barras a solicitud del Contratista y como resultado se usa más acero del que se ha especificado, no se medirá la cantidad adicional.

La medida para barras se basará en la masa (peso) computado para los tamaños y longitudes de barras, usando las masas unitarias siguientes:

Masa/unidad de longitud	Designación de barras No.											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	18
kg/m	0.249	0.560	0.994	1.552	2.235	3.042	3.973	5.060	6.403	7.906	11.384	20.238
lb/pie	0.167	0.376	0.668	1.043	1.502	2.044	2.670	3.400	4.303	5.313	7.650	13.600

Los números de designación de barra, son iguales al número de octavos de pulgada del diámetro nominal de las barras respectivas.

La medida para malla de alambre será el producto del área en metros cuadrados de la malla efectivamente incorporada y aceptada en la obra, por la masa real en kilogramos por metro cuadrado, excepto que se indique de otra manera en las Disposiciones Especiales y Documentos de Oferta.

**552.11 Pago.** El pago se debe hacer con base en la medida efectuada como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo especificado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Materiales		Ensayos	
Barras corrugadas de acero de lingote grados 300 (40) 420 (60) y 520 (75)	AASHTO M 31 ASTM A 615	Tensión y alargamiento	AASHTO T 244 AASHTO M 31 ASTM A 370
		Doblado	AASHTO T 285 AASHTO M 31
Barras corrugadas de acero de riel grados 350(50) y 420 (60)	AASHTO M 42 ASTM A 996	Tensión y alargamiento	AASHTO T 244 AASHTO M 42 ASTM A 370
		Doblado	AASHTO T 285 AASHTO M 42
Barras corrugadas de acero de eje grados 300 (40) y 420 (60)	AASHTO M 53 ASTM A 617	Tensión y alargamiento	AASHTO T 244 AASHTO M 53 ASTM A 370
		Doblado	AASHTO T 285 AASHTO M 53
Barras corrugadas de acero de baja aleación grados 300(40) y 420(60)	ASTM A 767	Tensión y alargamiento	AASHTO T 244 ASTM A 370 ASTM A 706
		Doblado	AASHTO T 285 ASTM A 706
Barras corrugadas de acero galvanizado	ASTM A 767	Tensión y alargamiento	AASHTO T 244 ASTM A 370
		Doblado	AASHTO T 285
		Recubrimiento galvanizado	AASHTO M 111 AASHTO T 65
Barras de acero de refuerzo con recubrimiento epóxico	ASTM D 3963 ASTM A 775	Tensión y alargamiento	AASHTO T 244 ASTM A 370
		Doblado	AASHTO T 285
		Recubrimiento epóxico	ASTM D 3963
Barras lisas de acero de lingote grados 300 (40) y 420 (60)	AASHTO M 311	Tensión y alargamiento	AASHTO T 244 ASTM A 370 AASHTO M 31
		Doblado	AASHTO M 31
Alambre liso de acero para refuerzo	AASHTO M 366 ASTM A 1064 COGUANOR NTG 36018	Tensión y alargamiento	AASHTO T 244 ASTM A 370 AASHTO M 366
		Doblado	AASHTO M 336

Alambre corrugado de acero para refuerzo	AASHTO M 225 ASTM A 1064 COGUANOR NTG 36020	Tensión y alargamiento	AASHTO T 244 ASTM A 370 AASHTO M 255
		Doblado	AASHTO M 255
Malla engrapada o soldada de barras corrugadas de acero de refuerzo	AASHTO M 54 ASTM A 184	Resistencia conexiones	AASHTO M 54
Malla soldada de alambre liso de acero de refuerzo	AASHTO M 55 ASTM A 185 COGUANOR NTG 36019	Corte de juntas soldadas	AASHTO M 55
Malla soldada de alambre corrugado de acero de refuerzo	AASHTO M 221 ASTM A 497 COGUANOR NTG 30021	Corte en juntas soldadas y dobladas	AASHTO M 221
Acero estructural al carbono	ASTM A 36	Ánálisis químico	AASHTO M 160
Acero estructural de baja aleación y alta resistencia	ASTM A 242	Tensión	AASHTO M 160
Acero de baja aleación de columbio-vanadio de calidad estructural y alta resistencia	ASTM A 572	Impacto	AASHTO M 243
Acero estructural de baja aleación y alta resistencia con límite de fluencia mínimo de 345 MPa (50 ksi)	ASTM A 588	Ánálisis químico	AASHTO M 160
Tubería de acero negra y galvanizada, soldada y sin costuras	ASTM A 53 grado B	Tensión	AASHTO M 160
Tubería de acero estructural al carbono, conformada en frío, soldada sin costuras	ASTM A 500	Impacto	AASHTO T 243
Tubería de acero estructural al carbono, conformada en caliente, soldada y sin costuras	ASTM A 501	Ánálisis químico	AASHTO M 160
Pasadores o pasajuntas	AASHTO M 254	Tensión	AASHTO M 160
		Impacto	AASHTO T 243
		Ánálisis químico	ASTM A 6 ASTM A 751
		Tensión y doblado	ASTM A 370 ASTM A 53
		Recubrimiento galvanizado	ASTM A 90 ASTM A 120

	Análisis químico	ASTM A 6 ASTM A 751
	Tensión y doblado	ASTM A 370 ASTM A 500
	Análisis químico	ASTM A 6 ASTM A 751
	Tensión y doblado	ASTM A 90
	Deflexión, extracción y recubrimiento	AASHTO T 253 AASHTO M 254



---

---

## SECCIÓN 553

### ESTRUCTURAS DE CONCRETO

---

- 553.01 Definición.
- 553.02 Descripción.
- 553.03 Requisitos de los materiales.
- 553.04 Equipo de construcción.
- 553.05 Preparación de la cimentación.
- 553.06 Formaleteado y obra falsa.
- 553.07 Manejo y colocación del concreto.
- 553.08 Secuencia de colocación del concreto.
- 553.09 Concreto depositado bajo el agua.
- 553.10 Juntas.
- 553.11 Áreas de soporte.
- 553.12 Pernos y dispositivos de anclaje.
- 553.13 Agujeros para drenaje y aliviadores.
- 553.14 Tuberías y conductos embebidos en el concreto.
- 553.15 Remoción de las formaletas y de la obra falsa.
- 553.16 Trabajos defectuosos.
- 553.17 Acabado del concreto.
- 553.18 Curado del concreto.
- 553.19 Carga sobre estructuras nuevas.
- 553.20 Recubrimientos protectores del concreto.
- 553.21 Limpieza final.
- 553.22 Medida.
- 553.23 Pago.



### 553.01 Definición.

**Estructuras de concreto.** Son las subestructuras y superestructuras de concreto para puentes; las losas y aceras de concreto para puentes de acero; las estructuras de alcantarillas de concreto, muros de contención, losas de concreto para accesos de puentes y, en general, todas aquellas estructuras de obras viales que se construyan empleando concreto estructural.

**553.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la construcción de las estructuras de concreto requeridas para la obra, de acuerdo con los planos y los detalles indicados en esta Sección, incluyendo la fabricación y suministro del concreto estructural conforme se indica en la Sección 551, y el manejo, colocación, compactación, acabado, curado y protección del concreto colado *in situ*, así como de los elementos prefabricados de concreto requeridos para la obra y que no estén específicamente cubiertos por otras secciones de estas Especificaciones Generales.

## MATERIALES

### 553.03 Requisitos de los materiales.

(a) **Concreto estructural.** Debe ser fabricado y suministrado de acuerdo con lo indicado en la Sección 551 y salvo que se especifique de otra manera en los planos o en las Disposiciones Especiales, en todas las estructuras de concreto simple se debe emplear Concreto Estructural clase 17.5 (2,500) como mínimo y en las estructuras de concreto reforzado, Concreto Estructural clase 28 (4,000) como mínimo.

(b) **Materiales para fabricación del concreto.** Deberán cumplir con los requisitos especificados en las Secciones y numerales siguientes:

(1) Cementos hidráulicos	551.04 (a)
(2) Agregados para concreto	551.04 (b) y (c)
(3) Agua	551.04 (d)
(4) Aditivos	551.05
(c) Planta y equipo para producción de concreto	551.14
(d) Carga, mezclado, transporte y entrega del concreto	551.15 (c) y (d)
(e) Acero de refuerzo	552
(f) Materiales para juntas	551.06
(g) Dispositivos para soporte	551.07 y 561
(h) Materiales para curado	551.08
(i) Recubrimientos protectores del concreto	551.10 y 570

**553.04 Equipo de construcción.** El Contratista debe proveer el equipo necesario, adecuado y de la capacidad requerida para permitir que la fundición o colado máximo previsto se complete monolíticamente y dentro del tiempo estipulado manteniendo la calidad uniforme del producto e incluyendo las medidas de seguridad industrial que se estipulan en la Sección 108 de estas Especificaciones. El equipo propuesto debe ser inspeccionado, ensayado y aprobado previamente por el Delegado Residente.

Todo el equipo debe conservarse limpio y libre de costras de concreto o de mortero endurecido, lavándolo cuidadosamente con chorro de agua después de cada operación, o con más frecuencia si fuere necesario.

- (a) **Equipo de colocación.** Este equipo, consistente en bombas y tuberías, baldes o cumbos, cucharones, tolvas, ductos de descarga, vagonetas, carretillas, canaletas, bandas transportadoras, tremies, etc., debe permitir que el concreto sea colocado sin segregación y pérdida de agua.
- (1) Tanto los baldes o cumbos, movidos normalmente con grúas, como las tolvas y cucharones deben ser del tipo de descarga inferior, de sección circular y terminados en un cono a  $60^{\circ}$  para permitir la descarga adecuada del concreto. Los ductos de descarga deben ser también de sección circular con pendiente de uno (1) vertical a dos (2) horizontal, en secciones de 600 mm a 1 m de largo. Para caídas largas se podrá combinar varios ductos de descarga.
- (2) Las canaletas deben ser de metal o con revestimiento metálico, de sección circular y se les debe utilizar solamente para distancias cortas, preferiblemente de menos de 6 metros. Cuando se requiera distancias mayores, éstas deben cubrirse para minimizar la pérdida de asentamiento y su pendiente debe ser tal que permita que el concreto del asentamiento requerido fluya con la rapidez suficiente para mantener la canaleta limpia, pero no con tanta que produzca segregación. Para mezclas secas se podrá usar pendientes superiores, de uno (1) vertical a dos (2) horizontal. La longitud de la canaleta debe ser tal que la caída libre del concreto al final de la misma no sea mayor de 500 mm.
- (3) En tiempo caluroso, las bandas transportadoras deben ser protegidas adecuadamente para prevenir la evaporación de agua. La segregación en los puntos de descarga debe evitarse efectuándola a través de tolvas o descarga adecuados.
- (4) Las vagonetas manuales y las carretillas de mano, preferiblemente provistas con ruedas de neumáticos, se deben usar para volúmenes pequeños de concreto y distancias cortas y estructuras secundarias. Las vagonetas autopropulsadas se pueden utilizar convenientemente para distancias hasta de 300 m como máximo.
- (5) Las bombas, ya sean de pistón, rotatorias o neumáticas y las plumas para sostén y guía de mangueras y tuberías deben ser previamente aprobadas por el Delegado Residente. Las tuberías, mangueras y accesorios deben tener un diámetro interno mínimo de 100 mm (4 pulgadas).
- (6) Los tremies utilizados para la descarga de concreto bajo el agua, son tubos que tienen su extremo superior en forma de embudo. Usualmente, el diámetro de los tremies es igual a 8 veces el tamaño máximo del agregado empleado, pero no debe ser en ningún caso, inferior a los 250 mm (10 pulgadas). El extremo inferior del tremie debe estar provisto de una válvula o dispositivo de cierre, para sellar temporalmente la boca de descarga cuando el tremie se cargue y se baje a su posición final. El largo de los tremies es variable; si se construyen por secciones, éstas deben tener empalmes de reborde, sellados con empaques a prueba de agua.
- (b) **Equipo de consolidación o compactación.** Los vibradores internos -de inmersión, de superficie o de formaleta- deben ser del tipo y la capacidad adecuados para la compactación del concreto. En lugares estrechos donde el espaciamiento del refuerzo sea muy reducido, deben usarse vibradores más delgados, y en caso extremo que no se pueda usar el vibrador, el vibrado puede ser complementado con apisonado manual. En secciones angostas y muy reforzadas, se puede usar vibradores de formaleta, siempre que el Delegado Residente lo autorice.
- (c) **Equipo para alisado y acabado.** Puede consistir en terminadores autopropulsados para losas de puentes, con maestras o plantillas oscilantes para

el enrasado transversal entre las guías de borde o en rodillos, planchas o mangas terminadoras. Se puede asimismo, emplear equipos portátiles montados en puentes livianos o sobre ruedas tales como: esparcidores, enrasadoras, alisadoras, terminadoras o texturizadoras, del tipo apropiado para que los acabados cumplan con los requisitos y tolerancias previstas en la Especificación 553.17. También incluirá el equipo y los utensilios manuales que sea necesario para el acabado de losas y otros elementos constructivos.

- (d) Equipo para ranurado o texturizado de losas de puentes.** Debe ser de un diseño aprobado y capaz de producir el tipo de ranurado o la textura superficial indicada en los planos o en las Disposiciones Especiales. Ver la Especificación 553.17 (f).

**553.05 Preparación de la cimentación.** Tanto la excavación necesaria para las cimentaciones de estructuras de concreto como su preparación para la cimentación, incluyendo su limpieza, el apuntalamiento cuando sea necesario y el relleno, debe hacerse conforme se estipula en las secciones 205 y 206.

Las cotas de la parte inferior de las cimentaciones, tal como se indique en los planos, se deben considerar como aproximadas y el Delegado Residente con la aprobación del Ingeniero, puede ordenar por escrito, los cambios en las medidas o en las cotas que sean necesarias para asegurar una cimentación satisfactoria.

En el fondo de la cimentación se deberá colocar una capa de concreto Clase 17.5 (2500) con un espesor mínimo de 100 mm, para dejar una superficie plana y a nivel, como plataforma de construcción de los cimientos.

Cuando en opinión del Delegado Residente, la excavación deba llevarse hasta una profundidad mayor que la indicada en los planos, para obtener una cimentación satisfactoria, se deben revisar los planos de los estribos, muros de contención o pilas de acuerdo con alguno de los métodos siguientes:

- (a) Cuando el cambio de cotas sea muy pequeño, la parte superior de la cimentación se debe mantener al nivel que indiquen los planos originales y el espesor del concreto se aumentará hasta obtener una cimentación satisfactoria. Cuando se siga este método, en el caso de estribos, muros de contención o pilas, las barras de refuerzo se deben colocar tal como se muestre en los planos originales. No se debe hacer cambio alguno en la posición de las barras con respecto a la parte superior de la cimentación, a menos que el Delegado Residente, por escrito, lo ordene en otra forma.
- (b) Cuando se necesite un cambio mayor en las cotas, se deben revisar los planos y bajar el nivel de las cimentaciones, aumentando por consiguiente, la altura del vástago hasta obtener una cimentación satisfactoria. El espesor y el ancho de la cimentación se aumentarán, generalmente, por encima de lo indicado en los planos originales. Si se sigue este método, en el caso de estribos, muros de contención o pilas, los distintos tamaños, dimensiones y localización de las barras serán los que se indiquen en los planos revisados.

El Delegado Residente deberá determinar cuál de los métodos anteriores se debe emplear.

Todas las propuestas de cambios mayores de diseño, deberán de ser formulados por especialistas en Geotecnia y en Ingeniería Estructural, las que serán presentadas por el contratista al Delegado Residente, quien las someterá a consideración del Ingeniero para su debida autorización.

Cualquier variación en los renglones de trabajo originalmente contratada, derivado de cambios en las cotas y dimensiones de las cimentaciones mostradas en los planos originales, debe ser resuelta de conformidad con lo indicado en la Sección 110.

**553.06 Formaleteado y obra falsa.** Debe cumplir con lo establecido en la Sección 556.

### 553.07 Manejo y colocación del concreto.

(a) **Requisitos generales.** Todo el concreto debe ser fundido o colado en horas de luz diurna, y su colocación en cualquier parte de la obra, no debe ser iniciada cuando el Delegado Residente considere que no se puede completar en dichas condiciones, a menos que se disponga de un sistema adecuado de iluminación. No se debe colocar concreto antes de que la profundidad y la condición de las cimentaciones (Ver Especificación 553.05), la suficiencia del formaleteado y la obra falsa (Sección 556), la colocación del acero de refuerzo (Sección 552) y las tuberías o conductos que deban quedar dentro del concreto y su colocación (Sección 602), hayan sido debidamente aprobadas por el Delegado Residente.

No se permitirá el empleo de tubería o conductos de aluminio a menos que se les pinte o recubra adecuadamente, para prevenir la reacción concreto-aluminio o la acción electrolítica entre el aluminio y el acero.

Previamente la colocación del concreto, tanto el interior de las formaletas como el acero de refuerzo y los demás elementos que deban quedar dentro de éste, deben estar perfectamente limpios; el aserrín, viruta y otras basuras o materias extrañas deben ser removidas antes de la fundición.

Los elementos de arriostramiento y espaciadores utilizados temporalmente para conservar la forma y la alineación de las formaletas, deben ser removidos cuando el concreto que se esté colocando alcance la altura de los mismos y no deben quedar dentro del concreto.

Las formaletas de madera, las superficies de cimentación, la subrasante y cualesquiera otras superficies que absorban humedad se deben mojar antes de colocar el concreto.

Para el transporte y manejo del concreto -desde su descarga de la mezcladora estacionaria

*in situ* o mezcladoras o agitadoras de camión u otro medio de transporte que lo llevó a la obra, hasta la colocación del mismo en su sitio final- debe emplearse solamente aquellos métodos y equipo que produzcan un mínimo de segregación, separación o pérdida de materiales y de evaporación del agua de la mezcla y que aseguren el suministro de un concreto uniforme y confiable, bajo todas las condiciones y procedimientos de colocación. Ver la Especificación 551.15.

Siempre que sea posible, el concreto debe ser descargado verticalmente dentro de las formaletas, para reducir al mínimo la segregación. Cuando la caída excede de 1.5 metros, el concreto debe depositarse por medios apropiados (tolvas, ductos, baldes, tuberías, cucharones, etc.) aprobados por el Delegado Residente.

Cuando así sea estipulado en las Disposiciones Especiales o cuando el Delegado Residente lo autorice, se pueden utilizar bombas, plumas, tuberías o mangueras adecuadas. Ver la Especificación 553.04 (a).

El equipo debe colocarse en tal forma que las vibraciones producidas por su operación no dañen el concreto fresco recién colocado.

Cuando se haya completado el bombeo, el concreto que permanezca en las tuberías, si ha de ser utilizado, debe ser evacuado en tal forma que no haya segregación ni contaminación del mismo.

El empleo de canaletas se debe reducir a los casos de distancias y caídas cortas indicados en la Especificación 553.04 (a)(2).

El concreto debe ser colocado y consolidado de tal manera que se evite la segregación de los agregados y el desplazamiento del acero de refuerzo.

El concreto debe colocarse lo más cercano a su posición final que sea posible;

no se debe depositar un gran volumen en un punto determinado para luego extenderlo o manipularlo a lo largo de las formaletas, manualmente o con vibradores.

Si la uniformidad o calidad del concreto fresco cuando llegue a su posición final es insatisfactoria, se debe interrumpir, suspender o ajustar el método usado para la colocación hasta que se compruebe que el concreto cumple con los requisitos de uniformidad de la Sección 551.

El concreto debe depositarse en seco y no debe exponerse a la acción del agua, antes de su fraguado final, excepto como se dispone más adelante para el concreto depositado bajo el agua.

Toda fundición o colado debe completarse en una operación continua, sin interrupciones mayores de 45 minutos entre la colocación de porciones contiguas de concreto; cada capa debe ser colocada y consolidada antes de que la precedente haya alcanzado su fraguado inicial, para evitar la formación de una junta de construcción no prevista.

La colocación del concreto se debe regular de manera de que la presión causada por el concreto húmedo no exceda la usada en el diseño de las formaletas.

El concreto se debe colocar en capas horizontales continuas, cuyo espesor no exceda de 300 mm, con excepción de lo establecido en la Especificación 553.07 (d). Cuando por razones de emergencia sea necesario colocar menos de una capa horizontal completa en una sola operación, dicha capa debe terminar en una sección vertical.

Las juntas especificadas o que sea necesario hacer -tanto de construcción como de contracción, expansión o separación- se deben localizar en los lugares indicados en los planos y conformarse, llenarse y sellarse según el caso, de acuerdo con lo indicado en la Especificación 553.10.

Durante e inmediatamente después de la colocación del concreto en las formaletas, éste debe ser consolidado o compactado, preferiblemente con vibradores mecánicos del tipo de inmersión.

La consolidación o compactación por medios manuales será permitida únicamente donde no sea factible usar vibradores. En fundiciones delgadas o angostas, el concreto debe ser consolidado o compactado, preferiblemente con vibradores mecánicos del tipo de inmersión. En las fundiciones delgadas o angostas cuyas formaletas hayan sido especialmente diseñadas para resistir la vibración, se pueden usar vibradores externos de formaleta. Para vibrar secciones delgadas y fuertemente reforzadas, el Contratista debe emplear cabezas de un tamaño que permita la vibración apropiada del concreto, sin dañar o mover el acero de refuerzo, las formaletas o el concreto adyacente ya endurecido. Para vibrar concreto masivo pueden emplearse cabezas de tamaño mayor o vibradores de superficie; las losas y las aceras de concreto simple o con ligero refuerzo, pueden consolidarse con vibradores de superficie tipo regla vibratoria.

La vibración debe tener una frecuencia no menor de 5,000 impulsos por minuto y ser de la intensidad y duración suficientes para producir la plasticidad y la consolidación adecuada del concreto, pero no debe extremarse hasta causar la segregación de los materiales por sobre vibración.

Preferentemente los vibradores deben llenar los requisitos señalados en Tabla 553-1.

**Tabla 553-1**  
**Requisitos de los vibradores de inmersión**

Diámetro cabezal (mm)	Frecuencia (vibraciones/minuto)	Radio de acción (mm)	Usos
19-38	10,000 a 15,000	75 a 125	Concreto plástico y fluido en componentes delgados y en lugares confinados <sup>(1)</sup>
32-64	9,000 a 13,500	125 a 255	Concreto plástico 100-150 mm de asentamiento en muros, columnas, vigas y losas delgadas <sup>(1)</sup>
50-89	8,000 a 12,000	180 a 485	Concreto de menos de 80 mm de asentamiento usado en muros, vigas, columnas, pilas, losas gruesas.

<sup>(1)</sup> Pueden ser usados para complementar el uso de vibradores más grandes en áreas confinadas o muy reforzadas.

Para lograr la compactación de una capa antes de que se deposite la siguiente, sin demorar la descarga, se deben usar vibradores en número suficiente, para consolidar el concreto que se esté recibiendo, dentro de los 15 minutos después de haber sido colocado en las formaletas. Para evitar demoras en el caso de averías, se deberá disponer de un vibrador auxiliar en el sitio de la obra o cerca de él para fundiciones individuales de hasta 50 metros cúbicos y de dos vibradores auxiliares para fundiciones individuales mayores de 50 metros cúbicos.

La vibración se debe aplicar en el punto de descarga y donde haya concreto depositado poco antes. Los vibradores no deben empujarse rápidamente, sino que se les permitirá que se abran camino dentro de la masa de concreto por sí mismos; su retiro se hará lentamente para evitar la formación de cavidades.

Los vibradores deben insertarse verticalmente atravesando la capa que se está consolidando y penetrando algunos centímetros dentro de la capa colocada anteriormente (la que deberá estar aún en estado plástico) a intervalos sistemáticos de tal manera que se logre una compactación adecuada. Los puntos de aplicación deben espaciarse uniformemente, a distancias no mayores que el doble del radio de vibración efectiva de los vibradores indicado en la tabla 553-1.

La vibración debe ser tal que el concreto fluya alrededor del refuerzo y de los elementos que deban quedar embebidos en el concreto, llegando hasta las esquinas de las formaletas.

La vibración no debe ser aplicada directamente 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 vibración; tampoco debe usarse como medio para transportar el concreto a lo largo de las formaletas ni para desplazar el mismo a distancias tales que causen su segregación.

Después de que el concreto haya alcanzado su fraguado inicial, no se debe mover, sacudir o vibrar las formaletas ni provocar esfuerzos o vibraciones en los extremos de las barras de refuerzo que sobresalgan fuera de la fundición, o en el refuerzo contiguo a las zonas recién fundidas, con el fin de obtener un concreto debidamente compactado, carente de cavidades, burbujas y similares. En las esquinas y puntos muy reforzados o en secciones muy angostas donde sea difícil obtener una vibración adecuada, la vibración debe ser complementada por la compactación manual que sea necesaria.

En todos aquellos casos en 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, debe procurarse el contacto apropiado entre el concreto y las caras interiores de las formaletas, vibrando éstas últimas. Las vibraciones se producen golpeando las superficies exteriores de las formaletas con mazos de madera o usando vibradores de formaleta apropiados, cuando lo autorice el Delegado Residente.

- (b) Limitaciones para fundiciones en clima cálido o frío.** En climas cálidos, la fundición o vaciado del concreto puede ser limitada por la temperatura del concreto en el momento de la colocación del mismo. El Contratista debe despachar el concreto a la temperatura más baja posible, sin que ésta exceda los 26°C para concreto que se colocará en superestructuras ni los 32°C para otros elementos (cimientos, pilas, estribos, muros de contención, etc.). Al efecto, el Contratista debe tomar medidas apropiadas como: colocar agregados y otros componentes en la sombra, enfriar los agregados mediante rociado, colocar en sombra o enfriar el equipo de producción y colocación, enfriar superficies que estarán en contacto con la mezcla; brines mojados, rociado con agua finamente pulverizada o nebulización de agua u otros métodos aprobados y enfriar el agua de mezcla por refrigeración o utilizando hielo picado, siempre que el mismo se derrita completamente al terminar el mezclado del concreto.

Cuando la temperatura ambiente, la del concreto, la humedad relativa del aire o el viento sean tales que se produzca una evaporación del agua de la superficie del concreto de 0.5 kg/m<sup>2</sup> o mayor, de acuerdo a la figura 553-1, el Contratista debe tomar las medidas adecuadas para disminuir la evaporación en lo posible o minimizar sus efectos. Tales medidas pueden incluir la colocación de pantallas rompeviento, sombras para el sol, colocación del concreto por la noche o en horas de la madrugada o del atardecer, rociando con agua finamente pulverizada y aplicación pronta de aditivos formadores de membranas de curado. También

se debe reducir la temperatura del concreto como se indicó anteriormente.

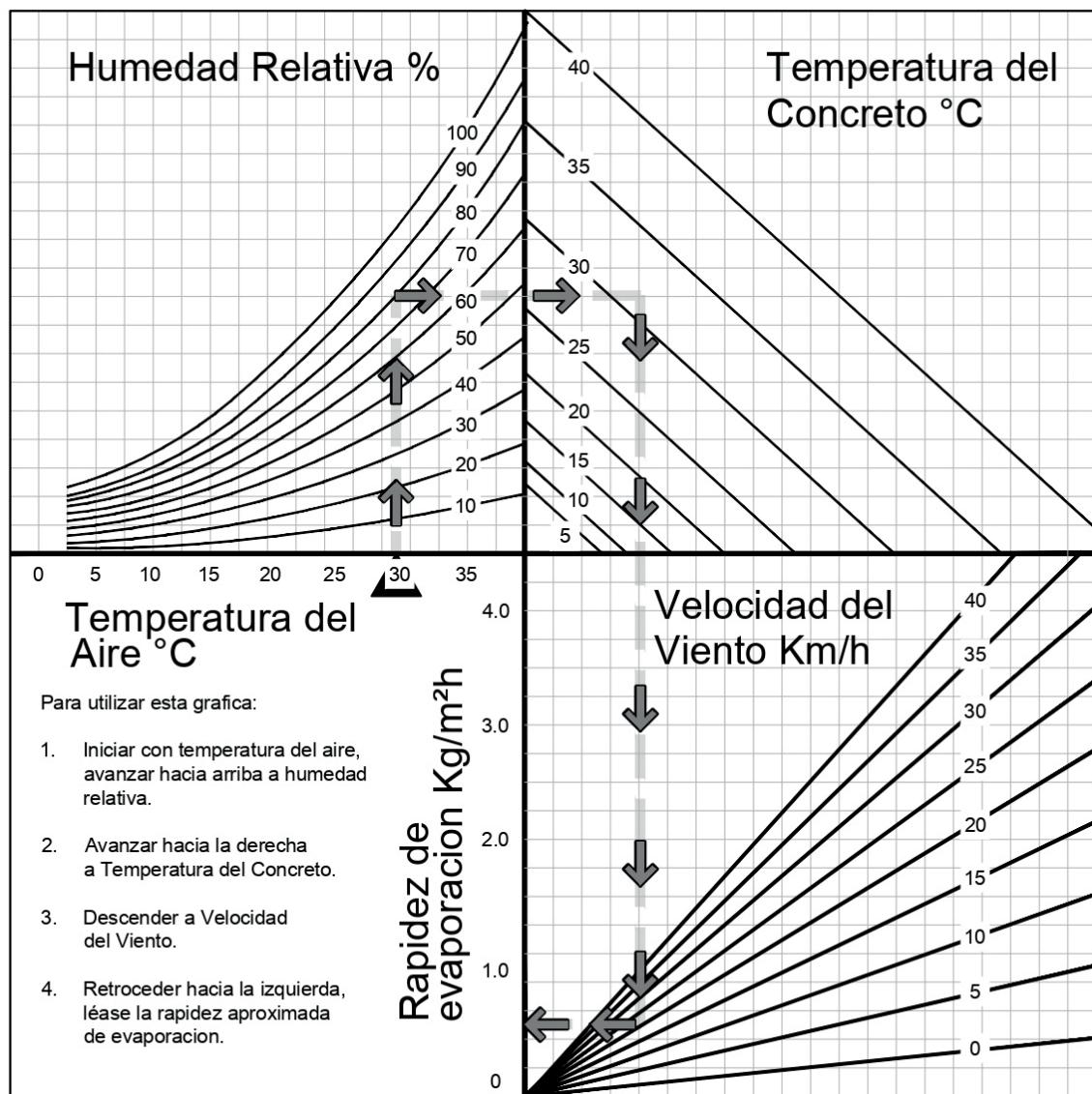
En lugares de clima frío, la temperatura mínima del concreto despachado a la obra debe ser de 16°C cuando vaya a ser colocado en formaletas o encofrados de poco espesor o en losas o placas, y a una temperatura mínima de 10°C cuando vaya a ser colocado en formaletas o encofrados de gran sección transversal o en fundiciones masivas. La temperatura máxima de concretos producidos con agregados calentados previamente con agua caliente o con ambos, no debe exceder de los 32°C.

- (c) Protección del concreto contra la lluvia.** El Contratista debe tomar las precauciones y medidas necesarias para proteger el concreto fresco recién colocado, contra la acción de la lluvia súbita o inesperada, mediante el uso de cubiertas protectoras aprobadas por el Delegado Residente y debe suspender las operaciones de colocación cuando empieza a llover.

Si la lluvia cesare antes de que haya fraguado el concreto, se debe restablecer la textura o acabado superficial dañado por las cubiertas protectoras y aplicar un compuesto de curado adicional al área reparada.

Si el concreto se hubiere endurecido, se debe dejar sin disturbar hasta después del período de curado. Luego se debe restablecer o reparar el acabado superficial en la forma que ordene el Delegado Residente; no obstante, éste podrá ordenar la remoción y reposición de cualquier porción de concreto que considere que ha sido dañada por la lluvia.

**Figura 553-1**  
**Efecto de la temperatura del concreto y el aire, la humedad relativa y la velocidad del viento sobre la rapidez de evaporación de la humedad de la superficie del concreto**



Efecto de la temperatura del concreto y el aire, la humedad relativa y la velocidad del viento sobre la rapidez de evaporación de la humedad de la superficie del concreto. Esta gráfica proporciona un método gráfico para calcular la pérdida de la humedad superficial bajo diversas condiciones atmosféricas. Para utilizar la gráfica, síganse los cuatro pasos arriba descritos. Si la rapidez de la evaporación se aproxima a  $1.0 \text{ kg/m}^2\text{hr}$ , es necesario tomar precauciones en contra del agrietamiento por contracción plástica.

- (d) Protección del concreto contra suelos o aguas agresivas.** El concreto no debe exponerse, durante su colocación o después de la misma, a la acción de aguas o suelos que contengan sales alcalinas, hasta pasado un período de por lo menos 3 días, o de agua salada por un período de por lo menos 7 días. Durante este período, el concreto se debe proteger bombeando el agua perjudicial fuera de las formaletas y ataguías. Estas disposiciones no se aplicarán al concreto depositado bajo el agua.

**553.08 Secuencia de colocación del concreto.** Para cada parte o elemento integral de una estructura, el concreto debe ser monolítico, excepto cuando en los planos se indiquen juntas de construcción y debe fundirse o colarse en forma continua hasta completar el elemento de que se trate sin interrupciones en la colocación y en la consolidación del concreto. Cuando se trate de la construcción de puentes, tanto el método a emplear como el orden de colocación del concreto para los diversos elementos, deben ser indicados claramente en los planos y/o en las Disposiciones Especiales y complementados con los que se especifican a continuación para cada tipo particular de construcción de que se trate.

- (a) Alcantarillas y bóvedas.** En general, la losa o cimentación de base para una alcantarilla rectangular debe ser fundida 24 horas antes de construir el resto de su estructura. En este caso, se deben tomar las medidas adecuadas para la unión de las paredes laterales con la base de la alcantarilla, de preferencia por medio de llaves o anclajes longitudinales previstos para evitar, hasta donde sea posible, la filtración del agua a través de la junta de construcción.

Antes de que el concreto sea colocado en las paredes laterales, la cimentación de las alcantarillas o bóvedas deberá ser limpiada totalmente de aserrín, virutas, basura u otros materiales extraños y su superficie cuidadosamente escarificada o picada y texturizada, de acuerdo con el método para formar juntas de construcción estipulado en estas Especificaciones.

En la construcción de una alcantarilla rectangular, cuya altura sea de 1.50 m o menos, las paredes laterales y la losa superior pueden ser coladas o fundidas en una sola operación continua. Cuando la altura de las paredes laterales esté entre 1.50 m a 5 m, debe dejarse asentar y endurecer el concreto de las mismas por lo menos 30 minutos antes de fundir la losa superior. Para paredes laterales mayores de 5 m de altura, el concreto de las paredes laterales debe dejarse asentar y endurecer por lo menos 12 horas antes de fundir la losa superior. Las juntas de construcción necesarias deben ser verticales y en ángulo recto con respecto al eje de la alcantarilla, y su espaciamiento debe ser el especificado en los planos.

Siempre que sea posible, cada una de las alas se debe construir monolíticamente. Cuando no se pueda evitar juntas de construcción, éstas deben ser horizontales y localizadas en tal forma que ninguna de ellas sea visible en la cara expuesta del ala, por arriba de la superficie del terreno.

- (b) Columnas.** El concreto para columnas debe colocarse en una operación continua, a menos que en los planos o en las Disposiciones Especiales se indique de otra forma. Se debe esperar a que el concreto asiente y endurezca por lo menos 24 horas antes de colocar los cabezales o apoyar sobre ellas las vigas o losas. Tampoco se debe colocar el concreto de la superestructura antes de que las formaletas de las columnas hayan sido removidas, ni antes de que el concreto de la subestructura haya alcanzado la resistencia a la compresión a los 28 días requerida de conformidad con lo indicado en los planos Ver 551.12 (d).

- (c) Pilas o estribos con cabezales de concreto.** En el caso de pilas o estribos con cabezales de concreto, las vigas de acero o de concreto prefabricado no deben ser colocadas sobre los cabezales antes de que éstos tengan, cuando menos 3 días y la masa de la superestructura no debe descansar sobre los cabezales hasta que el concreto de

los mismos haya alcanzado, como mínimo, el 80% de la resistencia requerida a los 28 días. Ver 551.12 (d).

- (d) Vigas principales y vigas de losas o tableros de puentes.** El concreto para las vigas principales debe ser colocado en una sola operación, depositándolo uniformemente, en capas horizontales a todo el largo de la viga. En el caso de vigas simplemente apoyadas, el concreto deberá ser depositado, de preferencia, al centro de la luz y de allí se distribuirá hacia los extremos. Para vigas continuas, cuando así se requiera por razones de diseño, la secuencia de colocación del concreto debe ser la indicada en los planos y/o en las Disposiciones Especiales.

Para vigas acarteladas con ménsulas de menos de 1 metro de alto, el concreto debe ser colocado al mismo tiempo que el vástago o nervio de la viga, debiendo cortarse las columnas, o los cabezales de las pilas o estribos a manera de que formen los apoyos de las cartelas. Cuando las cartelas o ménsulas tengan una profundidad mayor de 1 metro, los cabezales, las ménsulas y las vigas se pueden fundir en tres operaciones sucesivas, fundiendo primero el cabezal hasta la parte inferior de la ménsula, luego la ménsula hasta la parte inferior del nervio o vástago de la viga y luego el resto de la viga.

Para vigas acarteladas continuas con ménsulas, el concreto debe ser colocado en el nervio de la viga (incluyendo la ménsula), hasta su parte superior. Cuando el volumen de fundición sea tal que no sea posible una operación continua, las juntas verticales de construcción deben quedar localizadas dentro de las áreas de inflexión.

El concreto de vigas "T" o vigas de losas o tableros de puentes, debe colocarse en una operación continua, conjuntamente con la losa. Sin embargo, las vigas "T" con luces mayores de 10 metros o peralte mayor de 1.2 metros, pueden ser fundidas en dos operaciones. La primera, la fundición de los nervios y la segunda, la

fundición de la losa por lo menos 5 días después, asegurando la unión entre las vigas y la losa mediante barras de refuerzo de anclaje y llaves de corte indicadas en los planos, manteniendo la superficie áspera o rugosa en la unión.

Cuando se usen vigas prefabricadas, la unión entre las vigas y la losa se efectuará de conformidad con los anclajes o elementos de unión proveídos conforme el diseño y fabricación de los elementos prefabricados.

En vigas de cajón, el concreto puede ser colocado en dos o tres operaciones separadas. En todo caso, se debe fundir primero la losa del fondo, seguido de la fundición de las vigas laterales y posteriormente la fundición de la losa superior, debiendo asegurar la unión entre las losas inferiores y superiores con las vigas laterales mediante barras de refuerzo de anclaje y llaves de corte indicadas, de conformidad con lo que esté indicado en los planos. Las uniones pueden ser hechas en la forma indicada para vigas "T". La losa superior debe fundirse después de por lo menos 5 días de haber fundido las vigas laterales.

- (e) Losas de puentes.** Antes de colocar el concreto para las losas o tableros se debe tener disponibles reglas de enrazar o escantillón manual o enrasadoras mecánicas y las herramientas de acabado aprobadas por el Delegado Residente, para nivelar y dar el acabado a la superficie de la losa, tal como se muestra en los planos.

El concreto, tanto para las losas de puentes como para los diafragmas que los unen a las vigas principales de una superestructura y los rebordes o aceras contiguas, se debe colocar en una sola operación, a menos que en los planos o en las Disposiciones Especiales se especifique otra forma. Cuando la colocación del concreto no se vaya a ejecutar en una sola operación, se deben proveer los anclajes especiales para corte que sean necesarios, para asegurar la unión monolítica entre la viga principal y la losa.

El concreto debe colocarse preferentemente en franjas del espesor total de la losa o como se indique en los planos. El ancho de las franjas debe ser tal que el concreto de una de ellas no alcance su fraguado inicial antes de que se efectúe la fundición de la siguiente. Al efectuar el trabajo, el concreto puede ser bombeado y conducido por tuberías al área de fundición.

(f) **Losas de concreto en puentes de acero.** Cuando se deba colocar losas de concreto en puentes de acero, antes de la colocación se debe retirar los puntales colocados bajo el puente, para que la estructura descance libremente sobre los apoyos. Las vigas secundarias o largueros portantes, se deben arriostrar transversalmente, en forma temporal y a intervalos convenientes a todo su largo. El arriostamiento debe ser continuo bajo la losa de concreto y en el ancho total del puente. El concreto debe ser colocado simétricamente a ambos lados de la línea media del tramo, del centro hacia los extremos o viceversa. De igual forma en estructuras de construcción compuesta, deberán estar colocados los conectores o pasadores de corte que permitan a las vigas de acero trabajar en conjunto con la losa de concreto.

(g) **Colocación de sobrecapas o recapeo de concreto de losas.** Cuando los planos o las Disposiciones Especiales así lo indiquen, se pueden construir sobrecapas o recapeos de concreto sobre losas de puentes. En estos casos, la losa que deba recibir la sobrecapa o el recapeo debe tener una edad de 14 días como mínimo y el concreto de la misma debe haber alcanzado la resistencia especificada.

Antes de fundir el concreto de la sobrecapa, la superficie de la losa debe ser limpiada con chorro de arena o de agua a alta presión, para remover toda la lechada y la suciedad y obtener una superficie limpia y áspera, adecuada para la colocación del concreto de la sobrecapa. Las caras y bordes de sobrecapas fundidas previamente se deben, asimismo, limpiar con chorro de arena o agua a alta presión o picarse para promover su adherencia.

Antes de la colocación de la sobrecapa, el Delegado Residente debe efectuar una inspección de la losa o tablero del puente, que incluya la medida de secciones y espesores y la comprobación del tipo y distribución del acero de refuerzo.

Cuando en los planos se requiera la construcción de juntas por aserrado en losas de puentes, el corte debe hacerse dentro de las 24 horas de edad del concreto y en conformidad con los detalles mostrados en los planos. En ningún caso se debe colocar una junta aserrada a menos de 3 metros de distancia de otra junta transversal.

(h) **Barandales de Puentes.** El concreto para los barandales de puentes se debe colocar después de que se hayan removido los puntales y demás obra falsa y formaletas en toda la luz. En la construcción de soleras y cabezales o coronamientos fundidos en el lugar, se deben tomar precauciones para la colocación, alineamiento y remoción del formaleteado, y se debe tener cuidado especial para no dañar o manchar durante el proceso de fundición y acabado del concreto, los postes prefabricados u otros componentes prefabricados utilizados.

(i) **Arcos.** El concreto para nervaduras de arcos debe ser colocado a manera de que las cargas se distribuyan uniforme y simétricamente, desde el punto central. Las nervaduras pueden ser fundidas en una sola operación o por secciones o tramos transversales, de un tamaño tal que los mismos puedan ser fundidos en una operación continua, en el orden y secuencia indicados en los planos y cuidando de que no se produzcan tensiones en el refuerzo.

Las uniones entre tramos se deben asegurar por medio de llaves conectoras o pasadores de conformidad con el diseño.

**553.09 Concreto depositado bajo el agua.** El concreto no debe ser depositado bajo el agua, a menos que así se haya especificado en los planos o que lo autorice el Delegado Residente. El trabajo se

debe realizar bajo la supervisión directa del Delegado Residente y de acuerdo con las recomendaciones indicadas a continuación.

Siempre que sea posible, las excavaciones para cimentaciones se deben secar por medio de bombas y el concreto se debe colocar en seco al aire libre. Cuando se encuentren condiciones que hagan impracticable el secado del agua de la cimentación, el Delegado Residente, antes de que se inicie la colocación de un concreto, puede autorizar por escrito, la construcción de un sello de concreto de las dimensiones necesarias. La cimentación se debe secar por bombeo, como se indicó anteriormente, y el resto del concreto se debe colocar en seco. Cuando se empleen encofrados con lastre y éste haya sido utilizado para vencer parcialmente la presión hidrostática sobre la parte inferior del sello de la cimentación, se debe disponer de un anclaje especial basado en espigas o llaves, para transferir la masa total del encofrado al sello de la cimentación.

El bombeo para desecar una ataguía o para un encofrado sellado, no debe ser iniciado hasta que el sello haya fraguado lo suficiente para resistir la presión hidrostática. En ningún caso se debe efectuar antes de 72 horas.

Cuando el concreto deba ser depositado bajo el agua, éste debe ser de clase 28 (4,000) como mínimo, con un 10% en exceso del cemento requerido por el diseño de la mezcla. El asentamiento o revenimiento del concreto se debe mantener entre 100 y 200 mm. Dicho concreto debe colocarse cuidadosamente en su lugar, en una masa compacta por medio de tremies o de un cucharón de descarga por el fondo, con una capacidad no menor de un metro cúbico ( $1\text{ m}^3$ ) o por bombeo. Todo el concreto bajo el agua debe depositarse en una fundición continua.

No se debe colocar concreto alguno dentro de corrientes de agua las que deberán ser desviadas del área de trabajo o empleando tablaestacados y formaletas diseñadas para impedir las filtraciones y para retener el concreto bajo el agua los que deben ser impermeables, el nivel de las filtraciones deberá ser reducido mediante el uso de equipo de bombeo. Se

debe poner especial cuidado en evitar la segregación y la consistencia debe regularse cuidadosamente. El concreto debe colocarse en tal forma que se logren superficies aproximadamente horizontales y de que cada capa sea depositada antes de que la precedente haya alcanzado su fraguado inicial, a fin de asegurar la unión adecuada entre ambas.

Cuando se utilicen tremies, deben cumplir con los requisitos estipulados en la 553.04 (a) (6). Los tremies se pueden colocar espaciados a intervalos de 3 a 5 metros o ser movidos por grúa. Normalmente, el área útil a cubrir en cada posición no debe exceder de los 20 metros. Los tremies deben ser soportados en tal forma que puedan ser bajados rápidamente para detener o retardar el flujo de concreto. El extremo de descarga debe estar cerrado al inicio de la fundición y el tubo debe mantenerse todo el tiempo lleno de concreto, para evitar que el agua penetre en el mismo; el extremo inferior debe mantenerse continuamente sumergido en concreto fresco, para evitar que el concreto caiga a través del agua, lo que causaría lavado y disgregación.

El levantado y movimiento del tremie no se debe iniciar antes de que en el extremo de descarga se haya formado un sello de concreto fresco de un espesor suficiente. El levantado del tubo, conforme se vaya colocando el concreto, se debe hacer lentamente para asegurar que no se rompa dicho sello.

Cuando el concreto sea colocado por medio de una tolva o cucharón de descarga por el fondo, la tolva o cucharón se debe bajar gradualmente y con cuidado hasta que descansen sobre el concreto ya colocado y durante el recorrido de descarga se debe levantar muy lentamente. El objeto de esta operación es el mantener, en lo posible, el agua tranquila en el sitio de descarga y evitar que la mezcla se agite.

El concreto bajo el agua puede también ser colocado por bombeo. En este caso, antes de bajar la tubería dentro del agua, el extremo de descarga debe ser cerrado o tapado como se indicó para los tremies. Al igual que para éstos, el extremo de descarga de la tubería debe mantenerse dentro del concreto fresco y ser levantado lentamente a medida que vaya colocando

el concreto. La onda de presión provocada por el bombeo proveerá cierta consolidación y no debe aplicarse otro tipo de consolidación. Las precauciones y el cuidado indicados para la colocación de concreto con tremies son también aplicables al concreto colocado por bombeo.

Sea cual fuere el método empleado, la colocación del concreto debe iniciarse en los puntos más bajos del área a fundir y las superficies donde será colocado deben limpiarse de lodo, plantas acuáticas, u otros materiales que puedan evitar la adherencia o ser perjudiciales al concreto. El concreto debe ser depositado en forma continua hasta alcanzar el nivel requerido y la superficie del concreto debe mantenerse lo mejor nivelada que sea posible. No se debe intentar moverla o consolidarla por otros medios, para no perturbar el concreto ya colocado.

Al completar una fundición o terminar una jornada de trabajo, se debe remover la lechada y demás materiales extraños acumulados en la superficie, ya sea por raspado, picado o por otros medios que no le causen daño alguno.

Se deberá poner especial cuidado en evitar la segregación del concreto y su consistencia debe regularse cuidadosamente. El concreto debe colocarse en tal forma que se logren superficies aproximadamente horizontales y de que cada capa sea depositada antes de que la precedente haya alcanzado su fraguado inicial, a fin de asegurar la unión adecuada entre ambas.

**553.10 Juntas.** Las juntas, cualquiera que sea su tipo y función, deben ser localizadas y construidas en los lugares previstos en los planos y/o en las Disposiciones Especiales, o autorizadas expresamente por el Delegado Residente. Las juntas no indicadas y las de construcción no previstas deben ser localizadas en lugares en los cuales su efecto sobre la resistencia de la estructura sea el mínimo posible.

Los tipos de junta y sus localizaciones, así como su relleno o sellado, deben ser previamente aprobados por el Delegado Residente y cumplir con los requisitos indicados en esta sección.

- (a) **Juntas de construcción.** Son las uniones no monolíticas entre dos fundiciones o coladas sucesivas de concreto, formadas al suspender la fundición precedente del concreto hasta que éste alcance su fraguado inicial. El método y la forma de colocación del concreto se deben regular de tal manera que se evite en lo posible la formación de juntas de construcción en lugares no previstos en los planos. En todo caso, cuando por suspensiones temporales de la fundición que causen el fraguado inicial del concreto, haya que dejar juntas de construcción, se debe procurar que éstas queden localizadas perpendicularmente a las líneas principales de esfuerzo y en zonas de bajo esfuerzo cortante. El tiempo límite de suspensión temporal debe ser fijado por el Delegado Residente, en función de las condiciones ambientales de la obra y del uso de aditivos retardantes en el concreto recién colocado.

Antes de proseguir la fundición, la cara del concreto recién colocado se debe limpiar de lechada, agregado suelto y suciedad, dejando los agregados al descubierto. Luego se le debe saturar de agua, conservándose así hasta recubrir la superficie de la junta con un adhesivo basado en resina epólica u otro específico para este tipo de trabajos y proceder seguidamente a colocar el nuevo concreto. En general, este procedimiento será aplicable a secciones de vigas de cajón prefabricadas, postensadas o no. No se debe aplicar a juntas horizontales entre vigas y losas ni a juntas verticales en losas. Antes de la aplicación de la resina epólica y de acuerdo con las instrucciones del fabricante, la superficie de concreto debe ser limpiada de lechada, suciedad y demás materias extrañas, por cepillado o chorro de arena a presión. Cualquier residuo de aceite o grasa debe ser eliminado por raspado o por lavado con un solvente adecuado. Las superficies deben estar totalmente limpias y secas antes de aplicar la resina epólica, cuidando que las barras de refuerzo no estén en contacto con la resina.

En los casos que se requiera asegurar la unión mecánica entre capas sucesivas y adyacentes de concreto, se debe mantener la continuidad del refuerzo de acero entre capas adyacentes y, cuando así se indique en los planos y/o en las Disposiciones Especiales, se deben formar llaves adecuadas en la parte de arriba de la capa superior fundida al final de cada día de trabajo, o al nivel de interrupción de la fundición. Las llaves deben ser del diseño apropiado y sobresalir por encima del plano de la junta en la forma que se indique en los planos. En vez de llaves de concreto se puede usar espigas o pasadores de acero. El tamaño y espaciamiento de las llaves, espigas o pasadores será el que indiquen los planos. En todo caso, las espigas o pasadores de acero deben ser barras de un diámetro no menor de 12 mm ( $\frac{1}{2}$ ") y un largo no menor de 0.6 metros colocados y espaciados a no más de 0.40 metros.

El concreto de las subestructuras se debe colocar de manera que todas las juntas de construcción por encima de la parte superior de las cimentaciones, sean horizontales y si es posible, localizadas en tal forma que no queden a la vista en la estructura terminada. Se debe tener especial cuidado en evitar las juntas de construcción en los muros de ala formados de paneles o en otras superficies de gran tamaño que deban ser acabadas arquitectónicamente.

Las juntas de construcción, horizontales y verticales en estribos, muros de retención y en partes de las superestructuras, donde por las condiciones prevalecientes puedan producirse filtraciones de agua a través de las mismas, deben de protegerse por medio de selladores o retenedores adecuados como se indica en la Especificación 553.10 (c) y (d).

**(1) Juntas en alcantarillas rectangulares largas.** Las juntas de construcción verticales en alcantarillas rectangulares largas de concreto, serán permitidas a opción del Contratista, con un espaciamiento no menor de 10 metros. Cuando así se requiera, la construcción longitudinal debe ser continua a través de la junta y la junta debe ser vertical.

**(2) Juntas en losas de concreto para puentes.**

Cuando en los planos se requiera o se indique como opcional, que las juntas en losas de concreto sean hechas por medio de un corte con sierra, el corte debe ser hecho de acuerdo con los detalles indicados en los planos, antes de las 24 horas de la colocación del concreto.

**(b) Juntas de contracción y de expansión (llamadas también de control).** Las juntas de contracción o de expansión deben ser construidas en los lugares indicados en los planos o en las Disposiciones Especiales, o autorizadas expresamente por el Delegado Residente. Las caras de las juntas deben quedar planas y lisas y cumplir con los requisitos de alineación y nivelación indicados en los planos.

Las juntas de contracción, en losas de puentes, pueden ser de contacto, formadas por colocación de concreto fresco contra concreto endurecido, o de plano debilitado, formadas por corte de sierra a las distancias, alineación y profundidad indicadas en los planos, dentro de las 24 horas de edad del concreto recién colocado. Pueden formarse también por colocación previa en la formaleta en la posición de la junta de contracción de tiras de poliestireno expandido. El retiro de estas tiras debe hacerse con cuidado para evitar el astillamiento o la rotura de los bordes o esquinas del concreto.

A través de las juntas de construcción o contracción debe haber continuidad del esfuerzo en el acero de la estructura, a menos que en los planos se indique lo contrario. Asimismo, en los casos en que se indique el uso de llaves, pasadores u otros dispositivos de transferencia de cargas, éstos se deben construir y colocar como se indique en los planos.

En los casos en que se requiera discontinuidad entre las porciones adyacentes a la junta, las caras de ésta podrán cubrirse con material bituminoso, o con sellador adecuado que evite la unión entre las mismas. Si se especifica el

uso de rellenos preformados o retenedores de agua, no se requerirá el recubrimiento de las caras con material bituminoso.

- (c) **Relleno y sellado de las juntas.** Las juntas, cualesquiera que sea su función principal, y siempre que así se indique en los planos, deben ser rellenadas o selladas con materiales aprobados, de los tipos indicados en la Especificación 551.06, en la forma que señalen los planos y siguiendo las instrucciones del fabricante de los productos y las indicaciones siguientes.

Antes de proceder a la aplicación de cualquier sellador, se debe verificar que las caras de las juntas estén correctamente alineadas, niveladas y aplanadas. Asimismo, deben estar limpias, secas y libres de materias extrañas.

Cuando se requiera imprimación previa de las caras, el imprimador debe ser del tipo recomendado por el fabricante del sellador y ser aplicado con equipo rociador adecuado. Debe dejarse secar antes de aplicar el sellador.

Los materiales de relleno, cuando así se especifique en los planos, deben ser colocados a la profundidad correcta en el momento de construir la junta si se trata de rellenos premoldeados, ver la Especificación 551.06 (a) y (c), o colocados manualmente o con máquina cuando se trate de rellenos o empaques moldeados *in situ*.

Los selladores para verter en caliente indicados en la Especificación 551.06 (b), se deben colocar dentro del rango de temperatura previsto por el fabricante, debiendo calentarse en recipientes adecuados provistos de agitadores y de medios para aplicar el sellador a presión. Estos selladores son más adecuados para juntas horizontales y en el caso de juntas verticales se debe usar cordón de respaldo o topes, para prevenir el escurrimiento por gravedad del sellador antes de que éste enfríe y se endurezca.

Los selladores para verter en frío indicados en la Especificación 551.06 (b) (5) se deben aplicar a presión, con pistolas de calafatear u

otro equipo apropiado, a modo de colocarlo en tiras uniformes y continuas a todo lo largo de la junta.

Para sellos preformados, de compresión o de tensión-compresión se requerirá de juntas de ancho uniforme con caras rectas y lisas, limpias y libres de desportilladuras y de materias extrañas.

Inmediatamente antes de colocar los sellos premoldeados de compresión, se debe aplicar sobre la junta, a mano o con máquina, una tira de un adhesivo lubricante basado en neopreno u otro material adecuado. Luego se debe insertar el sello preformado a presión, ya sea manualmente o con equipo especial y cuidando que el estiramiento en sentido longitudinal no sobrepase el cinco por ciento (5%).

En el caso de juntas con aberturas mayores de 100 mm se puede utilizar dispositivos para el sellado de juntas, del tipo que se instala como unidad completa antes de la fundición del concreto. En este caso, el diseño y el método de construcción deben ser aprobados previamente por el Delegado Residente.

Los retenedores de agua y empaques premoldeados indicados en la Especificación 551.06 (h), se deben colocar embebiéndolos en el concreto al construir la junta, o pegándolos o anclándolos a una de las caras de la junta antes de fundir el concreto adyacente. También se puede utilizar sellos de bandas elastoméricas premoldeadas, pegados o anclados a las caras de la junta en la superficie expuesta de las estructuras, después de que el concreto haya endurecido. Cuando así se indique en los planos o en las Disposiciones Especiales, las caras de las juntas deben ser protegidas por angulares o piezas preformadas especiales de acero galvanizado, ancladas a dichas caras y a las cuales se adhieran o engrapen los sellos premoldeados.

- (d) **Juntas con sellos metálicos.** Las planchas, angulares u otros perfiles de acero estructural, usados como sellos de plancha o los perfiles de

acero estructural, deben ser conformados en taller para ajustarlos a la sección del elemento de concreto en que se vayan a colocar. La calidad de los materiales debe ser la indicada en la Especificación 551.06 (g).

Cuando se empleen sellos de lámina de acero galvanizado o de zinc, éstos deben ser del tipo indicado en la Especificación 551.06 (f).

Para la colocación de las juntas se debe emplear los métodos apropiados, con el objeto de mantenerlas en su posición correcta durante la colocación del concreto. Las aberturas para las juntas de expansión a temperatura normal, deben ser indicadas en los planos y debe ponerse cuidado para evitar cualquier forma de deterioro de los espacios libres.

**553.11 Áreas de soporte.** El Contratista de la subestructura debe terminar las áreas de soporte a los niveles y cotas mostradas en los planos. Dichas áreas deben tener una superficie terminada plana y uniforme cuya cota no debe variar en más de 3.0 mm con respecto a la cota indicada en los planos.

Cuando haya que proporcionar apoyos deslizantes en los extremos de las losas, largueros y vigas principales, se debe dar un acabado pulido al concreto de la superficie de apoyo.

Los soportes deslizantes son por lo general, fabricados con planchas metálicas o de resinas sintéticas y con almohadillas de fibra preformadas o elastoméricas. También se pueden usar soportes especiales tales como: zapatas articuladas, balancines, rodillos, aisladores sísmicos, apoyos encapsulados tipo POT, etc. de acuerdo con los detalles mostrados en los planos.

Tanto los soportes deslizantes como los soportes especiales y sus materiales deben llenar los requisitos de la Sección 559 y de la Sección 561 y se deben colocar en los extremos de expansión de los elementos estructurales en la posición apropiada para la temperatura registrada durante su montaje.

**553.12 Pernos y dispositivos de anclaje.** Cuando la subestructura y la superestructura sean construidas

por diferentes Contratistas, los pernos u otros dispositivos de anclaje para zapatas, las planchas de soporte o los soportes especiales deben ser fijados por el Contratista de la subestructura, siendo responsabilidad del Contratista de la superestructura, el suministro al primero, de los pernos de anclaje, los planos para la correcta colocación de los mismos y no causar retrasos a éste en el desarrollo de su trabajo.

La localización de los pernos o dispositivos de anclaje, agujeros ranurados, zapatas y las planchas de soporte, deben ser las correspondientes a la temperatura de montaje y se efectuarán de conformidad con los planos correspondientes o las indicaciones del fabricante.

Los pernos o dispositivos de anclaje deben ser previamente aprobados por el Delegado Residente, al que debe proporcionarse una muestra de los mismos, las instrucciones de instalación, los datos técnicos y certificaciones de pruebas realizadas.

Los pernos o dispositivos de anclaje deben ser de acero inoxidable o de acero protegido con un recubrimiento metálico resistente a la corrosión y que no reaccione químicamente con el concreto.

Salvo que en los planos se indique en otra forma, los pernos de anclaje se deben fijar de acuerdo con uno de los métodos siguientes:

(a) **Fijación de pernos o dispositivos de anclaje directamente en el concreto.** Al usar este método, los pernos o dispositivos de anclaje se deben fijar en su lugar exacto cuando se funda el concreto y cualquier inexactitud debe corregirse según se establezca mediante un procedimiento de análisis estructural que garantice la estabilidad de la estructura tanto para las cargas verticales como para las horizontales que puedan ser afectadas bajo las condiciones de la magnitud del evento sísmico considerada en el diseño.

(b) **Fijación de los Pernos en agujeros taladrados o premoldeados a base de resinas sintéticas o aditivos expansivos.** Los agujeros para pernos de

anclaje deben tener cuando menos, un diámetro de 25 mm mayor que el del perno y deben ser taladrados o premoldeados en la localización correcta, perpendiculares al plano del asiento del puente.

Los pernos o dispositivos de anclaje deben ser fijados con mortero de cemento hidráulico, con aditivos expansivos o con compuestos químicos aprobados basados en epóxico, poliéster, viniles u otros adhesivos aprobados, de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes. Las tuercas de sujeción deben apretarse al torque especificado por el fabricante del dispositivo de anclaje.

- (c) **Cargas de prueba para los pernos o dispositivos de anclaje.** El contratista deberá presentar las especificaciones técnicas y el certificado del fabricante así como una muestra representativa de cada tipo de perno o dispositivo de anclaje que deben ser sometidos, previo a su aprobación y en un sitio de la obra que no forme parte del contrato, a una prueba estática de acuerdo a ASTM E 488, para demostrar que el perno o dispositivo de anclaje puede resistir una carga sostenida de tensión directa axial no menor que la capacidad especificada del anclaje por un período de 48 horas con un movimiento que no exceda de 1 mm. Asimismo, al llevarse la carga hasta la falla, el perno o dispositivo de anclaje debe evidenciar una falla dúctil del acero y no una falla de deslizamiento, ni una falla de rotura del concreto, mortero o compuesto de sujeción.

Adicionalmente, durante la construcción y en presencia del Delegado Residente, se debe probar una muestra aleatoria de por lo menos 10% de los anclajes, hasta llevarlos al 90% del esfuerzo cedente del acero.

Si alguno de los anclajes falla, debe colocarse de nuevo el anclaje y repetir la prueba sobre el 100% de los restantes anclajes. Esta carga de prueba puede aplicarse por torque a una tuerca indicadora de la carga aplicada por una carga de tensión directa axial o por otro método aprobado por el Delegado Residente. Después

de pasar la carga de prueba, se debe quitar la carga sobre el anclaje y reapretar éste al torque especificado por el fabricante.

**553.13 Agujeros para drenaje y aliviadores.** Se deben proveer agujeros para drenaje de los rellenos en todos los estribos, muros de retención y alcantarillas que tengan una altura mayor de 1.50 m. A menos que se indique otra dimensión en los planos, los agujeros para drenaje deben tener un diámetro mínimo de 75 mm y quedar separados por una distancia no mayor de 3.00 metros. No se deben proveer agujeros para drenaje dentro de los 60 cm por debajo del área ocupada por la base o por el pavimento.

Los orificios de salida de los agujeros de drenaje para estribos y muros de retención, se deben localizar a la distancia por encima del terreno, que se indique en los planos.

En el caso de alcantarillas, éstos se deben localizar aproximadamente a 150 mm sobre la parte superior de la losa de piso.

El relleno posterior en los estribos, muros de retención y alcantarillas deberán de cumplir como se indica en la Sección 207. Las entradas de los agujeros o drenaje se deben proteger cubriéndolas con geotextiles para subdrenaje según se indica en las Tablas 211-1 y 211-2 para permitir un drenaje libre y prevenir la obstrucción del mismo. En el caso de utilizar tuberías perforadas para mayor absorción, el filtro deberá colocarse en todo su recorrido para evitar obstrucciones.

Los dispositivos de salida, bocas o respiraderos deben colocarse de acuerdo con lo indicado en los planos.

Los moldes para proveer agujeros a través del concreto pueden ser de tubería metálica, tubería de plástico o tubería de concreto.

**553.14 Tuberías y conductos embebidos en el concreto.** Las tuberías y otros conductos que vayan a quedar embebidos dentro del concreto o encajados en el mismo, deben ser colocados con exactitud y firmemente en las posiciones requeridas en los planos.

Al emplear tubería metálica, las superficies expuestas deben ser pintadas conforme lo indicado en la Sección 563. Cuando se requiera soldadura de las mismas se debe aplicar de acuerdo a lo establecido en la Sección 559. La tubería de concreto, de acero, hierro fundido o PVC para drenaje de estructuras, debe ser de la calidad indicada en la Sección 602.

Las tuberías y conductos embebidos dentro del concreto deben ser de tal tamaño y localizadas en tal forma que no afecten la resistencia de la construcción.

**553.15 Remoción de las formaletas y de la obra falsa.** Para la remoción de las formaletas y la obra falsa, se deberá cumplir con todo lo establecido en la Especificación 556.10.

**553.16 Trabajos defectuosos.** Una vez que las formaletas hayan sido removidas, todo trabajo defectuoso que se identifique debe ser reparado por el Contratista a su costa, tan pronto como sea posible y acabado con el tipo de tratamiento que le sea aplicable, según la Especificación 553.17.

Cuando la superficie del concreto muestre deformaciones, irregularidades, ratoneras o marcas de formaleta, y si en opinión del Delegado Residente no pueden ser reparadas satisfactoriamente, toda la sección defectuosa debe ser removida y reemplazada por el Contratista a su costa.

**553.17 Acabado del concreto.** Todas las superficies de concreto deben ser acabadas inmediatamente después del retiro de las formaletas, con un “acabado ordinario de superficie”, excepto en el caso de los barandales, a los que debe darse un “acabado frotado de superficie”. Todo acabado diferente debe ser indicado en los planos o en las Disposiciones Especiales.

Los pisos de losas de puentes que vayan a ser cubiertos con una capa asfáltica deben ser enrasados en forma manual o mecánica tal como se especifica en la Especificación 553.17 (f) (1) o (2) y no deben recibir ningún acabado adicional. Los pisos de losas de puentes que vayan a servir como capa de rodadura, deben recibir un acabado completo, como se establezca en los planos o en las Disposiciones

Especiales de conformidad con lo establecido en la Especificación 553.17 (f). También se podrán utilizar endurecedores de piso cuando así esté establecido en los planos o en las Disposiciones Especiales.

Las aceras deben de tener un acabado de superficie tal como se indica en la Especificación 553.17 (g).

(a) **Acabado ordinario de superficie.** En toda superficie de concreto, la rebaba y los salientes irregulares se deben cincelar al ras de la superficie, inmediatamente después de la remoción de las formaletas, con excepción de aquellos que no vayan a quedar expuestos o que no deban ser impermeables.

Todos los alambres y las barras que sobresalgan se deben cortar cuando menos a 5 mm por debajo de la superficie. Todas las cavidades pequeñas producidas por los separadores metálicos, los amarres, los pernos, las bolsas de aire (ratoneras) o por cualquier otra causa, deben limpiarse cuidadosamente, saturarse con agua y rellenarse con mortero compuesto por una (1) parte de cemento hidráulico por dos (2) de arena, el cual debe ser completamente apisonado en su lugar. El mortero debe ser mezclado 30 minutos antes de usarlo para asentarlo, y no podrá ser usado después de los 30 minutos posteriores.

Se podrá requerir un adhesivo, el que debe ser aprobado previamente por el Delegado Residente. En caso de cavidades grandes, antes de colocar el mortero de relleno se debe aplicar a la cavidad una capa delgada de mortero de cemento puro. Todas las reparaciones se deben mantener húmedas por un período no menor de cinco (5) días y para el relleno de cavidades grandes o profundas se debe incluir agregado grueso en el material de relleno. Las zonas con un exceso de bolsas de aire (ratoneras), son motivo para el rechazo de esa parte de la estructura; en este caso el Contratista debe retirar y reconstruir la parte afectada a su costa.

Todas las juntas de construcción y de expansión en la obra terminada, deben ser cuidadosamente trabajadas mecánicamente y quedar libres de restos de mortero o de concreto.

- (b) **Acabado frotado de superficie.** Tan pronto como se hayan retirado las formaletas y la condición del concreto lo permita, se debe iniciar el alisado, empapando las superficies con agua, usando una pulidora con disco de carborundo de aspereza mediana y esmerilando la superficie hasta formar una pasta. El frotado se continúa hasta que todas las marcas dejadas por las formaletas, los salientes y las irregularidades hayan sido removidas y toda la superficie tenga una textura lisa y de color uniforme. En el proceso anterior no se debe usar ningún baño, lechada de cemento ni enlucido de mortero. La pasta producida por el frotamiento debe extenderse en una capa delgada y uniforme sobre la superficie, dejando que vuelva a fraguar. El acabado final se obtendrá usando un disco de carborundo de grano más fino o con una llana.

Una vez que el frotado final se haya completado y la superficie haya secado completamente, se le debe frotar nuevamente con tela de yute para remover el polvo suelto. La superficie debe quedar libre de parches, pasta, polvo y marcas objetables.

- (c) **Acabado mecánico.** El acabado de este tipo se hará utilizando herramientas apropiadas previamente aprobadas por el Delegado Residente; de preferencia, se deben emplear herramientas neumáticas. No se debe trabajar en el concreto hasta que éste tenga, cuando menos, 14 días de haber sido colocado para evitar que el agregado se separe de la superficie.
- (d) **Acabado con arena a presión.** Toda la superficie del concreto curado debe ser sopleteada con arena de tal calidad que produzca una superficie uniforme en la que el mortero haya sido removido, quedando expuestos los agregados.
- (e) **Acabado con cepillo de alambre.** Tan pronto como las formaletas sean removidas y estando el

concreto aún en estado fresco, la superficie debe ser total y uniformemente cepillada con cepillos de alambre o de fibra, usando una solución de ácido muriático en la proporción de una (1) parte de ácido por cuatro (4) partes de agua, hasta que la película superficial de cemento sea completamente removida y los agregados queden expuestos. La textura debe quedar uniforme, con una apariencia de graduación que vaya desde granito fino hasta conglomerado grueso, dependiendo del tamaño y graduación del agregado empleado.

Cuando con el cepillado se haya obtenido la textura deseada, la superficie debe ser lavada totalmente con agua, a la que se haya agregado una pequeña cantidad de amoníaco para remover el ácido aplicado.

- (f) **Acabado de pisos de losas de puentes.**

- (1) **Enrasado manual.** Antes de fundir el concreto se debe colocar guías de madera o de metal, con la superficie superior ajustada al bombeo y a la alineación requeridos para la vía, en ángulo recto con el eje de la vía o en el caso de puentes en esviaje, con el ángulo de esviaje correspondiente, dejándolas al nivel apropiado. El concreto, después de colocado y compactado, se nivela y enrasa con una plantilla maestra de madera o de metal, desplazándola paralelamente al eje de la vía y apoyándola sobre las guías. No debe permitirse el uso de apoyos intermedios para las maestras o plantillas. La plantilla debe ser de un tipo que permita su ajuste para curvas verticales y para contraflechas y tener la resistencia y la rigidez suficientes para conservar su forma bajo cualesquiera condiciones de trabajo.

La maestra o plantilla debe ser desplazada sobre las guías, con un movimiento de aserrado, conservándola paralela al eje de la vía y desplazándola gradualmente de un lado al otro de la losa, las veces que sea necesario hasta obtener una superficie satisfactoria. Durante todo

el proceso se debe mantener un pequeño exceso de concreto por delante del borde cortante de la plantilla o maestra.

(2) **Enrasado Mecánico.** Para lasos de puentes, lasos superiores de alcantarillas, lasos de acceso y otras lasos de estructuras que sirvan para el tránsito de vehículos, puede utilizarse una máquina de acabado mecánico equipada con llanas o flotadores oscilantes transversales o longitudinales. Debe ajustarse para adaptarse al perfil o sección transversal requeridos del pavimento. Este equipo debe operar sobre rieles de soporte o cabeceras adecuados y colocados en forma tal que el equipo de acabado pueda operar sin interrupción sobre la superficie, cuyo acabado se esté realizando. Los rieles o cabeceras deben ser ajustados según sea necesario para corregir asentamientos o desviaciones imprevistas durante las operaciones de acabado. La máquina de acabado debe recorrer cada zona de la superficie para obtener el perfil y la sección transversal requerida. En todo momento debe mantener un ligero exceso de concreto delante del borde cortante de la llana o flotador. Este exceso se transporta durante todo el trayecto y no debe ser trabajado dentro de la losa, sino que debe ser desecharo.

Asimismo, el exceso de agua, lechada o materiales extraños traídos a la superficie en el curso de las operaciones de acabado, no deben ser trabajados nuevamente en la losa, sino que se deben retirar inmediatamente después que haya aparecido, por medio de rastillos de goma, o por el movimiento del emparejador mecánico desde el centro de la losa hacia los bordes de la misma.

No se permite la adición de agua a la superficie para asistir en las operaciones de acabado.

Al terminar esta operación, la superficie será cotejada con un escantillón o regla de metal de 3 metros operado paralelo a la línea del centro del puente o vía. Ver Especificación 553.17 (f)(4).

La máquina de acabado debe ser probada previo a la colocación del concreto en el área en la que trabajará a efecto de comprobar deflexiones de los rieles, asentamientos, espesores de losa de tablero, alineaciones, recubrimiento de refuerzos, etc., y la operación adecuada del equipo con las correcciones requeridas antes del inicio de la fundición de concreto.

(3) **Alisado.** Despues del enrasado y nivelado indicados, la superficie debe ser uniformizada, alisándola transversal o longitudinalmente, o en ambos sentidos, por medio de una llana o flotador de tipo adecuado. De preferencia, el alisado se debe ejecutar en el sentido longitudinal, excepto en los lugares en los que esta forma no sea factible. El alisado puede ser efectuado manualmente o por máquinas alisadoras que produzcan resultados equivalentes.

Antes de aplicar la llana o flotador, el concreto debe dejarse endurecer lo suficiente para que las huellas de zapato sean apenas visibles. El alisado no se debe iniciar antes de que la brillantez del agua haya desaparecido de la superficie. Debe evitarse el trabajar el concreto en exceso, ya que esto produciría el desplazamiento de finos y agua hacia la superficie, el que ocasionaría defectos en la misma.

a) **Alisado longitudinal.** La llana o flotador de tipo longitudinal, operado desde un andamio, debe ser aplicado con un movimiento de aserrado, conservándolo en posición paralela al eje de la vía y desplazándolo gradualmente de un lado al otro del pavimento. La llana o flotador

- debe moverse hacia adelante, la mitad de su longitud y la operación se repite hacia atrás.
- b) **Alisado transversal.** La llana o flotador transversal debe ser operado a lo ancho del pavimento, principiando en uno de sus bordes, moviéndolo gradualmente hasta el centro y regresándolo de nuevo al borde. El flotador se debe mover luego hacia adelante y a la mitad de su longitud y la operación se debe repetir. Se debe poner cuidado especial en no remodificar la sección transversal del pavimento.
- (4) **Nivelado final con escantillón.** Una vez terminado el alisado y removido el exceso de agua, y estando el concreto aún en estado plástico, se debe comprobar la exactitud de la superficie de la losa por medio de un escantillón. Para el efecto, el Contratista debe suministrar y usar un escantillón exacto de tres (3) metros de longitud, con mangos cuya longitud sea un (1) metro mayor que la mitad del ancho de la losa.
- El escantillón debe colocarse en posiciones sucesivas, paralelamente al eje de la vía, en contacto con la superficie y debe ser desplazado sobre toda el área de la losa. El escantillón se adelantará por etapas sucesivas, no mayores que la mitad de su longitud. Las depresiones que se encuentren deben ser llenadas de inmediato con concreto fresco, niveladas, consolidadas y acabadas; las áreas altas se deben cortar para su reacabado. La prueba con el escantillón y el realisamiento deben continuarse hasta que la superficie no muestre huellas dejadas por el escantillón en su movimiento y la losa haya obtenido la elevación y el contorno requeridos, con diferencias no mayores de 3 mm por debajo del escantillón.
- (5) **Texturizado o ranurado.** Una vez que el concreto haya endurecido lo suficiente, debe darse a la superficie un acabado por barrido con escoba, cepillo, lona, brin u otro elemento aprobado previamente por el Delegado Residente. El barrido se debe hacer transversalmente, de orilla a orilla de la losa y traslapando ligeramente las pasadas contiguas. Los aditamentos usados deben penetrar lo suficiente para producir corrugaciones regulares de un ancho de 2 a 5 mm con una profundidad de 3 a 5 mm y la superficie terminada debe quedar libre de partes porosas, irregularidades, depresiones, ratoneras o marcas ásperas debidas a daños accidentales durante el barrido final, así como de partículas de agregado grueso incrustadas en la superficie. El texturizado puede ser manual o por medio de una máquina previamente aprobada que produzca el tipo de ranuración especificado.
- (g) **Acabado de aceras.** Una vez que el concreto haya sido colocado y compactado, se debe proceder al enrasado o nivelado superficial por medio de una maestra o plantilla y luego al alisado con flotador o llana. Los bordes y las juntas de expansión deben ser acabados empleando la herramienta apropiada. La superficie no debe variar en más de 3 mm por debajo del escantillón y debe dársele un texturizado o ranurado antideslizante adecuado aun cuando esté mojada.
- 553.18 Curado del concreto.** Todas las superficies de concreto deben mantenerse completa y continuamente húmedas después de haber sido colocado el concreto. Inmediatamente después del retiro de las formaletas y de la terminación del acabado superficial, el concreto debe ser curado por alguno de los métodos indicados a continuación, por un período de por lo menos siete (7) días. El Contratista debe tomar las precauciones necesarias para proteger el concreto fresco contra la acción de temperaturas altas o vientos fuertes que puedan acelerar el secado de la superficie y originar la formación de agrietamientos superficiales. En caso necesario, debe colocar cortinas protectoras

contra el viento o sombras contra el sol y aplicar un rociado de agua finamente pulverizada para mantener la humedad del aire circundante. Además, debe mantenerse baja la temperatura de los materiales y equipos de manejo del concreto.

**(a) Métodos de curado con agua.** Consisten en mantener la superficie de concreto continuamente mojada por inundación o lámina de agua, rociado con agua finamente pulverizada, por riego continuo de agua, o por aplicación de cubiertas o materiales que se mantienen empapados durante el período de curado (tierra o arena mojada, esterillas de algodón o capas de brines empapados). Ver Especificación 551.08. Se recomienda cubrir estas cubiertas con membranas impermeables de polietileno u otro material aprobado, para prevenir la evaporación del agua. Todo el material debe asegurarse contra su posible desplazamiento por acción del viento. Para superficies que deban recibir un acabado especial, las cubiertas pueden ser retiradas temporalmente para permitir el acabado, debiendo ser repuestas tan pronto como sea posible. Otras superficies de concreto deben ser mantenidas húmedas.

**(b) Método de curado por compuestos líquidos formadores de membranas de curado.** A todas las superficies se les debe dar el acabado superficial especificado y se les debe mantener mojadas -por rociado continuo de agua o aplicación de cubiertas húmedas- antes de proceder a la aplicación del compuesto líquido. El compuesto líquido para curado debe cumplir con los requisitos de la Especificación 551.08 (f) y tener una consistencia que permita regarlo a las temperaturas existentes durante la construcción para formar una película o membrana continua y uniforme. Debe, además, estar libre de materias en suspensión resultantes de las condiciones de almacenamiento o de temperatura, ser relativamente antitóxico y de tal naturaleza que no reaccione al contacto con el concreto. Si es del tipo transparente o translúcido, debe contener una tintura temporal que asegure una cobertura uniforme; el color, generalmente

blanco, debe permanecer visible cuando menos durante cuatro (4) horas, al cabo de las cuales debe esfumarse dejando la superficie del concreto libre de cualquier cambio pronunciado de color, salvo algún ligero oscurecimiento, y carente de toda decoloración objetable.

Los compuestos líquidos deben ser bien mezclados antes de usarlos y agitados continuamente durante su aplicación, para prevenir el asentamiento de los sólidos en suspensión. La membrana debe ser uniformemente aplicada con equipo de rociado o regado, a la velocidad y cobertura recomendadas por el fabricante, pero en todo caso, no menor de 0.15 Lt./m<sup>2</sup> de superficie de concreto. La aplicación se debe hacer en dos capas, aplicando la segunda dentro de los 30 minutos en ángulo recto con respecto a la primera.

Cuando llueva sobre una capa recién aplicada, antes de que la película haya secado lo suficiente para resistir el daño, o cuando la película sea dañada por cualquiera otra causa, se debe aplicar a las partes afectadas una nueva capa de compuesto líquido para curado, o mantener un curado con agua durante el resto del período de curado requerido.

En tiempo caluroso, las superficies de concreto se deben conservar húmedas -por curado continuo con agua, posterior al acabado de las mismas- durante un período no menor de 24 horas. Transcurrido este período, se puede aplicar el compuesto líquido de curado, preferiblemente con pigmento blanco, o continuar el curado con agua; cuando se registre temperaturas ambientales de 32° C o mayores y vientos secos, es recomendable suspender el uso del compuesto líquido de curado y aplicar el curado con esterillas de algodón o brines mojados complementados con rociado de agua finamente pulverizada, previa aprobación del Delegado Residente.

**(c) Procedimiento combinado agua/compuesto de curado.** La superficie superior de losas de

puentes, losas de acceso y aceras, puede ser curada por medio de una combinación de un compuesto de curado formador de membrana, seguido por un curado con agua. El compuesto de curado se debe aplicar en forma progresiva inmediatamente después de finalizadas las operaciones de acabado sobre porciones individuales de las superficies de concreto. La superficie se cubre a más tardar cuatro (4) horas después de finalizado el acabado con esterillas de algodón, brines o arpillerías u otros materiales retenedores de humedad, saturados con agua. Toda el área se cubre después con papel o lámina de plástico impermeables.

**(d) Curado dejando la formaleta en su sitio.** El concreto debe ser mantenido húmedo y protegido por las formaletas, por lo menos durante siete (7) días, pero las formaletas deben ser mojadas intermitentemente y protegidas de los rayos directos del sol, especialmente en climas calurosos. Las superficies expuestas deben curarse con agua o con compuesto líquido de curado.

**(e) Curado a vapor y otros métodos de curado.** Cuando el Contratista cuente con las facilidades adecuadas, y previa aprobación del Delegado Residente, se podrá utilizar métodos de curado por vapor a presión atmosférica, u otros métodos apropiados (eléctricos, infrarrojos, aceite caliente, etc.).

**553.19 Carga sobre estructuras nuevas.** No se debe colocar carga alguna sobre caballetes, pilas o estribos cuya construcción haya sido terminada antes de que los ensayos en cilindros de concreto -fundidos con el mismo concreto y curado *in situ* bajo las mismas condiciones a las que estarán sometidos los elementos de la subestructura- indiquen que el concreto ha alcanzado el 80%, como mínimo, de la resistencia a la compresión especificada ( $f'c$ ) a los 28 días.

No debe permitirse el tránsito regular de vehículos y equipo de construcción sobre puentes de concreto durante los 28 días calendario subsiguientes

a la fecha en que se haya colocado el concreto y nunca antes de que el concreto haya alcanzado el 100% de la resistencia a la compresión indicada en los planos o en las Disposiciones Especiales.

**553.20 Recubrimientos protectores del concreto.** Cuando en los planos o en las Disposiciones Especiales se especifique la aplicación de un recubrimiento protector del concreto, éste debe cumplir con los requisitos indicados en la Sección 570.

**553.21 Limpieza final.** Al terminar los trabajos y antes de la recepción definitiva del proyecto, el Contratista debe remover toda la obra falsa, los materiales excavados o no utilizados, los desechos, la basura y las construcciones temporales, así como restaurar en forma aceptable toda propiedad, tanto pública como privada, que haya sido dañada durante la ejecución de este trabajo, dejando el sitio de la estructura del puente, de la obra y las áreas adyacentes, limpios y presentables, de conformidad con lo indicado en la Especificación 105.12.

**553.22 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, del Renglón "Estructuras de Concreto", indicado en las Disposiciones Especiales o en los Documentos de Oferta. La medida incluye todo el concreto estructural fundido en la obra o suministrado en forma de elementos prefabricados, que haya sido colocado, curado, terminado y aceptado satisfactoriamente de conformidad con los alineamientos y cotas indicados en los planos y de acuerdo con estas Especificaciones Generales. No debe hacerse deducción alguna por los escurreimientos, drenajes, biseles, rayaduras, molduras o pestañas cuya sección transversal sea de 10 centímetros cuadrados o menor, ni por el volumen del concreto desplazado por el acero de refuerzo.

El acero de refuerzo, las tuberías de drenaje para estructuras, el acero estructural, incluyendo las planchas de soporte y otros apoyos de puentes, pernos y otros dispositivos de anclaje, deben ser pagados de acuerdo con las secciones respectivas de estas Especificaciones Generales.

**553.23 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Concreto Estructural, de la clase especificada para el Renglón de Estructuras de Concreto de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. El pago de este trabajo comprende también, todos los accesorios, tales como materiales para juntas, formaletas, obra falsa y demás aditamentos requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo de acuerdo con los planos y con las Disposiciones Especiales.

No debe hacerse ningún pago adicional por el suministro y colocación de concreto de clase superior a la que fue especificada en los planos o en las Disposiciones Especiales.

El pago del acero de refuerzo, tuberías de drenaje para estructuras y acero estructural, incluyendo las planchas de soporte y otros apoyos de puentes y los pernos y otros dispositivos de anclaje de zapatas o planchas de soporte, deben ser pagados de acuerdo con lo indicado en las Secciones respectivas de estas Especificaciones Generales.

---

**SECCIÓN 554**  
**ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
**PREESFORZADO**

---

- 554.01 Definiciones.
- 554.02 Descripción.
- 554.03 Concreto estructural.
- 554.04 Acero de preesfuerzo y materiales complementarios.
- 554.05 Lechada para tendones adheridos.
- 554.06 Acero de refuerzo.
- 554.07 Planos de ejecución y dirección técnica.
- 554.08 Sistemas de pretensado y postensado.
- 554.09 Equipo de preesfuerzo.
- 554.10 Medidas de seguridad.
- 554.11 Fundición o colado del concreto.
- 554.12 Colocación y tensado del acero de preesfuerzo pretensado.
- 554.13 Colocación y tensado del acero de preesfuerzo postensado.
- 554.14 Inyección de la lechada.
- 554.15 Protección permanente de los anclajes.
- 554.16 Transporte, almacenamiento y montaje de los elementos preesforzados Prefabricados.
- 554.17 Remoción de la obra falsa y limpieza.
- 554.18 Medida.
- 554.19 Pago.



## 554.01 Definiciones.

**Concreto preeforzado.** Concreto estructural sometido a esfuerzos internos iniciales, a fin de reducir los esfuerzos finales de tensión derivados de la aplicación de las cargas de diseño.

**Pretensado.** Método de preeforzar el concreto en el cual los tendones o cables son tensados antes que el concreto sea colocado en los moldes o formaletas.

**Postensado.** Método de preeforzar el concreto en el cual los tendones o cables son tensados después que el concreto ha endurecido, dejando instalados los ductos en donde se colocarán los tendones o cables.

**Tendón o cable.** Es el elemento de acero como el alambre, la barra o el torón o paquetes de dichos elementos usados para aplicar el preefuerzo al concreto. Su principal característica debe ser su alta resistencia y su baja relajación.

**554.02 Descripción.** Este trabajo incluye el suministro, preparación, fabricación, curado, transporte, manejo, almacenamiento, colocación y montaje de los materiales y las estructuras de concreto preeforzado fundidas *in situ* o prefabricadas, requeridas para la obra, de acuerdo con el diseño, rasantes y cotas mostrados en los planos o Disposiciones Especiales y lo indicado en estas Especificaciones Generales.

El trabajo incluye el suministro e instalación de cualquier accesorio y material necesario para los sistemas de pretensado o postensado a utilizarse, incluyendo ductos, gatos hidráulicos, cuñas, cables, conjuntos de anclaje y lechada y otros que al efecto se requieran.

## MATERIALES

### 554.03 Concreto estructural.

(a) **Clase de concreto.** Se debe usar concreto clase 35 (5000) o mayor de acuerdo a 551.03,

debiendo cumplir con los requisitos de calidad y proporcionamiento indicados en 551.11, y de Evaluación y Aceptación del Concreto de 551.12.

(b) **Materiales para la fabricación del concreto.**

(1) **Cemento hidráulico.** Debe ser de los tipos indicados en la Especificación 551.04 (a) de una clase de resistencia de 35 MPa (5000 lb/pulg<sup>2</sup>) o mayor. El cemento tipo III de alta resistencia inicial, no debe utilizarse cuando haya curado a vapor por favorecer la excesiva contracción por fraguado.

(2) **Agregados.** Los agregados fino y grueso deben cumplir con los requisitos de 551.04 (b) y (c). Se recomienda el uso de tamaño máximo de agregado grueso de 19 mm (¾") para facilitar la colocación del concreto dentro de los moldes o formaletas, y en casos especiales no mayor a 12.7 mm (1/2") cuando así esté indicado en los planos o en las Disposiciones Especiales. No debe permitirse el uso de agregados que contengan cloruros.

(3) **Agua.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en la Especificación 551.04 (d), pero el agua de mezcla para concreto preeforzado no debe contener más de 500 mg/L (ppm) de iones de cloruro.

(4) **Aditivos.** Deben cumplir con los requisitos de la Especificación 551.05. Queda absolutamente prohibido el uso de aditivos que contengan iones de cloruro.

(c) **Almacenamiento, manejo y medición de los materiales.** Debe hacerse como se indica en las Especificaciones 551.14 (b) y 551.15 (a).

(d) **Planta y equipo para producción del concreto.** Debe cumplir con lo establecido en la Especificación 551.14.

- (e) **Carga, mezclado, transporte y entrega del concreto.** Debe cumplir con los requisitos de las Especificaciones 551.15 (c) y (d).

**554.04 Acero de preesfuerzo y materiales complementarios.** Deben cumplir las Especificaciones siguientes:

(a) **Acero de preesfuerzo.**

- (1) **Alambres de acero de alta resistencia para concreto preesforzado.** Deben ajustarse a lo indicado en AASHTO M 204 (ASTM A 421 / A 421M).
- (2) **Alambre de acero de baja relajación.** Deben ajustarse a lo indicado en AASHTO M 204 (ASTM A 421 / A 421M).
- (3) **Torones de 7 alambres de acero de baja relajación (tipo estándar).** Deben ser de acuerdo con AASHTO M 203/M 203M (ASTM A 416/A416M).
- (4) **Torones de 7 alambres de acero de relajación normal de conformidad con la**

Especificación AASHTO M 203M/M203 son de uso específico si así se indica en los planos.

- (5) **Barras de acero de aleación, de alta resistencia.** Deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 275M/M 275 (ASTM A 722/A 722M). Adicional a los requisitos indicados en ASTM A 722 para barras corrugadas, la reducción en el área debe ser determinada midiendo una barra a la cual se le han removido las corrugaciones. La barra debe ser raspada no más de lo necesario para remover las corrugaciones sobre una longitud de 300 milímetros y el área será la de la parte raspada. Todas las barras de un miembro individual deben ser del mismo grado.

Los requerimientos para los aceros indicados en los numerales (2) y (3) corresponden con los establecidos en las especificaciones AASHTO y ASTM indicadas anteriormente cuyo resumen se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 554-1**  
Características de los torones y barras de acero de preesfuerzo

Material	Grado o tipo	Diámetro (plg)	Resistencia última $f_{pu}$ (psi)	Resistencia a la cedencia $f_{py}$ (% $f_{pu}$ )
Torón	270	0.375 a 0.6	270,000	90% (baja relajación)
Barra	Tipo I lisa	0.75 a 1.375	150,000	85%
	Tipo II corrugada	0.625 a 2.5	150,000	80%

**(6) Otros tipos de acero de preesfuerzo.** Se pueden usar tendones alambres no detallados específicamente en 554.04 (a) (1), (2), (3), (4), y (5) anteriores, siempre que se demuestre que cumplen con los requisitos mínimos y que no tienen propiedades que los hagan menos satisfactorios que los contemplados en las Especificaciones allí citadas.

Debe usarse acero de preesfuerzo limpio y libre de corrosión, suciedad, grasa, escamas de oxidación, óxido, aceite u otras materias extrañas. El acero que haya sufrido daños físicos o tenga picaduras no debe usarse.

En los planos se deben incluir los detalles completos del sistema de presfuerzo, así como el tamaño y el grado o tipo de acero a utilizar, las fuerzas de presfuerzo, ubicación y secuencia de tensado.

**(b) Ductos, anclajes y acopladore para postensado.**

**(1) Ductos.** Los ductos que cubren el acero de postensado deben ser impermeables al mortero o lechada y no reaccionar con el concreto, el acero de postensado o el material de relleno. Los ductos para tendones de un solo alambre, torón o barra, adheridos con mortero, deben tener un diámetro interior de por lo menos 6 mm mayor que el diámetro del alambre, barra o torón. Los ductos para tendones de alambres, torones o barras múltiples con mortero, deben tener un área interna no menor que el doble del área total del acero de preesfuerzo. Cuando los ductos se empleen para cables postensados adheridos, el ducto debe tener las corrugaciones necesarias para garantizar la adherencia posterior a la inyección de la lechada.

Los ductos pueden ser de los tipos siguientes:

**a) Para cables no adheridos:**

1) Tubo de polietileno tipo II, III o IV con paredes de un espesor mínimo de 1 a 5 mm, de acuerdo con ASTM D 1248.

- 2) Tubo de polietileno extruido en caliente, de acuerdo a ASTM D 3350.
- 3) Tubo de acero conforme ASTM A 500 con paredes de un espesor mínimo de 5 mm.
- 4) Tubería de acero al carbón clase 40 mínimo, de acuerdo a ASTM A 53.
- 5) Tubería de cloruro de polivinilo, clase 40 mínimo, de acuerdo con ASTM D 1785.

**b) Para cables adheridos:**

- 1) Tubo de polietileno corrugado de alta densidad, de acuerdo a AASHTO M 252 con paredes con un espesor mínimo de 0.75 mm.
- 2) Tubo de cloruro de polivinilo corrugado, de acuerdo a ASTM D 1784 Clase 13464-B.

Los ductos para torones deben cumplir con los requisitos del artículo 10.8.2 de las Especificaciones para la Construcción de Puentes AASHTO LRFD.

El radio de curvatura mínimo de los ductos para los torones debe de tomar en consideración el tamaño del torón, el tipo de ducto y geometría del arreglo, así como la ubicación relativa al anclaje del sistema de preesfuerzo; todo ello sujeto a las recomendaciones del fabricante.

Cuando en los planos o en las Disposiciones Especiales no se indique el diámetro interior de los ductos, se aplicará el criterio que se indica a continuación:

El diámetro interior de los ductos debe de ser como mínimo 0.25 pulgadas mayor que el diámetro nominal de una sola barra o torón. Para barras o torones múltiples, el área interna de la sección transversal del ducto debe de ser como mínimo 2.0 veces el área neta del acero de preesfuerzo. El tamaño de los ductos en concretos fundidos *in situ* no debe de exceder del 40% del

menor espesor de la sección de concreto en la ubicación del ducto.

**(2) Anclajes y acopladores.** Todos los dispositivos de anclaje y acopladores para el postensado deben sujetar el acero de preesfuerzo adherido y no adherido con una carga que produzca un esfuerzo no menor del 95% de la mínima resistencia última a tensión de dicho acero, cuando se prueben en condiciones no adheridas, sin que excedan la deformación prevista. Para el acero de preesfuerzo adherido, los anclajes y acopladores deben desarrollar el 100% de la resistencia última del acero de preesfuerzo después de que se haya adherido.

La carga de los dispositivos de anclaje debe ser distribuida efectivamente en el concreto por medio de placas de acero u otros ensamblajes apropiados, que se ajusten a los siguientes requisitos:

- a)** El esfuerzo de compresión sobre el concreto directamente debajo de la placa o ensamblaje no debe exceder de 21 MPa (3000 lb/pulg<sup>2</sup>).
- b)** Los esfuerzos de flexión en las placas o ensamblajes no deberán exceder del límite de fluencia del material ni causar distorsiones visibles en la placa de anclaje cuando se aplique el 100% de la carga última prevista. Cuando el Contratista suministre dispositivos de anclaje suficientemente grandes e integrados a un entramado de acero empotrado en el concreto que distribuya los esfuerzos de compresión al concreto en forma eficaz, se podrá omitir el empleo de placas o ensamblajes de distribución.
- c)** Todos los anclajes, acopladores y dispositivos auxiliares se deben proteger permanentemente contra la corrosión.

**(d) Pruebas del acero de preesfuerzo y anclajes.**

**(1) Generalidades.** El Contratista debe presentar al Delegado Residente, una copia certificada de los análisis y pruebas realizadas en fábrica, que permitan apreciar las cualidades y durabilidad de los anclajes y acopladores suministrados, así como su capacidad para transmitir las fuerzas de preesfuerzo requeridas. Asimismo, se deben presentar los certificados de garantía del fabricante y los resultados de las pruebas del acero de preesfuerzo, realizadas sobre muestras representativas de los lotes suministrados.

No obstante lo anterior, el Delegado Residente podrá ordenar las pruebas adicionales que considere necesarias, sobre muestras tomadas de los lotes suministrados por el Contratista. Dichas muestras deben ser proporcionadas sin costo alguno.

En caso de requerirse pruebas no destructivas u otras pruebas especiales, de una o varias partes de la estructura, éstas deben realizarse de acuerdo a lo indicado en las Disposiciones Especiales.

**(2) Toma de muestras del acero de preesfuerzo.**

- a) Muestras para el sistema de pretensado.** Para acero de pretensado, debe proporcionarse una muestra de 2 m de largo como mínimo, de cada bobina, debiendo cortarse las muestras de los extremos de los rollos.
- b) Muestras para el sistema de postensado.** Para pruebas requeridas en el acero de postensado, deben proporcionarse las siguientes longitudes de muestras:
  - 1)** Para alambres que requieran cabezales: 5.0 m.
  - 2)** Para alambres que no requieran cabezales: una longitud suficiente para hacer un cable de tendido paralelo de 1.50 m de largo, consistente del mismo número de

alambres con que el cable va a ser habilitado en la obra.

- 3) Para torones con accesorios de anclaje: 1.50 m entre los extremos más cercanos de los accesorios.
- 4) Para barras con extremos roscados y tuercas: 1.50 m entre los extremos más cercanos de las roscas.

Se deben proporcionar, asimismo, 2 dispositivos de anclaje completos de cada tipo y tamaño a ser utilizado, incluyendo placas o ensamblajes de distribución de cargas y otros aditamentos propios del sistema.

- c) **Protección, transporte y almacenamiento del acero de preesfuerzo y materiales complementarios.** El Contratista debe proteger tanto el acero de preesfuerzo como los anclajes, ductos y otros aditamentos a ser utilizados en la obra, cuidando la limpieza de los mismos y tomando las medidas necesarias para preservarlos de la corrosión, a fin de garantizar que en todo momento, la calidad de los mismos sea mantenida.

1) **Protección durante el transporte.**

El acero de preesfuerzo deberá embalarse en cajas que lo protejan contra daños físicos y la corrosión durante su envío y almacenamiento. En los paquetes o cajas se colocará un anticorrosivo aprobado, que no deberá tener efectos nocivos sobre el acero, el concreto o sobre la adherencia acero-concreto. Cuando el Ingeniero lo permita podrá aplicarse el anticorrosivo directamente al acero.

Los alambres y cables no deben ser enrollados en diámetros

pequeños, ya que este tipo de enrollado produce microfisuras superficiales que propician la corrosión a bajo esfuerzo.

Los ductos deben manejarse con cuidado durante su carga, transporte y descarga con el fin de evitar lastimaduras y dobleces que los puedan perjudicar posteriormente.

- 2) **Protección durante el almacenamiento.** El almacenamiento debe hacerse en locales cerrados y secos, debiendo evitarse su proximidad a refinerías y plantas industriales.

Los rollos deben apilarse según los diferentes lotes de fabricación e identificarse adecuadamente. El apilamiento se debe hacer sobre tarimas que queden separadas del suelo por lo menos 300 milímetros.

- 3) Para almacenamiento por períodos cortos de tiempo (máximo 3 meses), se puede permitir cubrir el material con un toldo y además de protegerlo, como se indica en 1) anterior, debe quedar separado del suelo como mínimo 300 milímetros.

**554.05 Lechada para tendones adheridos.** El Contratista debe suministrar lechada de alguno de los siguientes tipos:

- (a) **Lechada o mortero de cemento hidráulico.** Debe consistir en una mezcla de cemento hidráulico y agua o un mortero de cemento hidráulico y arena fina que pase el tamiz estándar 1.18 mm (Nº16) de acuerdo a COGUANOR NTG 41032 (ASTM C 404) tamaño 2, agua y un aditivo expansor o compensador de contracción. Pueden usarse otros aditivos aprobados para control de exudación o retardar el fraguado, de los cuales se sepa que no producen efectos perjudiciales en el mortero, el acero o el concreto. No debe

emplearse cloruro de calcio como aditivo. Las proporciones deben ser tales que se produzca una mezcla de consistencia cremosa con un escurrimiento de 16.26 s de acuerdo a ASTM C 939, y con una relación agua-cemento no mayor de 0.45 en masa, que alcance una resistencia mínima a compresión de 17.5 MPa (2,500 lb/pulg<sup>2</sup>) a 7 días y de 35 MPa (5,000 lb/pulg<sup>2</sup>) a 28 días de acuerdo a ASTM C 1107. También se podrá usar mortero empacado en seco que cumpla con la condición de ser de baja contracción y las resistencias indicadas anteriormente y debiendo cumplir con la Especificación COGUANOR NTG 41099 y la norma ASTM C 1107. Para la inyección inicial, puede permitirse el uso de morteros o lechadas más fluidas con un escurrimiento de 9 a 15 s.

- (b) **Mortero de polímero-arena.** Debe ser a base de un polímero ligante y agregado fino en las proporciones recomendadas por el fabricante y con una resistencia mínima a la compresión a las 4 h, de 24.5 MPa (3,500 lb/pulg<sup>2</sup>).

**554.06 Acero de refuerzo.** Debe cumplir con lo indicado en la Sección 552 de estas Especificaciones Generales.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

### 554.07 Planos de ejecución y dirección técnica.

(a) **Planos de ejecución.** Deben ser debidamente aprobados por la División de Planificación y Estudios de la DGC. Las disposiciones constructivas y la manera de ejecución, deben ser siempre compatibles con las hipótesis de cálculo, principalmente en lo que concierne a las conexiones y la sucesión de las fases de ejecución.

(b) **Dirección técnica.** El Contratista debe proporcionar un Ingeniero calificado, especializado en el uso del sistema de preesfuerzo a ser usado, quien debe ser responsable de la correcta ejecución de todas las operaciones y proporcionar al Delegado Residente la asistencia necesaria.

### 554.08 Sistemas de pretensado y postensado.

- (a) **Aprobación del sistema a usar.** Para cualquier sistema o método que utilice el principio del preesfuerzo, el Contratista debe demostrar y garantizar plenamente su eficacia, seguridad y funcionalidad, puestas de manifiesto en obras similares ejecutadas con anterioridad.

Al efecto debe suministrar al Delegado Residente, por lo menos con 30 días de anticipación a su empleo, los detalles completos del método, materiales y equipos propuestos para las operaciones de pretensado o postensado, incluyendo:

- (1) El método y secuencia del tensado.
  - (2) Las especificaciones, detalles completos y los resultados de ensayos del acero de preesfuerzo y los dispositivos de anclaje.
  - (3) Los esfuerzos de anclaje.
  - (4) La disposición del acero de preesfuerzo en los elementos estructurales.
  - (5) Los cálculos de elongación del acero de preesfuerzo a utilizar en los procesos de tensado, presiones manométricas y el camber o contra flecha esperada, así como el cálculo de pérdidas.
  - (6) El número, espaciamiento y método de envoltura de los torones.
  - (7) Otros cálculos relevantes para el método de preesfuerzo a utilizar.
  - (8) Tipo de ductos para el postensionado.
  - (9) Lechada y equipo para su inyección.
  - (10) El equipo de pretensado o postensado.
  - (11) Muestras del acero de preesfuerzo y de los dispositivos de anclaje indicados en 554.04 (c)(2) a) y b).
- (b) **Actividades principales en el concreto pretensado.** Son las indicadas a continuación:

- (1) Colocación de los alambres, torones o barras de preefuerzo en un banco especial para aplicación de la tensión siguiendo la localización y trayectoria especificadas.
- (2) Fijado de los alambres, torones o barras a los extremos del banco por medio de anclajes adecuados y tensado de los primeros hasta alcanzar la fuerza inicial especificada, manteniendo por medio del gateo la fuerza inducida en los mismos.
- (3) Colocación de la armadura de acero de refuerzo y de las formaletas.
- (4) Colocación del concreto y curado del mismo.
- (5) Destensado de los alambres, torones o barras de preefuerzo.
- (6) Cortado de los alambres, torones o barras en los extremos de los miembros.
- (7) Almacenamiento y transporte de los miembros.
- (c) **Actividades principales en el concreto postensado.** Son las indicadas a continuación:
- (1) Preparación y colocación de la formaleta.
- (2) Preparación y colocación de la armadura de acero de refuerzo del elemento estructural.
- (3) Colocación, fijación de los ductos y envainado de los alambres, torones o barras.
- (4) Colocación y fijación de los anclajes activos o pasivos, según corresponda y sus aditamentos en los extremos de los ductos.
- (5) Alineamiento y ajuste final de las formaletas.
- (6) Colocación, vibrado y curado del concreto.
- Durante la colocación del concreto, debe prestarse principal atención al vibrado del mismo de tal forma que no se dañe ningún ducto utilizado en sistemas postensados. De lo contrario, la lechada de cemento puede ingresar dentro del ducto generando una obstrucción que afecte e impida el tensado de los torones durante la transmisión de la fuerza de presfuerzo al elemento de concreto, debiéndose realizar una demolición para eliminar dicha obstrucción. Por esta razón es importante mantener una adecuada supervisión durante la fundición y vibrado del concreto en elementos preeforzados.
- (7) Tensado de los alambres, torones o barras de preefuerzo previa confirmación que la resistencia especificada del concreto para realizar la operación, ha sido alcanzada, para el caso de tensados de elementos mayores de 25 metros de longitud es obligatorio tensar de ambos lados y en fases del 25%. Las fases y secuencia de postensado deben efectuarse de conformidad con lo indicado en los planos y la resistencia alcanzada por el concreto de conformidad con la requerida en el diseño.
- (8) Protección del acero de preefuerzo, mediante la inyección de lechada basada en mortero o lechada de cemento u otro elemento protector de calidad y eficacia comprobadas. El procedimiento de inyección se realizará por medio de un equipo adecuado aplicando el mortero con la presión que se indique en los planos o con la que apruebe el Delegado Residente.
- (9) Protección de los anclajes con concreto o mortero.
- (10) Elaboración reporte final de elongación y contra flecha o camber obtenido.

**554.09 Equipo de preefuerzo.** El Contratista debe suministrar todo el equipo necesario para la construcción y la aplicación del preefuerzo, el cual debe ser efectuado con un equipo de gateo aprobado. Si se utilizan gatos hidráulicos, éstos deben contar con manómetros o celdas de carga que ofrezcan suficiente exactitud en sus lecturas de acuerdo al sistema a usarse, debiendo proporcionar los correspondientes certificados de calibración.

Los dispositivos de medición deben ser calibrados por lo menos cada 3 meses, o cuando se dude de su

exactitud, debiendo el Contratista proporcionar al Delegado Residente, los respectivos gráficos o tablas de calibración.

Los gatos hidráulicos deben ser calibrados conjuntamente con su manómetro o celda de carga como una unidad y extendiendo el pistón a la posición aproximada que tendrá al aplicar la fuerza máxima de tensado. Cuando se usen manómetros, el indicador de cuadrante debe ser de por lo menos 150 mm de diámetro. El rango de calibración de cargas será no menor de  $\frac{1}{4}$  ni mayor de  $\frac{3}{4}$  de la capacidad de lectura de la escala, a menos que se demuestre una exactitud adecuada en un rango mayor.

En caso de ser utilizado otro tipo de gatos hidráulicos, éstos deben contar con un sistema que garantice la correcta medida y aplicación de las fuerzas de tensado.

Si se usa una celda de carga o dinamómetro para medición de la fuerza aplicada, la calibración de fuerzas de tensado debe hacerse a partir del 10% de la capacidad máxima de dicha celda.

La fuerza de preesfuerzo debe determinarse por la medición de la fuerza del gato hidráulico indicada por el manómetro o celda de carga, y por la medición del alargamiento del acero de preesfuerzo. Si hay una discrepancia entre la fuerza deducida de la medición del alargamiento y la esperada por el tensado mayor de 5% para elementos pretensados o mayor de 7% para elementos postensados, se debe revisar toda la operación de tensado, determinar y corregir las causas de la discrepancia, antes de proseguir con esta operación, así mismo se debe determinar y comparar la contra flecha o camber esperado el cual no debe desviarse más del 7.5%.

Los datos de la presión a aplicar en cada torón, así como su elongación esperada deberán de ser proporcionados por el Contratista mediante una hoja de trabajo en donde se indicarán los límites permisibles en el proceso de tensado. En la ejecución de esta tarea, el Delegado Residente la podrá suspender, si se registran variaciones mayores que las indicadas anteriormente.

Los manómetros de los gatos hidráulicos deben ser recalibrados cuando sus lecturas difieran en 5% entre sí. Si el sistema de tensado está equipado con una válvula automática de relajamiento que se cierra cuando se alcanza la fuerza requerida de preesfuerzo, la medición del alargamiento de tendones se requiere sólo para el primero y último de los tendones tensionados y para por lo menos el 10% de los tendones restantes.

**554.10 Medidas de seguridad.** El preesfuerzo implica la utilización de fuerzas muy grandes, esforzándose el acero y el concreto en un porcentaje alto de su carga última. Además, durante la construcción y montaje se ponen en juego fuerzas hidrostáticas de vibración, desbalances y fuerzas dinámicas, por lo que deben tomarse las medidas y disposiciones adecuadas para la seguridad del personal y del equipo. Estas medidas deben incluir una planificación adecuada; el uso de arriostramientos temporales requeridos para el manipuleo, transporte y montaje de los elementos estructurales; la instalación de avisos de prevención y la instrucción del personal a través de un programa continuo de seguridad industrial. Así mismo, se deben observar las medidas de seguridad que se indican a continuación.

**(a) Durante las operaciones de tensado.** La operación de tensado constituye un potencial de serios accidentes, más que todas las otras operaciones de preesfuerzo combinadas. Los tendones son sometidos a tensiones muy altas, lo que implica una gran acumulación de energía que puede convertir a los anclajes, cables o gatos en verdaderos proyectiles. Tanto en las plantas como en las obras deben observarse las siguientes reglas básicas de seguridad:

- (1) Antes de tensar se debe dar una señal visible y audible para que todo el personal que no intervenga en las operaciones de tensado, desocupe el área de trabajo.
- (2) Los gatos deben ser sostenidos adecuadamente para evitar que vuelen o salten en caso de fallar los tendones.

- (3) No se debe permitir que permanezca personal en el extremo del miembro, cuyos tendones se están tensando o en el extremo del banco en línea directa con los cables sometidos a tensión.
- (4) El personal que efectúe las medidas de alargamiento de los tendones debe ser especialmente prevenido y colocarse lateralmente para hacer las mediciones.
- (5) Durante las operaciones de acuñamiento y anclaje, el personal que interviene debe ser protegido contra el riesgo de voladura de piezas de acero.
- (6) No se debe permitir operaciones de soldadura u otras que generen calor, cerca del acero de preesfuerzo tensado.
- (7) El equipo debe mantenerse limpio y en buenas condiciones de funcionamiento.
- (8) Los anclajes deben mantenerse limpios a fin de evitar deslizamientos o asentamientos defectuosos durante el tensado.
- (9) Los alambres, torones y barras que integran los tendones deben estar libres de averías o lastimaduras.

**(b) Durante las operaciones de inyección.**

Se debe proporcionar a los operarios, protección especial para los ojos y no debe permitirse que el personal revise directamente las bocas de salida de la inyección durante la misma.

**554.11 Fundición o colado del concreto.**

- (a) Formaleta y obra falsa.** Debe cumplir con los requisitos de la Sección 556 debiendo además cuidarse que las mismas estén acondicionadas, tomando en cuenta las deformaciones resultantes de la transmisión de cargas al tensar los tendones de preesfuerzo durante la construcción, así como permitir los acortamientos lineales por contracción o por el postensado y no crear fijaciones imprevistas.

- (b) Colocación del refuerzo.** Debe hacerse de acuerdo a lo indicado en 552.
- (c) Colocación y compactación del concreto.** El concreto debe ser depositado en las formaletas hasta que el Delegado Residente haya aprobado la colocación del refuerzo de acero, los cerramientos, anclajes, placas de apoyo y el acero de preesfuerzo, y el Contratista demuestre que los ductos están despejados. La colocación y compactación debe hacerse de acuerdo a lo indicado en las secciones 551 y 553. Como generalmente se emplean mezclas de bajo revenimiento, es necesaria una vibración intensiva para asegurar el llenado correcto de las formaletas, especialmente en espacios con mucho acero. En la mayor parte de los casos el método más efectivo es el de vibración interna con vibradores de inmersión. Sin embargo, cuando se trate de elementos de poco espesor, y particularmente de elementos prefabricados fundidos en moldes de acero, el Delegado Residente puede ordenar el uso del método de vibración externa de formaletas. En este caso, los vibradores externos deben ser localizados escalonadamente, evitando que queden opuestos uno al otro para no contrarrestar sus efectos. En casos especiales puede requerirse una combinación de vibración externa e interna. El concreto debe vibrarse con mucho cuidado para evitar desplazamiento de los ductos de postensión, del refuerzo y otros materiales que quedan embebidos en el concreto.

**(d) Curado del concreto.**

- (1) Curado con agua o con compuestos líquidos, formadores de membranas de curado.** Debe hacerse de conformidad con lo indicado en 553.18.
- (2) Curado a Vapor.** Con el objeto de acelerar la adquisición de resistencia y reducir el tiempo de curado, puede efectuarse el curado a vapor, en un medio cerrado con un tipo de cubierta adecuada que contenga el vapor y minimice las pérdidas de calor

y humedad. El concreto puede cubrirse con una membrana selladora de curado y otras membranas protectoras. La aplicación inicial del vapor debe hacerse de 2 a 4 horas después de haber colocado la última carga de concreto para permitir el fraguado inicial. En caso de usar retardantes de fraguado, el período de espera antes de la aplicación del vapor, debe ser incrementado de 4 a 6 horas.

El vapor debe aplicarse a un 100% de humedad relativa para prevenir pérdidas de humedad y para proveer el exceso de humedad requerida para una adecuada hidratación del cemento. La aplicación del vapor no debe hacerse directamente sobre el concreto. Durante la aplicación del vapor, la temperatura ambiente del aire debe incrementarse a una razón que no exceda de 22 °C por hora hasta que sea alcanzada una temperatura máxima de 60° a 71 °C. Esta temperatura máxima debe sostenerse hasta que el concreto haya alcanzado la resistencia prevista.

Cuando se haya alcanzado la resistencia prevista, el curado a vapor debe descontinuarse. Los miembros deben ser destensados inmediatamente después del curado a vapor mientras el concreto y los moldes permanecen aún calientes. Una vez suspendido el curado a vapor, la temperatura ambiente del aire no debe decrecer a una razón que exceda de 22°C por hora, hasta llegar a una temperatura de alrededor de los 11°C encima de la temperatura ambiente a la cual será expuesto el concreto.

El acero de preesfuerzo para postensado debe ser instalado hasta que se finalice el curado a vapor.

(3) **Curado con calor por radiación.** El calor por radiación puede aplicarse por medio de vapor circulante por tuberías, aceite caliente o agua caliente o bien por elementos de calefacción eléctrica. El curado de calor

por radiación debe hacerse en un ambiente cerrado adecuadamente, y en general se sigue una metodología de incrementos y decrementos de temperatura similar a la indicada para el curado a vapor.

El Contratista podrá proponer otro sistema de curado, siempre que el mismo dé los resultados requeridos y sea aceptado por el Delegado Residente.

(e) **Juntas de construcción.** Las juntas de construcción deben disponerse en lo posible normalmente a la dirección de las fuerzas de compresión y la forma, medidas, localización y detalles especiales de las mismas deben ser las que se indiquen en los planos y en las Disposiciones Especiales. Debe, asimismo, seguirse las recomendaciones de construcción indicadas en la Especificación 553.10.

#### 554.12 Colocación y tensado del acero de preesfuerzo pretensado.

(a) **Colocación de los tendones.** Los tendones o cables deben ser colocados y mantenidos en posición en forma precisa en los lechos o camas de tensado. Todo el acero de preesfuerzo que vaya a quedar expuesto a la intemperie por más de 36 horas antes de fundir el concreto, deberá ser protegido contra la corrosión y la contaminación externa.

Todos los torones y alambres deben estar libres de dobleces o torceduras. Los anclajes deben ser revisados para asegurar la efectiva sujeción de los tendones.

(b) **Tensado del acero de preesfuerzo.** El tensado debe hacerse cuidadosamente, llevando el acero de preesfuerzo a los esfuerzos requeridos. Debe llevarse un registro de las fuerzas de gateo y de los alargamientos a partir de la aplicación del 20% de la fuerza última de gateo. Cualquier desenrollamiento de torones que exceda de una vuelta no será permitido, una vez que se hayan iniciado las operaciones de tensado. En las medidas de alargamiento deben incluirse el

deslizamiento de los tendones en los anclajes, el movimiento horizontal de los estribos y los cambios de temperatura del acero de preesfuerzo entre el inicio del tensado y el momento en que el concreto alcance su fraguado inicial.

Las formaletas de las camas o lechos de tensado, así como los torones y barras de refuerzo deben mantenerse a una temperatura que no varíe en más de 14°C de la del concreto que será colocado. Los tendones que deban tensarse suspendidos, deben ser soportados por rodillos de cojinetes lubricados de mínima fricción, en los puntos de cambio de dirección. Inicialmente, cuando se tensan los tendones y se llevan a su posición suspendida, la fuerza tensora no deberá sobrepasar la requerida menos el aumento de tensión necesaria para forzar el tendón a la posición suspendida.

Si la fuerza o carga aplicada a un tendón suspendido en su extremo muerto, determinada por las medidas de alargamiento del mismo, es menor que el 95% de la fuerza de tensado indicada, el tendón debe ser tensado desde los dos extremos del lecho, haciendo que la fuerza computada de las medidas de alargamiento del tensado en ambos extremos, coincida dentro del 5% con la fuerza de tensado indicado.

Los empalmes serán permitidos, únicamente si se dejan fuera de los elementos de concreto pretensado. Para tendones tensados en grupo, puede permitirse empalmes en todos los tendones o en no más del 10% de los tendones. Los empalmes deben hacerse entre tendones de la misma procedencia y con la misma torsión o disposición.

Dentro de las 3 horas anteriores a la colocación del concreto, debe comprobarse la tensión de los tendones. El método y equipo para determinar la pérdida del preesfuerzo, deberá ser aprobado previamente por el Delegado Residente. Los tendones que muestren una pérdida de preesfuerzo mayor del 3% deben ser retensados. Si los tendones han sido tensados en grupo debe

comprobarse la pérdida de preesfuerzo en todo el grupo. Si la fuerza total de preesfuerzo para el grupo indica una pérdida de preesfuerzo mayor del 3% o si algún tendón individual se comporta de manera significativamente diferente al resto del grupo, debe procederse a destensar, se deberán evaluar los cables y determinar si es factible volver a tensarlos o rechazarlos y proceder a retensionar el grupo completo, si así corresponde.

- (c) **Relevación de la tensión y cortado del acero pretensado.** La fuerza tensora del acero pretensado debe relajarse y transferirse al concreto hasta después que éste haya alcanzado la resistencia prevista. El relajamiento y corte del acero pretensado debe hacerse de tal manera que se minimice la excentricidad lateral de las fuerzas de preesfuerzo aplicadas. El acero de pretensado debe cortarse a ras con los extremos de cada elemento de concreto pretensado. Los extremos descubiertos de acero pretensado y la franja de 25 mm (1 pulgada) de concreto adyacente deben limpiarse con cepillo de alambre o chorro de materiales abrasivos a presión, para eliminar suciedad y residuos que no estén firmemente adheridos. Luego las superficies deberán cubrirse con una capa de pintura rica en zinc. La pintura debe estar bien mezclada y debe ser introducida en los espacios libres de los tendones.

#### 554.13 Colocación y tensado del acero de preesfuerzo, postensado.

- (a) **Colocación de los tendones.** Los planos de ejecución deben definir exactamente los tendones a colocar en obra, los puntos de paso obligados y el espaciamiento de los soportes que permita asegurar una curvatura regular de los tendones. Las tolerancias de colocación con referencia a los puntos de paso deben ser definidas en función de las distancias de los ejes de los tendones a las paredes más cercanas del elemento. Salvo indicaciones especiales para un proyecto determinado, justificadas por el cálculo, se pueden permitir las siguientes tolerancias:

- (1) 5 mm para una distancia de 100 mm como máximo.
- (2) 10 mm para una distancia entre 100 mm y hasta 200 mm máximo.
- (3) 15 mm para una distancia entre 200 mm y hasta 500 mm máximo.
- (4) 30 mm para distancias mayores de 500 mm.

Las tolerancias deben ser medidas desde el eje del tendón en dirección normal a la pared más cercana. Por consiguiente, para un mismo tendón, la tolerancia puede ser diferente en el sentido transversal y en el sentido vertical. Toda desviación con relación al trazo teórico, superior a 10 mm sobre una longitud mayor de 1.50 m no debe ser aceptada.

**(b) Precauciones a tomar durante la fundición.**

- (1) Revisar que los ductos no tengan ninguna perforación y que los acoplamientos estén bien sellados para evitar que entre lechada o mortero en los ductos.
- (2) No desplazar los tendones de preesfuerzo.
- (3) Cuidar que los anclajes y sus aditamentos se mantengan fijos en su posición.
- (4) Mover los tendones dentro de los ductos, a fin de que si hubiera penetración de la lechada dentro de los mismos, los cables no queden adheridos a las paredes del ducto. En el caso de efectuar la fundición sin haber colocado el tendón dentro de los ductos, conviene introducir mangueras plásticas dentro de los mismos y moverlas durante la fundición para evitar la formación de obstrucciones por cualquier penetración eventual de lechada o mortero.

**(c) Postensado del acero de preesfuerzo.** Los planos de ejecución de obra deben indicar lo siguiente:

- (1) El proceso constructivo a seguir.

- (2) El orden de tensado de los tendones, el cual deberá ser el indicado en forma detallada en los planos incluyendo la secuencia, los porcentajes de aplicación por etapa, y si se debe contar con un equipo por lado o si de conformidad con la secuencia requerida se pueda trabajar con un solo equipo de tensado cambiándolo de posición.
- (3) Eventualmente las fases sucesivas de preesfuerzo parcial.
- (4) La fuerza de tensión de los tendones en servicio, tomando en consideración las pérdidas de preesfuerzo.
- (5) El valor de la fuerza de tensión o fuerza de tensado inicial.
- (6) Los alargamientos a obtener en la obra.

Las resistencias que debe tener el concreto en las diferentes etapas del tensado y a los 28 días.

**(d) Control del postensado.**

- (1) **Comprobación de la resistencia especificada para el concreto.** Antes de proceder al postensado de los tendones debe verificarse si el concreto ha alcanzado la resistencia especificada para cada una de las etapas del tensado. Dicha resistencia se determina de acuerdo a lo indicado en 551.11. Para garantizar que el concreto en obra alcanza la resistencia especificada, el Delegado Residente puede ordenar que dos o más especímenes de ensayo sean conservados junto a la obra y curados en las mismas condiciones que ésta.
- (2) **Registro del postensado.** Deben llevarse registros de tensado que indiquen claramente:
  - a) El orden de los tensados.
  - b) La presión a aplicar y aplicada.
  - c) Los alargamientos teóricos y reales obtenidos.

- d) Resultados de las fases sucesivas de preesfuerzo parcial.
- e) Las deflexiones registradas en el elemento.

**(3) Control de las operaciones de postensado.** Debe ser efectuado midiendo simultáneamente las fuerzas aplicadas, los alargamientos de los tendones y la contraflecha o camber.

La medida de las fuerzas aplicadas debe efectuarse por medio de un dinamómetro interpuesto entre el tendón y el gato hidráulico, o por la lectura de la presión del fluido actuando en el gato hidráulico. En este último caso, se debe disponer de una curva o tabla de calibración que determine la relación entre la presión del fluido leída en el manómetro y la fuerza ejercida por el gato, para presiones crecientes y decrecientes. Los manómetros o dinamómetros deben ser calibrados tan seguido como sea necesario.

Todos los valores obtenidos deben ser anotados en los registros de tensado, que deben indicar también los incidentes que ocurrán en el curso de las operaciones.

La fuerza inicial de tensión de los cables debe ser la fijada por el cálculo. Toda diferencia entre el alargamiento calculado y el alargamiento medido, que sobrepase el 5%, debe ser objeto de un examen particular de las causas.

**(e) Protección permanente de los tendones.** La protección permanente de los tendones se debe hacer mediante inyección de lechada o mortero basado en cemento hidráulico aprobado por el Delegado Residente.

Los tendones no adheridos deben recubrirse completamente con un material adecuado que garantice la protección contra la corrosión.

La inyección de los tendones debe ser efectuada dentro de las 48 horas siguientes a la

operación del tensado. Si el método constructivo u otras causas que lo justifiquen a juicio del Delegado Residente así lo demanden, los tendones pueden permanecer sin inyectar durante un período de 1 mes como máximo, siempre que se les proteja provisionalmente mediante el uso de aceite soluble, un agente anticorrosivo aprobado, u otro medio de eficacia comprobada.

En circunstancias extraordinarias por causas debidamente justificadas puede prolongarse el período de 1 mes, dependiendo de la durabilidad y eficacia del método provisional de protección adoptado.

**554.14 Inyección de la lechada.** La lechada o mortero de cemento hidráulico debe cumplir con los requisitos de 554.05 (a) y debe ser mezclada e inyectada como se indica a continuación. Si así lo indican las Disposiciones Especiales o lo aprueba el Delegado Residente, puede utilizarse la otra lechada indicada en 554.05 (b).

**(a) Mezclado.** Los aparatos para efectuar la mezcla y la duración del mezclado, deben permitir la obtención de una lechada o mortero sin grumos, de consistencia uniforme y si es posible, coloidal (parecida a una pintura espesa).

La lechada o mortero debe ser mezclado en un mezclador mecánico de alta velocidad y después debe ser pasada a través de un filtro al equipo de bombeo, el cual la hace recircular. El tiempo de mezclado depende del tipo de mezclador usado, pero normalmente debe ser de 2 a 4 minutos. Los componentes de la mezcla deben ser introducidos en el depósito de mezcla en el orden siguiente: agua, cemento y arena, en el caso de recomendarse el uso de esta última. Si se emplea algún aditivo, éste debe agregarse en la segunda mitad del tiempo de mezclado.

La temperatura de los elementos de concreto al momento de la inyección de la lechada o mortero, debe ser mayor de 10°C y debe mantenerse a esta temperatura por lo menos durante 48 horas.

**(b) Precauciones a tomar en cuanto a los ductos.**

- (1) El ducto no debe presentar obstáculos al paso de la lechada o mortero, debe ser lo más regular posible y sin cambios de sección.
  - (2) Cuando los tendones lleven curvaturas de más de 600 milímetros de altura de onda, deben ser colocados en los puntos altos, salidas por medios de purga para evitar la formación de bolsas de agua y aire.
  - (3) Cuando las longitudes de los ductos o la magnitud de los desniveles así lo requieran, deben proveerse evacuación también en los puntos bajos.
- (c) Inyección.** Antes de la inyección, se deben lavar los ductos mediante bombeo de agua limpia dentro de los mismos. Cuando el agua que sale en el extremo opuesto sea lo suficientemente clara, debe suspenderse el lavado.

El agua que quede dentro de los ductos debe ser expulsada de los mismos, mediante la acción de aire comprimido.

La capacidad de la bomba inyectora debe poder asegurar dentro de los ductos de menos de 100 milímetros de diámetro, una progresión de 9 a 12 metros por minuto, con una presión compatible con la resistencia de los ductos y como mínimo igual a 0.7 MPa (100 lb/pulg<sup>2</sup>).

Siempre que sea posible, la inyección de un ducto se debe hacer a partir de la extremidad más baja. La inyección debe ser efectuada de manera continua hasta que se observe que la consistencia de la lechada o mortero en la salida del ducto corresponde a la misma que se está aplicando en el extremo opuesto.

Una vez que se haya aprobado la consistencia de la lechada o mortero en la salida del ducto, éste debe taparse y proseguirse la operación de bombeo hasta que la presión en el manómetro de la bomba inyectora marque 0.7 MPa (100 lb/pulg<sup>2</sup>), presión que debe mantenerse durante

un mínimo de 3 minutos, procediendo a continuación a tapar la entrada.

Para efectuar la conexión del equipo de inyección con el ducto y tapar el mismo al finalizar la operación, sin que se pierda la presión, el medio más indicado es proveer tanto la entrada como la salida con tubos plásticos flexibles que se puedan cerrar con válvulas adecuadas antes de desconectar la manguera de inyección.

Todo el equipo de inyección, incluyendo las mangueras, debe estar protegido con válvulas u otros dispositivos de seguridad.

En el caso de defectos en la operación de inyectado, tales como fugas por rotura de los ductos o por falta de compactación en el concreto que los rodea, éstos deben ser reparados hasta lograr que la lechada o mortero los llene perfectamente. En caso de taponamientos en los ductos, tales taponamientos deben ser localizados y eliminados y de no lograr hacerlo, se debe perforar el concreto por medio de barrenos hasta las proximidades del taponamiento para proporcionar salida a la inyección y asegurar el llenado del resto del ducto.

Bajo ningún concepto se debe permitir que quede un ducto o zona del mismo, sin la protección que proporciona la inyección de la lechada o mortero, pues se correría el riesgo de que se rompa por efecto de la corrosión.

**554.15 Protección permanente de los anclajes.**

Siendo los anclajes mecanismos altamente esforzados, requieren una protección completa contra la corrosión y contra el fuego, por lo que deben ser recubiertos apropiadamente con mortero o con concreto.

**554.16 Transporte, almacenamiento y montaje de los elementos preeforzados prefabricados.**

- (a) Transporte y almacenamiento.** No debe efectuarse ningún despacho o envío de elementos preeforzados prefabricados, hasta que los ensayos de los cilindros de concreto, fabricados

con el mismo concreto y curados en las mismas condiciones que cada uno de los elementos que representan, indiquen que el concreto de cada elemento ha alcanzado la resistencia requerida de diseño y que tiene una edad de por lo menos 14 días.

Los elementos prefabricados deben ser transportados y almacenados de manera que sus puntos de soporte y la dirección de las reacciones con respecto al elemento, sean aproximadamente las mismas que las que tendrá el elemento cuando esté en su posición final en la estructura. En el caso que el Contratista transporte o almacene los elementos en otra posición que no sea la descrita, lo hará bajo su cuenta y riesgo. Se deben tomar las precauciones necesarias durante el transporte y almacenamiento de los elementos o unidades prefabricadas, para prevenir grietas u otros daños en las mismas.

Las unidades dañadas por un manipuleo o almacenamiento inadecuado, deben ser reemplazadas por el Contratista por su propia cuenta.

**(b) Montaje.** Tanto el equipo como el método de montaje deben ser objeto de un estudio especial, tomando en consideración las particularidades de cada caso y requieren de la aprobación del Delegado Residente.

Esta aprobación, sin embargo, no exime al Contratista de su responsabilidad por las unidades dañadas en el curso de las operaciones de montaje.

**554.17 Remoción de la obra falsa y limpieza.** Al terminar el montaje y antes de la aceptación final del trabajo, el Contratista debe quitar toda la obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basura y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable toda la propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido dañada durante la ejecución de este trabajo y debe dejar el lugar de la estructura del puente y el área adyacente, limpios y presentables de conformidad con lo indicado en la Especificación 105.12.

**554.18 Medida.** La medida para estructuras de concreto preeforzado puede hacerse como sigue:

**(a) Elementos de concreto postensado.**

**(1) Concreto estructural.** La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, del Renglón “Estructuras de Concreto” indicado en las Disposiciones Especiales o en los documentos del contrato. La medida debe incluir todo el concreto estructural, fabricado y fundido en la obra y colocado satisfactoriamente dentro de las líneas indicadas en los planos, de acuerdo con estas Especificaciones Generales. No se debe hacer deducciones por los escurrimientos, drenajes, biseles, rayaduras, molduras o pestañas, cuya sección transversal sea de  $10 \text{ cm}^2$  o menor, o por el volumen de concreto desplazado por el acero de refuerzo o el acero de preefuerzo.

**(2) Acero de preefuerzo.** La medida se debe hacer del número de kilogramos, con aproximación de dos decimales, de acero de preefuerzo, de los diferentes tipos que se especifiquen, suministrado, colocado, debidamente tensado y protegido, efectivamente incorporados a la obra, de acuerdo con los planos y estas Especificaciones Generales. No se debe hacer medida por separado del peso de los ductos, dispositivos de anclaje y demás aditamentos necesarios para cada sistema de preefuerzo a usar. Tampoco se debe hacer ninguna medida del volumen de lechada o mortero o de cualquier otro material aprobado para la protección del acero de preefuerzo.

**(3) Acero de refuerzo.** La medida se debe hacer de acuerdo a lo indicado en la Sección 552.

**(b) Elementos prefabricados de concreto preeforzado.** La medida se debe hacer del número de unidades o del número de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de los diferentes tipos de elementos prefabricados de concreto

preesforzado; suministrados, o suministrados y montados, o solamente montados; de acuerdo con los planos, las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales.

**554.19 Pago.** El pago de estructuras de concreto preesforzado debe hacerse como sigue.

**(a) Elementos de concreto postensado.**

**(1) Concreto estructural.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 554.18 (a), al costo unitario de contrato, correspondiente a concreto estructural, de la clase especificada para el Renglón de estructuras de concreto de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. El pago de este trabajo comprende también todos los accesorios tales como materiales para juntas, apoyos especiales, drenajes, formaletas, obra falsa y demás aditamentos requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo, de acuerdo con los planos y con las Disposiciones Especiales.

No se reconoce ningún pago adicional por el suministro y colocación del concreto de clase superior a la que fue especificada en los planos o en las Disposiciones Especiales.

**(2) Acero de preesfuerzo.** El pago se debe hacer por el número de kilogramos medidos como se indica en la Especificación 554.18 (b) al costo unitario del contrato, correspondiente a los renglones que se refieran a los diferentes tipos de acero de preesfuerzo que se indiquen en los documentos de oferta. Este costo incluye el pago por todos los elementos complementarios tales como: ductos, anclajes, lechada o mortero de cemento hidráulico, y demás aditamentos requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo de acuerdo con los planos, las Disposiciones Especiales y todo el trabajo especificado en

esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

**(3) Acero de refuerzo.** El pago se debe hacer como se indica en la Sección 552.

**(b) Elementos prefabricados de concreto preesforzado.** El pago se debe hacer por el número de unidades o del número de metros lineales medidos como se indica en la Especificación 554.18 (c), al costo unitario de contrato, correspondiente a los renglones que se refieran a los diferentes tipos de elementos prefabricados de concreto preesforzado; suministrados, suministrados y montados, o solamente montados; que se indiquen en los documentos de oferta. Este costo incluye el pago del concreto estructural de la clase especificada, el acero de refuerzo, el acero de preesfuerzo y todos los accesorios y elementos complementarios, tales como ductos, anclajes, lechada o mortero de cemento hidráulico, materiales para juntas, apoyos especiales, drenajes, obra falsa y demás aditamentos requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo de acuerdo con los planos y las Disposiciones Especiales, y todo el trabajo especificado en esta Sección, aplicable al caso de que se trate, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales		
Materiales para fabricar concreto			
Sección 551	Sección 551		
Calidad del concreto			
Sección 551	Sección 551		
Acero de refuerzo			
Sección 552	Sección 552		
Acero de preesfuerzo y materiales complementarios			
Muestreo acero de preesfuerzo	Especificación 554.04 (c) (2) (a) y (b)	Barras de acero de alta resistencia para concreto preesforzado	AASHTO M 275 (ASTM A 722)
Ensayos mecánicos	AASHTO T 244 ASTM A 370	Alambre de acero de alta resistencia	AASHTO M 204 (ASTM A 421)
Ensayo de relajación	ASTM E 328	Torones de 7 alambres de acero de alta resistencia	AASHTO M 203 (ASTM A 416)
Ensayos químicos del acero	ASTM E 30	Ductos, anclajes y acopladores	Especificación 554.04 (b)
Lechada para cables adheridos			
	Lechada o mortero de cemento hidráulico	NTG 41032 (ASTM C 404) NTG 41099 (ASTM C 1107)	

(\*) Se refiere a estas Especificaciones Generales.



---

---

**SECCIÓN 555**  
**CONCRETO CICLÓPEO**

---

---

- 555.01 Definición.
- 555.02 Descripción.
- 555.03 Materiales para concreto.
- 555.04 Piedra.
- 555.05 Preparación del concreto.
- 555.06 Colocación del concreto ciclópeo.
- 555.07 Medida.
- 555.08 Pago.



## 555.01 Definición.

**Concreto ciclópeo.** Es una combinación de concreto estructural y de piedra grande de tamaño no mayor de 300 mm.

**555.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación, suministro y colocación de una combinación de concreto clase 17.5 (2500), tal como se indica en la Sección 551, con un máximo del 40% de piedra grande no mayor de 300 milímetros o de concreto clase 21 (3000) con un máximo del 30% de piedra grande, no mayor de 300 milímetros. El volumen total de piedra adicional no debe exceder los porcentajes indicados anteriormente.

Como alternativa y a su solicitud, el Contratista puede usar concreto 14 (2000) como se indica en 551.03, sin agregarle piedra grande. Esta solicitud no se considerará para elementos estructurales que formen parte de la cimentación de estructuras de concreto.

## MATERIALES

### 555.03 Materiales para concreto.

- (a) **Cemento.** El cemento será cemento hidráulico que cumpla con los requisitos de 551.04 (a).
- (b) **Agregados fino y grueso para el concreto.** Deben cumplir con los requisitos de 551.04 (b) y (c) de estas Especificaciones Generales.
- (c) **Agua.** El agua debe estar de acuerdo con los requisitos de 551.04 (d).
- (d) **Aditivos.** Deben cumplir con los requisitos de 551.05.

**555.04 Piedra.** Esta puede consistir en piedra partida sin fragmentos planos o alargados o cantes rodados, de buena calidad, de preferencia en su estado natural con caras sin labrar, limpia, dura, sana, durable, libre

de segregaciones, fracturas, grietas u otros defectos estructurales que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie.

Se conservará libre de suciedad, aceite, mortero seco y otras sustancias que afecten su adhesión con el concreto.

**555.05 Preparación del concreto.** Se ajustará a lo prescrito por la Sección 551.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**555.06 Colocación del concreto ciclópeo.** La piedra debe colocarse cuidadosamente, de preferencia a mano, sin dejarla caer o tirarla, para no causar daño a las formaletas, a las tuberías transversales en el caso de cabezales o al concreto adyacente parcialmente fraguado.

Podrá usarse piedra estratificada, siempre que sea colocada horizontalmente con relación a su plano de ruptura. Toda la piedra antes de ser colocada, debe limpiarse y mojarse con agua limpia, a modo de evitar que la piedra absorba agua del concreto. Cada piedra debe estar rodeada de por lo menos 80 mm de concreto y no debe colocarse ninguna, a menos de 250 mm de cualquier superficie superior ni a menos de 80 mm de cualquier otra superficie de la estructura que se está construyendo. La compactación del concreto deberá hacerse con varillas de acero para evitar burbujas o ratoneras.

Si se interrumpe la fundición, al dejar una junta de construcción, debe dejarse piedras sobresaliendo no menos de 100 mm para formar llave. Antes de continuarse la fundición, debe limpiarse la superficie donde se colocará el concreto fresco y mojarse la misma con agua limpia.

No se deberán de colocar más de 3 capas de 300 mm, en un día de construcción.

El concreto ciclópeo no se debe usar en estructuras cuya altura sea menor de 600 mm y/o en las que el espesor sea menor de 300 mm.

**555.07 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de concreto ciclópeo satisfactoriamente terminados y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**555.08 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a concreto ciclópeo o a concreto clase 14 (2000) sin agregarle piedra, si se optare por esta alternativa. Debe entenderse que el aceptar el cambio de alternativa, no conlleva ningún cambio en costo unitario. Este costo incluye el trabajo especificado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales
Cemento hidráulico	551.04 (a)*	Ver requisitos de materiales y ensayos de la sección 551*
Agregado fino y grueso	551.04 (b) (c )*	
Agua	551.04 (d)	
Aditivos	551.05*	
Piedra	555.04*	
Concreto	551*	

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales.

---

---

**SECCIÓN 556**  
**FORMALETAS Y OBRA FALSA**

---

---

- 556.01. Definiciones.
- 556.02. Descripción.
- 556.03. Planos.
- 556.04. Cargas de diseño.
- 556.05. Esfuerzos, cargas y deflexiones.
- 556.06. Elementos prefabricados.
- 556.07. Cimentación de la obra falsa.
- 556.08. Obra falsa sobre o adyacente a  
carreteras y vías férreas.
- 556.09. Obra falsa para estructuras de acero.
- 556.10. Construcción de la obra falsa.
- 556.11. Formaletas.
- 556.12. Remoción de las formaletas y de la  
obra falsa.
- 556.13. Medida y pago.



## 556.01 Definición.

**Formaleta.** Es la estructura de metal, madera, plástico, fibra de vidrio o cualquier otro material que sirve para mantener el concreto en la forma y dimensiones indicadas en los planos durante el estado plástico del mismo. Deben tener la rigidez suficiente para evitar distorsiones, combamientos, alabeos, y aperturas de las juntas por la presión del concreto.

**Obra falsa.** Es la estructura temporal que sirve para soportar las cargas sin causar deformación y asentamiento perjudiciales y para detener las formaletas antes o después de la colocación del concreto, de la estructura de acero o madera, con la contraflecha especificada.

**556.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el diseño, la construcción y la remoción de las formaletas y de la obra falsa las cuales sostendrán temporalmente el concreto, las vigas y otros elementos estructurales hasta que se complete la estructura y ésta pueda sostenerse por sí misma.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**556.03 Planos.** El Contratista debe presentar una descripción detallada y esquemas del sistema constructivo a seguir para la construcción de las estructuras con la indicación de las Especificaciones aplicadas en el diseño y en la definición de los procedimientos constructivos. Cuando no se cuente con detalles completos de la formaleta y de la obra falsa, se deberá preparar y someter para su aprobación un juego de planos, de acuerdo con lo indicado en la Especificación 105.05 (c). Se deberá mostrar lo siguiente, en lo que sea aplicable:

(a) El Contratista deberá diseñar e indicar los detalles para construir formaletas y obras falsas seguras y adecuadas que provean la rigidez

necesaria, soporten las cargas aplicadas y produzcan, en la estructura final, las alineaciones y los niveles requeridos. Se deberá consultar lo indicado en la Especificación 556.04 para establecer las cargas de diseño y lo indicado en la Especificación 556.05 para establecer los esfuerzos de diseño, las cargas y las deflexiones. Para los montajes de elementos prefabricados, se deberá consultar lo indicado en la Especificación 556.06.

- (b) Se deberá indicar la carga estructural máxima a ser aplicada sobre el material de los cimientos. Se debe incluir un plan para el drenaje o una descripción de cómo se protegerán las cimentaciones contra la saturación, erosión y la socavación. Para ello, se debe seguir lo indicado en la Especificación 556.07.
- (c) El Contratista debe describir detalladamente todo el material propuesto. Se deberá designar el material que no pueda ser descrito verbalmente por su nomenclatura estándar (tal como la Especificación AASHTO o ASTM) basado en los ensayos efectuados por el fabricante y las cargas de trabajo recomendadas. Además, se deberá evaluar el material que compone la obra falsa y determinar si las propiedades físicas y las condiciones de dicho material son las adecuadas para soportar las cargas indicadas en el diseño, debiendo presentar la memoria de cálculo correspondiente.
- (d) Se deberán suministrar los cálculos de diseño y las especificaciones de los materiales demostrando que el sistema propuesto soportará las presiones impuestas por el concreto y otras cargas. Se presentará un plan general de las operaciones propuestas para la colocación del concreto en el cual se incluya un listado del equipo, la mano de obra y los procedimientos a ser usados en cada operación. Se incluirán

- las razones propuestas para la colocación y las presiones de diseño para cada colada, así como un diagrama de la colocación en la superestructura indicando la secuencia de colocación del concreto y la ubicación de las juntas de construcción.
- (e) Se deben presentar los cálculos hechos para el diseño de la obra falsa propuesta para las estructuras. Un profesional de la ingeniería, colegiado activo, con especialización en diseño estructural deberá diseñar, firmar y sellar los planos. Los cálculos correspondientes al diseño de la obra falsa deberán indicar los esfuerzos y las deflexiones de los miembros que soportarán cargas.
- (f) Se deben indicar los asentamientos totales estimados para la obra falsa y las formaletas y el asentamiento del cimiento de la obra falsa y el desajuste en las juntas. Los asentamientos esperados no deberán exceder de 20 milímetros. Se debe diseñar e incluir todos los detalles de la obra falsa que soportará la estructura a construir. Se debe diseñar de manera que no ocurran asentamientos diferenciales entre las formaletas de las vigas y las de la losa durante la colocación del concreto. También se debe diseñar y construir la obra falsa a niveles que incluyan los asentamientos esperados durante la colocación del concreto y la contraflecha requerida para compensar las deflexiones de los miembros durante la construcción.
- (g) Se deberán mostrar los sistemas de soporte para formaletas formadas por planchas que soporten la superestructura.
- (h) Se deben incluir detalles para reforzar y proteger la obra falsa sobre o adyacente a una carretera o vía férrea durante cada fase de instalación y remoción. Para ello se deberá seguir lo indicado en la Especificación 556.08.
- (i) Se deben incluir suficientes detalles para los procedimientos a seguir en la instalación de elementos de acero y efectuar cálculos suficientes para asegurar que la geometría de las vigas sea la correcta. Para ello, se debe seguir lo indicado en la Especificación 556.09.
- (j) Se deben presentar detalles de los anclajes y de los tirantes propuestos para las formaletas de estructuras celulares, de acuerdo con lo indicado en la Especificación 556.11.
- Se deberán suministrar planos de la obra falsa independientes para cada estructura, excepto para estructuras idénticas con detalles y diseños de obra falsa idénticos. No se deberá iniciar la construcción de cualquier unidad de obra falsa hasta que los planos correspondientes a esa unidad estén revisados y sean aprobados por el Delegado Residente.

#### 556.04 Cargas de diseño.

- (a) **Cargas verticales de diseño.** Las cargas muertas incluyen la masa del concreto, el acero de refuerzo, las formaletas y la obra falsa. La superestructura completa o cualquier masa de concreto a ser soportada por la obra falsa deberá ser considerada como una carga muerta líquida sin habilidad de soportarse por sí misma. Si el concreto va a ser postensado, se debe diseñar la obra falsa de manera que pueda soportar cualquier carga incrementada o readjustada causada por las fuerzas del postensado.

Se debe asumir que la densidad del concreto, del acero de refuerzo y de las formaletas no será menor de 2,400 kilogramos por metro cúbico para concreto normal y no menor de 2,100 kilogramos por metro cúbico para concreto liviano, aplicando para ambos valores los factores de seguridad adecuados para el cálculo de la estructura provisional.

La carga viva será la masa actual del equipo a ser soportado por la obra falsa aplicado como cargas concentradas en el punto de contacto más una carga uniformemente distribuida de no menos de 2,000 Pa (200 kg/m<sup>2</sup>) aplicada sobre el área soportada, más 1,100 Newtons (250 kg) por metro aplicados en la orilla externa de los voladizos de la obra falsa de la superestructura.

La carga total vertical de diseño para la obra falsa será la suma de las cargas verticales muertas y vivas. Se debe usar una carga total vertical de diseño no menor de 7,350 Pa (750 kg/m<sup>2</sup>).

- (b) Cargas horizontales de diseño.** Se debe utilizar una carga horizontal de diseño aplicada sobre las torres de la obra falsa, armaduras, marcos y otras estructuras de la obra falsa para verificar la estabilidad lateral. La carga horizontal asumida será la suma de las cargas horizontales actuales producidas por el equipo, la secuencia de construcción o por otras causas y una carga de viento. Se recomienda utilizar una velocidad máxima del viento de 75 km./h. Sin embargo, la carga horizontal asumida en ningún caso podrá ser menor que el 8 por ciento de la carga muerta total soportada en el punto bajo consideración.

La obra falsa debe ser diseñada de manera que tenga la rigidez suficiente para resistir la carga horizontal asumida sin la aplicación de la carga muerta vertical. Se pueden despreciar los efectos de la resistencia a la fricción. En el diseño se evaluará si es procedente incluir un sistema estructural secundario que asegure la estabilidad de la obra falsa por la aplicación de una sobrecarga debida a una carga horizontal repentina.

- (c) Presión líquida lateral.** Las formaletas, amarres de las formaletas y el embreizado para sostener concreto con un aditivo retardante, ceniza muy fina u otra puzolana para reemplazar el cemento, deberán ser diseñados para soportar una presión líquida lateral, basada en un concreto con una densidad de 2,400 kilogramos por metro cúbico. Para el concreto que no contenga puzolanas y otros aditivos que afecten el tiempo del fraguado inicial, se debe determinar la presión líquida lateral basado en una temperatura y en una razón de aplicación del concreto de acuerdo con lo indicado en la norma ACI 347 R, “Guía para formaleta y obra falsa del concreto”.

**556.05 Esfuerzos, cargas y deflexiones.** Las cargas y esfuerzos máximos permisibles de diseño listados en esta Sección están basados en el uso de material de alta calidad que no ha sido dañado. Si se utiliza material de calidad inferior, se deberán reducir las cargas y esfuerzos permisibles. Al diseñar la obra falsa, no se deberá exceder los siguientes esfuerzos, cargas y deflexiones máximas:

- (a) Madera.** Se establecen los siguientes valores para los diferentes elementos:

$$(1) \text{ Compresión perpendicular a la veta} = 3,450 \text{ kPa (35 kg/cm}^2\text{)}$$

$$(2) \text{ Compresión paralela a la veta}^{(1)} =$$

$$\frac{3,309}{\left(\frac{L}{d}\right)^2} \text{ MPa} \left( \frac{33,750}{\left(\frac{L}{d}\right)^2} \text{ kg/cm}^2 \right)$$

Donde:

L = longitud no apoyada

d = dimensión más pequeña de una columna cuadrada o rectangular o el ancho de un cuadrado con un área transversal equivalente al de una columna con sección redonda.

**Nota:**

<sup>(1)</sup> No deberá ser mayor que 11 MPa (110 kg./cm<sup>2</sup>).

- (3) Esfuerzo a flexión** = 8 MPa (80 kg/cm<sup>2</sup>). Este valor debe ser reducido a 6.5 MPa (65 kg/cm<sup>2</sup>) en los miembros con una altura nominal de 200 milímetros o más.

$$(4) \text{ Corte horizontal} = 1,300 \text{ kPa (13.5 kg/cm}^2\text{)}$$

$$(5) \text{ Tensión axial} = 8.0 \text{ MPa (80 kg/cm}^2\text{)}$$

La deflexión causada por la masa del concreto no podrá exceder de 1/500 de la luz, aunque la deflexión sea compensada con el uso de tiras para contraflecha.

- (6) Módulo de elasticidad (E)** para la madera = 11.7 GPa (12 x 10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>)

- (7) Carga axial máxima en pilotes madera =  
400 kilo Newtons (40,860 kg)

Se deberá utilizar el 75 por ciento del valor de diseño tabulado como valor de diseño para los pernos en la conexión de dos miembros (corte simple).

- (b) **Acero.** Si se conoce el grado del acero estructural, no se deberán exceder los esfuerzos de diseño (distintos a los esfuerzos debidos a la compresión flexional) especificados en el Manual para Construcciones de Acero publicado por la AISC. Cuando no se pueda identificar el grado del acero utilizado, no se deberán exceder los esfuerzos de diseño, indicados en el Manual de Construcciones en Acero de AISC para el acero ASTM A 33 ni los siguientes valores:

- (1) Tensión, axial y flexional =  
150 MPa (1,525 kg/cm<sup>2</sup>)

- (2) Compresión, axial

$$= 110,000 - 2.6 \left( \frac{L}{r} \right)^2 kPa \left( 1,125 - 0.025 \left( \frac{L}{r} \right)^2 kg/cm^2 \right)$$

**Nota:**

L/r no deberá ser mayor que 120, donde L = longitud libre y r = radio de giro del miembro.

- (3) Corte en la sección bruta del alma para formas perfiladas  
= 100 MPa (1,000 kg./cm<sup>2</sup>)

- (4) Desgarramiento del alma para formas perfiladas  
= 185 MPa (1,900 kg/cm<sup>2</sup>)

Para todos los grados de acero, no se deberán exceder los esfuerzos de diseño y las deflexiones siguientes:

- (5) Compresión, flexional <sup>(1)</sup>

$$= \frac{82,750}{\left( \frac{Ld}{bt} \right)} MPa \left( \frac{845,000}{\left( \frac{Ld}{bt} \right)} kg/cm^2 \right)$$

Donde:

L = longitud libre.

d = dimensión más pequeña de una columna cuadrada o rectangular o el ancho de un cuadrado con una sección transversal equivalente al de una columna con sección redonda.

b = ancho del ala en compresión.

t = espesor del ala en compresión.

**Nota:**

<sup>(1)</sup> Este valor no deberá ser mayor que 150 MPa (1,525 kg/cm<sup>2</sup>) para el acero sin grado conocido o el acero ASTM A 33. Para el acero identificado con un determinado grado, este valor no deberá ser mayor que 0.6 Fy, donde Fy = esfuerzo en el límite de fluencia mínimo especificado para el grado del acero en uso, estos valores son aplicables para diseño por el método de DISEÑO ASD (Diseños por Esfuerzos Permisibles). Si se utiliza el método de diseño LRFD (Diseño por Factores de Carga y Resistencia) se pueden usar los valores correspondientes de los códigos AISC.

La deflexión producida por la masa de concreto no deberá exceder de 1/500 de la luz, aún si la deflexión será reducida con el uso de tiras para la contra flecha.

- (6) Módulo de elasticidad (E) del acero =  
210 GPa (215 x 10<sup>8</sup> kg/cm<sup>2</sup>).

- (7) Se debe limitar la luz de las obras falsas que soporten las vigas T compuestas de un puente a 4.3 metros más 8.5 veces la altura total de la viga T compuesta.

**556.06 Elementos prefabricados.** Al usar marcos, acoplos, tornillos, columnas, viguetas y otros elementos prefabricados, no se deberá exceder las recomendaciones del fabricante o el 40 por ciento de la capacidad de carga última del elemento, basado en los ensayos efectuados por el fabricante o en los ensayos adicionales que se hayan ordenado. Se debe limitar la deflexión máxima permisible por carga muerta de las viguetas a 1/500 de su luz.

El Contratista debe suministrar un catálogo o los datos equivalentes que indiquen las recomendaciones del fabricante o la ejecución de ensayos, si fueran

necesarios, para demostrar que cualquier elemento prefabricado propuesto es adecuado. No se deberá substituir otros componentes prefabricados a menos que los datos proporcionados por el fabricante abarquen dichas substituciones o los ensayos de campo confirmen la integridad del sistema.

**556.07 Cimentación de la obra falsa.** A menos que se especifique de otra forma, los planos de detalle para la obra falsa deben ser presentados para su aprobación por el Contratista al Delegado Residente. Su presentación y la aprobación no relevan al Contratista en ningún caso, de su responsabilidad por los resultados obtenidos al construir la obra falsa. Antes de iniciar el diseño de la Obra Falsa, se debe verificar en el campo todos los niveles del terreno en las ubicaciones propuestas para colocar las cimentaciones.

Cuando se utilicen cimientos cuadrados, se debe determinar la capacidad soporte del suelo. La capacidad soporte máxima permisible para el material de cimentación, que no sea roca, será de 150 kPa (1.5 kg/cm<sup>2</sup>).

Tanto la obra falsa como las armazones provisionales deben construirse sobre cimientos lo suficientemente resistentes como para soportar las cargas sin que se produzcan asentamientos perjudiciales. Toda la obra falsa debe ser diseñada y construida con la solidez necesaria para soportar, sin causar deformación o asentamientos apreciables, las cargas a que estará sometida. Dentro de éstas se deben incluir, además de la masa de la superestructura, las correspondientes a las formaletas, arriostramientos, equipo, personal de construcción y demás cargas que le puedan ser impuestas durante la construcción. La obra falsa debe ser convenientemente apuntalada y amarrada, a fin de darle la rigidez adecuada para prevenir distorsiones y movimientos que puedan producir vibraciones o deformaciones en las formaletas de la superestructura.

Así mismo cuando la cimentación de la obra falsa quede dentro del cauce de un río se deberán incluir los detalles de la profundidad de la cimentación y los elementos de protección adicionales contra la corriente de agua y contra la erosión.

El Delegado Residente puede exigir al Contratista el empleo de gatos mecánicos de tornillo o de cuñas de madera dura, para detener o controlar cualquier asentamiento o distorsión de los moldes o formaletas, antes o después de la colocación del concreto. Si se nota algún debilitamiento durante la construcción y la obra falsa da señales de asentamientos o distorsiones indebidas, se debe suspender el trabajo, remover cualquier parte del concreto que hubiera sido afectada y enderezar la obra falsa antes de reanudar el trabajo.

La obra falsa debe ser construida en tal forma que produzca en la estructura terminada, la contraflecha indicada en los planos.

Cuando la obra falsa no se apoye en roca o terreno firme de cimentación, ésta debe ser soportada por pilotes espaciados e hincados con la penetración suficiente para resistir las cargas requeridas, de acuerdo con lo estipulado en la Sección 557 y removidos de acuerdo al procedimiento aprobado por el Delegado Residente.

La obra falsa para estructuras debe permanecer en su lugar hasta que el concreto haya cumplido con los requisitos de curado o hasta que se autorice su remoción por haber alcanzado el concreto, la resistencia especificada de acuerdo a lo indicado en la Especificación 551.12 (d).

**556.08 Obra falsa sobre o adyacente a carreteras y vías férreas.** La obra falsa debe ser diseñada y construida de manera que esté protegida del impacto de los vehículos. La distancia horizontal entre la obra falsa y el tráfico no debe ser menor de 1.50 metros.

Se deben instalar barreras temporales de concreto para el tráfico antes de instalar las torres o columnas de la obra falsa adyacente a una carretera abierta al tráfico público. Las barreras deben ser localizadas de manera que los cimientos o los pilotes de la obra falsa se ubiquen a una distancia de por lo menos 500 milímetros de las barreras de concreto y que todos los otros miembros de la obra falsa estén a una distancia de por lo menos 500 milímetros.

Las barreras no deberán removese, hasta que su remoción sea aprobada por el Delegado Residente.

Se debe utilizar, para la obra falsa, columnas de acero con un módulo mínimo de la sección alrededor de cada eje de 156,000 milímetros cúbicos o, si son de madera, con un módulo de la sección alrededor de cada eje de 4,100,000 milímetros cúbicos.

Se debe conectar mecánicamente la base de cada columna o marco de la torre que soporta la obra falsa sobre o adyacente a la carretera abierta al tráfico público, a su cimiento correspondiente o proveer otra restricción lateral para resistir una carga menor de 9 kN (920 kg) aplicada a la base de la columna en cualquier dirección. Se debe conectar mecánicamente dicha columna o marco al casquete o al larguero de la obra falsa para resistir una fuerza horizontal no menor de 4.5 kN (460 kg) en cualquier dirección. Se deben despreciar los efectos de la resistencia a la fricción.

Se debe embreizar o apuntalar las vigas exteriores sobre las cuales se apoyará la obra falsa de la plataforma en voladizo del puente, con las vigas adyacentes interiores para prevenir la rotación de las vigas exteriores o el sobreesfuerzo en el alma de dichas vigas.

Se deben utilizar pernos con un diámetro de 16 milímetros o más para conectar miembros de madera utilizados para apuntalar la armadura de la obra falsa adyacente a una carretera o vía férrea. Se debe proveer los espacios libres horizontales y verticales mínimos requeridos a través de la obra falsa para carreteras, vías férreas y vías peatonales.

#### 556.09 Obra falsa para estructuras de acero.

- (a) Se deben de utilizar cargas de diseño para la obra falsa que incluyan la masa del acero estructural, la carga del equipo de instalación a ser soportado y todas las otras cargas soportadas por la obra falsa.
- (b) Se debe diseñar la obra falsa y las formaletas para el concreto soportado por estructuras de acero de forma que las cargas sean aplicadas

a las almas de las vigas compuestas dentro de los 150 milímetros del alma o del angular de refuerzo. Se deben distribuir las cargas de manera que no produzcan distorsión en el alma de los elementos. No se deberá utilizar formaletas para plataformas en el voladizo de la estructura que requieran la perforación de agujeros en el alma de las vigas compuestas.

- (c) No se deberá aplicar cargas a estructuras nuevas, existentes o parcialmente completas que excedan la capacidad de carga de cualquier parte de la estructura de acuerdo con los métodos de diseño del factor de carga de AASHTO LRFD "Especificaciones para el diseño de puentes".
- (d) Se debe construir obra falsa que se adapte al método de instalación propuesto sin causar sobreesfuerzos en el acero estructural y que produzca la geometría final requerida para la estructura, la continuidad y la acción estructural especificadas.

**556.10 Construcción de la obra falsa.** Se debe dejar una contraflecha en la obra falsa para compensar la deflexión de la obra falsa y la deflexión estimada para la estructura. La contraflecha indicada en los planos o especificada por el Delegado Residente es únicamente para la deflexión estimada para la estructura.

Se deben adherir suficientes dispositivos de control en la parte inferior de las formaletas previo a la colocación del concreto, en localizaciones estratégicas, para poder determinar el asentamiento total de la estructura, medido desde el nivel del terreno, cuando se coloque el concreto.

Hasta que no se autorice, no se deberán aplicar las cargas muertas, distintas a las de la formaleta y el acero de refuerzo, sobre cualquier obra falsa.

**556.11 Formaletas.** Las formaletas, ya sean de madera, de metal, de plásticos, de fibra de vidrio u otros materiales apropiados, deben ser lisas y herméticas al mortero; diseñadas y construidas sólidamente, con la rigidez suficiente para evitar distorsiones debidas a la presión del concreto o a otras

cargas incidentales a la construcción, incluyendo la vibración del concreto, de acuerdo con la norma ACI 347. Las formaletas deben ser achaflanadas y biseladas como se indica en los planos.

Antes de utilizar un sistema de formaleta, el Contratista debe presentar al Delegado Residente, el diseño y los planos, si así se requiriere en las Disposiciones Especiales, de las formaletas y los datos de los materiales, para su aprobación.

La madera para formaletas de un tipo que no produzca manchas debe ser secada al aire, cepillada y de un espesor no menor de 19.1 mm ( $\frac{3}{4}$  de pulgada). Las formaletas deben construirse y conservarse en tal forma que se eviten deflexiones, alabeos, distorsiones y aberturas en las juntas, debidos a la contracción de la madera. Asimismo, deben diseñarse de tal manera que permitan su remoción sin dañar las superficies del concreto.

La madera debe estar libre de agujeros, nudos sueltos, hendiduras, grietas, pandeos y otros defectos que puedan perjudicar su resistencia o la apariencia de la superficie del concreto.

En caso necesario puede usarse, para el revestimiento de las formaletas de madera, cartón piedra, fibra prensada, lámina metálica o de plástico u otro material aprobado previamente por el Delegado Residente.

En vez de madera sólida puede usarse madera contrachapeada de 160 mm ( $\frac{5}{8}$ ") de espesor, fabricada con colas o adhesivos a prueba de agua y/o protegida con recubrimientos o selladores impermeables aprobados.

La madera contrachapeada o el revestimiento de las formaletas, se debe usar en pliegos grandes y con juntas que ajusten herméticamente. Todas las juntas deben reforzarse para evitar el escurrimiento del mortero o del concreto. No pueden usarse pliegos con chapas abultadas o bordes lastimados deshechos.

El metal empleado para formaletas metálicas debe ser del espesor adecuado para evitar distorsiones o deformaciones en las mismas. Las cabezas de

pernos y remaches deben ser embutidas, y las grapas, espinas y demás dispositivos de empalme deben ser diseñados para sujetar rígida y firmemente las formaletas y permitir su retiro posterior sin causar daños al concreto. No deben utilizarse formaletas que no tengan una superficie lisa y pareja o que no puedan ser alineadas debidamente.

Cuando se utilicen paneles, éstos se deben colocar formando patrones simétricos y ajustándolos a las alineaciones generales de la estructura. Los paneles para las superficies verticales deben colocarse con la dimensión más larga en el sentido horizontal y con las juntas horizontales a nivel y continuas. En los muros con cimientos con pendiente que no se apoyan en otros muros, los paneles podrán colocarse con la dimensión más larga paralela al cimiento. Se deben alinear con precisión los paneles a cada lado de la junta por medio de soportes o pasadores comunes a ambos paneles.

Las superficies interiores de las formaletas deben ser lo suficientemente uniformes y lisas para garantizar que las caras o superficies de concreto moldeado en aquellas, no presentarán defectos, bombeos, resaltos ni rebabas de más de cinco (5) milímetros de altura.

Se podrá fundir dentro del concreto los dispositivos necesarios para ser utilizados posteriormente como soporte de formaletas o para alzar miembros prefabricados. No se deberán hincar en el concreto dispositivo para sujetar o soportar las formaletas. Para sujetar las formaletas, se deberá utilizar pernos, grapas u otros dispositivos necesarios para evitar que éstas se separen durante la colocación del concreto.

Los amarres de metal, anclajes y espaciadores de las formaletas deben ser de un diseño tal que ningún metal quede cerca de una superficie o cara expuesta y lo suficientemente resistentes para no doblarse si los trabajadores suben por ellos. Los amarres o anclajes metálicos deben construirse en tal forma que permitan su remoción, hasta una profundidad de cuando menos 25 mm de la superficie o cara, sin causar desperfectos al concreto. En caso de que se

use alambre de amarre, éste debe cortarse, cuando menos, a 10 mm de la cara del concreto, después de removidas las formaletas.

Asimismo, todos los accesorios y amarres metálicos deben ser diseñados en forma tal que, una vez removidos, las cavidades resultantes sean del menor tamaño posible. Estas cavidades deben llenarse con mortero de cemento, tal como se indica en la Especificación 553.17 (a), dejando la superficie firme, lisa y uniforme de color.

Cuando las cimentaciones sean fundidas o coladas en zanjas abiertas en terreno firme, excavadas cuidadosamente, se puede prescindir de las formaletas; en cuyo caso se debe llenar con concreto el total de la excavación, hasta la cota requerida para la parte superior de la cimentación. En estos casos el suelo deberá ser revestido previamente para no contaminar el concreto a la hora de la fundición. El Contratista tendrá derecho a pago únicamente por el concreto que se muestre en los planos.

En aquellas partes de los pasamanos o de los cabezales de los postes que deban fundirse o colarse en el lugar, se debe poner especial cuidado a fin de lograr formaletas pulidas y con un ajuste hermético, que se puedan mantener rigidamente alineadas y a nivel y ser removidas sin causar daño alguno al concreto. Todas las molduras y los filetes biselados deben ser rectos y exactos, con juntas nítidas, a escuadra y bien definidas. Tanto la alineación de las formaletas como el nivel de las caras superiores de los biseles, se deben verificar inmediatamente después de colocar el concreto en las formaletas.

Cuando se deba encofrar o formatear elementos de gran altura y pequeño espesor, a fundir en una sola operación, se deben proveer, en las paredes laterales de las formaletas, ventanas de control de dimensiones suficientes para permitir la compactación del concreto desde ellas. El espaciamiento, tanto vertical como horizontal, entre estas aberturas no debe ser mayor de un (1) metro y las mismas deben cerrarse cuando el concreto llegue a su altura.

En columnas y muros angostos, cuando el fondo de la formaleta sea inaccesible, las tablas más bajas

deben dejarse sueltas para que puedan ser removidas, con el objeto de retirar cualquier material extraño inmediatamente antes de colocar el concreto.

Las formaletas permanentes o fijas de acero serán permitidas siempre que figuren en los planos o se autorice su empleo en las Disposiciones Especiales.

Las formaletas y soportes permanentes deben ser de acero galvanizado de conformidad con la norma ASTM A 653 y deben ser instaladas de acuerdo a los planos y detalles de fabricación y montaje previamente aprobados.

No se deberá colocar concreto en las formaletas hasta que todo el trabajo relacionado con la construcción de las mismas haya finalizado y hayan sido colocados todos los materiales que deban quedar empotrados o ahogados en el concreto y el Delegado Residente haya inspeccionado y aprobado dichas formaletas y materiales. Esta inspección no eximirá al Contratista de su responsabilidad por la obtención de superficies de concreto satisfactorias, libres de alabeos o combaduras, indentaciones, protuberancias, decoloraciones, manchas u otros defectos objetables. En caso de que algunas superficies resulten inaceptables, el Contratista debe repararlas a satisfacción del Delegado Residente, empleando métodos aprobados, o retirar el concreto afectado. Cualquier reparación de la superficie o remoción de concreto rechazado, se hará a costa del Contratista.

La velocidad de descarga del concreto dentro de las formaletas debe ser controlada, para prevenir en las mismas, desviaciones o deflexiones mayores que las permitidas en estas Especificaciones Generales.

La deflexión en formaletas no debe exceder, en ningún caso, de 1/500 de la luz o de 10 mm, la que sea menor, bajo carga total. Si la deflexión calculada excediera estos límites, se podrá dar a la formaleta una contraflecha compensadora, en sentido opuesto a la deflexión prevista.

Si en alguna etapa del trabajo, las formaletas muestran señales de pandeo o deflexión fuera de los límites permitidos, el volumen de concreto

que produzca tal condición debe ser removido de inmediato. Si fuere necesario, las formaletas deben ser reajustadas y apuntaladas o arriostradas adecuadamente, para evitar movimientos futuros.

Antes de colocar el concreto, las formaletas deben limpiarse de todo el polvo, aserrín, viruta, óxido, mortero seco y demás materias extrañas. También se deben humedecer las superficies interiores de las formaletas, o revestirlas con una mano de aceite de alta penetración o de un sellador o agente desformateante adecuado a base de agua, que al ser aplicados no dejen en la superficie de las formaletas, una película que pueda ser absorbida por, o adherida al, concreto o que lo manche o decolore.

**556.12 Remoción de las formaletas y de la obra falsa.** El tiempo de remoción de las formaletas y de la obra falsa está condicionado al tipo y localización de la estructura, al curado, al clima y a otros factores que puedan afectar el endurecimiento del concreto. Normalmente la remoción de formaletas y obra falsa debe ser planificada con anticipación. La secuencia de la misma se debe indicar en los planos o en las Disposiciones Especiales y se debe ejecutar cuidadosamente, en forma tal que permita al concreto absorber, gradual y uniformemente, los esfuerzos debidos a su peso propio.

Ninguna formaleta, obra falsa o soporte debe ser removido sin la aprobación previa del Delegado Residente. Esta aprobación no relevará al Contratista de su responsabilidad por la calidad final del trabajo que esté efectuando.

**(a) Remoción de la obra falsa.** Ni la obra falsa ni los soportes temporales para estructuras de concreto, deben ser removidos antes de que los ensayos de resistencia efectuados en cilindros de concreto, representativos del elemento o porción de la estructura de que se trate curados *in situ* bajo las mismas condiciones de la estructura que representan según la Especificación 551.12 (d) hayan alcanzado una resistencia igual o mayor que los porcentajes de la resistencia especificada ( $f'c$ ), establecidos en los planos o en las Disposiciones Especiales. En ningún caso

estos porcentajes deben ser menores del 70% de  $f'c$  ni la edad del concreto menor de 5 días para todos los elementos sujetos a flexión (vigas, losas, largueros, ménsulas), ni del cincuenta por ciento 50% de  $f'c$  para elementos a compresión que aún no soportan cargas (columnas, pilas, estribos). En el caso de concretos especiales de alta resistencia, alto desempeño o resultantes del uso de cementos o aditivos especiales, los requisitos a cumplir se deben fijar en los planos o en las Disposiciones Especiales.

En estructuras continuas, los soportes no deben ser retirados de ninguna de las luces antes de que el concreto de la primera y segunda luces adyacentes a cada lado hayan alcanzado el porcentaje de resistencia especificada ( $f'c$ ) establecido.

En puentes de elementos prefabricados postensados, la obra falsa debe permanecer en su lugar durante el período de curado y hasta que el concreto haya sido postensado.

En construcciones compuestas -en las que porciones del concreto deban trabajar en forma combinada y conjunta con otros elementos de la estructura de acero estructural, madera o concreto prefabricado- las formaletas y la obra falsa deben ser removidas cuando los cilindros de concreto representativos y curados *in situ* [ver la Especificación 551.12 (d)], alcancen la resistencia prevista, previa aprobación por escrito del Delegado Residente.

La obra falsa de puentes de arco debe removverse de manera uniforme y gradual, principiando por la corona y trabajando hacia los arranques para permitir que el arco tome su carga lenta y equilibradamente. La obra falsa de arcos adyacentes debe ser removida simultáneamente.

**(b) Remoción de formaletas.** En general, las formaletas de trabajos ornamentales, barandales, parapetos y bordillos; las de superficies verticales que requieran un acabado especial

inmediato, las formaletas laterales de vigas y las demás cuya remoción no afecte el soporte temporal de la estructura o el curado de la misma, se pueden remover entre las 12 y las 48 horas después de haber colocado el concreto, dependiendo de las condiciones del clima. En juntas de construcción o de contracción, las formaletas deben ser removidas dentro de las 15 horas siguientes a la fundición del concreto adyacente. La remoción de formaletas bajo losas, banquetas, largueros, vigas y ménsulas debe regularse por los requisitos de remoción de la obra falsa y de los soportes temporales de dichos elementos, de conformidad con lo establecido en la Especificación 556.12 (a).

Las formaletas para cimientos, muros de retención y ataguías construidas en tablestacas o huacaleras, deben permanecer en su lugar cuando su remoción ponga en peligro la seguridad de la estructura o cuando dichas formaletas no queden expuestas a la vista en la estructura terminada.

Todas las demás formaletas que estén localizadas arriba o abajo del nivel del terreno o del nivel freático, según el caso deben ser removidas.

(c) **Remoción de formaletas y obra falsa, cuando de conformidad con las Disposiciones Especiales para estructuras menores no se requieran ensayos de resistencia para su control.** Se puede usar como una guía el siguiente criterio, para el tiempo mínimo requerido antes de la remoción de las formaletas y de la obra falsa:

- (1) Apuntalamiento bajo clave de arcos:  
14 días.
- (2) Apuntalamiento en general y otros miembros sujetos a la acción directa de esfuerzos de flexión:
  - a) Luces de 3 metros o menos:  
10-14 días.

- b) Luces mayores de 3 metros:  
14-21 días.
- c) Losas de piso:  
14-21 días.
- d) Muros:  
12-24 horas.

Si las formaletas se remueven antes de 7 días después de colocado el concreto, se deben curar todas las superficies expuestas de concreto de acuerdo con lo indicado en la Especificación 553.18.

**556.13 Medida y pago.** No se hará ninguna medida de la formaleta y la obra falsa para efectos de pago, ya que su costo debe estar incluido en el costo del concreto.

---

---

**SECCIÓN 557**  
**PILOTES HINCADOS**

---

---

- 557.01. Definiciones.
- 557.02. Descripción.
- 557.03. Requisitos de los materiales.
- 557.04. Equipo para el hincado.
- 557.05. Longitudes de los pilotes.
- 557.06. Pilotes de prueba.
- 557.07. Capacidad del pilote hincado.
- 557.08. Preperforado.
- 557.09. Preparación e hincado.
- 557.10. Empalmes.
- 557.11. Pilotes que emergen.
- 557.12. Pruebas de carga.
- 557.13. Corte de los pilotes.
- 557.14. Pilotes no satisfactorios.
- 557.15. Colocación del concreto dentro de los cascos o tuberías de acero.
- 557.16. Medida.
- 557.17. Pago.



## 557.01 Definiciones.

**Pilotes.** Son los miembros estructurales de madera, concreto reforzado prefundido, concreto preeforzado y de metal, que se hincan en el subsuelo para formar parte de una estructura de cimentación, contener el empuje de tierras o consolidar un suelo.

**Pilotaje.** Es la operación de hincar los pilotes, haciéndolos penetrar debajo de la superficie por medios mecánicos.

**557.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro y en el hincado de pilotes e incluye también el suministro y la colocación del acero de refuerzo y del concreto dentro de los cascos o las tuberías de acero para formar pilotes con entubados de acero llenos con concreto.

Los pilotes se designarán como: Pilotes de acero de Sección H, cascos de acero llenos de concreto, tubería de acero rellena de concreto, pilotes prefabricados de concreto, pilotes de concreto preeforzados o pilotes de madera. Las pruebas de carga de los pilotes se designarán como estáticas o dinámicas.

## MATERIALES

### 557.03 Requisitos de los materiales.

#### (a) Pilotes de concreto reforzado y preeforzado.

El Contratista debe fabricar los pilotes como mínimo con concreto clase 28 MPa (4,000 lb/pulg<sup>2</sup>) según Especificación 551.03 o de conformidad con lo indicado en los planos o en las Disposiciones Especiales. Las varillas de refuerzo de acero de lingotes y de acero relaminado y el acero de refuerzo para preeforzado deben estar de acuerdo con lo indicado más adelante.

Los pilotes prefundidos de concreto deben ser construidos de acuerdo con lo indicado en la Sección 551. Los pilotes preeforzados de concreto deben ser construidos de acuerdo con lo indicado en la Sección 554. Cuando se utilicen ganchos para el izado, se debe mantener un espacio libre de por lo menos 50 milímetros entre el acero de refuerzo principal o el acero de preefuerzo del pilote y el gancho.

Se deben utilizar formaletas metálicas, de plywood o madera revestida que sean impermeables, rígidas y que estén alineadas. Se debe colocar una franja biselada de 25 milímetros en todas las esquinas de las formaletas.

Los pilotes deben ser fundidos por separado o, si los pilotes alternos se funden en fila, los pilotes intermedios deben ser fundidos por lo menos 2 días después de fundir los pilotes adyacentes. Se deben separar los pilotes adyacentes y los pilotes fundidos en fila con papel alquitranado u otro material separador adecuado. El concreto debe ser colocado en cada fila en una operación continua que prevenga la formación de bolsas de piedra, ratoneras u otros defectos. Se deben dejar las formaletas en su posición por lo menos 24 horas.

Los pilotes deben construirse rectos, sobre un piso de concreto provisional nivelado, de manera que cuando se extienda un hilo desde el extremo inferior hasta el superior, sobre cualquier cara, la línea no esté separada más de 10 milímetros de la cara del pilote, en cualquier punto. De suceder lo contrario, el pilote será rechazado o podrá ser aprobado, previa autorización del Delegado Residente. La superficie del pilote debe estar lisa, homogénea y libre de agujeros.

Los ganchos de izaje deben ser anclados hasta una profundidad de por lo menos 100

milímetros debajo de la superficie del concreto y se deben llenar los agujeros resultantes con concreto. A la superficie de cada pilote se le debe dar un acabado de superficie ordinario. Los pilotes deben ser curados de acuerdo con lo aplicable indicado en las Secciones 551 y 554.

Si se preparan cilindros de concreto para efectuar ensayos de acuerdo con lo indicado en la Sección 551, no se deben mover los pilotes hasta que los ensayos indiquen una resistencia a la compresión de por lo menos el 80% del valor de la resistencia de diseño a la compresión, a los 28 días. No se deben transportar ni hincar los pilotes hasta que los ensayos indiquen que se alcanzó el valor de diseño mínimo de resistencia a la compresión a los 28 días.

**(1) Acero de refuerzo.** El Contratista debe suministrar la siguiente información para el acero utilizado en los pilotes; nombre y localización de la fábrica del acero, proceso de manufactura, número(s) de calentado, tamaño(s), especificaciones utilizadas, copias de los análisis hechos en la fábrica para ensayos químicos y físicos, y el destino del embarque.

- a) Barras de refuerzo.** El Contratista debe suministrar barras corrugadas de acuerdo con el diseño de los pilotes, pero en ningún caso deben ser menores a grado 420 de acuerdo con lo que se establece en la Sección 552 y AASHTO M 31M.
- b) Barras de refuerzo con revestimiento epóxico.** Deben cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 284M. Se deben inspeccionar las barras de refuerzo después de la limpieza blanca con soplete. Se deben rechazar todas las barras con astillas o costras de acero. El seleccionar y rechazar las barras en la fábrica puede prevenir retrasos innecesarios y el rechazo subsecuente de las barras durante la inspección previa a

la aplicación del revestimiento y durante la aplicación del mismo.

Se debe revestir las barras de acero con recubrimiento epóxico en una planta aprobada por el Delegado Residente, certificando la aplicación del revestimiento epóxico.

- c) Barras de sujeción.** El Contratista debe suministrar barras corrugadas grado 420 como mínimo de acuerdo con AASHTO M 31M, excepto que no se deben usar barras de sujeción dobladas y enderezadas nuevamente durante la construcción.
- d) Pernos de gancho.** El Contratista debe suministrar barras lisas grado 420 de acuerdo con AASHTO M 31M con rosca enrollada o rosca cortada. Se debe suministrar una manga de rosca capaz de soportar una carga axial mínima de 67 kiloNewtons.
- (2) Tuberías de acero.** Si se utilizan acero, deben cumplir con lo siguiente:

<b>a) Tubo de acero a ser rellenado con concreto</b>	ASTM A 252, grado 2
<b>b) Tapaderas para pilotes de base cerrada</b>	ASTM A36
<b>c) Puntos cónicos reforzados</b>	AASHTO M 103
<b>d) Pilotes tubulares de acero sin relleno con junta soldada que pase la prueba de rayos X</b>	ASTM A 252, grado 2

- (b) Cascos de acero.** El Contratista debe suministrar entubados para pilote, cilíndricos o ahusados, fabricados con acero con soldadura espiral, soldadura de unión recta o tubo continuo. Se debe utilizar un solo tipo de entubado en toda la estructura. Los espesores mínimos de la pared del entubado deben ser los siguientes:

• Diámetro externo del cilindro < 350 mm	6.0 mm
• Diámetro externo del cilindro $\geq$ 350 mm	10.0 mm
• Ahusado o estriado	4.5 mm

**(1) Entubados hincados sin mandril.** Para pilotes de concretos fundidos en el lugar ahusados o ahusados escalonados, suministrar entubados con diámetro mínimo de 300 milímetros en la base y de 200 milímetros en la punta. Para pilotes de concretos fundidos en el lugar, de diámetro constante, suministrar entubados con un diámetro nominal mínimo de 270 milímetros.

Se deben fabricar los entubados con planchas de no menos de 4.5 milímetros de acuerdo con la norma AASHTO M 183M. Los entubados podrán ser soldados en forma espiral o longitudinal y podrán ser ahusados o de sección constante. Se debe sellar la punta tal como se indique en los planos.

**(2) Entubados hincados con mandril.** Suministrar entubados con una resistencia y un espesor suficientes para soportar el hincado sin dañarse y para resistir distorsiones peligrosas y/o pandeos causados por la presión del suelo después de hincados y removido el mandril. Las dimensiones de la base y de la punta serán especificadas en el diseño.

**(c) Pilotes de acero de Sección H.** El Contratista debe suministrar pilotes de acero con Sección H fabricados de secciones de acero laminado con la masa y forma especificada en las Disposiciones Especiales. Los pilotes con Sección H y sus empalmes deben ser fabricados con acero estructural que cumpla con lo establecido en ASTM A 36, excepto que no se debe utilizar acero fabricado por el proceso Ácido-Bessemer.

Los pilotes de acero estructural deberán ser de secciones de acero laminado AASHTO M

270M, Grado 250, 345 o 345 W, los que hincados en el terreno forman parte de la cimentación de una estructura o la estabilizan, de acuerdo con lo mostrado en los planos o lo aprobado por el Delegado Residente.

Para el acero estructural con cobre, se debe suministrar acero con 0.20 a 0.35 por ciento de cobre.

**(d) Pilotes de madera.** Deben cumplir con ASTM D 25 para pilotes redondos de madera. Se deben tratar los pilotes con un preservativo de acuerdo con AASHTO M 133 para los tipos y cantidades de preservativos especificados en las Disposiciones Especiales. Para el tratamiento de la madera, se debe utilizar el procedimiento del método a presión indicado en el estándar C1 del American Wood Preservers Association (AWPA). Se debe aplicar el tratamiento a los pilotes después de completar todo el trabajo de taller. Asimismo, se debe imprimir leyendas o símbolos legibles en el extremo de todos los pilotes identificando el nombre de la compañía que efectuó el tratamiento y el tipo y año de aplicación del tratamiento de acuerdo con los estándares M1 y M6 del AWPA. Se deben fabricar los pilotes con las especies aprobadas de mayor abundancia en la región, para los tamaños y dimensiones especificadas en las Disposiciones Especiales.

Se debe instalar una tira de acero a lo largo de la longitud del pilote a no más de 3 metros entre centros. Adicionalmente, se debe colocar una tira a 75, 150 y 300 milímetros de la punta y dos tiras adicionales dentro de los 600 milímetros de la cabeza del pilote. Se debe utilizar material de acero para envoltura de 32 milímetros de ancho por 0.8 milímetros de espesor fabricado de acero enrollado en frío, tratado al calor y de alta tensión con una resistencia mínima a la tensión de 22 kilonewtons.

Se deben sostener las tiras en su posición utilizando grapas aseguradas ondulando dos veces la longitud de las mismas con un

sellador de tipo de muesca. Las grapas deben ser fabricadas con acero de 57 milímetros por 0.9 milímetros de espesor. La unión de la grapa debe desarrollar por lo menos el 75 por ciento de la resistencia a la tensión de la tira. Las tiras deben rodear el pilote una vez y deben apretarse utilizando herramientas para tensión operadas manualmente o mecánicamente.

Para pilotes de madera, se deben prefabricar puntas de acero fundido que cumplan con ASTM A 27M.

- (e) **Pintura.** El Contratista debe suministrar pintura, cuando se requiera, que cumpla con lo indicado en la Sección 563.

Cuando los pilotes o acero se extiendan o vayan a quedar temporalmente sobre la superficie del terreno o del agua, serán protegidos con tres manos de pintura, como se especifica en Sección 563. Esta protección se hará desde una elevación de 600 mm bajo el nivel de aguas mínimas, o de la superficie del terreno hasta el extremo superior del acero expuesto.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**557.04 Equipo para el hincado.** El Contratista debe suministrar equipo que cumpla con los requerimientos siguientes:

- (a) Equipo para hincar los pilotes.

(1) **Martinetes de gravedad.** Los martinetes de gravedad sólo podrán ser utilizados para hincar pilotes de madera. Se debe suministrar un martinete con un peso entre 900 a 1,600 kilogramos y limitar la caída a 4.0 metros. La masa del martinete debe ser mayor que la masa combinada de la cabeza de hincamiento y el pilote. Se debe proveer una guía para el martinete para asegurar un impacto concéntrico sobre la cabeza de hincado.

(2) **Martinetes diesel de acción simple.** Se debe equipar los martinetes diesel de acción simple con un dispositivo, tal como anillos

en el martinete o una escala (varilla de salto) extendiéndose sobre el cilindro del martinete para permitir la determinación visual del golpe del martinete. Se debe suministrar el gráfico del fabricante del martinete correlacionando la energía con los golpes por minuto para el martinete a ser utilizado. Si se aprueba, se podrá utilizar una calibración de velocidad versus golpes.

- (3) **Martinetes diesel de doble acción.** Se debe suministrar un gráfico calibrado con el rendimiento del martinete dentro de 90 días de uso, correlacionando la presión de la cámara de rebote con la energía equivalente o con el golpe del martinete a ser utilizado. Se debe equipar los martinetes con un manómetro para medir la presión en la cámara de rebote. Se debe colocar el manómetro de tal forma que las lecturas se puedan tomar desde el nivel del terreno. Luego se tiene que calibrar el manómetro tomando en cuenta las pérdidas en la manguera del manómetro. Después se debe verificar la exactitud del manómetro ya calibrado durante las operaciones de hincado asegurando que el alzamiento del cilindro ocurra cuando la presión en la cámara de rebote sea consistente con la energía máxima indicada en las especificaciones del martinete. No se debe utilizar martinetes diesel de doble acción que no sean capaces de levantar el cilindro a la relación de presión máxima de la cámara de energía rebote dada en las especificaciones del martinete.

- (4) **Martinetes de aire o de vapor.** Se tiene que suministrar la planta y el equipo para los martinetes de aire o de vapor con capacidad suficiente para mantener el volumen y la presión especificadas por el fabricante del martinete. Se debe equipar el martinete con manómetros de presión exactos que sean fácilmente accesibles. Se debe utilizar un martinete con la masa de la parte que golpea igual a, o mayor que  $\frac{1}{3}$  de la masa combinada del pilote y de la cabeza de hincamiento. La

masa combinada debe ser por lo menos de 1,250 kilogramos.

Se deben medir las presiones de entrada de los martinetes de aire o de vapor de doble acción y de acción diferencial con un manómetro de aguja colocado en la cabeza del martinete mientras se hincuen los pilotes de prueba. Si se es requerido, también se debe medir las presiones de entrada cuando se hincuen los pilotes finales. Se podrá desarrollar una calibración de presión versus velocidad para condiciones específicas de hincado encontradas en el proyecto, como alternativa a las medidas periódicas con un manómetro de aguja.

(5) **Martinetes de hidráulicos.** Se debe mantener una planta eléctrica para los martinetes hidráulicos para mantener el volumen y la presión especificada por el fabricante y asegurar que se mantenga en condiciones de trabajo adecuadas.

(6) **Martinetes sin impacto.** No se debe utilizar martinetes sin impacto, tales como martinetes vibratorios, a menos que exista un permiso escrito o su uso haya sido especificado en las Disposiciones Especiales. Si se permite su uso, este equipo debe utilizarse para la instalación de los pilotes finales, únicamente después de determinar que la elevación de la punta del pilote o la longitud de empotramiento es la adecuada para soportar la carga del pilote según lo establecido por medio de las pruebas de cargas estáticas y dinámicas. Cuando se utilicen martinetes vibratorios, se debe controlar la instalación de los pilotes finales por medio de la potencia consumida, la razón de penetración, la elevación especificada para la punta u otros métodos aceptados que aseguren que se obtendrá la capacidad de carga requerida para el pilote. Se debe golpear con un martinete de impacto de energía adecuada uno de cada 10 pilotes hincados para verificar que se obtuvo la capacidad de carga requerida para el pilote.

- (b) Propiedades de martinetes comunes para el hincado. En la Tabla 557-1 se indican las propiedades de varios martinetes utilizados para hincar pilotes.
- (c) Aprobación del equipo para hincado. Se debe suministrar equipo para el hincado de tamaño tal que los pilotes permanentes puedan ser hincados con un esfuerzo razonable hasta la longitud requerida sin dañarlos.

El Delegado Residente evaluará la conveniencia del uso del equipo y aceptará o rechazará el sistema de hincado propuesto dentro de los 14 días posteriores a la recepción de la información del equipo de hincado y de los pilotes. Cuando se requiera la ejecución de pruebas de carga dinámica, cuando la capacidad última del pilote exceda de 2,400 kilo Newtons o cuando se utilicen pilotes de concreto prefabricados o preeforzados, la aprobación del equipo de hincado se hará basándose en un análisis de ecuación de onda. Cuando no se utilice el análisis de ecuación de onda, la aprobación del equipo de hincado se hará sobre la base de la energía mínima del martinete indicada en la Tabla 557-2. La aprobación de un martinete en relación con los daños causados por los esfuerzos del hincado no exime al Contratista de la responsabilidad por los pilotes dañados.

La aprobación del sistema de hincado para los pilotes es específica para los datos suministrados para dicho equipo. Si el equipo propuesto se modifica o se reemplaza, se deben suministrar los datos del nuevo equipo, ya revisados, para su aprobación antes de utilizar el equipo. El sistema de hincado modificado será aceptado o rechazado dentro de los 14 días posteriores a la recepción de la información revisada del pilote, del equipo y del análisis de la ecuación de onda. Durante las operaciones de hincado, únicamente se usará el equipo aprobado.

(1) **Suministro del equipo.** Para su aprobación, se debe suministrar la información mencionada abajo relacionada con el equipo

**Tabla 557-1**  
**Propiedades de martinetes**

Energía nominal (kg-m)	Marca	Modelo	Tipo <sup>(1)</sup>	Golpes por minuto <sup>(2)</sup>	Carrera con energía nominal (cm)	Peso de las partes que golpean (kg)
1,004	Vulcan	2	S	70	74	1,361
1,210	MKT <sup>(3)</sup>	9B3	DB	145	43	726
1,811	MKT	10B3	DB	105	48	1,361
2,074	Vulcan	1	S	60	91	2,268
2,088	Vulcan	50C	DF	120	39	2,268
2,212	MKT	DE-20	DE	48	244	907
2,516	Link-Belt	440	DE	86-90	94	1,814
2,648	MKT	11B3	DB	95	48	2,268
2,696	Raymond	65C	DF	100-110	41	2,948
2,696	Vulcan	06	S	60	91	2,948
3,100	MKT	DE-30	DE	48	244	1,270
3,111	Delmag	D-12	DE	42-60		1,247
3,370	Vulcan	0	S	50	99	3,402
3,373	Kobe	K13	DE	45-60	259	1,302
3,380	Vulcan	80C	DF	111	41	3,629
3,595	Vulcan	08	S	50	99	3,629
3,636	Link-Belt	520	DE	80-84	110	2,300
4,424	MKT	DE-40	DE	48	244	1,814
4,493	MKT	S10	S	55	99	4,536
4,493	Vulcan	010	S	50	99	4,536
4,493	Raymond	00	S	50	99	4,536
4,977	Vulcan	140C	DF	103	39	6,350
5,439	Delmag	D-22	DE	42-60		2,200
5,613	Raymond	000	S	50	99	5,670
5,710	Kobe	K-22	DE	45-60	259	2,200
5,807	Vulcan	014	S	60	91	6,350
6,740	Vulcan	016	S	60	91	7,371

<sup>(1)</sup> S = de vapor de acción sencilla; DB = de vapor de doble acción; DF = de vapor diferencial; DE = diesel.

<sup>(2)</sup> Después de haber desarrollado una resistencia de consideración al hincado.

<sup>(3)</sup> Fue por muchos años conocido como McKiernan – Terry.

de hincado, por lo menos 30 días antes de hincar los pilotes. Cuando, en el contrato, se requiera la ejecución de ensayos de carga dinámica, se debe suministrar un análisis de ecuación de onda ejecutado por un consultor especializado en pilotes que cumpla con los requerimientos indicados en la Especificación 557.12. Si en el contrato no se requieren las pruebas de carga dinámica, el Delegado Residente desarrollará el análisis de ecuación de onda.

- a) **Información general.** Identificación del proyecto y de la estructura, contratista o subcontratista a cargo del hincado de los pilotes, métodos auxiliares para la instalación tales como inyección de agua o preperforado y el tipo y uso del equipo.
- b) **Características del martinete.** Fabricante, modelo, tipo, número de serie, energía calibrada (“Fuerza” vs. “altura del golpe”) y modificaciones.
- c) **Amortiguador del martinete.** Material, espesor, área, módulo de elasticidad (E) y coeficiente de restitución (e).
- d) **Anillo de protección para el tope del pilote.** Masa del casquete para hincado, masa del sombrerete, masa del yunque inferior del martinete y masa de la cabeza de hincado.
- e) **Amortiguador del pilote.** Cabezal de Hincamiento, material, espesor, área, módulo de elasticidad (E) y coeficiente de restitución (e).
- f) **Tipo de pilote.** Longitud (en avances), masa por metro, espesor de la pared, ahusamiento, área de la sección transversal, capacidad de diseño del pilote, descripción del empalme y descripción del tratamiento de la punta.

(2) **Ecuación de onda.** El número requerido de golpes del martinete indicado por la ecuación de la onda a la capacidad última del pilote debe estar entre 2 y 15 por cada 25 milímetros. Adicionalmente, los esfuerzos en el pilote resultantes del análisis de ecuación de onda no deben exceder los valores a los cuales el daño en el pilote sea inminente. El punto de daño inminente se define para los pilotes de acero, concreto y de madera como se indica a continuación:

- a) **Pilotes de acero.** Se debe limitar el esfuerzo compresivo de hincado al 90 por ciento del esfuerzo cedente del material del pilote.
- b) **Pilotes de concreto preeforzado.** Se deben limitar los esfuerzos de tensión (TS) y los esfuerzos de compresión (CS) de hincado a:

$$TS \leq 0.25f'_c^{1/2} + EPV$$

$$CS \leq 0.85f'_c - EPV$$

Donde:

$f'_c$  = esfuerzo de diseño a la compresión del concreto, a los 28 días (MPa)

EPV = Valor efectivo de pre esfuerzo (MPa)

- c) **Pilotes de madera.** Se debe limitar el esfuerzo compresivo de hincado a 3 veces el esfuerzo estático permisible de diseño indicado en los planos.

(3) **Energía mínima del martinete.** La energía del equipo de hincado suministrada para su aprobación, según la calibración del fabricante debe ser por lo menos la determinada de acuerdo con el análisis de la ecuación de onda o por lo menos la energía especificada en la Tabla 557-2 de conformidad con la capacidad última requerida para el pilote indicada en los

**Tabla 557-2**  
**Energía mínima del martinete**

Capacidad última del pilote (k Newtons)	Razón mínima de energía para el martinete (k Joules)
≤800	12.0
801 a 1350	20.0
1351 a 1850	27.0
1851 a 2400	32.0
2401 a 2650	35.0
>2651	Se requiere ecuación de onda

planos y la que corresponde a la carga de diseño multiplicada por el factor de seguridad seleccionado.

**(d) Aditamentos para el hincado.**

**(1) Amortiguador del martinete.** Se debe equipar todo el equipo de impacto para el hincado de los pilotes, excepto los martinetes de gravedad, con un material amortiguador de espesor adecuado con el objeto de evitar daños al martinete o al pilote y para asegurar un comportamiento uniforme durante el hincado. Se deben fabricar los amortiguadores del martinete con material durable y de fábrica de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. No se debe utilizar madera, cuerda de alambre ni asbesto para los amortiguadores. Se debe colocar un travesaño de acuñamiento, tal como lo recomienda el fabricante del martinete, en el amortiguador del martinete para asegurar la compresión uniforme del material que compone el amortiguador. Se debe inspeccionar el amortiguador del martinete en presencia del Delegado Residente cuando se inicie el hincado de los pilotes en cada estructura o después de 100 horas de hincado, el que sea menor. Se debe reemplazar el amortiguador cuando su espesor se reduzca en más de 25 por ciento del espesor original.

**(2) Cabezal de hincamiento.** Se deben proveer cabezales de hincamiento adecuados para los martinetes de impacto y proveer cabezales de hincamiento, mandriles u otros dispositivos adecuados para pilotes especiales de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se debe alinear axialmente el cabezal de hincamiento con el martinete y el pilote. Se tiene que ajustar el cabezal de hincamiento alrededor de la cabeza del pilote para evitar que se transmitan fuerzas de torsión durante el hincado mientras se mantiene la alineación apropiada con el martinete y el pilote.

**(3) Guías.** Durante el hincado, se debe mantener la alineación y la posición del pilote utilizando guías. Se deben construir guías para el hincado del pilote para permitir el libre movimiento del martinete mientras se mantiene la alineación axial del martinete y del pilote. No se debe utilizar guías colgantes a menos que su uso sea permitido por escrito o se haya especificado en las Disposiciones Especiales. Cuando se permita el uso de guías colgantes, ajustar las guías con una paleta directriz en el fondo de las guías y, en el caso de los pilotes inclinados, con una ristra horizontal entre la grúa y las guías. Se debe fijar adecuadamente las extensiones de la grúa en el terreno o forzar el pilote en un marco estructural (plantilla) para mantener la alineación apropiada. Se deben

proveer guías con una longitud suficiente que no requieran de una extensión pero que permitan la alineación apropiada de los pilotes inclinados.

- (4) Extensiones de las guías.** No se permitirá el uso de extensiones a menos que su uso sea aprobado por escrito por el Delegado Residente. Cuando se permita el uso de extensiones, se debe hincar el primer pilote de la subestructura y los pilotes subsiguientes, en toda su longitud, sin el uso de una extensión, para verificar que se está logrando el empotramiento adecuado para desarrollar la capacidad última requerida. Se debe proveer una extensión fabricada con un material y con dimensiones tales que permitan hincar el pilote la profundidad requerida. Se debe sostener y mantener la extensión y el pilote en la alineación apropiada durante el hincado.
- (5) Chorro de agua.** No se debe emplear equipo de chorro de agua a menos que su uso esté indicado en las Disposiciones Especiales o se apruebe por escrito por el Delegado Residente con la autorización del Ingeniero. Se debe proveer equipo de chorro de agua con capacidad suficiente para aplicar una presión consistente equivalente a por lo menos 700 kilo Pascales en 2 boquillas de chorro de 20 milímetros. Se debe aplicar el chorro de agua de manera que no se afecte la estabilidad lateral del pilote final ya colocado. Luego se procederá a remover las tuberías del chorro de agua cuando la punta del pilote esté por lo menos 1.5 metros arriba de la elevación prescrita para la punta y se hincará el pilote hasta la capacidad última requerida con un martinete de impacto. Se debe controlar, si es necesario, disponer de toda el agua de una manera aprobada.

Usando la formula dinámica se deberá confirmar que se ha alcanzado la capacidad nominal requerida del pilote.

- (6) Cojines o amortiguadores de protección.**

Para pilotes de concreto se usan cojines o amortiguadores nuevos para proteger la cabeza de cada pilote, los cojines deben de tener un espesor de por lo menos 100 mm y ajustarse a la sección transversal de la cabeza del pilote, estos cojines deben de reemplazarse si se han comprimido más de la mitad de su espesor original o presentan indicios de quemaduras. Para pilotes de acero y de madera, las cabezas de los pilotes deben ser protegidas con una cubierta de hincado aprobada por el Delegado Residente. Estas cubiertas deben ser reemplazadas si se dañan.

**557.05 Longitud de los pilotes.** Se deben suministrar pilotes con una longitud suficiente para obtener la penetración requerida y para extenderlos dentro del cimiento o de la estructura, tal como se indique en los planos. Adicionalmente, se debe incrementar su longitud para proveer una longitud de cabeza para adecuarse al método de hincado utilizado por el Contratista. Cuando se requiera el hincado de pilotes de prueba, para verificar la resistencia del suelo y del pilote, se deben suministrar pilotes con las longitudes necesarias, determinadas en los planos o en base al perfil estratigráfico del área del hincado de los pilotes.

**557.06 Pilotes de prueba.** Cuando se indique en el contrato, se deben hincar pilotes de prueba. Antes del hincado de estos pilotes, se debe excavar el terreno en el sitio en donde se hincarán los pilotes de prueba y los pilotes finales, hasta la elevación del fondo del cimiento. Se deben suministrar pilotes de prueba más largos que la longitud estimada para los pilotes finales y se deben hincar con el mismo equipo que se utilizará para hincar los pilotes finales.

Se deben hincar los pilotes de prueba hasta alcanzar la capacidad última requerida en el diseño. Se debe permitir que los pilotes que no alcancen la capacidad última requerida en el diseño se asienten por 24 horas antes de hincarlos de nuevo. Se debe calentar el martinete antes de iniciar el nuevo hincamiento aplicando, para ello, por lo menos 20

golpes a otro pilote. Si al hincar de nuevo el pilote no se alcanza la capacidad última, se debe hincar una parte o toda la longitud restante del pilote de prueba y repetir el procedimiento de asentamiento y rehincado. Se debe empalmar y continuar hincando hasta que se alcance la capacidad última requerida en el diseño para el pilote. Los pilotes de prueba a ser utilizados en la estructura final, deben cumplir con los requerimientos establecidos para los pilotes finales. Se deben remover los pilotes de prueba que no estén incorporados a la estructura ya completada hasta por lo menos 0.5 metros debajo del nivel final.

**557.07 Capacidad del pilote hincado.** Los pilotes se deben hincar hasta la profundidad necesaria y la penetración especificada para alcanzar la capacidad última requerida para el pilote. Los pilotes empalmados que no alcancen la capacidad última requerida con la longitud indicada deben ser hincados con un martinete de impacto hasta que alcancen la capacidad última requerida para el pilote, el hincado de cada pilote debe ser continuo hasta alcanzar la profundidad de diseño y no debe interrumpirse por ninguna razón.

Se debe utilizar la ecuación dinámica para determinar la capacidad última del pilote en el lugar, a menos que se requiera la ecuación de onda de acuerdo con lo indicado en la Especificación 557.04 (c).

(a) **Ecuación de onda.** Se considerará que se obtuvo la penetración adecuada cuando se alcance el criterio de resistencia especificado para la ecuación de onda, dentro de 1.5 metros de la elevación designada para la punta. Se deben hincar los pilotes que no alcancen la resistencia especificada dentro de estos límites hasta una penetración determinada por el Delegado Residente.

(b) **Fórmula dinámica.** Se deben hincar los pilotes hasta la penetración necesaria para obtener la capacidad última del pilote utilizando cualquiera de las siguientes fórmulas, de acuerdo con lo indicado en las Disposiciones Especiales o aprobadas por el Delegado Residente con autorización del Ingeniero:

- (1) Fórmula de Gates de acuerdo a la Especificación 551.07 (b) de la Norma FP-14, para el cálculo de la penetración necesaria para obtener la capacidad nominal de los pilotes.

Fórmula de Gates:

$$R_u = 7\sqrt{E} \times \log(10N_b) - 550$$

Donde:

**R<sub>u</sub>** = Resistencia nominal del pilote durante el hincado en kilonewtons.

**E** = Energía cinética desarrollada por el martillo al impacto para un golpe determinado. Si no se mide la velocidad del martillo, se puede suponer que la energía cinética es igual a la energía potencial del martillo en lo alto del ciclo, la que se puede calcular como el producto de la masa por la carrera del martillo en Joules.

**log(10N<sub>b</sub>)** = Logaritmo en base 10 del valor de N<sub>b</sub> multiplicado por 10.

**N<sub>b</sub>** = Número de golpes del martillo por pulgada (cada 25 milímetros) a la penetración final.

- (2) **Pilotes a chorro.** Se debe determinar la capacidad última en el lugar de los pilotes a chorro basado en el número de golpes del martinete de impacto (ecuación dinámica) después de remover las tuberías. Después de determinar la longitud de penetración necesaria para producir la capacidad última requerida para el pilote por medio del número de golpes del martinete de impacto, se debe instalar el resto de pilotes de cada grupo o en cada unidad de subestructura a profundidades similares utilizando métodos similares. Se debe confirmar que se alcanzó la capacidad última requerida para el pilote utilizando la ecuación dinámica.

(c) **Condiciones para la utilización de la ecuación dinámica.** La ecuación dinámica es aplicable únicamente si se cumple todo lo siguiente:

- (1) El martinete está en buenas condiciones y operando de una manera satisfactoria.
- (2) El martinete cae libremente.
- (3) No se utiliza extensión de la guía.
- (4) No se astilla o tritura la cabeza del pilote.

**557.08 Preperforado.** Se deben preperforar agujeros hasta encontrar el terreno natural cuando los pilotes se hinquen a través de terraplenes compactados de más de 1.5 metros de espesor. Se puede utilizar barrenos, perforación rotativa húmeda u otros métodos aprobados para preperforar. Excepto para los pilotes que se apoyen sobre roca o suelo duro, la preperforación se debe suspender por lo menos a 1.5 metros arriba de la profundidad estimada para la punta. Se debe hincar el pilote con un martinete de impacto hasta la penetración con la cual se alcance la capacidad última requerida para el pilote. Cuando los pilotes se hinquen en un suelo duro o sobre roca, la preperforación podrá extenderse dentro de la superficie de roca o de suelo duro. Se debe apoyar los pilotes sobre el estrato de soporte.

Se debe preperforar agujeros con un diámetro menor al de la sección transversal del pilote o al de la diagonal de la sección mientras se alcanza la profundidad de penetración especificada para el pilote. Si se encuentran obstrucciones en el subsuelo, tales como cantos rodados o estratos de roca, se podrá incrementar el diámetro del agujero a la dimensión más pequeña adecuada para instalar el pilote. Después de completar el hincado, se debe llenar cualquier espacio vacío existente alrededor del pilote con arena o con otro material aprobado. No se debe utilizar una punzonadora o una barrena inicial en substitución del preperforado.

No se debe perjudicar la capacidad de los pilotes existentes o la seguridad o condición de las estructuras adyacentes. Si el preperforado afecta la capacidad de los pilotes o de las estructuras ya

instaladas, se debe restaurar la capacidad última requerida para los pilotes y para las estructuras utilizando métodos aprobados.

**557.09 Preparación e hincado.** Se debe preparar el trabajo de acuerdo con lo indicado en la Sección 205. Todos los cabezales de hincamiento de los pilotes deben ser planos y perpendiculares al eje longitudinal del pilote. Se debe coordinar el hincado de los pilotes de manera que no se dañen otras partes del trabajo ya completadas.

Se deben hincar los pilotes dentro de 50 milímetros de la localización indicada en los planos a la elevación del corte para las vigas de la pila y dentro de 150 milímetros de la localización indicada en los planos para los pilotes unidos con vigas debajo del nivel final del terreno. El pilote debe ubicarse a una distancia de más de 100 milímetros de cualquier rostro de la viga. Se deben hincar los pilotes de manera que la alineación axial esté dentro de 20 milímetros por metro de la alineación requerida. El Delegado Residente podrá suspender el hincado para verificar la alineación del pilote. Se debe verificar la alineación de los pilotes que no puedan ser inspeccionados internamente después de instalados, antes de hincar los últimos 1.5 metros. No se debe halar lateralmente los pilotes o los empalmes para corregir el desalineado. No se debe empalmar una sección alineada con un pilote desalineado.

Se deben colocar los pilotes individuales en los grupos de pilotes ya sea iniciando en el centro del grupo y procediendo hacia afuera en ambas direcciones o iniciando en la fila exterior y procediendo progresivamente a través del grupo.

Se debe corregir de manera aprobada todos los pilotes que se hayan hincado incorrectamente, hincado fuera de la ubicación correcta, que estén desalineados o que se hayan hincado debajo de la profundidad designada para el recorte. Se deben reponer los pilotes dañados durante el manejo o el hincado. Se debe obtener la aprobación del método o métodos propuestos para corregir o reparar las deficiencias.

- (a) Pilotes de madera.** No se debe utilizar pilotes que tengan hendiduras con un ancho mayor de 15 milímetros. Se deben hincar los pilotes de madera tratada dentro de los 6 meses posteriores al tratamiento. Se deben manipular y cuidar los pilotes de madera tratada a presión de acuerdo con lo indicado en el AASHTO M 133.

El Contratista debe darle forma cuidadosamente a la punta del pilote para asegurar un soporte parejo y uniforme en la punta de acero. Se debe sujetar firmemente la punta al pilote. Se deben tratar todos los agujeros, cortes o cabeza de los pilotes con 2 aplicaciones, por medio de una brocha, con una solución de alquitrán de creosota-carbón.

- (b) Pilotes de acero.** Se deben suministrar pilotes con longitud total y sin empalmes para longitudes menores de 18 metros. Si se requiere el uso de empalmes en el primer pilote hincado y se anticipa que los pilotes subsecuentes también requerirán empalmes, se deben colocar los empalmes en el tercio inferior del pilote. No se permitirán empalmes con longitudes menores de 3 metros y únicamente se permitirán 2 empalmes por pilote.

Se debe cargar, transportar, descargar, almacenar y manipular los pilotes de acero de manera que el metal se mantenga limpio y libre de daños. No se debe utilizar pilotes que excedan la contraflecha y la curvatura permitidas por las tolerancias máximas especificadas por la fábrica. Los pilotes dañados durante la instalación serán considerados insatisfactorios a menos que se demuestre que la capacidad soporte es el 100 por ciento de la capacidad última requerida por las pruebas de carga. Estas pruebas de carga efectuadas no representarán costo alguno para el Estado.

- (c) Pilotes de concreto prefabricados y preesforzados.** Se le debe dar soporte a los pilotes de concreto, deben ser izados o trasladados, en los puntos indicados en los planos o, si no se indican, proveer ganchos de manejo en los

puntos cuartos. Proveer eslingas u otro equipo cuando se eleven o transporten los pilotes de concreto para evitar que se pandee el pilote o se rompan los extremos.

Se deben proteger las cabezas para el hincado de los pilotes de concreto con un cabezal de hincamiento con un espesor de por lo menos 100 milímetros. Se debe cortar el cabezal para que haga juego con la sección transversal de la parte superior del pilote. Se debe reponer el cabezal si hay una compresión a un espesor menor que la mitad del espesor original, o si se empieza a quemar. Se debe proveer un cabezal nuevo para cada pilote.

Se rechazarán un pilote de concreto que tenga cualquier defecto que altere su resistencia o su comportamiento a largo plazo.

- (d) Tuberías o cascos de acero llenos con concreto.** Se deben suministrar y manipular las tuberías o los cascos de acero de acuerdo con lo indicado en el inciso (b) anterior. El corte de las puntas para los cascos o las tuberías de acero podrá hacerse adentro o afuera del casco. Se debe utilizar acero estructural con alto contenido de carbono con un resalto de fábrica para el soporte del casco o acero fundido con un resalto diseñado para la unión por medio de soldadura de penetración completa efectuada por un soldador certificado para soldaduras estructurales.

Cuando sea práctico, se debe hincar todos los cascos o las tuberías que formarán los pilotes de una unidad de la subestructura antes de colocar el concreto en cualquiera de los cascos o de las tuberías. No se debe hincar los cascos o las tuberías de acero dentro de 5 metros de cualquier casco o tubería llena de concreto, hasta que el concreto haya curado durante por lo menos 7 días o 3 días si se utiliza concreto con acelerantes. No se debe hincar ningún casco o tubería de acero después de ser rellenada con concreto.

Se debe remover y reemplazar los cascos que han sido designados como inaceptables debido a roturas, dobleces o retorcimientos.

- (e) **Registro del hincamiento de pilotes.** El Contratista debe llevar un registro completo del hincamiento de cada pilote conjuntamente con un representante del Delegado Residente. Debe registrarse lo siguiente:

- (1) El número y la ubicación del pilote.
- (2) Dimensiones del pilote.
- (3) Nivel del suelo en la ubicación del pilote.
- (4) Nivel de la superficie del agua, si la hay, en la ubicación del pilote.
- (5) Fabricación y modelo del martinete.
- (6) Tipo y tamaño del cabezal de hincamiento.
- (7) Distancia de penetración del pilote bajo su propio peso y bajo el peso del martinete.
- (8) Número de golpes por cada pie de hincamiento, cada pilote debe de contar con marcas para la medición.
- (9) Número actual de golpes por minuto durante el hincamiento.
- (10) Duración de cualquier interrupción del hincamiento y la hora cuando la interrupción ocurrió.
- (11) Elevación final de la punta.
- (12) Longitud del recorte.

Cuando el hincamiento de un pilote se interrumpa por cualquier causa, la lectura de penetración se debe hacer por lo menos, un minuto después de dicha interrupción, con

el propósito de determinar el promedio de penetración del pilote, por golpe.

- (f) **Gráficas de hincamiento.** El Contratista debe hacer y proporcionar al Delegado Residente para uso de la evaluación de la capacidad de carga de los pilotes, gráficas de hincamiento de un pilote permanente hincado en cada cimentación, además de aquellas hechas para los pilotes de prueba. El Delegado Residente designará los pilotes para los cuales se deben hacer gráficas de hincamiento.

Se deben hacer gráficas de penetración de los pilotes durante su hincamiento y a las resistencias de hincamiento indicadas. Una pieza ancha de cinta adhesiva debe fijarse al pilote y un escantillón independiente del pilote, pero cerca del mismo, debe ser fijado en una posición horizontal. El escantillón debe estar a nivel con la parte inferior de la cinta. Cuando el pilote sea golpeado, un lápiz se debe mover a lo largo del escantillón marcando, en esta forma, un trazo del movimiento del pilote bajo cada golpe en la cinta.

En cada cinta se debe indicar la parte superior e inferior de la misma. La cinta debe ser pegada a una pieza de cartón al removerla del pilote. Cada cinta o pieza de cartón debe ser marcada: con el número del pilote, con la elevación de la punta del pilote al empezar el registro del hincamiento, con la resistencia del hincamiento cuando se hicieron las gráficas y con la fecha del registro.

- (g) **Variaciones admisibles en las ubicaciones finales.** La variación de la posición final de la cabeza de cada pilote a la posición indicada en los planos, y la variación de la vertical, o de la inclinación requerida, no debe exceder los valores indicados en la tabla siguiente:

Tipos de pilotes	Variación de la posición final	Variación de la inclinación
• Pilotes de Madera	8 centímetros	2 centímetros/metro
• Pilotes de concreto prefundido o premezclado	5 centímetros	1 centímetro/metro
• Pilotes de metal	5 centímetros	1 centímetro/metro

Después de ser hincados los pilotes, las cabezas de los mismos no deben ser haladas.

**557.10 Empalmes.** Se deben suministrar detalles para los empalmes de los pilotes hechos en el campo para su aprobación. Se debe alinear y conectar las secciones de los pilotes de manera que el eje del pilote empalmado permanezca recto.

(a) **Pilotes de acero.** Las soldaduras estructurales deben ser realizadas por un soldador certificado.

Las superficies a ser soldadas deben estar biseladas, lisas, uniformes y libres de escamas sueltas, escorias, grasas u otro material que impida una soldadura adecuada. El acero podrá cortarse con oxígeno. Para la preparación de la junta se podrá ranurar, cincelar o moler utilizando un arco de carbón.

Se debe soldar de acuerdo con el Código de Soldaduras para Puentes de la AASHTO/AWS D 1.5. Se debe soldar toda la sección transversal del pilote utilizando juntas AWS de penetración completa que hayan sido precalificadas. Se debe soldar de tal forma que no exista evidencia visual de grietas, falta de fusión, falta de corte, escurrimiento excesivo, porosidad o tamaño inadecuado. Se podrán utilizar empalmes fabricados en vez de las soldaduras, ranuradas, o de penetración total.

(b) **Empalmes de los pilotes de concreto prefabricado o de concreto preeforzado.** Se deben suministrar para su aprobación los planos con los procedimientos de construcción así con el detalle y características de los empalmes. Se deben utilizar dovelas u otros medios mecánicos aceptables para empalmar los pilotes de concreto prefabricados o preeforzados. El empalme debe desarrollar resistencias a la compresión, tensión y flexión iguales o mayores que la resistencia del pilote que será empalmado.

(c) **Extensiones para los pilotes de concreto.**

(1) **Pilotes de concreto prefabricados.** Se debe extender los pilotes prefabricados de concreto removiendo el concreto del

extremo del pilote y dejando expuesta una longitud igual a 40 diámetros de acero de refuerzo. Se debe remover el concreto hasta producir un rostro perpendicular al eje del pilote. Seguidamente, se debe asegurar bien el refuerzo con el refuerzo proyectado del pilote. Ambos refuerzos deben ser del mismo tamaño. Se debe formar la extensión de manera que se evite que ocurran filtraciones a lo largo del pilote.

Inmediatamente antes de colocar el concreto, se debe humedecer completamente la parte superior del pilote y se debe cubrir con una capa delgada de cemento nítido, mortero retemplado u otro material adhesivo adecuado. Se debe colocar concreto con el mismo diseño de mezcla y con la misma calidad del utilizado para el pilote. Se debe mantener las formaletas en su posición por no menos de 7 días después de colocado el concreto, curando y finalizando el trabajo de acuerdo con lo indicado en la Sección 551.

(2) **Pilotes preeforzados.** Se deben extender los pilotes preeforzados de acuerdo con lo indicado en el inciso (b) anterior. Se deben incluir barras de refuerzo en la cabeza del pilote para empalmarlas con las barras de extensión. No se debe hincar los pilotes prefabricados preeforzados que hayan sido extendidos.

(3) **Pilotes de madera.** No se deben empalmar los pilotes de madera.

**557.11 Pilotes que emergen.** Se debe verificar la altura del pilote durante las operaciones de hincado. Se deben tomar lecturas del nivel inmediatamente después de hincar cada pilote y de nuevo cuando se hinquen pilotes dentro de un radio de 5 metros. Se deben rehincar los pilotes que emergen más de 50 milímetros y continuar con el hincado hasta alcanzar la penetración especificada o el rechazo, en este último caso se procederá a cortar la cabeza del pilote al nivel indicado en los planos.

**557.12 Pruebas de carga.** No se requerirá la ejecución de las pruebas de carga, a menos que se especifique en las Disposiciones Especiales.

(a) **Prueba de carga dinámica.** Para realizar una prueba de carga dinámica se debe contratar a un consultor calificado especialista en pilotes con por lo menos 3 años de experiencia en la ejecución y análisis de las pruebas de carga dinámica, para ejecutar las pruebas, un programa de análisis de onda del pilote (CAPWAP o similar) y el análisis de ecuación de onda, incluyendo el análisis de ecuación de onda inicial especificado en la Especificación 557.04(c). Esto lo debe verificar el Delegado Residente y dará su aprobación si le es satisfactoria la información. Para la realización de la prueba de carga dinámica se seguirán los procedimientos indicados en la Especificación 804.03 C 2 de la Guía para Construcción de Carreteras de AASHTO.

Se debe suministrar un albergue para proteger el equipo para la prueba de carga dinámica. Este se debe ubicar a unos 15 metros de la ubicación del punto de ensayo. El albergue tendrá un área de piso de por lo menos 6 metros cuadrados y con una altura mínima, hasta el techo, de 2 metros. Se debe mantener la temperatura interior entre 10 y 35 °C.

Se debe suministrar el equipo y ejecutar las pruebas de carga dinámica de acuerdo con ASTM D 4945 bajo la supervisión del Delegado Residente.

El término rechazo de hincado se define como 15 golpes por 25 mm para pilotes de acero, 8 golpes por 25 mm para pilotes de concreto y 5 golpes por 25 mm para pilotes de madera.

(b) **Pruebas de carga estática.** Se deben ejecutar las pruebas de carga estática de acuerdo con ASTM D 1143/ D 1143M utilizando el método de ensayo de carga rápida excepto por las modificaciones que aquí se indican. Se deben suministrar planos de los aparatos de carga propuestos para su aceptación, de acuerdo con lo siguiente:

- (1) Para solicitar autorización del Delegado Residente se deberán presentar planos preparados por un ingeniero colegiado activo con experiencia en estructuras cimentadas sobre pilotes con la indicación del equipo y sistema propuesto para la aplicación de la carga.
- (2) Se debe suministrar un sistema de carga capaz de aplicar el 150 por ciento de la capacidad última del pilote o 9,000 kilonewtons, el que sea menor.
- (3) Se debe construir el aparato de manera que los incrementos en la carga se puedan aplicar gradualmente sin causar vibración en el pilote de prueba.

Cuando se requiera el uso de pilotes a tensión (anclaje), se debe hincar los pilotes a tensión en la ubicación de los pilotes permanentes, cuando esto sea factible. Los pilotes de madera o los ahusados instalados en las ubicaciones permanentes no deben ser utilizados como pilotes a tensión. Se debe tomar el ensayo de falla en un plano inclinado o la capacidad del sistema de carga, el que ocurra primero.

La carga axial permisible del pilote se define como el 50 por ciento de la carga de falla. La carga de falla se define como sigue:

- Para pilotes con un diámetro o un ancho en diagonal menor o igual a 600 milímetros será la carga que produzca un asentamiento a la ruptura en la cabeza del pilote igual a:

$$S_f = S + (4.0 + 0.008D)$$

- Para pilotes con un diámetro o un ancho en diagonal mayor que 610 milímetros:

$$S_f = S + D/30$$

Donde:

**S<sub>f</sub>** = Asentamiento a la falla, en milímetros

**D** = Diámetro del pilote o ancho en diagonal, en milímetros

**S** = Deformación elástica en milímetros en la longitud total del pilote

Se debe determinar la elevación de la parte superior del pilote de prueba inmediatamente después del hincado y de nuevo justo antes de la prueba de carga para verificar si emergió. Después, se debe esperar un mínimo de 3 días entre el hincado de cualquier pilote de anclaje o para prueba de carga y el inicio de la prueba de carga. Antes de la prueba, se debe hincar de nuevo o halar con un gato, hasta la elevación original, cualquier pilote que se haya movido más de 6 milímetros.

Después de completar el ensayo de carga, se debe remover o recortar cualquier pilote de prueba o de anclaje que no forme parte de la estructura final, por lo menos hasta 0.5 metros debajo del fondo del cimiento o del nivel del terreno final.

Basado en los resultados de los ensayos de carga estática, se podrá aprobar la lista de orden y el criterio de hincado de los pilotes finales y se podrá establecer las elevaciones de corte requeridas o se podrá especificar la ejecución de ensayos de carga adicionales. Esta información debe ser presentada dentro de 7 días después de la recepción de la lista de orden y de todos los datos de ensayo requeridos para los pilotes de prueba hincados.

**557.13 Corte de los pilotes.** Se debe cortar la parte superior de todos los pilotes permanentes y de los entubados hasta el nivel requerido. Los cortes se harán en los pilotes de una manera limpia y recta, paralela al rostro del fondo del miembro estructural en el cual están empotrados. Luego se dispondrá de los tramos cortados de acuerdo con lo que indique el Delegado Residente.

**(a) Pilotes de acero.** No se debe pintar el acero que va a empotrarse dentro del concreto. Antes de pintar los pilotes de acero que queden expuestos, se debe limpiar toda la superficie metálica para eliminar cualquier substancia que inhiba la adhesión de la pintura. Se debe utilizar un sistema 2 de pintura de aluminio de color, de acuerdo con lo indicado en la Sección 563. Se deben pintar las

partes ya completadas de los pilotes de las pilas u otros pilotes expuestos hasta un punto no menor de 1 metro debajo del nivel final del terreno o del nivel del agua con una capa de imprimante aplicada en el taller y 2 capas finales también aplicadas en el taller. Las capas aplicadas en el campo deben aplicarse antes de hincar el pilote. Se deben pintar los pilotes expuestos arriba del nivel final del terreno o del nivel del agua con una capa final aplicada en el campo.

**(b) Pilotes de madera.** Se deben tratar las cabezas de todos los pilotes de madera tratada que no estén empotrados en el concreto utilizando un producto preservante de la madera de conformidad con la Especificación AASHTO M 133 y aplicando uno de los métodos siguientes:

**(1)** Se debe reducir el contenido de humedad de la madera a no más de 25 por ciento y sin humedad libre en la superficie. Se debe aplicar con brocha una capa de alquitrán de solución de creosota-carbón.

Luego se debe construir una capa protectora por medio de la aplicación de capas alternas de tela con tejido suelto y asfalto caliente o alquitrán similar a las membranas impermeables, utilizando 3 capas de asfalto o de alquitrán y 2 capas de tela. Se debe utilizar tela por lo menos 150 milímetros más ancha en cada dirección que el diámetro del pilote. Se debe colocar la tela hacia abajo sobre el pilote y asegurar las orillas amarrándolas con 2 vueltas de alambre galvanizado con un diámetro mínimo de 3 milímetros. Luego se debe aplicar una capa final de asfalto o de alquitrán para cubrir el alambre, y por último se debe cortar cuidadosamente la tela debajo de los alambres.

**(2)** Se debe cubrir la superficie aserrada con 3 aplicaciones de una mezcla caliente con 60 por ciento de creosota y 40 por ciento de brea para techos o aplicar una capa

con brocha de 3 aplicaciones de creosota caliente y cubrir con la brea caliente para techos. Se debe después colocar una lámina metálica galvanizada como cubierta sobre el revestimiento y doblarla sobre los lados de cada pilote.

**557.14 Pilotes no satisfactorios.** Si el Delegado Residente determina que un pilote no es satisfactorio, podrá optar por una de las siguientes soluciones:

- (a) Instalar pilotes adicionales.
- (b) Reemplazar los pilotes dañados.

**557.15 Colocación del concreto dentro de los cascos o tuberías de acero.** Después de hincar los cascos o los acero, se debe limpiar el interior de los cascos o de las tuberías removiendo todo el material suelto. Se deben mantener los cascos o la tubería sustancialmente impermeables. Se debe proveer equipo adecuado para inspeccionar toda la superficie interior del casco o de la tubería hincada justo antes de colocar el concreto.

(a) **Acero de refuerzo.** Cuando se requiera el uso de acero de refuerzo, el espaciamiento entre los elementos adyacentes de la armadura debe ser de por lo menos 5 veces el tamaño máximo del agregado del concreto.

Se debe amarrar firmemente los espaciadores de concreto o los otros espaciadores aprobados en los puntos quintos alrededor del perímetro de la armadura del acero de refuerzo. Se deben instalar espaciadores a intervalos que no excedan de 2.00 metros medidos a lo largo de la longitud de la armadura.

Se debe colocar la armadura de refuerzo dentro del casco o de la tubería hincada cuando el concreto alcance la elevación inferior estimada para el refuerzo. Se debe sostener el refuerzo de manera que permanezca dentro de 50 milímetros de la ubicación vertical requerida, y sostener la armadura desde la parte superior hasta que el concreto alcance la parte superior del pilote.

(b) **Concreto.** Se debe construir el concreto de acuerdo con lo indicado en la Sección 551. Se debe colocar el concreto en una sola operación continua desde el fondo hasta la cima del pilote. Antes del fraguado inicial del concreto, se debe consolidar los 3 metros superiores del pilote de concreto utilizando equipo vibratorio previamente aprobado.

**557.16 Medida.**

(a) **Suministro de pilotes.** La medida se debe hacer del número de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de los pilotes de madera, concreto reforzado prefabricado, concreto preesforzado, cascos de acero llenos con concreto reforzado fundido en el lugar o de metal, suministrados o fabricados, entregados satisfactoriamente en los diferentes sitios de hincamiento, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

(b) **Hincamiento de pilotes.** La medida se debe hacer del número de metros lineales, con aproximación de dos decimales, medidos desde la punta inferior hasta la elevación o cota de la superficie del terreno original, de los pilotes de madera, concreto reforzado prefabricado, concreto preesforzado, cascos de acero o de metal, hincados y recortados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

(c) **Empalmes.** La medida se debe hacer del número de empalmes de pilotes de concreto reforzado prefabricado, concreto preesforzado o de metal, hechos satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

(d) **Pruebas de carga.** La medida se debe hacer del número de pruebas de carga realizadas de acuerdo al Contrato y estas Especificaciones Generales.

**557.17 Pago.**

(a) **Suministro de pilotes.** El pago se debe hacer por el número de metros lineales, medidos

como se indica en 557.16 (a), al costo unitario de contrato, correspondiente a Suministro o Fabricación, entregados en los diferentes sitios de Hincamiento de los Pilotes de Madera, Concreto Reforzado Prefabricado, Concreto Preesforzado, Casco de Acero llenos con Concreto Reforzado Fundido en el lugar o de Metal, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

- (b) **Hincamiento de pilotes.** El pago se debe hacer por el número de metros lineales, medidos como se indica en 557.16 (b), al costo unitario de contrato, correspondiente a Hincado en los diferentes sitios de hincamiento, de los Pilotes de Madera, Concreto Reforzado Prefabricado, Concreto Preesforzado, Cascos de Acero o de Metal, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.
- (c) **Empalmes.** El pago se debe hacer por el número de empalmes, medidos como se indica en 557.16 (c), al costo unitario de contrato, correspondiente a Empalmes de Pilotes, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.
- (d) **Pruebas de carga.** El pago se debe hacer por el número de pruebas de carga como se indica en 557.16 (d), al costo unitario de contrato, correspondiente a Pruebas de Carga, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

---

---

**SECCIÓN 558**  
**PILOTES FUNDIDOS EN EL LUGAR**

---

---

- 558.01. Definición.
- 558.02. Descripción.
- 558.03. Requisitos de los materiales.
- 558.04. Requerimientos del contratista y calidad del equipo.
- 558.05. Excavación de prueba.
- 558.06. Excavación.
- 558.07. Acero de refuerzo.
- 558.08. Concreto.
- 558.09. Pruebas de pilotes.
- 558.10. Medida.
- 558.11. Pago



### 558.01 Definición.

**Pilotes fundidos en el lugar.** Son los miembros estructurales de concreto reforzado, fundidos en el lugar para formar parte de la cimentación de una estructura o para contener el empuje de tierras.

**558.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la perforación del agujero, el suministro de la armadura y del concreto estructural, la colocación de la armadura dentro del agujero previamente perforado y la fundición del concreto para la construcción de pilotes fundidos en el lugar de conformidad con lo indicado en los planos, las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones.

### MATERIALES

#### 558.03 Requisitos de los materiales.

(a) **Bentonita.** El Contratista debe suministrar bentonita de sodio. Se debe utilizar un tamaño del grano mineral tal que permanezca en suspensión con suficiente viscosidad y características de gel, de manera que la mezcla sea capaz de transportar el material excavado a un sistema de cernido adecuado.

(b) **Acero de refuerzo.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en la Sección 552.

(c) **Concreto estructural.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en la Sección 551.

### REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**558.04 Requerimientos del contratista y calidad del equipo.** Por lo menos 30 días antes de construir los pilotes fundidos en el lugar se deberá presentar, para su aprobación, un programa para la instalación del equipo. En dicho programa se deberá incluir la siguiente información:

(a) El listado del equipo propuesto a ser utilizado incluyendo las grúas, perforadoras, barrenos, cubetas con torno, equipo para la limpieza final, equipo desarenador, bombas para la bentonita, equipo para muestreo de núcleos, tremies, bombas para el concreto, entubados, etc.

(b) Los detalles de la secuencia general de construcción y de la secuencia de construcción de los pilotes.

(c) Los detalles de los métodos a utilizar en la excavación del pilote y de los procedimientos a seguir para mantener la alineación vertical y horizontal correcta durante la excavación.

(d) Cuando se requiera el uso de bentonita, se deben incluir detalles de los métodos de mezclado, circulación y desarenado de la bentonita.

(e) Los detalles de los métodos a utilizar para limpiar la excavación.

(f) Los detalles para la colocación del acero de refuerzo incluyendo los métodos a seguir para el soporte y la centralización de la armadura.

(g) Los detalles para la colocación del concreto incluyendo los procedimientos operacionales propuestos para el vertido por medio de tremie con bomba.

La aceptación del programa y de las excavaciones de prueba del Contratista no lo eximen de la responsabilidad de obtener los resultados requeridos.

**558.05 Excavación de prueba.** Cuando en el contrato se requiera la ejecución de excavaciones de prueba, se deberá ejecutar el trabajo de acuerdo con los requerimientos aplicables indicados en la Especificación 558.06 y con lo siguiente:

(a) Antes de perforar los agujeros para la producción de los pilotes se deberá perforar una excavación de

prueba adyacente a la ubicación aprobada, con el objeto de demostrar que el equipo y los métodos propuestos son adecuados. El espaciamiento, centro a centro, entre la excavación de prueba y los pilotes a producir deberá ser de por lo menos 3 diámetros del pilote o 2 diámetros de la campana, el que sea mayor.

- (b) Se debe ejecutar la excavación de prueba con el mismo tamaño y con la misma elevación de la punta del pilote más profundo indicado en los planos. Cuando se vaya a construir campanas en los pilotes, se deberá incluir una campana en la excavación de prueba para verificar la factibilidad de la construcción de la misma sobre el estrato especificado para soporte.
- (c) Si el material se derrumba dentro del agujero perforado o el agujero se deforma en exceso, se deberá colocar un entubado en la excavación de prueba. Cuando se utilice entubado, el mismo se deberá asentar lo necesario para prevenir derrumbes y para permitir la extracción del agua en el agujero. Se debe remover todo el material que esté dentro del agujero. Se debe mantener el entubado en su posición un mínimo de 4 horas mientras se extrae toda el agua del agujero. Se debe llevar un registro de la razón de infiltración del agua dentro del agujero. Despues de dicho período de 4 horas, se debe llenar el agujero de prueba con arena saturada mientras se remueve el entubado para simular la operación de colocación del concreto y la remoción del entubado. No se requerirá la colocación de acero de refuerzo ni de concreto en la excavación de prueba.
- (d) Si se determina que la excavación de prueba no es satisfactoria por causas imputables al Contratista, este deberá modificar los métodos y el equipo utilizados. Deberá presentar un nuevo programa de instalación y perforar una nueva excavación de prueba. El costo de estos trabajos será absorbido por el Contratista. En caso de que la excavación de prueba no sea satisfactoria por causas no imputables al Contratista, la excavación adicional le será pagada.

Una vez se haya aprobado la construcción de los pilotes de producción, no se permitirán cambios en el programa de instalación, a menos que éstos sean aprobados previamente por el Delegado Residente.

## 558.06 Excavación.

- (a) **Excavación.** No se deberá excavar perforaciones adicionales ni se deberá permitir la aplicación de cargas de tráfico o vibraciones excesivas por un período de 20 horas dentro de una distancia de 5 metros o 3 diámetros de un pilote recién perforado, la que sea mayor. La excavación para la construcción de cimientos soportados por pilotes y la construcción de rellenos deberán ser ejecutadas antes de perforar los ejes para los pilotes. La variación de la posición final de la cabeza de cada pilote a la posición indicada en los planos no debe exceder de 75 mm.

Se deben excavar los agujeros de acuerdo con el programa aprobado para la instalación. No se deberá permitir que la alineación vertical de un eje varíe de la alineación requerida en más de 20 milímetros por metro de profundidad. No se deberá permitir que la alineación de un pilote inclinado varíe en más de 40 milímetros por metro de profundidad de la alineación requerida para la inclinación.

Se debe proveer equipo con capacidad para excavar ejes que sean 20 por ciento más largos y del mismo diámetro que los ejes indicados en los planos.

Se debe mantener un registro del material excavado durante la perforación de los pilotes que incluya la siguiente información:

- (1) Descripción y elevación aproximada del fondo y de la parte superior de cada tipo de suelo de conformidad con la Especificación AASHTO M 145 o el tipo de roca encontrado.
- (2) Elevación y razón aproximada de cualquier filtración o nivel freático encontrados.

(3) Equipo utilizado, tiempo requerido para perforar el eje y todas las dificultades encontradas.

(4) Comentarios.

(b) **Método en seco.** Se debe utilizar el método seco de construcción en los sitios donde el nivel freático y las condiciones del suelo sean las adecuadas para ejecutar la construcción de los pilotes en excavaciones relativamente secas y donde los lados y el fondo de la excavación puedan ser inspeccionados visualmente antes de colocar el concreto. El método seco consiste en la perforación del eje, la remoción del agua acumulada, la remoción del material suelto, la colocación de la armadura del acero de refuerzo y la colocación del concreto dentro de una excavación relativamente seca.

El método seco de construcción podrá ser empleado únicamente cuando, durante la ejecución de la excavación de prueba, se haya demostrado lo siguiente:

(1) No se permita el uso de una bomba y el agua arriba del fondo del agujero se acumule menos de 300 milímetros durante un período de una hora.

(2) Los lados y el fondo del agujero permanezcan estables sin derrumbes perjudiciales, loda-zales o hinchamientos durante un período de 4 horas que de inicio inmediatamente después de completar la excavación.

(3) El material suelto y el agua puedan ser removidos satisfactoriamente antes de la inspección y de la colocación del concreto.

(c) **Método húmedo.** Se debe utilizar el método húmedo de construcción o el método de construcción utilizando entubado para construir los pilotes que no cumplen con los requerimientos indicados anteriormente para el método seco. Este método consiste en el uso de agua o bentonita para mantener la estabilidad del perímetro del agujero mientras se avanza

con la excavación hasta alcanzar la profundidad final, en la colocación de la armadura del acero de refuerzo y en la colocación del concreto.

El método húmedo incluye los siguientes trabajos:

(1) Remoción de la arena y limpieza de la bentonita.

(2) Limpieza final de la excavación utilizando una cubeta con torno, elevador de agua por aire, bomba sumergible u otros dispositivos aprobados.

(3) Colocación del concreto por el método tremie o con bomba, empezando en el fondo de la excavación.

(4) Cuando sea necesario, se deberá colocar entubados superficiales temporales para ayudar a obtener la alineación y ubicación del eje del pilote.

(5) Se deberá colocar entubados superficiales temporales para evitar que se enloque la parte superior de la excavación del pilote a menos que se demuestre satisfactoriamente que no se requiere el uso de los mismos.

Cuando los pilotes se localicen en áreas abiertas de agua, se deberá extender los entubados exteriores sobre la elevación del agua y dentro del suelo para proteger el concreto de la acción del agua durante la colocación y el curado del mismo. Se debe instalar el entubado exterior de manera que se forme un sello eficiente en la parte inferior del entubado para evitar la filtración del agua o la entrada de otro material dentro de la excavación del pilote.

Cuando se determine que las paredes laterales del agujero se han suavizado debido a los métodos de excavación, hinchado debido a demoras en la colocación del concreto o degradado debido a la formación de terrones de bentonita, se deberá rimir las paredes laterales un mínimo de 15 milímetros o un máximo de 75 milímetros hasta encontrar el terreno natural o material sano.

Antes de la colocación del concreto, el agua y el material suelto, deben ser removidos de manera que no más del 50 por ciento del fondo de cada agujero tenga más de 10 milímetros de sedimento y la profundidad máxima de sedimento en cualquier lugar en el fondo del agujero no exceda de 40 milímetros. Para agujeros secos, se debe reducir la profundidad del agua a 75 milímetros o menos antes de colocar el concreto.

**(d) Bentonita.** Se debe premezclar la bentonita con agua fresca limpia de acuerdo con las instrucciones del fabricante para permitir su hidratación antes de introducirla en la excavación. Se deben utilizar tanques de bentonita con una capacidad adecuada para la circulación de la bentonita, el almacenamiento y el tratamiento. No se deberá utilizar restos de bentonita excavados o materiales resultantes de la excavación para mezclar la bentonita. No se deberá colocar componentes minerales directamente dentro de la excavación.

Se debe proveer equipo para el desarenado con el objeto de limitar el contenido de arena de la bentonita a menos de 4 por ciento en volumen en cualquier punto de la excavación. No se requerirá el desarenado para la colocación de entubados temporales, postes con señales o para la cimentación de los mástiles de iluminación.

Durante los trabajos de perforación se deberá mantener la superficie con bentonita por lo menos 1 metro arriba de la elevación esperada adyacente más alta de la carga piezométrica de presión del agua y a un nivel suficiente para evitar derrumbes dentro del agujero.

Cuando exista una pérdida significativa repentina de bentonita en el agujero, se deberá suspender la perforación y se deberá tomar las medidas correctivas para evitar la pérdida de bentonita. Se debe evitar que la bentonita fragüe dentro del eje. Si en cualquier momento el método de construcción utilizando bentonita no da los resultados deseados, se deberá descontinuar su uso y se deberá utilizar un método alterno previamente aprobado.

Durante los trabajos de excavación del agujero y de la colocación del concreto, la densidad, la viscosidad y el pH de la bentonita deberán mantenerse dentro de los rangos aceptables indicados en la Tabla 558-1. Se deben tomar muestras de la bentonita utilizando una herramienta de muestreo aprobada, extrayendo las muestras de bentonita del fondo del eje y a 3 metros arriba del fondo. Se deben ejecutar 4 juegos de ensayos durante las primeras 8 horas de uso de la bentonita. Cuando los resultados sean aceptables y consistentes, la frecuencia de ejecución de ensayos podrá ser reducida a un juego de ensayos por cada 4 horas.

**Tabla 558-1**  
**Rango aceptable de valores para la bentonita**

Propiedad	Al momento de introducir la bentonita	Dentro del agujero en el momento de ensayar	Método
Densidad, kg/m <sup>3</sup>	1010 - 1080	1010 - 1180	Balance de densidad
Viscosidad, s/L	30-48	30-48	Cono Marsh
pH	8-11	8-11	Papel o metro para pH

**Nota:** Los valores de densidad indicados son para agua fresca. Se deben incrementar los valores de densidad en 30 kilogramos por metro cúbico para agua salada. Se deben ejecutar los ensayos cuando la temperatura de la bentonita sea mayor que 4°C. Si se requiere desarenado, el contenido de arena no deberá ser mayor que 4 por ciento en volumen en cualquier punto dentro de la perforación, determinado de acuerdo con el ensayo de Contenido de Arena del Instituto Americano del Petróleo.

Cuando una muestra de bentonita sea inaceptable, se deberá hacer las correcciones necesarias para que la bentonita esté dentro de las especificaciones. No se deberá iniciar la colocación del concreto hasta que las nuevas muestras y ensayos den como resultado valores aceptables.

Después de completar cada excavación, se deberá suministrar reportes firmados por un representante autorizado de todos los ensayos efectuados. Se debe disponer de la bentonita en localizaciones aprobadas.

(e) **Entubados.** Se debe utilizar entubados de acero lisos, limpios, impermeables y con una resistencia suficiente para soportar los esfuerzos de manejo, de instalación, del concreto y de la presión del suelo que lo rodea. Todos los diámetros del entubado indicados en los planos serán diámetros exteriores.

El diámetro de un entubado permanente deberá estar de acuerdo con las tolerancias aplicables a las tuberías regulares de acero del Instituto Americano de Tuberías. El diámetro exterior del entubado no podrá ser menor que el tamaño especificado para el pilote.

Se deben instalar los entubados de manera que se provea un sello positivo en el fondo que prevenga la filtración de agua u otro material dentro o fuera del agujero. Si se hace necesario remover un entubado y substituirlo por otro más largo o de mayor diámetro a través de suelos desmenuzables, se deberá estabilizar la excavación con bentonita o material de relleno antes de instalar el entubado nuevo. Se podrán utilizar otros métodos aprobados para controlar la estabilidad de la excavación y proteger la integridad de los suelos de fundación.

Todos los entubados deberán ser considerados como temporales a menos que en los planos se especifiquen como permanentes. Se deben remover los entubados temporales antes de completar las operaciones de colocación del concreto en cualquier excavación que requiera su uso. Durante la extracción del entubado, se deberá mantener el nivel del concreto fresco dentro del entubado un mínimo de 1.50 metros sobre el nivel circundante del agua o del líquido utilizado para perforar. Se deberá tener mucho cuidado en la remoción del entubado para mantener un nivel adecuado del concreto dentro del entubado de manera que el fluido atrapado detrás del entubado se desplace hacia arriba y se descargue en la superficie del terreno sin contaminar o desplazar el concreto.

Cuando un entubado sea permanente, se deberá cortar el mismo a la cota requerida y dejarlo en su posición.

Los entubados temporales que se hayan obstruido o atascado durante la construcción

de los pilotes y que prácticamente no puedan ser removidos deberán ser considerados como defectos de construcción de los pilotes.

Los pilotes defectuosos deberán ser corregidos utilizando métodos aprobados. Las acciones correctivas podrán consistir de, pero no limitarse a, las siguientes:

- (1) Proveer un pilote de repuesto para compensar la pérdida de capacidad soporte.
- (2) Proveer pilotes en tresbolillo para compensar en forma distribuida la pérdida de capacidad soporte.
- (3) Ampliar las dimensiones de la cimentación de la estructura y su diseño estructural para permitir el uso de pilotes adicionales. Las modificaciones al diseño de la cimentación deberán de estar basadas en el correspondiente diseño estructural y análisis geotécnico incluyendo los planos correspondientes, los que presentará el Contratista al Delegado Residente para la correspondiente aprobación del Ingeniero.

**558.07 Acero de refuerzo.** Se debe ejecutar el trabajo del acero de refuerzo de acuerdo con lo indicado en la Sección 552. Se debe colocar la armadura del refuerzo como una unidad, inmediatamente después de inspeccionar y aceptar el agujero excavado y antes de colocar el concreto. Los empalmes traslapados del acero de refuerzo se deben amarrar con alambre, de manera segura. Si no se coloca el concreto inmediatamente después de instalar el refuerzo de acero, se podrá requerir la remoción del acero antes de colocar el concreto para verificar la integridad del área excavada y para asegurar la remoción del material suelto ubicado en el fondo de la excavación.

Se debe amarrar y apoyar el acero de refuerzo para que permanezca dentro de las tolerancias requeridas. Los espaciadores para el concreto u otros dispositivos para espaciamiento aprobados, se deben amarrar firmemente en los puntos quintos alrededor del perímetro de la armadura y espaciarlos a intervalos que no excedan de 3 metros a lo largo

de la longitud de la armadura. Se deben utilizar espaciadores de un material aprobado por lo menos iguales en calidad y durabilidad al concreto del pilote.

Se deben manipular las armaduras del acero de refuerzo en tal forma que se evite la distorsión y la deformación transversal del acero.

Durante la colocación del concreto, se deberá proveer un soporte positivo desde la parte superior para la armadura del acero. Se debe mantener la parte superior de la armadura del refuerzo no más de 150 milímetros arriba y no más de 75 milímetros abajo de la posición requerida. Si la armadura del refuerzo no se mantiene dentro de las tolerancias, se deberá hacer las correcciones aceptables necesarias y no se deberá construir pilotes adicionales hasta que el método de soporte de la armadura del refuerzo haya sido aprobado.

**558.08 Concreto.** Se debe colocar el concreto inmediatamente después de completar toda la excavación y de colocar en su posición la armadura de acero de refuerzo. A menos que se indique en forma diferente en los planos o en las Disposiciones Especiales, se usará concreto clase 28 (4,000) de acuerdo con lo indicado en la Especificación 551.03, requiriendo un asentamiento de  $175 \pm 25$  milímetros, para excavaciones construidas sin el uso de fluidos en la excavación. Para excavaciones construidas utilizando fluido para la perforación (bentonita), se deberá utilizar el concreto mencionado anteriormente, con un asentamiento de  $200 \pm 25$  milímetros. Se debe utilizar sello de concreto para colocación debajo del agua. No se deberá utilizar sello de concreto arriba de la zona húmeda/seca del agujero. Se debe colocar concreto debajo del agua de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones 553.04 (a) (6) y 553.09, excepto que se aplicarán las modificaciones indicadas en esta Sección. El método a utilizar para colocar el concreto debajo del agua deberá ser previamente aprobado por el Delegado Residente.

Se deben ajustar los aditivos aprobados a las condiciones del proyecto para asegurar que el

concreto tendrá el asentamiento mínimo requerido por lo menos durante 2 horas. Previo al inicio de la construcción de los pilotes, el Contratista debe presentar los resultados de los ensayos de asentamiento y de las mezclas de prueba del concreto a temperatura ambiente apropiada para las condiciones del sitio.

Cada bacheada de concreto se debe colocar dentro de 2 horas de su dosificación. Se permitirá un tiempo de colocación más largo si la mezcla del concreto mantiene el asentamiento mínimo requerido por más de 2 horas. No se deberá disturbar el concreto que ya haya desarrollado el fraguado inicial.

El concreto se debe colocar en una operación continua desde el fondo hasta la parte superior del agujero. Se debe continuar colocando el concreto después de que la excavación esté llena y hasta que la calidad aceptable del concreto en la parte superior sea evidente. Antes de que ocurra el fraguado inicial del concreto, se deberá consolidar los 3 metros superiores del pilote de concreto utilizando equipo vibratorio aceptable. Se debe finalizar la parte superior del pilote a +25 milímetros o a -75 milímetros de la elevación requerida. Para agujeros húmedos, no se deberá consolidar el concreto hasta que toda el agua o la bentonita arriba de la superficie del concreto haya sido removida. El concreto se debe colocar ya sea con tremie o con bomba.

**(a) Tremie.** El tremie se puede utilizar para la colocación del concreto tanto en agujeros húmedos como en agujeros secos. Un tremie consiste en un tubo con longitud, masa y diámetro suficientes para descargar el concreto en el fondo de la excavación. No se deberá utilizar tremies que contengan partes de aluminio que tengan contacto con el concreto. El diámetro interior del tremie deberá ser de por lo menos 6 veces el tamaño máximo del agregado utilizado en la mezcla del concreto y no menor de 250 milímetros. Las superficies exterior e interior del tremie deberán estar limpias y lisas. El espesor de la pared deberá ser el suficiente para evitar ondulaciones o dobleces abruptos.

Para agujeros húmedos, se deberá utilizar un tremie impermeable de acuerdo con lo indicado en la Especificación 553.04 (a) (6). Se debe construir el extremo de descarga del tremie de tal forma que permita el flujo radial libre del concreto durante la colocación. Se debe colocar la descarga del tremie en el fondo de la excavación y colocar el concreto con un flujo continuo. Se debe mantener la descarga del tremie sumergida por lo menos 1.5 metros debajo de la superficie del concreto fluido. También se debe mantener, en todo momento, una carga positiva de concreto en el tremie. Si en cualquier momento durante la colocación del concreto, se remueve la descarga del tremie de la columna de concreto fluido y se descarga el concreto arriba de la superficie del concreto ya colocado y dentro del agua desplazada, se deberá remover la armadura del refuerzo y el concreto, se deberá completar la remoción necesaria de las paredes laterales y se deberá reconstruir el segmento afectado del pilote.

**(b) Concreto bombeado.** Se puede colocar el concreto por medio de una bomba tanto en agujeros secos como en los húmedos. Se debe utilizar descarga con un diámetro mínimo de 100 milímetros con juntas impermeables y colocar el tubo de descarga en el fondo de la excavación.

En los agujeros húmedos se deberá utilizar un tubo de descarga sellado de acuerdo con lo indicado en la Especificación 553.04 (a). Si se utiliza un obturador, éste deberá removérse del agujero o se deberá utilizar un obturador hecho de un material aprobado que prevenga defectos en el pilote si no es removido. Se debe mantener el tubo de descarga de la bomba sumergido por lo menos 1.5 metros debajo de la superficie del concreto líquido. Si en cualquier momento durante la colocación del concreto, se remueve el tubo de descarga de la columna de concreto líquido y se descarga el concreto arriba de la superficie del concreto ya colocado y dentro del agua desplazada, se deberá remover la armadura

del refuerzo y el concreto, se deberá completar la remoción necesaria de las paredes laterales y se deberá reconstruir el segmento afectado del pilote.

Cuando la parte superior de un pilote se ubique arriba del nivel del terreno, se deberá utilizar formaleta removible u otros medios aprobados para formar el eje hasta por lo menos una profundidad de 0.5 metros debajo del nivel final del terreno. Las formaletas podrán ser removidas al ser cumplidos los requerimientos indicados en la Sección 556 y que el concreto no haya sido expuesto a agua salada o a agua en movimiento por 7 días. Se deben retirar las formaletas sin dañar el concreto.

Cuando se determine que el concreto ha sido afectado por la colocación debajo del agua, se deberá remover la parte superior del pilote de concreto antes de continuar con la construcción de la columna.

**558.09 Pruebas de los pilotes.** Cuando así esté especificado en el contrato se efectuarán pruebas de resistencia e integridad de los pilotes, hasta que hayan alcanzado su resistencia de diseño, de conformidad con los procedimientos que se indican a continuación:

- (a) Pruebas de carga estática, según ASTM D 1143.
- (b) Pruebas estáticas de carga lateral, según ASTM D 3966.
- (c) Pruebas de carga dinámica, según ASTM D 4945.
- (d) Ensayos de integridad por método ultrasónico, según ASTM D 5882.
- (e) Ensayos con tuberías de control y monitor ultrasónico, según ASTM D 6760 (Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing).

## 558.10 Medida.

- (a) **Pilotes fundidos en el lugar.** La medida se debe hacer por el número de metros lineales, medido desde la elevación de la parte superior indicada en los planos hasta la punta aprobada, con aproximación de dos decimales, de Pilotes Fundidos en el Lugar, colocados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.
- (b) **Pruebas de carga.** La medida se debe hacer del número de pruebas de carga realizadas de acuerdo al Contrato y estas Especificaciones Generales.
- (c) **Pruebas de integridad.** La medida se debe hacer del número de pruebas de integridad realizadas de acuerdo al Contrato y estas Especificaciones Generales.

## 558.11 Pago.

- (a) **Pilotes fundidos en el lugar.** El pago se debe hacer por el número de metros lineales, medidos como se indicó anteriormente en 558.09 (a), al costo unitario de contrato, correspondiente a Pilotes Fundidos en el Lugar, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.
- (b) **Pruebas de carga.** El pago se debe hacer por el número de pruebas de carga como se indicó en 558.09 (b), al costo unitario de contrato, correspondiente a Pruebas de Carga, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.
- (c) **Pruebas de integridad.** El pago se debe hacer por el número de pruebas de integridad como se indicó en 558.09 (c), al costo unitario de contrato, correspondiente a Pruebas de Integridad, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

---

---

**SECCIÓN 559**  
**ESTRUCTURAS DE ACERO**

---

---

- 559.01 Definición.
- 559.02 Descripción.
- 559.03 Requisitos de los materiales.
- 559.04 Fabricación del acero estructural.
- 559.05 Planos.
- 559.06 Montaje en el taller.
- 559.07 Pasadores y rodillos.
- 559.08 Conexiones con pernos normales.
- 559.09 Conexiones con pernos de alta resistencia.
- 559.10 Soldadura.
- 559.11 Mano de obra y acabado.
- 559.12 Embarque del acero estructural y almacenamiento.
- 559.13 Montaje en la obra.
- 559.14 Colocación de las zapatas y las planchas de soporte.
- 559.15 Pintura de juntas y retocado de áreas defectuosas.
- 559.16 Remoción de la obra falsa y limpieza
- 559.17 Medida.
- 559.18 Pago.



## 559.01 Definición.

**Estructuras de acero.** Son las estructuras de puentes, viaductos, entibaciones definitivas de túneles en general, estructuras o partes de ellas, construidas con acero estructural.

**559.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro y montaje, el suministro o el montaje; incluyendo, según el caso, la preparación, fabricación, armado y pintura de todo el acero estructural, hierro fundido, hierro forjado, planchas de acero, tornillos, pernos y demás metales especiales o materiales requeridos para las estructuras de acero o las partes de ellas, en estructuras compuestas. Se exceptúan los pilotes de acero y metal incluidos específicamente para su pago, en otras Secciones de estas Especificaciones Generales. El trabajo debe ser ejecutado de acuerdo con el diseño, rasante y cotas mostrados en los planos, lo indicado en estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

## MATERIALES

### 559.03 Requisitos de los materiales.

**(a) Aceros estructurales.** Todos los aceros estructurales al carbón de alta resistencia y baja aleación deben de cumplir con la norma AASHTO M 270M/M, según su tipo y aplicación de conformidad con los esfuerzos permisibles usados en el diseño estructural e indicado en los planos correspondientes:

#### (1) Acero estructural.

- Miembros principales de un puente Grado 250
- Miembros de fractura crítica de puentes Grado 250
- Otras formas, planchas y barras Grado 250

#### (2) Acero estructural de alta resistencia y baja aleación.

- Miembros principales Grado 345 de un puente
- Miembros de fractura crítica de puentes y de fractura crítica soldados Grado 345
- Miembros de fractura crítica de puentes resistentes a la corrosión Grado 345 W
- Otras formas, planchas y barras Grado 345 o Grado 345 W

#### (3) Acero templado de alta resistencia.

- Miembros principales de un puente Grado HPS 485 W o Grado 690
- Miembros de fractura crítica de puentes Grado HPS 485 W o Grado 690
- Miembros principales o de fractura crítica resistentes a la corrosión Grado HPS 485 W o Grado 690 W
- Otras formas, planchas y barras Grado HPS 485W, Grado 690 o Grado 690 W

Para otros grados de acero adicionales a los indicados, se aplica lo establecido para acero estructural indicado en las especificaciones AASHTO M 270M y ASTM A 709.

Los grados con sufijo W corresponden a aceros con resistencia a la corrosión atmosférica mejorada.

Los grados HPS 485 W, 690, 690 W indicados en el diseño, no deben ser sustituidos por aceros grado 250, 345, 345 W, HPS 345 W.

Los grados 345 W o HPS 345 W indicados en el diseño, no deben ser sustituidos por grados 250 o 345.

Cuando el acero vaya a ser soldado se debe aplicar un procedimiento adecuado para el grado del acero y la función estructural del elemento estructural al que se le aplicará la soldadura, de conformidad con la Especificación AASHTO M 160M/M y su anexo X3.

**(b) Acero forjado.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 102, clases C, D, F y G.

**(c) Fundiciones:** Acero Fundido y Hierro Fundido. Las piezas de acero fundido y de hierro fundido deben ajustarse a las especificaciones siguientes:

**(1) Fundiciones de acero para uso general.** Deben cumplir con la norma AASHTO M 103, clase 485.

**(2) Fundiciones de acero y aleación de cromo o níquel resistentes a la corrosión para uso general.** Deben cumplir con la norma AASHTO M 163M.

**(3) Fundiciones de hierro gris.** Deben cumplir con la norma AASHTO M 105, clase 30, a menos que se especifique otra cosa. Las fundiciones deben quedar libres de defectos de vertido, textura de esponja, grietas, agujeros resultantes del soplado y otros defectos ubicados en posiciones que afecten el valor y la resistencia de servicio al que han sido destinados. A todas las fundiciones se les aplicará un chorro de arena u otra forma de remover las escamas y la arena para que presenten una superficie lisa, limpia y uniforme.

**(4) Fundiciones maleables de hierro.** Deben cumplir con la norma ASTM A 47M, grado 32510, a menos que se especifique otra cosa en el contrato. La fabricación a mano, los acabados y la limpieza deben de cumplir con lo indicado en el numeral (3) anterior.

**(d) Soldaduras.** Todos los materiales para electrodos, electrodos fundentes y metal de aporte para soldaduras deben cumplir con el Código de Soldadura de Puentes D 1.5 de la ANSI/AASHTO/AWS.

**(e) Pernos, pernos de anclaje y tuercas.** Los pernos y tuercas deben satisfacer los requisitos de ASTM A 307 grado A para una resistencia a la tensión de 60,000 lbs/plg<sup>2</sup>, grado B para una resistencia a la tensión entre 60,000 y 100,000 lbs/plg<sup>2</sup>. Para pernos, pernos de anclaje y barras de anclaje, se deben satisfacer los requisitos de ASTM F1554 con un esfuerzo cedente de 36,000, 55,000 o 105,000 lbs/plg<sup>2</sup> según se indique en los planos. Para tuercas de acero al carbón se deben satisfacer los requisitos indicados en ASTM A 563 o ASTM A 194 grado 2H. Para pernos, tuercas y roldanas con una resistencia a la tensión mínima de 120,000 lbs/plg<sup>2</sup> y pernos con una resistencia a la tensión mínima de 150,000 lbs/plg<sup>2</sup> se deben satisfacer los requisitos indicados en ASTM F3125.

Los pasadores de corte soldados deben satisfacer los requerimientos aplicables del Código de soldadura para puentes AASHTO/AWS D 1.5M/D 1.5-AMD1 con un esfuerzo cedente mínimo de 50,000 lbs/plg<sup>2</sup> y una resistencia a la tensión mínima de 60,000 lbs/plg<sup>2</sup>.

**(f) Pernos de alta resistencia.** Los pernos de acero de carbono tratados térmicamente, incluyendo tuercas y roldanas, deben ajustarse a ASTM F 3125 o AASHTO M 253 (ASTM A 490), según se especifique.

La resistencia mínima a la tensión para los grados ASTM A 325 y F 1852 es de 120,000 lbs/plg<sup>2</sup> y para los grados ASTM A 490 y F 2280 es de 150,000 lbs/plg<sup>2</sup>.

A los pernos grados A 325, F 1852 y A 490, según la Especificación ASTM F 3125 se le pueden aplicar recubrimientos anticorrosivos.

**(g) Pasadores y rodillos.** El Contratista debe suministrar pasadores y rodillos de más de 225

milímetros de diámetro fabricados con forjaduras de acero forjado al carbono que cumplan con la norma AASHTO M 102, clase C.

Los pasadores y rodillos de 225 milímetros o menos de diámetro deben ser fabricados con acero forjado al carbono que cumplan con lo establecido en AASHTO M 102, clase C o de ejes o barras de acero al carbono acabado en frío que cumplan con AASHTO M 169 grado 1016 a 1030, inclusive, con una dureza mínima en la escala B de Rockwell de 85. El requisito de dureza puede ser omitido si el acero desarrolla una resistencia a la tensión de 480 MPa y un punto de fluencia de 250 MPa.

- (h) **Tubería de acero.** El Contratista debe suministrar tubería de acero galvanizado que cumpla con lo establecido en ASTM A 53 Tipo F, clase peso estándar y extremos simples.
- (i) **Revestimientos galvanizados.** Deben cumplir con la norma AASHTO M 111 (ASTM A 123).
- (j) **Conectores de acero.** Deben cumplir con lo establecido en la Sección 560.
- (k) **Dispositivos para soporte.** Deben cumplir con lo establecido en la Sección 561.
- (l) **Obra falsa.** Debe cumplir con los requisitos de la Sección 562.
- (m) **Pintura.** Debe cumplir con lo establecido en la Sección 563.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

### 559.04 Fabricación del acero estructural.

- (a) **Aviso de inicio de los trabajos.** El Contratista debe notificar al Delegado Residente 21 días antes, por escrito, la fecha en que dará inicio el trabajo en fábrica o taller de laminación o fundición en la que se fabricará el material. No se debe fabricar o ejecutar trabajos en el taller antes de dicha notificación. El acero estructural podrá ser inspeccionado en el sitio de fabricación de acuerdo con lo indicado en

la Especificación 105.09. El Contratista deberá proporcionar los correspondientes certificados de calidad del fabricante.

- (b) **Pruebas y aceptación del acero estructural.** Todas las muestras requeridas para los ensayos, deben ser cortadas, preparadas y ensayadas de acuerdo a las Especificaciones AASHTO o ASTM, correspondientes, y deben ser suministradas por el Contratista, a su costa.

El ala de todas las vigas debe ser inspeccionada ultrasónicamente antes de su fabricación, de acuerdo con lo establecido en ASTM A 578M, excepto que se debe inspeccionar después de que las alas sean trazadas en la plancha principal. No se aplican las Secciones 6 y 7 relacionadas con los estándares de aceptación. Se deben usar los requerimientos suplementarios S2.1 ahí establecidos como estándares de aceptación.

El Contratista debe suministrar una copia de todas las órdenes de taller y de los certificados de resultados de ensayos efectuados en el taller. En estos últimos certificados se deben mostrar los resultados de los análisis químicos y de los ensayos físicos de cada fundición del acero.

Si el Delegado Residente lo aprueba, el Contratista podrá suministrar certificaciones de producción en lugar de las órdenes de taller para los materiales que no son suministrados normalmente con órdenes de taller y para los elementos tales como rellenos, planchas, angulares y demás materiales similares proporcionados en pequeñas cantidades que hayan sido tomados de los almacenados en el taller. Para los aceros con valores de impacto especificados, se debe incluir en las órdenes de taller, adicional a los demás resultados de los ensayos, agregar a los resultados de los ensayos de impacto Charpy V-notch.

La aprobación de cualquier material o pieza de acero estructural durante la inspección, no será garantía de que el mismo no será rechazado posteriormente si el Delegado Residente lo

encontrare defectuoso. Los materiales rechazados serán repuestos por el Contratista a su costa.

- (c) **Dirección de laminado.** A menos que se indique otra cosa en los planos, las planchas de acero para miembros principales y las planchas de empalme para las alas (flanges) y los miembros principales a tensión, no así los miembros secundarios, deben ser cortadas y fabricadas de manera que la dirección principal de laminado sea paralela a la dirección de los esfuerzos principales de tensión y de compresión.

**559.05 Planos.** El Contratista debe preparar y presentar los planos de acuerdo con lo establecido en la Especificación 105.05 y lo indicado a continuación.

La primera hoja del juego de planos deberá contener la siguiente información:

- Normas, códigos y especificaciones aplicadas en el diseño.
- Carga viva de diseño.
- Especificaciones de materiales.
- Recubrimientos.
- Dimensiones, ubicación, longitudes de desarrollo y traslapes.
- Dimensiones de ganchos.
- Propiedades del suelo de cimentación.
- Creciente máxima de diseño.
- Parámetros sísmicos.
- Juntas de dilatación.

- (a) **Planos de taller.** Los planos de taller para las estructuras de acero deben mostrar las dimensiones detalladas y tamaños completos de las partes componentes de la estructura y detalles de todas las partes misceláneas (tales como pasadores, tuercas, pernos, drenajes, símbolos de soldadura, etc.) y se deben acompañar por un modelo 3D en AutoCAD, Revit, Tekla, Robot o similar.

Cuando se requiera una orientación específica para las planchas, se debe mostrar la dirección del laminado de las planchas. Las alas (flanges) y el alma de las vigas compuestas fabricadas con planchas debe ser cortada de manera que la dimensión más larga sea paralela a la dirección del laminado.

En los planos de taller se debe mostrar las marcas de montaje que están ligadas con las piezas originales del acero fabricado en el taller y en los reportes de ensayos del taller. También se tiene que identificar en estos planos el tipo y grado de cada pieza que ha de ser fabricada con otro acero distinto al especificado en AASHTO M 270M, grado 250.

La localización de todos los empalmes soldados mostrados en los planos de taller debe ser aprobada por el Delegado Residente. Se debe evitar ubicar los empalmes en puntos en donde se desarrollarán esfuerzos máximos de tensión o de fatiga. Los empalmes en el alma deben ubicarse por lo menos a 300 milímetros de los empalmes soldados en el taller, de las juntas a tope de las alas (flanges) o de los angulares de refuerzo. Se podrán requerir ensayos adicionales no destructivos en los empalmes soldados en el taller.

- (b) **Planos de montaje.** El Contratista debe proporcionar diagramas de montaje preparados por el fabricante y que muestren el método y procedimiento de montaje a emplear, los que deben ser compatibles con los detalles de fabricación. Se deben mostrar los detalles de las armaduras de la obra falsa, ríostrado, tensores, muertos, dispositivos de izaje y uniones con los miembros del puente. Se debe mostrar la secuencia del montaje, la localización de las grúas y vagonetas, capacidad de las grúas, localización de los puntos para el izaje y masas de los miembros del puente. Se deben mostrar los detalles completos de todas las fases y condiciones del montaje. Se podrán requerir los cálculos para demostrar que los esfuerzos permisibles no serán excedidos y que

las capacidades de los miembros y la geometría final serán las correctas.

- (c) **Diagrama de contraflecha.** El Contratista debe proporcionar al Delegado Residente, 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, cuando se trate de montaje completo.

La deflexión debida al peso propio del acero y del concreto deben reportarse por separado. Las deflexiones debidas a carpetas asfálticas futuras u otras cargas que no sean aplicadas durante la construcción también deben de reportarse por separado.

Cuando se use un montaje parcial, el diagrama de contraflechas debe basarse 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. La fabricación y montaje de las armaduras debe de ejecutarse de tal manera que se reduzcan los esfuerzos secundarios hasta donde sea factible. Los empalmes en los cordones rectos y en las columnas, deben ser escariados después de armar los miembros en sus posiciones geométricas apropiadas. Debe ejercerse especial atención para la eliminación del efecto que producen las barras de amarre y los miembros secundarios. Deben así mismo, tomarse las medidas adecuadas para compensar por la pérdida de contraflecha, resultante de la soldadura de conectores de corte a los miembros estructurales.

- (d) **Planos de transporte.** Se debe mostrar todos los puntos de apoyo, amarres, armaduras o refuerzos temporales y cualquier otro detalle necesario para apoyar y asegurar los miembros. El Contratista debe suministrar los cálculos mostrando la carga muerta más los esfuerzos de impacto inducidos por las cargas y por el procedimiento de transporte. Se deben utilizar

esfuerzos de impacto de por lo menos 200 por ciento del esfuerzo de la carga muerta. Se debe usar una carga total, incluyendo la de impacto, de no menos de 300 por ciento de la carga muerta. Si se requiere en el contrato, los planos de transporte deben ser sometidos a aprobación por parte del Delegado Residente. Todos los miembros deben ser transportados y almacenados, tanto los rectos como los curvos, con el alma en dirección vertical.

- (e) **Identificación de los aceros.** El Contratista debe tener un sistema de marcas de identificación del armado para las piezas individuales e instrucciones de corte (generalmente ligando las marcas del armado mostradas en los planos de taller con el Renglón correspondiente indicado en la orden del taller) que mantenga la identidad de la pieza original. Se podrá suministrar material almacenado en el taller que pueda ser identificado por el número de horneada y por la orden del taller.

Durante la fabricación, hasta el punto de montaje de los miembros, se debe mostrar legible y claramente el grado de cada pieza de acero escribiendo el grado del material en la pieza o utilizando un color de acuerdo al código mostrado en la Tabla 559-1.

**Tabla 559-1**  
**Colores de identificación de los códigos para los grados del acero**

Grado del acero	Código de color
345	Verde y amarillo
345W	Azul y amarillo
485W	Azul y anaranjado
690	Rojo
690W	Rojo y anaranjado

Para otros aceros incluyendo acero grado 250 que no se muestran en la Tabla 559-1 o que estén incluidos en AASHTO M 160M, el Contratista debe proveer el color correspondiente al código utilizado.

Se deben marcar los grados de acero con un sello troquelado o con una etiqueta firmemente adherida, en todas las piezas de acero (que no sean grado 250) que antes de ser ensambladas con los miembros estarán sujetas a operaciones de fabricación (tales como limpieza con soplete, galvanizado, calentamiento para dar forma o pintura) que puedan alterar las marcas de color que identifican el código. Cuando se utilice el método de troquelar el acero, las impresiones se deben colocar en el miembro más grueso de los elementos que formen una junta. La profundidad máxima permisible de la impresión debe ser de 0.25 milímetros. Se deben utilizar troqueles de bajo esfuerzo para acero. No se deben troquelar los miembros de fractura crítica.

No se les debe dar forma curva a las vigas de acero por medio de calentamiento. No se debe perforar, cortar o soldar partes de los miembros estructurales a menos que se muestre en los planos o el Delegado Residente lo apruebe por escrito.

**559.06 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, debe ser realizado en el taller en la forma que sea requerida en los planos o en las Disposiciones Especiales. En caso contrario el Contratista podrá optar por el montaje parcial en taller, que será el mínimo trabajo de taller requerido antes de iniciarse las operaciones de escariado, o las de taladrado en metal sólido, a tamaño normal, que deban ser efectuadas en el campo.

(a) **Métodos de montaje en el taller.** Serán los que se indiquen en los planos o en las Disposiciones Especiales.

(b) **Perforación de agujeros para pernos.**

(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 (M 22 o menores) deben de ser 2 mm mayores que el diámetro nominal del perno, para pernos M 24 o mayores, deben de ser 3 mm mayores que el diámetro nominal del perno.

El material que forme parte de una pieza compuesta de no más de cinco espesores de metal puede ser punzonado 2 mm más grande que el diámetro nominal del perno o remache, siempre que el grueso del metal no sea mayor de 20 mm para acero estructural al carbono, 15 mm para acero de alta resistencia y de 15 mm para acero templado y recocido.

Cuando el material que forme parte de una pieza compuesta, sea de más de cinco espesores de metal, o alguno de los principales materiales sea más grueso que 20 mm para el acero estructural; de 15 mm para el acero de alta resistencia; y de 15 mm para acero templado y recocido o cuando fuere requerido en otras Disposiciones de esta Sección, todos los agujeros deben ser punzonados o taladrados a un diámetro menor de 5 mm más pequeño que el diámetro nominal del remache o perno y luego, durante el montaje fresados o escariados 2 mm mayores que el diámetro nominal del remache o perno. También pueden ser taladrados en el metal sólido 2 mm mayores que el diámetro nominal del remache o perno.

(2) **Agujeros a punzón.** El diámetro del troquel o matriz no debe exceder de 2 mm del diámetro nominal del remache o perno. Si algunos de los agujeros deben de ampliarse para admitir los pernos, deben de escariarse.

Los agujeros punzonados deben estar bien definidos sin bordes rasgados, rotos o disparejos.

La deficiente coincidencia de agujeros será causa suficiente para su rechazo.

**(3) Agujeros taladrados o escariados.** Los agujeros taladrados o fresados deben ser cilíndricos, perpendiculares a la pieza y no mayores de 2 mm que el diámetro nominal del remache o perno. Cuando sea factible los escariadores deben dirigirse por medios mecánicos. Las rebabas en la superficie exterior, deben ser eliminadas y será motivo de rechazo la deficiente coincidencia de los agujeros. El taladrado y el escariado debe hacerse con brocas helicoidales.

Las piezas armadas deben desarmarse para quitarles las rebabas ocasionadas por el taladrado.

**(4) Agujeros para conexiones en obra, de miembros principales.** A menos que se especifique en otra forma en las Disposiciones Especiales, 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.

**(5) 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 planos, perforación a un diámetro menor y posterior escariado, los agujeros en el material de 20 mm o menos de espesor, deben ser perforados al diámetro total. Los agujeros de material de más de 20 mm de espesor, deben ser perforados a un diámetro menor y luego escariados o bien taladrados en sólido, al tamaño normal.

**(6) 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) pueda pasarse perpendicularmente a las piezas y sin desalineado, una varilla cilíndrica de 3 mm menor que el diámetro nominal del agujero, en por lo menos un 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 5 mm menor que el diámetro nominal del agujero perforado, esto será causa suficiente para rechazarlo.

**(7) 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 85% de ellos en cualquier grupo contiguo, después del escariado o taladrado, no deben mostrar una desviación mayor de 1 mm entre espesores adyacentes de metal.

**(c) Cortado 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 se obtenga un perfil exacto mediante el empleo de una perfiladora mecánica, de acuerdo con lo indicado en el código de soldadura de puentes AASHTO/AWS D 1.5M/D 1.5-AMD1 .

Las muescas, grietas y asperezas superficiales que no excedan de 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 Disposiciones Especiales. Pueden repararse con este método, muescas o ranuras ocasionales con una profundidad menor de 10 mm, en aquellos tipos de acero estructural considerados como soldables de acuerdo a las normas AASHTO, para el acero de que se trate. La soldadura terminada debe esmerilarse para dejarla lisa y pareja con la superficie contigua.

**Tabla 559-2**  
**Temperaturas máximas para enderezado con calor**

Material a ser enderezado	Temperatura máxima
Grado 485W < 150 mm de la soldadura	480° C
Grado 485W > 150 mm de la soldadura	565° C
Grado 690 o 690W < 150 mm de la soldadura	510° C
Grado 690 o 690W > 150 mm de la soldadura	595° C

Para otros grados de acero, no se debe exceder de 650° C en el área calentada. Los dispositivos de medición de temperatura, deberán ser específicos para uso industrial.

**(d) Enderezado.** 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 serán causa de rechazo del material. El enderezado de extremos doblados de planchas, angulares y otros perfiles, se debe hacer por métodos que no causen fractura u otros daños al material. Si el Delegado Residente lo aprueba, se podrán enderezar planchas, angulares, y otros miembros utilizando métodos que no produzcan fractura u otro daño al metal. Los miembros distorsionados pueden ser enderezados utilizando medios mecánicos o, si se aprueba, por medio de procedimientos estrictamente controlados y con la aplicación supervisada de una cantidad limitada de calor localizado. Cuando se enderezan con calor, no se deben exceder las temperaturas especificadas en la siguiente tabla para miembros de acero grados 485W, 690 y 690W.

Las partes a ser calentadas deben mantenerse rectas y libres de fuerzas y esfuerzos externos, excepto esfuerzos resultantes de los medios mecánicos utilizados conjuntamente con la aplicación del calor. Cualquier evidencia de fracturas después de enderezar un doblez o pandeo será causa de rechazo de la pieza dañada. Después del calentamiento y enderezado de un doblez, el metal debe de enfriarse lentamente.

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 1 milímetro por metro.

No se debe usar ningún arriostramiento transversal u otros medios para forzar a un miembro a mantener la rectitud necesaria durante su armado.

**(e) Ajuste para el empernado.** Las superficies de metal que entran en contacto, deben limpiarse antes del montaje. Las partes de un miembro, deben montarse bien aseguradas y firmemente unidas con pernos antes de empezar el escariado. Las piezas montadas deben separarse 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.

Los angulares de conexión de los extremos, angulares de refuerzo y partes similares, deben ser ajustados cuidadosamente en las posiciones correctas y unirse con prensas o mantenerse, por otro medio, firmemente en su lugar hasta que sean unidas con los pernos.

**(f) Marcas de coincidencia.** Las partes componentes armadas en el taller, con el propósito de abrir agujeros para las conexiones de campo, deben marcarse para el montaje y se debe proporcionar

a los constructores en el campo y al Delegado Residente, una plantilla o un diagrama que muestre tales marcas y que sirvan de guía para el montaje en la obra.

**(g) Ajuste, acabado y perfilado.**

**(1) Cepillado de los bordes de las planchas.**

Los bordes cortados de las planchas con espesores mayores de 15 mm, se deben cepillar hasta una profundidad no menor de 3 mm. Los cortes entrantes deben filetearse antes de cortarlos.

**(2) Cepillado de las superficies de apoyo.** Las planchas, si están deformadas o alabeadas, deben enderezarse en caliente, cepillarse o tratarse en cualquier otra forma para asegurar un contacto ajustado y uniforme.

Después de haber sido fijadas en su lugar, el metal excedente debe rebajarse hasta que queden lisas y a ras con el metal circundante. Las superficies que entrarán en contacto con otras superficies metálicas, deben cepillarse o trabajarse si es necesario, para asegurar un contacto apropiado. Igualmente, la superficie de las planchas que deban entrar en contacto con la mampostería, debe estar libre de alabeos u otras deformaciones y tener un acabado que cumpla con las Especificaciones de Textura Superficial indicadas en la norma ASME B46.1.

Las superficies de zapatas que deban entrar en contacto con superficies metálicas, deben cepillarse y aquellas que tengan que apoyarse en la mampostería, deben tener un acabado áspero. En el cepillado de las superficies de los apoyos de expansión, el corte debe ser hecho en la dirección de dicha expansión. Las superficies de las planchas de bronce para apoyo, destinadas para deslizamientos, deben ser cuidadosamente cepilladas y pulidas.

**(3) Juntas a tope.** Las juntas a tope de los miembros en compresión, deben tener sus

caras acabadas adecuadamente y ajustarse exactamente después de que los miembros hayan sido unidos para asegurar un apoyo uniforme al montarse en la estructura.

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 10 mm.

**(4) Angulares de conexión en los extremos de los miembros.** Las vigas de pisos, largueros y vigas que tengan angulares de conexión en sus extremos, deben construirse a la longitud exacta indicada en los planos, medida entre los respaldos de los angulares de conexión, con una tolerancia de cero (0) a -2 mm. Cuando se requiere continuidad, las juntas de los extremos deben tener sus caras acabadas adecuadamente.

El grueso de los angulares de conexión no debe ser menor que el mostrado en los planos ni menor de 10 mm, después del acabado de las caras.

**(5) Barras de amarre.** Los extremos de las barras de amarre o enlace, deben estar perfectamente redondeados a no ser que se requiera en otra forma.

**(6) Miembros armados.** Las diversas piezas que forman un miembro armado, deben ser rectas y bien ajustadas. Tales miembros deben conformarse exactamente a las medidas detalladas en los planos, los miembros armados solo pueden ser soldados en planta.

**(7) Planchas dobladas.**

**a) Doblado en frío.** Las planchas de acero laminado, dobladas en frío, que soporten cargas, deben ser cortadas en tal forma que la dirección del doblez, quede en ángulo recto con la dirección del laminado. El radio del doblez, debe ser

**Tabla 559-3**  
**Radio mínimo del doblez**

Grado AASHTO 270M/M kips/plg <sup>2</sup> (MPa)	Espesor t			
	$t \leq \frac{3}{4}$ plg ( $t \leq 20$ mm)	$\frac{3}{4}$ plg $< t \leq 1$ plg ( $20$ mm $< t \leq 25$ mm)	$1$ plg $< t \leq 2$ plg ( $25$ mm $< t \leq 50$ mm)	$t > 2$ plg ( $t > 50$ mm)
36 (250)	1.5t	1.5t	1.5t	2.0t
50 (345), 50S (345S), 50W (345W), or HPS 50W (HPS 345W)	1.5t	1.5t	2.0t	2.5t
HPS 70W (HPS 485W)	1.5t	1.5t	2.5t	3.0t
100 (690)	1.75t	2.25t	4.5t	5.5t
100W (690W)	1.75t	2.25t	4.5t	5.5t

<sup>(1)</sup> Los valores mostrados son para la cara cóncava del metal doblado en el sentido perpendicular al laminado. Si el doblez es paralelo a la dirección del laminado final, se multiplica por 1.5 (el radio indicado equivale al valor de 2.25 para el doblado en el sentido perpendicular).

tal, que no produzca agrietamiento. El radio mínimo medido en la cara cóncava del metal, debe ser el indicado en la tabla siguiente, en la cual "t" es el espesor de la plancha.

**b) Doblado en caliente.** Si se requiere un radio más pequeño que el indicado en la tabla, las planchas se pueden doblar en caliente a una temperatura no mayor de 650° C, excepto para los grados 690 y 690W. Si las Disposiciones Especiales lo autorizan, las planchas de acero de grados 690 y 690W que sean calentadas a temperaturas mayores de 605°C, se deben reenfriar por inmersión y templar de acuerdo con los métodos estándar de producción del taller.

Toda la porción de las planchas que se encuentre en un doblez, debe tener sus bordes redondeados a un radio de 2 mm antes de efectuar el doblado.

**(8) Planchas de alma.** En las vigas remachadas o empernadas que no tengan planchas de cubierta y que no vayan a ser empotradas en concreto, el borde superior del alma no debe sobresalir de los respaldos de los angulares

que forman las alas y en ningún punto deben quedar más de 3 mm abajo de los mismos.

Cualquier parte de una plancha que sobresalga más allá de los angulares de alas, debe ser desbastada hasta emparejarla con los respaldos de los angulares.

Los empalmes en almas de vigas sin planchas de cubierta o ala, deben ser sellados mediante soldadura antes de ser pintadas. El espacio libre entre los extremos de las planchas de alma no debe exceder de 10 mm y el espacio libre en los extremos superior e inferior de las planchas de empalme no debe exceder de 5 mm.

**(9) 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 rectificados adecuadamente, para asegurar un asiento parejo contra los angulares que forman el ala o contra el ala de las vigas. Se podrá permitir el uso de soldadura en vez de fresado o esmerilado, cuando así se especifique en los planos o Disposiciones Especiales.

Los angulares intermedios (que no soporten carga concentrada), deben ser suficientemente ajustados para impedir el paso del agua después de ser pintados.

**(10) Barras de argolla.** Los agujeros para pasadores pueden ser cortados con llama, a un diámetro de por lo menos 50 mm menor que el diámetro acabado del pasador. Las barras de argolla que vayan a ser colocadas lado a lado en la estructura, deben afianzarse fuertemente unas con otras en el orden en que serán colocadas en el pasador y taladradas en ambos extremos mientras están sujetadas. Las barras de argolla deben ser marcadas con estarcidores 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 argolla deben ser rectas y 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 con respecto al plano de la armadura no debe exceder de 5 mm por metro.

Los bordes de las barras de argolla que queden entre la línea media transversal de sus agujeros para pasadores, deben cortarse simultáneamente con 2 sopletes que trabajen mecánicamente uno frente al otro, guiados por una plantilla maciza para evitar la distorsión de las planchas.

**(11) Recocido y relevación de esfuerzos.** Las piezas o miembros estructurales que de acuerdo con los planos o las Disposiciones Especiales deban ser recocidas o normalizadas, deben ser maquinadas, fresadas, taladradas y enderezadas con posterioridad al tratamiento térmico. La normalización y recocido deben efectuarse de acuerdo con lo indicado en las normas ASTM. Las temperaturas deben ser mantenidas uniformemente en la totalidad del horno durante el calentamiento, de modo que la temperatura entre cualesquiera de

dos puntos de la pieza no difiera en más de 55° C en cualquier momento.

Los miembros de acero grados 690/690W o 485W no deben ser recocidos ni relevados de esfuerzos. Estos grados podrán ser recocidos únicamente con autorización previa del Delegado Residente, a una temperatura máxima de 605° C para los aceros de grados 690/690W y de 580° C para los de grado 485W.

El registro de carga de cada horno debe identificar los miembros de dicha carga e indicar las temperaturas y el ciclo térmico aplicado. Estos registros deben estar disponibles para inspección y aprobación del Delegado Residente.

Los miembros tales como zapatas de puentes, pedestales u otras piezas construidas soldando secciones de planchas soldadas entre sí, deben ser relevados o aliviados de esfuerzos, de acuerdo con lo indicado en el código de soldadura de puentes AASHTO/AWS D 1.5M/D 1.5-AMD1, cuando así sea requerido en los planos o en las Disposiciones Especiales.

## 559.07 Pasadores y rodillos.

**(a) Características de los pasadores y rodillos.** Estas piezas deben ser torneadas con precisión a las medidas detalladas en los planos y deben ser rectas, lisas y sin defectos. Los pasadores de más de 225 mm de diámetro deben ser de acero forjado y recocido. Los pasadores de 225 mm o menos, pueden ser de acero forjado y recocido, o bien de ejes de acero al carbono acabados en frío, de acuerdo con 559.03 (g).

En pasadores de más de 225 mm de diámetro, debe perforarse un agujero no menor de 50 mm de diámetro a todo lo largo de su eje, después de que se haya dejado enfriar la pieza forjada hasta una temperatura menor que el límite crítico, bajo condiciones adecuadas para prevenir daños debido a enfriamiento demasiado rápido y antes del recocido.

**(b) Perforación de los agujeros para pasadores.**

Estos agujeros deben ser taladrados lisos y rectos, de acuerdo con las medidas de los planos, 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.

**(c) Espacio libre para pasadores.** El diámetro del agujero para pasador no debe exceder el diámetro de éste en más de 0.50 mm para pasadores de 125 mm o menos en diámetro, ni de 1 mm para pasadores más grandes.

**(d) Roscas para pasadores.** Las roscas para pasadores deben ajustar con precisión en las tuercas y deben cumplir con la Unified Standard UNC-ANSI B 1.1 del American National Standards Institute, para clase 2 A en pasadores y pernos, y clase 2 B para tuercas, de conformidad con la norma ANSI B1.13M. Para las roscas, pasadores y pernos se aplicará una tolerancia clase 6G y una tolerancia clase 6H para tuercas. Para pasadores con diámetro de 35 mm o mayor, las roscas deben ser de 6 vueltas por cada 25 mm.

**(e) Tuercas guías y de montaje.** 2 tuercas guías y 2 tuercas de montaje deben ser proporcionadas para cada tamaño de pasador, a menos que los planos lo indiquen de otra forma.

### 559.08 Conexiones con pernos normales.

**(a) Generalidades.** Los pernos y varillas pueden ser sin tornejar, torneados o nervados, según se indique en los planos o en las Disposiciones Especiales, y de calidad conforme ASTM A 307. Las cabezas y tuercas deben ser hexagonales, excepto que los pernos nervados deben tener cabeza de hongo. Las conexiones con pernos deben usarse únicamente en la forma indicada en los planos o en las Disposiciones Especiales. Los pernos deben tener tuercas autotrabadoras sencillas o dobles. Se deben usar roldanas biseladas cuando las caras de soporte tengan una inclinación de más de 1 a 20 con respecto al plano perpendicular al eje del perno. El largo de los pernos debe ser tal, que se extiendan

completamente a través de sus tuercas, pero sin sobresalir más de 20 mm de las mismas.

La cantidad de pernos entregados debe ser de un 5% más, que la cantidad efectiva mostrada en los planos para cada tamaño y largo.

**(b) Pernos sin tornejar.** A menos que se especifique en otra forma, se deben usar pernos sin tornejar, de las características generales indicadas en (a).

**(c) Pernos torneados.** La superficie del vástago debe estar de acuerdo al grado de aspereza que no exceda de 3 micrómetros de acuerdo con el estándar ANSI (American National Standards Institute) ASME B18.5. El diámetro de las roscas debe ser igual al diámetro nominal del perno especificado y las roscas deben quedar fuera del agujero del perno. Los agujeros deben ser escariados y los pernos acabados para permitir su ajuste a martillo. Se deben usar arandelas de 6 mm, a no ser que los planos lo indiquen de otra forma.

**(d) Pernos nervados.** El vástago de los pernos debe ser de una forma aprobada con nervaduras longitudinales continuas. El diámetro del vástago medido alrededor de las nervaduras debe ser 2 mm mayor que el diámetro nominal especificado para los pernos. Las cabezas de hongo deben ser conforme ANSI ASME B 18.5 a menos que se especifique en otra forma. La dureza de las nervaduras debe ser tal que no se aplasten y no permitan el giro de los pernos dentro del agujero durante el apretado. Si por alguna razón el perno se enrosca o se rompe antes de quedar apretado, debe escariarse el agujero y el perno repuesto con otro de mayor diámetro.

### 559.09 Conexiones con pernos de alta resistencia.

**(a) Generalidades.** Los pernos de alta resistencia, las tuercas y roldanas de los mismos, de conformidad con lo establecido en los planos, deben ajustarse a lo indicado en AASHTO M 164 o ASTM A 325 o A 490. Las cabezas y las tuercas deben ser hexagonales. Las roldanas circulares

deben ser planas y lisas y las roldanas biseladas, cuadradas o rectangulares y todas deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 293. Otros sujetadores de las mismas dimensiones que satisfagan las exigencias anteriores también podrán ser utilizados.

**(b) Piezas unidas con pernos.** Las superficies de las piezas en contacto con la cabeza del perno y la tuerca, deben tener una inclinación no mayor de 1 a 20, con respecto al plano perpendicular al eje del perno. Las partes deben ajustarse sólidamente entre sí al ser montadas, y no deben separarse con empaques u otro material compresible.

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.

**(c) Instalación.**

**(1) Tensión del perno.** Los pernos pueden ser apretados con llaves de fuerza calibradas, llaves de tensión manuales, llaves de impacto u otro método aprobado, hasta alcanzar la tensión requerida en los planos o en las Disposiciones Especiales. La tensión mínima debe ser no menor que la tensión mínima indicada en la Tabla 559-4 para el tamaño del perno o sujetador empleado. No se debe remover el lubricante que traen de fábrica los pernos o sujetadores antes de su instalación.

**Tabla 559-4**  
**Tensión mínima del perno**

Diámetro del perno (pulgadas)	AASHTO M 164 (ASTM A 325) (libras)	AASHTO M 253 (ASTM A 490) (libras)
½”	12,000	15,000
⅜”	19,000	24,000
¾”	28,000	35,000
⅞”	39,000	49,000
1”	51,000	64,000
1 ⅛”	56,000	80,000
1 ¼”	71,000	102,000
1 ⅜”	85,000	121,000
1 ½”	103,000	148,000
Tamaño del perno	AASHTO M 164/M164M kN	AASHTO M 253 (ASTM A 490) kN
M 16	91	114
M 20	142	179
M 22	176	221
M 24	205	257
M 27	267	334
M 30	326	408
M 36	475	595

Las tuercas deben ser colocadas del lado no visible de los miembros y los agujeros de los pernos deben estar de acuerdo a lo indicado en la Especificación 559.06.

Cuando sea impráctico el apretado de la tuerca por cualquiera de los métodos, deberá hacerse girando el perno mientras se impide que gire la tuerca. Si se utilizan llaves de impacto, deberán ser de la capacidad adecuada y abastecidas de la presión de aire suficiente para realizar el apretado adecuado de cada perno en aproximadamente 10 segundos.

No se deben reutilizar los sujetadores AASHTO M 253 ni los sujetadores galvanizados AASHTO M 164. Los pernos que puedan aflojarse debido al apretado de pernos adyacentes no se deben retocar, se considerará si es procedente seguir el procedimiento indicado para la rotación de las tuercas, como se indica en la Tabla 559-5.

**(2) Roldanas.** Las roldanas deben adecuarse a lo establecido en la norma ASTM F436. Los pernos deben ser instalados con una roldana debajo del elemento (tuerca o cabeza de perno) que dé 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 1 a 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.

Las roldanas templadas de conformidad con ASTM F436, se deberán utilizar debajo de la cabeza del perno y de la tuerca cuando se instalen pernos del tipo ASTM A 325 de cualquier diámetro si el material sobre el cual se apoya tiene una resistencia a la tensión menor de 275 MPa.

**(3) Apretado de las tuercas.** Cuando se empleen llaves manuales para apretar las tuercas, antes de iniciar el trabajo de apretado, se deben realizar ensayos utilizando un dispositivo capaz de indicar la tensión del perno. Se deben ensayar no menos de 3 juntas de pernos y tuercas similares en diámetro, longitud y grado a las que serán utilizados en la obra. Se debe demostrar, por medio del ensayo, el método para estimar la condición de apretado a tope y de controlar las vueltas para apretarlo que desarrolle una tensión mayor en un 15 por ciento de la tensión mínima requerida en la Tabla 559-4. Cuando se registre una elevada variabilidad en los ensayos, se deben efectuar ensayos adicionales.

El apretado a tope se define como el apretado que existe cuando las superficies de una junta estén en perfecto contacto una con otra. Esto se puede obtener por medio de unos pocos movimientos con una llave de impacto o por el esfuerzo total de un trabajador utilizando una llave de cola ordinaria. Se deben instalar los pernos en todos los agujeros de la conexión e inicialmente apretarlos a una condición de apretado a tope.

Los grupos de pernos deben ser apretados a tope sistemáticamente desde la parte más rígida de la conexión hacia las orillas libres. Luego se deben reapretar los pernos de la conexión de una manera sistemática similar, las veces que sea necesario hasta que todos los pernos estén apretados a tope y la conexión esté completamente compacta. Seguido de la operación de apretado a tope, a todos los pernos de la conexión se les debe hacer un apretado complementario aplicando la cantidad respectiva de vueltas especificada en la Tabla 559-5.

**Tabla 559-5<sup>(1)</sup>**  
**Rotación de la tuerca desde la condición de apretado a tope<sup>(2)</sup>**

Geometría de las caras exteriores y de las partes fijadas con pernos			
Longitud del perno medida desde la parte de abajo de la cabeza hasta el extremo del perno	Ambas caras perpendiculares al eje del perno	Una cara perpendicular al eje del perno y la otra cara con una pendiente no mayor de 1:20. (Sin usar roldanas biseladas)	Ambas caras con una pendiente no mayor de 1:20 medida a partir de la perpendicular al eje del perno (Sin usar roldanas biseladas)
Hasta 4 diámetros inclusive	$\frac{1}{3}$ vuelta	$\frac{1}{2}$ vuelta	$\frac{2}{3}$ vuelta
Entre 4 y 8 diámetros	$\frac{1}{2}$ vuelta	$\frac{2}{3}$ vuelta	$\frac{5}{6}$ vuelta
Entre más de 8 y hasta 12 diámetros <sup>(3)</sup>	$\frac{2}{3}$ vuelta	$\frac{5}{6}$ vuelta	1 vuelta

<sup>(1)</sup> Aplicable únicamente a conexiones en las cuales todo el material sujetado por el perno sea acero.

<sup>(2)</sup> La rotación de la tuerca es relativa al perno, independientemente del elemento (tuerca o perno) que está siendo girado. La tolerancia es  $\pm 30^\circ$  para pernos instalados con  $\frac{1}{2}$  vuelta o menos. La tolerancia es  $\pm 45^\circ$  para pernos con  $\frac{2}{3}$  de vuelta o más.

<sup>(3)</sup> La rotación requerida debe ser determinada por medio de ensayos reales en un dispositivo adecuado de tensión que simule las condiciones actuales.

**(4) Apretado con llave calibrada.** Cuando se utilicen llaves calibradas para proporcionar la tensión del perno como se indica en la tabla 559-4, su ajuste será de tal naturaleza como para inducir una tensión 5 a 15 por ciento mayor que este valor. Estas llaves deben ser calibradas diariamente para indicar la tensión en el perno.

La calibración debe ser ejecutada con un dispositivo capaz de indicar la tensión del perno, apretando 3 pernos típicos de cada diámetro, longitud y grado a ser utilizados ese día. Se debe utilizar una roldana debajo del elemento que esté siendo girado para el apretado. Las llaves deben ser recalibradas cuando existan diferencias significativas en la condición de la superficie de los pernos, roscas, tuercas o roldanas. Durante el proceso, se debe verificar que el ajuste seleccionado para la llave, resultado de la calibración, no produce una rotación de la tuerca o del perno a partir del apretado a tope, mayor que el permitido en la Tabla 559-5.

Si se utilizan llaves calibradas para instalar pernos en una conexión o junta, los pernos deben ser instalados con roldanas templadas debajo de cada elemento. Cuando se aprieten los pernos de todos los agujeros de la conexión, se deben apretar a una condición a tope y se debe repetir el procedimiento descrito en el inciso (3) anterior para la instalación de un grupo de pernos en una conexión después del apretado a tope.

**(5) Inspección.** El Delegado Residente debe verificar la calibración de los métodos de apretado de los pernos, para verificar si el procedimiento escogido es utilizado en forma adecuada y determinará si todos los pernos están apretados. Para esto, se debe utilizar una llave para la inspección, manual o de impacto, con el fin de verificar el apretado de los sujetadores roscados. Para los sujetadores sin rosca, se debe escuchar el ruido producido por un martillo aplicado en cada sujetador para verificar la rigidez.

Cualquier sujetador que esté flojo debe ser repuesto o reapretado. No se permitirá el corte de los pernos con soplete para removerlos.

Para ello, se deben colocar 3 pernos de la misma calidad, tamaño y tipo de los sometidos a inspección en un dispositivo calibrador para medir la tensión del perno. Se debe colocar una roldana debajo de la parte que está siendo girada para apretar cada perno, si se utilizan roldanas en la estructura. Si no se utilizan roldanas en la estructura, se debe utilizar el mismo material como está especificado para la estructura. En el dispositivo calibrador, se debe apretar cada perno utilizando el medio convencional escogido hasta alcanzar la tensión especificada para su tamaño en la tabla 559-4. Luego, se debe de aplicar la llave de inspección a los pernos apretados para determinar la tensión requerida para girar la tuerca o la cabeza 5° (aproximadamente 30 milímetros a un radio de 300 milímetros), en la dirección de apretado. El promedio de la medida en los ensayos de los tres pernos se debe utilizar como la tensión media de la inspección de campo. Esta operación de calibración debe ser ejecutada por lo menos una vez al día.

Se deben seleccionar al azar en cada conexión el 10 por ciento (por lo menos dos) de los pernos apretados en la estructura representados por los pernos ensayados y se debe aplicar la tensión media de la inspección de campo a cada perno seleccionado con la llave de inspección girada en la dirección de apretado. Si esta tensión no gira la cabeza del perno o la tuerca, los pernos en la conexión serán considerados apropiadamente apretados. Si la tensión gira una o más cabezas de los pernos o las tuercas, se le debe aplicar la tensión de inspección de campo a todos los pernos. Se debe apretar e inspeccionar

de nuevo cualquier perno cuya cabeza o tuerca gire en esta etapa, o el Contratista podrá, como opción, volver a apretar de nuevo todos los pernos de la conexión y someterlos de nuevo a inspección.

**559.10 Soldadura.** La soldadura se debe hacer de acuerdo con las prácticas más modernas y cumpliendo los requisitos aplicables del Código de Soldaduras para Puentes AASHTO/AWS D 1.5M/D 1.5-AMD1, excepto cuando se disponga en otra forma en los planos o Disposiciones Especiales. Los planos 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, las soldaduras deben ser examinadas en su totalidad, especialmente en las conexiones principales de vigas, columnas y conexiones.

El Contratista, debe someter a la aprobación del Delegado Residente con anterioridad al inicio del trabajo, los procedimientos propuestos para soldadura, que llevará 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 el Ingeniero y de acuerdo con los procedimientos del Código de Soldaduras para Puentes AASHTO/AWS D 1.5M/D 1.5-AMD1. Para conexiones tubulares se debe cumplir con el Código de Soldadura Estructural de AWS para Acero D1.1 Sección 2, parte D. 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 estas normas, y presenta la certificación correspondiente donde conste que el equipo de soldar y los operarios han sido calificados dentro de los 12 meses anteriores a la iniciación del trabajo en la estructura de que se trate, y que ha estado llevando a cabo soldaduras satisfactorias del tipo exigido, en el período de 3 meses anteriores al trabajo requerido, el Delegado Residente podrá considerar idóneos tales equipos y operarios.

Cuando la empresa fabricante o contratista no ha tenido las facilidades para precalificar sus equipos y operarios, éstos podrán ser precalificados de acuerdo al Código de Soldaduras para Puentes AASHTO/AWS D 1.5M/D 1.5-AMDI, por una organización reconocida, aprobada por el Ingeniero.

No obstante lo anterior, el Delegado Residente podrá ordenar el examen de los equipos que a su juicio no sean satisfactorios o de los operarios cuya habilidad o experiencia sea dudosa.

Las soldaduras no deben hacerse cuando las superficies estén mojadas o expuestas a la lluvia, viento fuerte, heladas o cuando los soldadores estén expuestos a condiciones inclementes del tiempo.

Las soldaduras no se deben exceder de las especificadas en los planos, ni deben ser cambiadas sus localizaciones sin la aprobación expresa del Delegado Residente.

**559.11 Mano de obra y acabado.** La mano de obra y acabado, debe ser de primera calidad y de acuerdo a la mejor práctica general en talleres modernos de puentes. Los cortes con tijeras, a la llama y cincel, deben hacerse cuidadosamente y con exactitud y todas las partes expuestas a la vista deben ser acabadas con esmero.

Los ángulos entrantes deben ser fileteados y las orillas golpeadas o lastimadas durante el manipuleo o montaje, deben ser redondeadas ligeramente por esmeril u otro medio adecuado.

#### **559.12 Embarque del acero estructural y almacenamiento.**

**(a) Documentos de embarque.** El Contratista debe proporcionar al Delegado Residente las copias de los documentos de embarque los que deberán cumplir lo establecido en la Especificación 106.03.

Cada miembro estructural debe distinguirse con una marca de montaje para su debida identificación. Los miembros que pesen más de 26.7 kN deben tener el peso marcado.

**(b) Carga, transporte y descarga.** Los miembros estructurales deben cargarse, transportarse y descargarse, cuidando de que no sufran deformaciones, dobladuras, sobreesfuerzos u otros daños.

Los pasadores, pernos, roldanas, tuercas y demás partes pequeñas, deben transportarse en cajas, cuñetas, o barriles cuyo peso bruto no pase de 1.5 kN.

En la parte exterior de cada recipiente de embarque, debe marcarse claramente la lista descriptiva del material contenido.

**(c) Almacenamiento.** El acero debe almacenarse sobre plataformas o sobre largueros por encima del suelo y debe protegerse, tanto como sea posible, de la exposición a condiciones que produzcan oxidación y otro deterioro superficial. Se debe mantener limpio y drenado apropiadamente. Las vigas de alma llena y las vigas armadas, se deben colocar con el alma vertical y deben ser apuntaladas. Los miembros largos, tales como columnas y cordones, deben apoyarse sobre largueros colocados lo suficientemente cerca para evitar daños por deflexión.

#### **559.13 Montaje en la obra.**

**(a) Descripción.** Consiste en la construcción de la obra falsa provisional necesaria, el montaje de la estructura metálica y la eliminación de la construcción provisional, realizando todo el trabajo necesario para completar la estructura de acuerdo con los planos, Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales.

**(b) Inspección en el campo.** Todo el trabajo de montaje está sujeto a la inspección del Delegado Residente, a quien se debe dar todas las facilidades necesarias para una inspección completa y detallada de la obra. El material que no haya sido previamente inspeccionado, lo será después de su entrega en el lugar de la obra.

**(c) Diagramas de montaje.** El Contratista debe proporcionar diagramas de montaje preparados por el fabricante de acuerdo con 559.05 (b). Las modificaciones a los planos de instalación aprobados requerirán de la verificación de esfuerzos y de la geometría para elaborar unos diagramas revisados. Se debe proveer material adicional cuando sea necesario para mantener los esfuerzos finales y los temporales dentro de los límites permisibles utilizados para el diseño.

**(d) Equipo.** El Contratista debe proporcionar todas las armazones provisionales y todas 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.

**(e) 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 que será sometida, debiendo cumplirse con lo indicado en la Especificación 105.05 (c) y la Sección 556.

**(f) Colocación de las zapatas y los dispositivos de soporte.** Los apoyos para los puentes deben ser suministrados y montados de acuerdo con lo indicado en la Sección 561. Si la superestructura de acero ha de ser colocada sobre una subestructura que fue construida bajo un contrato separado, se debe verificar que la mampostería o concreto este correctamente construida antes de montar el material de los apoyos.

**(g) Montaje del acero.** Todos los miembros deben ser montados con precisión y cuidado, siguiendo todas las marcas de montaje. No se debe permitir ningún martilleo que dañe o deforme los miembros. Las superficies de apoyo

y aquellas que estén en contacto permanente deben limpiarse antes de que los miembros sean armados.

A menos que se haya diseñado para montaje por el método de voladizo, los tramos de las vigas o armaduras deben erigirse sobre un sistema de apoyos colocados de tal manera que les proporcione la contraflecha diseñada. El sistema de apoyo debe quedar en su lugar hasta que los empalmes del cordón a tensión estén totalmente empernados y todas las demás conexiones de la viga o armadura estén unidas con pasadores y pernos de montaje.

Los empalmes de las juntas a tope de los miembros de compresión y de barandales no deben ser apretados los pernos definitivamente, sino hasta que el tramo haya sido colocado en su posición final. Los empalmes y conexiones hechos en el campo deben tener la mitad de los agujeros ocupada con pernos y pasadores de montaje (mitad pernos y mitad pasadores) antes de remachar o empernar. Los empalmes y conexiones que soporten carga durante el montaje, deben tener  $\frac{3}{4}$  de los agujeros ocupados en esa forma.

Los pernos de montaje deben ser del mismo diámetro nominal de los pernos definitivos. Los pasadores de montaje deben ser de 1 mm más grandes.

**(h) Pernos normales.** Las conexiones o juntas con pernos normales se deben hacer de acuerdo con la Especificación 559.08.

**(i) Pernos de alta resistencia.** Los pernos de alta resistencia deben instalarse de acuerdo con la Especificación 559.09.

**(j) Conexiones de los pasadores.** En la colocación de los pasadores se deben usar tuercas guías y de montaje. Estas deben ser proporcionadas por el Contratista sin costo alguno. Los pasadores se deben colocar de tal manera que los miembros se apoyen completamente sobre ellos. Las tuercas de los pasadores deben atornillarse apretadamente

y la rosca debe aplanarse sobre la cara de la tuerca con una herramienta ahusada.

(k) **Soldadura en la obra.** Se hará conforme se prescribe en la Especificación 559.10.

(l) **Desajustes.** La corrección de los desajustes menores que impliquen pequeños trabajos de escariado, corte y cincelado deben considerarse como una parte del trabajo de montaje. Sin embargo, cualquier error en la fabricación de taller o deformación resultante del manejo y transporte que evite el montaje y ajuste apropiados de las partes, usando un número moderado de pasadores o por un trabajo moderado de fresado, cincelado o corte ligero, debe informarse inmediatamente al Delegado Residente, quien dará la aprobación sobre el método de corrección propuesto. La corrección se debe efectuar en su presencia. El Contratista es responsable de todos los desajustes, errores y daños y debe hacer las correcciones y sustituciones necesarias, a su costa.

#### 559.14 Colocación de las zapatas y las planchas de soporte.

(a) **Preparación de las áreas de soporte.** Las áreas de soporte deben prepararse de acuerdo con lo establecido en la Especificación 553.11. Se deben terminar las áreas de apoyo para las zapatas de la armadura de acero, de acuerdo con los planos y niveles requeridos. Las zapatas y planchas de soporte no deben ser colocadas sobre superficies indebidamente acabadas, deformadas o irregulares.

(b) **Métodos de colocación de las zapatas y planchas de soporte.** Las zapatas y planchas de soporte, deben ser colocadas sobre los dispositivos de soporte indicados en los planos de acuerdo con las especificaciones de la Sección 561. El Contratista debe colocar las zapatas niveladas en su posición exacta sobre las áreas de apoyo.

(c) **Pernos de anclaje.** Los pernos de anclaje deben colocarse de acuerdo con lo indicado

en la Especificación 553.12. La ubicación de los pernos de anclaje en relación con los agujeros de las zapatas o planchas de soporte debe ser la que corresponda a la temperatura al efectuarse el montaje. Las tuercas en los pernos de anclaje de los apoyos móviles de puentes deben ser ajustadas para permitir el libre movimiento de la estructura.

(d) **Planchas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre.** Cuando se empleen planchas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre, de la calidad indicada en la Especificación 561.03 (b), las superficies de deslizamiento del acero en contacto con las planchas de soporte o de expansión, deben ser recubiertas con un lubricante del tipo recomendado por el fabricante de las planchas.

(e) **Balancines y soportes colgantes.** A menos que se indique en otra forma en los planos o en las 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.

**559.15 Pintura de juntas y retocado de áreas defectuosas.** Después de la inspección y aprobación de cada junta completa, las superficies expuestas deben ser limpiadas y cubiertas con pintura de acuerdo con la Sección 563. Además, todas las superficies en las que la pintura de fábrica se haya gastado o esté defectuosa, serán limpiadas y luego retocadas de acuerdo con la misma Especificación citada anteriormente.

**559.16 Remoción de la obra falsa y limpieza.** Al terminar el montaje y antes de su aceptación final, el Contratista debe quitar toda la obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basura y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable toda la propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido dañada durante

la ejecución de este trabajo y dejará el lugar de la estructura y el área adyacente, limpias y presentables, de conformidad con lo indicado en 105.12.

**559.17 Medida.** La medida se debe hacer por el numero de kilogramos, con aproximación de dos decimales, del Renglón de estructuras de acero que se indique en las Disposiciones Especiales y Documentos de Oferta. La medida incluye el acero estructural, apoyos especiales, y demás materiales complementarios requeridos en los planos o en las Disposiciones Especiales, satisfactoriamente suministrados y montados; suministrados o montados, incorporados permanentemente en el trabajo de que se trate, según el caso.

Los tipos de miembros de acero y otros materiales que se midan deben estar de acuerdo a la clasificación señalada en los planos o en las Disposiciones Especiales. Los pernos de anclaje proporcionados y aceptados deben incluirse para el pago aun cuando los mismos hayan sido instalados por el Contratista de la superestructura.

No se debe hacer medida por separado de los pasadores y pernos de montaje; pintura de taller y de campo; galvanizado; cajas, jaulas y otros empaques usados para embarques; 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 planos y las Disposiciones Especiales.

**(a) Peso de los metales.** Se debe calcular con base en los siguientes pesos unitarios:

	Kilogramos/ m <sup>3</sup>	Libras/ pie <sup>3</sup>
Aluminio fundido o forjado	2,771.2	173.0
Bronce fundido	8,585.9	536.0
Aleación de cobre	8,585.9	536.0
Lámina de cobre	8,938.3	558.0
Hierro fundido o colado	7,128.2	445.0
Hierro maleable	7,528.7	470.0
Hierro forjado	7,801.0	487.0
Lámina de plomo	11,325.1	707.0
Acero laminado, fundido y de aleación	7,849.0	490.0
Zinc	7,208.0	450.0

**(b) Perfiles, planchas, barras y tubería de acero.** Como una excepción de lo estipulado anteriormente, los pesos de los perfiles estructurales y otras piezas laminadas a rodillo, barras y planchas, 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 permiten tolerancias para excesos de peso ni para capas protectoras. El peso de todas las cuñas mostradas en los planos aprobados de fabricación, será incluido en la cantidad de acero estructural que deba pagarse.

- (c) **Peso de las cabezas de pernos, tuercas, roldanas y puntas roscadas salientes de pernos.** Se debe calcular como sigue:

Diámetro del perno		Peso por 1,000 pernos	
Milímetros	Pulgadas	Kilogramos	Libras
12.70	$\frac{1}{2}$ "	8.94	19.70
15.88	$\frac{5}{8}$ "	14.38	31.70
19.05	$\frac{3}{4}$ "	23.77	52.40
22.23	$\frac{7}{8}$ "	36.47	80.40
25.40	1"	52.93	116.70
28.58	$1\frac{1}{8}$ "	74.89	165.10
31.75	$1\frac{1}{4}$ "	96.16	212.00
34.93	$1\frac{3}{8}$ "	127.00	280.00
38.10	$1\frac{1}{2}$ "	154.22	340.00

- (d) **Soldaduras.** El peso debe ser calculado sobre la base del volumen teórico de las medidas de las soldaduras, añadiéndole un 50% como compensación por excedentes.

- (e) **Piezas fundidas.** El peso de las piezas fundidas debe ser calculado con base en las medidas mostradas en los planos, descontando los agujeros, y añadiéndole un 5% como compensación por biseles y excedentes. Pueden ser sustituidos los pesos calculados por los pesos de báscula en el caso de partes fundidas pequeñas y complejas, sobre las cuales resultarían difíciles los cálculos de pesos exactos.

de que se trate. También incluye la compensación total por la fabricación, pintura, galvanizado, radiografiado, inspección magnética, obra falsa y todo el trabajo estipulado en esta Sección aplicable al caso de que se trate y de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se debe hacer ningún pago por separado por todo lo indicado en el tercer párrafo de 559.17, en vista de que sus costos deben estar incluidos en los costos de contrato del Renglón de que se trate, ya sea basado en suma global o de costo unitario.

**559.18 Pago.** El pago se debe hacer por kilogramos medidos como se indica anteriormente, al costo global o unitario de contrato, correspondiente al Renglón de Suministro y Montaje de Estructuras de Acero; Suministro de Estructuras de Acero; o Montaje de Estructuras de Acero, que se consigne en los Documentos de Oferta. En cualquier caso, el costo incluye el acero estructural, apoyos especiales y demás materiales complementarios requeridos en los planos o en las Disposiciones Especiales, que sean satisfactoriamente suministrados y montados; suministrados o montados, e incorporados permanentemente en el trabajo según el Renglón

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
<b>Aceros y hierros</b>			
Ensayos mecánicos	AASHTO T 244 (ASTM A 370)	Requisitos materiales estructuras de acero	559.03*
<b>Soldadura, electrodos y metal para soldar</b>			
Ensayos	Código de soldadura para Puentes AASHTO/AWS D 1.5M/ D 1.5-AMD1	Tipos	Código de soldadura para Puentes AASHTO/AWS D 1.5M/ D 1.5-AMD1
Clasificación, equipos y operarios, ensayos e inspección radiográfica	Código de soldadura para Puentes AASHTO/AWS D 1.5M/ D 1.5-AMD1	Requisitos, diseño y construcción	Código de soldadura para Puentes AASHTO/AWS D 1.5M/ D 1.5-AMD1
<b>Galvanizado</b>			
Peso recubrimiento	AASHTO T 65	Requerimientos	AASHTO M 11 (ASTM A 123)

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales.

---

---

**SECCIÓN 560**  
**CONECTORES DE ACERO**

---

---

- 560.01 Definición.
- 560.02 Descripción.
- 560.03 Barras y perfiles de acero.
- 560.04 Fabricación e instalación.
- 560.05 Medida.
- 560.06 Pago.



## 560.01 Definición.

**Conectores de acero.** Son los perfiles de acero estructural, espárragos de acero, pernos Nelson, pernos especiales, barras de acero roscadas y otras piezas de acero que se usan con el propósito de transmitir esfuerzos cortantes entre vigas de acero y concreto, en estructuras compuestas.

**560.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro e instalación mediante soldadura en el taller o en el campo de los conectores de acero indicados anteriormente, en las alas superiores de las vigas de acero, conforme se indique en los planos o en las Disposiciones Especiales. No se permite soldadura a mano, sino únicamente por medios mecánicos.

## MATERIALES

**560.03 Barras y perfiles de acero.** Deben cumplir con las “Especificaciones Estándar para Puentes de Carreteras” de la AASHTO, conectores de pernos soldados para resistir corte y con las especificaciones siguientes:

- (a) **Barras de acero para espárragos.** Deben ser barras de acero al carbono acabadas en frío que cumplan con los requisitos establecidos en AASHTO M 169 (ASTM A 108) de los grados 1015, 1018 o 1020, soldados por medios mecánicos.
- (b) **Perfiles de acero estructural.** Deben cumplir con lo indicado en AASHTO M 183 (ASTM A 36).
- (c) **Conectores de corte.** Prefabricados instalados por medios mecánicos.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

### 560.04 Fabricación e instalación.

- (a) **Conectores de espárragos.** Los conectores de espárragos deben ser del tipo y tamaño mostrados en los planos y deben de ser soldados por sus extremos a las vigas de acero, únicamente en el taller, con equipo de soldar eléctrico, automáticamente regulado en tiempo y conectado a una fuente de potencia apropiada. Con cada espárrago se debe suministrar un arco protegido (férula) de cerámica resistente al calor u otro material adecuado. El material no debe causar deterioro alguno a las soldaduras, ni excesiva escoria y debe tener suficiente resistencia para no desmenuzarse o romperse al impacto térmico o mecánico antes de terminar la soldadura. Asimismo, con cada espárrago se debe proporcionar el fundente para soldar, ya sea adherido a la punta del espárrago o combinado con el arco protegido, para su aplicación automática en la operación de soldadura. El equipo de soldar, los espárragos y el proceso de soldadura deben ser aprobados por el Delegado Residente.

La inspección y pruebas de calificación de los espárragos se debe hacer de acuerdo con lo indicado en las “Especificaciones Estándar para Puentes de Carreteras” de la AASHTO (Standard Specifications for Highway Bridges).

- (b) **Conectores de perfiles de acero estructural.** Se deben cortar a las medidas indicadas en los planos y soldar de acuerdo con los requisitos para soldaduras especificados en la Sección 559. Deben tener por lo menos una soldadura de filete de 4.76 mm ( $\frac{3}{16}$  de pulgada) a lo largo del talón y dedo del perfil usado.

(c) **Contraflechas de la estructura.** Se deben tomar las precauciones necesarias en la fabricación de los miembros estructurales para compensar por la pérdida de contraflecha debida a la soldadura de los conectores de corte.

**560.05 Medida.** La medida se debe hacer del número de unidades o del número de kilogramos, con aproximación de dos decimales, de conectores de espárragos o conectores de perfiles de acero estructural, suministrados o fabricados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

No se debe hacer medida por separado de los trabajos de limpieza y de soldadura que sean requeridos.

**560.06 Pago.** El pago se debe hacer por el número de unidades o de kilogramos, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se debe hacer pago por separado de los trabajos de limpieza y de soldadura que sean requeridos.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Tensión conectores	Standard Specifications for Highway Bridges de AASHTO
	Barras de acero grados 1015,1018 o 1020 para espárragos	Standard Specifications for Highway Bridges de AASHTO AASHTO M 169 (ASTM A 108)
	Soldadura de conectores	559 (*)
	Soldaduras	559 (*)

(\*) Se refiere a estas Especificaciones Generales.

---

---

**SECCIÓN 561**  
**DISPOSITIVOS PARA SOPORTE**

---

---

- 561.01. Definición.
- 561.02. Descripción.
- 561.03. Requisitos de los materiales.
- 561.04. Soportes especiales.
- 561.05. Soportes deslizantes.
- 561.06. Instalación.
- 561.07. Medida.
- 561.08. Pago.



## 561.01 Definición.

**Dispositivo para soporte.** Son los dispositivos construidos y colocados en las superestructuras de puentes para mantener apoyos fijos o apoyos móviles para admitir desplazamientos por expansión o contracción de los elementos estructurales, con el propósito de transmitir cargas y acomodar los movimientos entre la superestructura y las estructuras de soporte. Los dispositivos para soporte pueden ser fijos en un extremo o especiales o deslizantes en el otro extremo de la superestructura, según se indique en los planos correspondientes.

**Soportes especiales.** Son los fabricados con materiales metálicos, construidos para formar elementos tales como zapatas articuladas, balancines, rodillos, soportes colgantes, etc., de acuerdo con los detalles mostrados en los planos.

**Soportes deslizantes.** Son los fabricados con almohadillas preformadas de resinas sintéticas, elastoméricas o elastoméricas vulcanizadas pudiendo ser reforzadas con planchas de fibras o de metal con espesores según se indique en los planos.

**561.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro y en la instalación de dispositivos de soporte para puentes de acuerdo con el tipo especificado en los planos, en las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales.

## MATERIALES

### 561.03 Requisitos de los materiales.

(a) **Planchas de plomo.** Se debe suministrar planchas de plomo común sin plata que cumpla con lo establecido en ASTM B 29. Se deben suministrar planchas con un espesor uniforme de  $6 \pm 1$  milímetros, libres de grietas, uniones, astilladuras, escamas y otros defectos.

(b) **Planchas de bronce o de aleación de cobre.** Las planchas de soporte de bronce o de aleación de cobre deben ser autolubricadas. Las de bronce deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 107 (ASTM B 22), para aleación C91100 y las de aleación de cobre con los requisitos de AASHTO M 108 (ASTM B 100), aleación C51000. El compuesto lubricante debe ser de grafito y sustancias metálicas con un ligante lubricante resistente a la acción de la intemperie.

(c) **Almohadillas elastoméricas de soporte.** Las almohadillas deben cumplir con lo indicado en AASHTO M 251. Estas Almohadillas Elastoméricas pueden ser no reforzadas y consistir únicamente de material elastomérico o pueden estar reforzadas con láminas de acero o de fibra de vidrio.

Las almohadillas Elastoméricas para ser aceptadas se requerirá un certificado del fabricante, presentado por el Contratista al Delegado Residente y en el cual se haga constar que las mismas satisfacen los requisitos de la norma AASHTO citada anteriormente. También se deberán presentar los certificados de los ensayos efectuados por el fabricante sobre muestras representativas de las almohadillas.

(d) **Almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón.** Las almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón deben ser fabricadas de caucho sintético no vulcanizado y de capas de fibras de algodón con poliéster impregnadas con hule sintético resistente a las grasas, comprimidas para formar almohadillas del grosor especificado, de acuerdo con las Especificaciones Militares (USA) Federal Specification MIL-C-882, y deben tener una resistencia a la compresión, perpendicular a las laminaciones, no menor de  $700 \text{ kg./cm}^2$  ( $10,000 \text{ lb./pulg}^2$ ), sin reducción perjudicial en su espesor.

(e) **Almohadillas de tetrafluoroetileno (TFE).** Las almohadillas de TFE también pueden ser con o sin refuerzo y deben cumplir con lo siguiente:

(1) **Almohadilla sin refuerzo.** Esta debe ser de Tetrafluoroetileno (TFE) fabricada con resina de TFE virgen que cumpla con lo especificado en ASTM D 1457. Deberá tener una Resistencia a la tensión de 19 MPa mínimo y una Elongación mínima del 200 %. El TFE debe tener una gravedad específica entre 2.13 a 2.19 y un punto de fusión de 328° C  $\pm 1^\circ$  C.

(2) **Almohadilla con refuerzo.** El Contratista debe suministrar almohadillas de TFE reforzadas con fibras de vidrio, carbono u otro material previamente molido. El material adhesivo será resina epóxica. Las almohadillas que contengan fibras de vidrio o carbono deben cumplir con lo indicado en la siguiente tabla.

(4) **Planchas de metal con recubrimientos de TFE.** El Contratista debe suministrar planchas de bronce y fósforo que cumplan con los requisitos de ASTM B 100 con una capa superficial porosa de bronce de 0.25 milímetros de espesor que cumpla con ASTM B 103M. Se debe recubrir la superficie con el TFE con un espesor no menor de 25 micrómetros. También se pueden utilizar láminas de acero inoxidable de 33 milímetros de acuerdo con ASTM A 240, tipo 304.

(5) **Apoyos elastoméricos,** para puentes tipo POT encapsulados para cargas de elevada magnitud, de acuerdo con las Especificación Europea EN 1337-5 y para apoyos esféricos de conformidad con la Especificación Europea EN 1337-7.

**Tabla 561-1**  
**Almohadillas de tetrafluoroetileno (TFE) reforzadas**

Propiedades	Método ASTM	15% Fibras de vidrio	25% de carbono
<b>Mecánicas:</b> • Resistencia mínima a la tensión	D 1457	14 MPa	9 MPa
	D 1457	150%	75%
<b>Físicas:</b> • Gravedad específica mínima	D 792	2.20	2.10
	D 1457	327 $\pm 10^\circ$ C	327 $\pm 10^\circ$ C

(3) **Tela para refuerzo de TFE.** Si las Disposiciones Especiales indican el uso de Tela para refuerzo que contenga Fibras de TFE, esta debe consistir de tela fabricada con multifilamentos de fluorocarbono de TFE orientados y otras fibras, que cumplan con una Resistencia a la tensión de 165 MPa mínimo y una elongación de 75% mínimo, de acuerdo con ASTM D 2256.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

### 561.04 Soportes especiales.

(a) **Planchas fijas para soporte.** Las planchas de metal fijas colocadas sobre superficies de concreto, en la parte inferior de una estructura, deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 270M, del grado indicado en los planos y

como mínimo grado 250 y deben ser fabricadas y acabadas de acuerdo con lo indicado en la Sección 559.

Las planchas se deben colocar en su posición y con el nivel exacto, proveyendo un soporte uniforme en el área de contacto del soporte, con el material de relleno necesario, como se indique en los planos. Las superficies en contacto del concreto y del acero se deben de limpiar en su totalidad inmediatamente antes de colocar el material de relleno, si así se especificara, y de instalar las planchas en el concreto. Cuando las planchas se empotren en el concreto, se deben tomar las medidas necesarias para que permanezcan en la posición correcta mientras se coloca el concreto.

- (b) **Pernos de anclaje.** Los pernos de anclaje deben de cumplir con lo indicado en ASTM A 307. Los pernos de anclaje no deberán restringir el libre movimiento de la superestructura. Se deben abrir los agujeros en las planchas para su anclaje punzonando, escariando o taladrando, removiendo toda la rebaba por medio de cepillado. Los pernos se deberán colocar como se indica en las Especificaciones 553.12 y 559.14.
- (c) **Soportes de balancín y de rodillos.** Los soportes de balancín y de rodillos deben ser fabricados de acuerdo con los detalles indicados en los planos y la Sección 559. Se debe remover la rebaba, las orillas ásperas y afiladas y otros defectos. En el proceso de fabricación de estos soportes construidos soldando planchas estructurales, las mismas se deben relajar de esfuerzos antes de perforarlas, enderezarlas o darles su acabado con máquina, tal como se indica en la Especificación 559.06 (g) (11).

Cuando se empleen soportes de rodillos, todas las superficies del acero que estarán en contacto deben ser recubiertas con aceite y grafito justo antes de la colocación de los mismos. Los soportes de balancín y de rodillos deben ser colocados a plomo y los dispositivos de expansión ajustados a la temperatura durante

el montaje, tomando en cuenta el cambio de longitud de la estructura debido a la deflexión por carga muerta.

Los soportes de rodillos deben colocarse de manera que los ejes de rotación estén alineados y coincidan con el eje de rotación de la superestructura.

## 561.05 Soportes deslizantes.

- (a) **Soportes elastoméricos.** Estos soportes incluyen las almohadillas no reforzadas (consistentes únicamente de elastómeros) y las reforzadas. Las reforzadas consisten de capas alternas de elastómero y láminas de refuerzo adheridas unas con otras. Los soportes elastoméricos con un espesor de más de 15 milímetros deben ser reforzados en todo el espesor.

Cada soporte reforzado se debe marcar con tinta indeleble o con pintura flexible. La información marcada deberá incluir el número de orden, número de lote, número de identificación del soporte, tipo de elastómero y número de grado. Se debe suministrar una lista con los números de todos los soportes individuales y su posición en la estructura.

Los soportes deben ser colocados sobre una superficie nivelada como se indica en las Especificaciones 553.11 y 559.14. No se deberán soldar las vigas de acero a las planchas fijas de soporte que contengan en medio almohadillas elastoméricas, a menos que haya más de 40 milímetros de acero entre la soldadura y las mismas. No se deberá exponer el elastómero a temperaturas instantáneas mayores de 200°C.

- (b) **Soportes de tetrafluoroetileno (TFE).** El Contratista debe suministrar material TFE pegado en fábrica o armado en la obra, aplicándolo al material de soporte de la manera que se indique en los planos.

El cumplimiento de las propiedades especificadas de los materiales de conformidad con la Especificación ASTM D 1457 debe ser respaldado por el certificado de garantía

**Tabla 561-2**  
**Coeficientes de fricción**

Material	Presión de soporte (MPa)	Coeficiente de fricción
TFE sin refuerzo, tela con fibras de TFE o compuesto metálico con TFE	3.5	0.08
	14	0.06
	24	0.04
TFE con refuerzo	3.5	0.12
	14	0.10
	24	0.08
Planchas de bronce con recubrimientos de TFE	3.5	0.10
	14	0.07
	24	0.05

proporcionado por el fabricante o utilizando los métodos de ensayo y procedimientos aprobados conforme lo indicado en las Especificaciones 106.03 y 106.04. Si el laboratorio utilizado para ejecutar los ensayos no permite la ejecución de ensayos sobre los soportes completos, se deben fabricar soportes adicionales y preparar muestras con una capacidad de por lo menos 450 kN a esfuerzos normales de trabajo.

Se deben determinar los coeficientes de fricción estáticos y dinámicos, a una velocidad de deslizamiento menor de 25 milímetros por minuto. El coeficiente de fricción no deberá exceder del coeficiente especificado en la siguiente tabla, a menos que el Delegado Residente acepte otra recomendación que dé el fabricante.

## 561.06 Instalación.

(a) **Planos.** El Contratista debe preparar y presentar planos de las superficies de soporte de acuerdo con lo indicado en la Especificación 105.05 de estas Especificaciones Generales. Estos deben mostrar todos los detalles de los soportes incluyendo el material propuesto para su fabricación.

(b) **Fabricación.** Los soportes deben contar con un certificado de garantía proporcionado

por el fabricante con indicación que todos los materiales cumplen con los requisitos de calidad especificados. Los niveles de carga indicados en el certificado de garantía deben estar acorde con las Especificaciones indicadas en los planos de conformidad con las cargas de diseño correspondientes. Se debe obtener la respectiva aprobación del Delegado Residente antes de instalar o, en su caso, de iniciar la fabricación de los Dispositivos de Soporte.

Todas las planchas para soporte o base que estarán en contacto unas con otras, pero no empotradas en el concreto, deben tener un acabado con superficie rugosa que cumpla con lo indicado en ANSI B46.1, Rugosidad de la Superficie, Parte 1. Se deben cepillar las superficies de los apoyos de expansión, para que tengan una rugosidad en la superficie mayor de 2 micrómetros de manera que el corte sea hecho en la dirección de dicha expansión.

Las partes componentes de los soportes deben ser fabricadas para proveer un contacto ajustado y parejo al ser ensambladas. El espacio entre las superficies de los soportes se debe limitar a un máximo de 1 milímetro.

Se deben premontar los elementos que integran el soporte en el taller y se debe verificar que el soporte esté completo y con la geometría

correcta. Los componentes de los soportes y los pernos de anclaje de acero deberán estar galvanizados según lo indicado en AASHTO M 111 (ASTM A 123). No se deberán galvanizar los componentes y los pernos de anclaje de acero inoxidable.

- (c) Empaque, manejo y almacenamiento.** Antes de efectuar el envío por parte del fabricante, se debe identificar claramente cada componente del soporte en su parte superior escribiendo la ubicación y la orientación dentro de la estructura. Luego hay que asegurar los soportes con pernos, correas o con pasadores para evitar cualquier desajuste.

Se deben empacar los soportes de manera que estén protegidos contra los efectos de la intemperie o de otros riesgos al ser transportados y manipulados. No se deberá desempacar los elementos de los soportes en el campo, excepto para su inspección o para su instalación. Todos los dispositivos para soporte deben ser transportados y almacenados como se indica en la Especificación 559.12.

- (d) Construcción e instalación.** Se deben limpiar los soportes para eliminar todas las substancias deletéreas. Deben tener las dimensiones y se deben instalar en la posición indicada en los planos, tomando en cuenta la temperatura registrada durante el montaje, para compensar los movimientos del puente.

Cuando haya que proporcionar apoyos deslizantes en los extremos de las losas, largueros y vigas principales, se debe dar un acabado pulido al concreto de la superficie de soporte de acuerdo con lo indicado en la Especificación 553.11. El nivel debe ser verificado por medio de un escantillón y no deben existir variaciones perceptibles en cualquier dirección. El área se debe extender por lo menos 25 milímetros más allá de los límites de la almohadilla o plancha.

Si las superficies de contacto están a elevaciones incorrectas, desniveladas o si

por otra razón los soportes no pueden ser colocados adecuadamente, se debe notificar esta situación al Delegado Residente y después se debe suministrar una propuesta escrita para ser aprobada indicando las modificaciones sugeridas para la instalación.

Las planchas de soporte fijas que no estén empotradas en el concreto, deben montarse utilizando un material de relleno aprobado o algún tejido. Las planchas elastoméricas para soporte se deben colocar directamente sobre la superficie adecuadamente preparada del concreto, sin colocar material de relleno.

Si es necesario, se deberá nivelar con cepillado las superficies de soporte apoyadas directamente sobre el acero para proveer una superficie plana y a nivel sobre la cual se colocará el soporte. Los soportes deben ser ubicados e instalados de tal manera que puedan ser reemplazados posteriormente.

**561.07 Medida.** La medida se debe hacer del número de unidades de Dispositivos para Soporte, colocados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales y con las Disposiciones Especiales.

**561.08 Pago.** El pago se debe hacer por el número de unidades, medidas como se indica anteriormente en la Especificación 561.07, al costo unitario de contrato correspondiente a Dispositivos para Soporte, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.



---

---

**SECCIÓN 562**  
**ESTRUCTURAS DE MADERA**

---

---

- 562.01 Definición.
- 562.02 Descripción.
- 562.03 Maderas.
- 562.04 Otros materiales.
- 562.05 Tratamiento preservativo de la madera.
- 562.06 Transporte, manejo y descarga de la madera.
- 562.07 Almacenamiento de la madera.
- 562.08 Aceptación de la madera.
- 562.09 Fabricación.
- 562.10 Montaje de las estructuras de madera.
- 562.11 Limpieza.
- 562.12 Medida.
- 562.13 Pago.



## 562.01 Definición.

**Estructuras de madera.** Son las estructuras de puentes, viaductos, entibaciones definitivas de túneles y en general, las estructuras o partes de ellas construidas con madera tratada o sin tratar.

**562.02 Descripción.** Las estructuras de madera incluyen el suministro, fabricación, armado, montaje y pintura de la madera, madera estructural, madera laminada estructural y accesorios del acero estructural, y demás metales o materiales requeridos para las estructuras de madera a partes de ellas en estructuras compuestas. Se exceptúan los pilotes de madera incluidos específicamente en otra Sección de estas Especificaciones Generales. No se consideran en esta Sección, las formaletas, obra falsa, armazones provisionales y en general las construcciones auxiliares destinadas a facilitar el montaje de estructuras y que no sean incorporadas permanentemente en la obra.

El trabajo debe ser ejecutado de acuerdo con el diseño, rasantes y cotas mostradas en los planos, Disposiciones Especiales y lo indicado en estas Especificaciones Generales.

## MATERIALES

### 562.03 Maderas.

(a) **Madera para uso general.** La madera rústica o cepillada para uso general, debe ser de una clase aprobada e incluida en la lista de especies de maderas nacionales que tenga en vigencia el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

(b) **Madera estructural.** La madera para usos estructurales, debe ser seleccionada por su graduación estructural de acuerdo a los requisitos establecidos por el Centro de Investigaciones de la Universidad de San Carlos

de Guatemala. Como alternativa, sus esfuerzos permisibles de trabajo para diseño, pueden determinarse de acuerdo con los requisitos de ASTM D 245.

La madera estructural para uso en estructuras permanentemente expuestas, debe ser tratada con preservativos adecuados de preferencia aplicados por métodos a presión. La madera para estructuras temporales o provisionales puede ser madera sin tratamiento, pero en este caso, debe tener un mínimo de duramen o madera de corazón como se indica en AASHTO M 168.

(c) **Madera laminada estructural.** La madera laminada estructural debe estar de acuerdo a U. S. Commercial Standard CS 253 y es un producto graduado en cuanto a esfuerzos, fabricado bajo condiciones controladas de una planta laminadora de madera y consistente en ensambles de láminas o capas de madera convenientemente seleccionadas y preparadas, unidas entre sí sólidamente por medio de adhesivos adecuados. El hilo de las láminas o capas debe ser en general paralelo longitudinalmente. El espesor de las láminas o capas generalmente no debe exceder de 50 mm. Las láminas o capas pueden consistir de piezas unidas a tope por sus extremos para conformar cualquier longitud o de piezas pegadas por sus costados o cantos para hacer piezas más anchas, o de piezas curvadas durante su fabricación.

(d) **Pilotes de madera.** Los pilotes de madera deben ser de madera sana, libre de manchas de hongos y ataque de insectos, y de cualquier especie de madera capaz de resistir las cargas a que serán sometidos durante su manipuleo e hincamiento y al estar en servicio. Se deben usar preferentemente las especies seleccionadas para tal fin por la DGC de acuerdo con las

recomendaciones que al efecto tenga vigentes el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos. Los pilotes de madera deben cumplir con los requisitos de sanidad y calidad de AASHTO M 168. Los pilotes tratados deben llenar los requisitos de AASHTO M 133 y en la Especificación 562.05. Los pilotes deben ser preparados y usados como se indica en la Sección 557.

#### 562.04 Otros materiales.

(a) **Acero estructural.** Las barras, planchas y perfiles de acero estructural deben cumplir con los requisitos de la Sección 559 de estas Especificaciones Generales.

#### (b) Herrajes.

(1) **Pernos, clavijas y espigas.** Los pernos comunes maquinados, clavijas y espigas pueden ser de acero de carbono intermedio. Las arandelas pueden ser de hierro fundido de segunda fusión, hierro fundido maleable o cortadas de lámina de acero de carbono intermedio. Los pernos comunes maquinados deben tener cabezas y tuercas.

(2) **Clavos.** Los clavos deben ser de alambre de acero liso y de forma estándar a menos que en los planos o Disposiciones Especiales se especifique algún tipo especial de clavo.

(3) **Escarpías o alcayatas.** Las escarpías o alcayatas pueden ser cortadas de alambre de acero para clavos.

(4) **Galvanizado y cadmiado de la ferretería.** Todos los herrajes deben ser galvanizados conforme AASHTO M 232 (ASTM A 153) o debe ser revestida con lámina de cadmio de acuerdo con lo indicado en ASTM B 766, Clase 12, tipo III, a menos que se especifique en otra forma en las Disposiciones Especiales.

(c) **Conectores para madera.** Los conectores para madera pueden ser de los siguientes tipos según

se especifique en los planos: conectores de anillo partido; conectores de anillo dentado; conectores de placas de corte o conectores de malla de escarpías, de la calidad, forma y tamaño indicados por las Especificaciones Estándares para la construcción de Puentes de Carreteras (Standard Specifications for Highway Bridges) de la AASHTO.

(d) **Pintura.** La pintura para madera debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 563.

#### 562.05 Tratamiento preservativo de la madera.

(a) **Generalidades.** Este trabajo consiste en el tratamiento de elementos de madera para uso general, de madera estructural, madera laminada estructural y de pilotes de madera.

El tipo de preservativo y el método de tratamiento a ser usado debe ser especificado en los planos y las Disposiciones Especiales, y debe ser escogido por su adaptabilidad a las condiciones de exposición a que estará sujeta la estructura de que se trate. El estudio de las condiciones debe incluir el efecto de hongos, insectos, crustáceos o moluscos, exposición al agua; condiciones de mojado y secado; efecto de contacto con el suelo; clima, temperatura y humedad relativa ambiental durante el período de vida útil; requisitos de limpieza y pintura; efectos del preservativo a usar y registros de la experiencia pasada con elementos de madera tratada en forma similar a la propuesta y expuesta en condiciones similares a las previstas para el caso de que se trate.

(b) **Maderas para tratamiento.** La madera rústica o aserrada para uso general, madera estructural, madera laminada estructural y pilotes de madera para tratamiento, deben ser de las calidades indicadas en esta Sección. Para madera tratada deben especificarse únicamente especies de maderas para las cuales se indican requisitos de tratamiento en las normas del AWPA (American Wood Preservers Association) complementadas con las recomendaciones que al efecto señale el

Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los tratamientos para la madera no son igualmente efectivos para todas las especies ni bajo todas las condiciones de exposición, por lo que la DGC al preparar los planos y Disposiciones Especiales debe seleccionar el tipo de preservativos, tratamiento y especies que mejor se adapten al caso de que se trate.

- (c) **Preservativos para la madera.** Los preservativos para la madera deben ser los indicados por AASHTO M 133.

La madera que haya de ser pintada, debe ser tratada con preservativos disueltos en agua o con pentaclorofenol en solvente orgánico volátil.

Para maderas sujetas a exposiciones severas en contacto con el suelo y el agua, cuando no se requiere pintura o no es objetable el olor, se debe emplear la creosota o soluciones de creosota aplicadas por métodos a presión.

- (d) **Tratamientos para la madera.**

(1) **Métodos de tratamiento de la madera.** Los tratamientos de la madera deben ser los indicados por AASHTO M 133 y la forma de realizarlos, así como el cuidado y transporte de la madera tratada, debe estar de acuerdo con las normas AWPA (American Wood Preservers Association).

(2) **Protección de cortes y agujeros en madera tratada.** Todos los cortes en pilotes y madera creosotada y todas las raspaduras después de haber sido recortadas cuidadosamente, deben ser recubiertas con 2 capas de creosota caliente o de una mezcla de 60% de creosota caliente y 40% de alquitrán para techos o por lo menos con 3 capas con brocha de creosota en caliente y recubiertas con alquitrán caliente para techos. Todos los cortes y raspaduras de madera tratada con un preservativo en agua o aceite liviano, deben ser protegidos en la misma forma,

salvo que la madera haya de ser pintada, en cuyo caso puede omitirse este requisito de protección.

Las cabezas de pilotes recortadas, después de recibir el tratamiento descrito anteriormente y antes de colocárseles los casquetes o cabezales, deben ser recubiertas con una lámina de zinc de 0.7 mm de suficiente tamaño para cubrir los lados del pilote en una longitud no menor de 100 mm, después de ser cortada y doblada nítidamente y asegurada a las caras del pilote con clavos galvanizados.

Antes de colocar y apretar los pernos, todos los agujeros taladrados deben ser impregnados con aceite de creosota caliente por medio de un dispositivo aprobado. Cualesquiera agujeros que queden vacíos deben ser obturados con un taco de creosotado, después de haberlos tratado con creosota caliente.

(3) **Protección de superficies en madera no tratada.** En las estructuras de madera no tratada, y antes de ensamblar las partes, deben ser impregnadas con 2 capas de creosota caliente, las superficies siguientes: extremos de piezas, y todas las superficies de contacto de postes, soleras, cabezales, vigas y largueros de piso; todos los extremos, juntas y superficies de contacto de apuntalamientos, armaduras, y entramados. Todas las superficies de uniones a tope, caras posteriores de tablestacados, y todas las piezas de madera que tengan que estar en contacto con la tierra, deben recibir un tratamiento similar.

(e) **Marcas.** La planta de tratamiento debe marcar en forma legible toda la madera tratada, identificando a la empresa que realizó el tratamiento e indicando el tipo usado y la fecha de tratamiento.

(f) **Inspección y certificación del tratamiento.** La DGC podrá inspeccionar la madera antes de su

tratamiento y durante el proceso de tratamiento, o podrá aceptar que la planta de tratamiento, le presente un certificado de una organización competente y reconocida por la misma DGC, que señale que el tratamiento aplicado a la madera ha sido efectuado conforme las Especificaciones requeridas.

**562.06 Transporte, manejo y descarga de la madera.** Todas las piezas de madera deben ser manejadas cuidadosamente evitando dejarlas caer, arrastrarlas, que se rompan las fibras exteriores, y que se produzcan raspaduras o daños en las superficies de las piezas por efecto de las herramientas usadas en el manejo. De preferencia deben descargarse por medio de lazos o cinchos de plástico o de tejido, y si se emplean cadenas o cables, deben acolchonarse las áreas de contacto para evitar daños. No deben utilizarse palancas de gancho, ganchos y picas.

La madera debe protegerse durante su transporte contra la lluvia y polvo o daños por objetos cortantes o puntiagudos.

**562.07 Almacenamiento de la madera.** Toda la madera sin tratar que se encuentre en el sitio de la obra debe ser apilada para evitar deformaciones. El apilado debe hacerse al aire libre, bajo un cobertizo que proteja la madera de la acción directa de los rayos del sol, y sobre soportes por lo menos 300 mm arriba de la superficie del terreno. Las piezas individuales deben separarse por tiras o tacos que permitan la libre circulación del aire entre las mismas. En caso de tiempo lluvioso, deben cubrirse las pilas con papel o brin impermeable. No debe usarse para este fin, película de polietileno transparente porque la madera está sujeta a decoloración por acción del sol.

La madera tratada debe ser apilada en forma apretada y protegida de la lluvia en los casos que sea requerido.

El papel impermeable en que vienen envueltas las piezas de madera laminada estructural para su protección durante el transporte, debe dejarse intacto hasta el momento de proceder al montaje de la estructura.

**562.08 Aceptación de la madera.** La madera estructural y la madera laminada estructural deben ser marcadas con el grado estructural que les corresponda, debiendo el Contratista presentar al Delegado Residente el certificado emitido por una organización competente reconocida por la DGC y en el que conste que se ha efectuado la inspección y graduación estructural de la madera suministrada.

La madera tratada debe ser acompañada también con un certificado proporcionado por la planta de tratamiento como se indica en la Especificación 562.05 (e) en el que conste el tipo de tratamiento aplicado y su conformidad con las Especificaciones exigidas.

Todo el material debe ser fabricado de conformidad con el tamaño y forma requeridos por los planos y toda la madera debe ser sana, libre de decaimiento o pudrición y de defectos de secado, como torceduras, combamientos, alabeos, grietas profundas y madera endurecida. Cuando así sea requerido en las Disposiciones Especiales, el contenido de humedad estructural debe quedar dentro de los límites especificados.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

### 562.09 Fabricación.

**(a) Generalidades.** La fabricación consiste en la realización en la planta o taller de fabricación de la madera, de todas las operaciones de corte, rebajado, taladrado, ranurado, cepillado, acabado y marcado de los diferentes miembros y componentes necesarios para que los mismos queden listos para su montaje en la obra, sin requerir de fabricación adicional, salvo aquellas operaciones que por razones de trabajo y necesidad de ajuste durante el ensamblaje de las piezas deben ser dejadas para el montaje final de la estructura.

**(b) Trabajo de taller.** Todas las operaciones de fabricación de las piezas, incluyendo laminados, cortes, taladro de agujeros, rebajado y cepillado necesarios para dejar las piezas listas para su

montaje, deben ser efectuadas preferentemente antes de someter la madera a tratamiento preservativo.

Toda la mano de obra empleada para la fabricación y el montaje de estructuras de madera debe ser calificada y experta en este tipo de trabajos.

Todos los componentes deben exhibir una alta calidad de trabajo y acabado y sus tolerancias en cuanto a cortes, taladrado y tamaños deben ajustarse a las Especificaciones y controles que indiquen los planos o las Disposiciones Especiales y no mayores que las señaladas en los párrafos siguientes:

- (1) Cortes a escuadra en los extremos de las piezas.** A menos que se especifique en otra forma, todos los extremos de las piezas deben ser cortados a escuadra con una tolerancia dentro de 5 mm por metro (0.5%) de ancho y de peralte. Las superficies de contacto que vayan a ser cargadas a compresión deben ser cortadas en forma de asegurar el contacto completo de la superficie.
- (2) Cortes inclinados en los extremos de las piezas.** Todos los cortes inclinados que vayan a estar sometidos a compresión deben ser efectuados a modo de asegurar un contacto completo sobre la sección transversal.
- (3) Tolerancia en la longitud de las piezas.** La longitud de las piezas podrá variar en  $\pm 3$  mm en largos hasta de 4.0 metros, excepto cuando la longitud de las piezas no sea crítica.
- (4) Localización de sujetadores en las juntas.** El espaciamiento y la localización de los dispositivos de sujeción en las juntas debe hacerse de acuerdo con los planos y con una tolerancia permisible de  $\pm 1.5$  mm. Los miembros que se unan en una junta deben ser fabricados de forma tal que los sujetadores de la unión puedan ajustarse en forma apropiada.

- (5) Agujeros para pernos, espigas, barras, clavijas y tornillos tirafondo.** Los agujeros para clavijas redondas y para espigas o pasadores deben ser taladrados con una broca que tenga un diámetro de 1.5 mm más pequeño que la clavija o espiga a emplear. Los agujeros de clavijas o espigas cuadradas, deben ser de igual tamaño que las mismas.

Los agujeros para pernos ordinarios maquinados deben ser taladrados con una broca del mismo tamaño que el perno.

Los agujeros para barras deben ser taladrados con una broca 1.5 mm mayor que el diámetro de la barra.

Los agujeros para tornillos tirafondo deben taladrarse con una broca de diámetro no mayor que el fuste del tornillo en la base de la rosca.

- (6) Agujeros para pernos y ranuras en juntas con conectores.** Los agujeros para pernos en juntas con conectores deben ser taladrados a un diámetro 1.5 mm mayor que el diámetro del perno, y ser perpendiculares a la cara de la pieza, con una desviación no mayor de 5 mm por metro de profundidad (0.5%). El ancho de las ranuras para la colocación de conectores de anillo partido debe quedar dentro de  $+ 0.5$  mm y  $0.0$  mm del espesor de la correspondiente sección transversal del anillo. La forma de las ranuras debe conformarse a la sección transversal del conector de anillo.

- (7) Pernos y arandelas.** Con todas las cabezas de pernos y tuercas que estarán en contacto con la madera, deben usarse arandelas de tamaño y tipo especificado. Cuando la madera esté en contacto con la tierra deben usarse arandelas de hierro fundido. Todas las tuercas deben ser inmovilizadas en forma apropiada, para evitar que se aflojen después de haber sido apretadas.

**(8) Embutido de sujetadores.** Siempre que se requieran caras lisas en las piezas, y así se indique en los planos, se hará el embutido de clavos, pernos y otros sujetadores en la madera. Las oquedades resultantes del embutido deben ser pintadas con 2 capas de creosota en caliente, excepto las barandas. Aquellas oquedades que puedan recolectar materiales nocivos deben ser llenadas con alquitrán para techos.

**(9) Protección de cortes y agujeros en la madera.** Todas las superficies expuestas después de realizar operaciones de fabricación en piezas de madera ya tratada, cortes, agujeros y raspaduras deben ser protegidas como se indica en la Especificación 562.05 (d) (2).

Cuando se emplee madera sin tratar, la protección de las juntas de las piezas, y de superficies de contacto entre las mismas o de las piezas y el suelo, debe hacerse como se indica en la Especificación 562.05 (d) (3).

**(10) Marcado de las piezas para su montaje.** Todos los miembros y piezas componentes de una estructura deben ser adecuadamente marcados y referenciados a los diagramas de montaje que el Contratista debe proporcionar al Delegado Residente.

**(11) Inspección durante la fabricación.** La DGC debe tener libre acceso al taller o planta de fabricación de la madera, y podrá comprobar la calidad, grado estructural y humedad contenida de los materiales empleados, así como los procedimientos, mano de obra y equipo utilizados, a fin de asegurar que se cumpla con los requisitos especificados.

## 562.10 Montaje de las estructuras de madera.

**(a) Generalidades.** El montaje de las estructuras de madera consiste en el alzado, la instalación en el lugar asignado y el ensamblaje de campo de los componentes fabricados de la misma.

**(b) Entramados de madera.** Todas las piezas de madera estructural incluyendo la madera laminada estructural deben ser cortadas y armadas para lograr un ajuste apretado de tal manera que las juntas tengan un asiento parejo en todas las superficies en contacto. Las entalladuras o escopladuras deben ser cortadas con exactitud en toda su profundidad y las espigas o barbillas deben ajustar apretadamente sin holgura. No se debe permitir que haya bamboleo en las juntas ni deben aceptarse juntas abiertas.

**(c) Caballetes de pilotes.** Los pilotes deben hincarse conforme se indica en los planos y en la sección 557, y la porción arriba del terreno no debe variar de la vertical o de la inclinación requerida en más de 2 centímetros por metro de longitud de modo que el cabezal pueda colocarse en su lugar sin causar esfuerzos indebidos en los pilotes.

No debe permitirse la manipulación excesiva de los pilotes, de lo contrario, al Contratista se le podrá ordenar que proceda a rehincar los pilotes. No será permitido el bamboleo de las puntas de los pilotes.

Los pilotes para los caballetes de pilotes deben ser seleccionados cuidadosamente en cuanto a tamaño para evitar flexiones o distorsiones indebidas en el arriostramiento transversal. Debe así mismo, hacerse con cuidado la distribución de los pilotes de diferentes tamaños para asegurar una resistencia uniforme y la rigidez requerida en los caballetes. Los cortes de las cabezas deben ser realizados con exactitud para asegurar un asiento perfecto entre los cabezales y los pilotes.

### (d) Caballetes armados.

**(1) Durmientes.** Deben ser preferentemente de madera tratada. Si se emplea madera no tratada debe ser de duramen de cedro, ciprés u otra especie durable. Los durmientes deben ser encamados en un asiento sólido y apisonados firmemente en su lugar.

**(2) Pedestales de concreto.** Los pedestales o cimientos de concreto para el soporte de

- los marcos deben ser nivelados y acabados cuidadosamente de modo que las soleras o postes se asienten sobre ellos de manera uniforme. Las barras, pernos o espigas de anclaje para las soleras o postes, deben ser de diámetro no menor de 20 mm y deben colocarse en su sitio al fundir el concreto, sobresaliendo por lo menos 150 milímetros, de la parte superior del pedestal.
- (3) **Soleras de los caballetes.** Las soleras deben asentarse a nivel y uniformemente sobre los durmientes, pilotes o pedestales de concreto, y deben sujetarse a los mismos por medio de clavijas o cabillas de diámetro no menor de 20 mm y que tengan una penetración de por lo menos 150 milímetros en los durmientes o pilotes. En lo posible debe removese el suelo en contacto con las soleras a fin de permitir una libre circulación de aire a su alrededor.
- (4) **Postes de los caballetes.** Los postes deben sujetarse a los pedestales o cimientos por medio de espigas de diámetro no menor de 20 mm y que penetren por lo menos 150 milímetros dentro de los pedestales. Los anclajes de postes sobre las soleras pueden hacerse con espigas de diámetro no menor de 20 mm con una penetración no menor de 150 milímetros en la solera, o bien por medio de clavijas o cabillas de diámetro no menor de 20 mm hincadas diagonalmente a través de la base del poste y con una penetración no inferior a 250 mm en la solera.
- (e) **Cabezales para caballetes.** Los cabezales de madera sobre los caballetes de pilotes o caballetes armados deben colocarse con sus extremos alineados en forma tal de lograr un apoyo nivelado y uniforme sobre las cabezas de los pilotes o postes de los caballetes. Todos los cabezales deben asegurarse por medio de clavijas o cabillas de diámetro no menor de 20 mm colocadas centradas y con una penetración de por lo menos 250 milímetros en los postes o pilotes.
- (f) **Arriostramiento de los caballetes.** Los extremos de los puntales y piezas de arriostramiento deben ser asegurados por medio de pernos de diámetro no menor de 15 mm que atraviesen el poste, poste o cabezal. Las intersecciones intermedias con postes o pilotes deben asegurarse con pernos o escarpías, como se indique en los planos. En todos los casos deben usarse escarpías además de los pernos.
- (g) **Largueros.** Los largueros de los puentes deben ser clasificados por tamaños entre los apoyos y deben colocarse en posición de tal modo que los nudos de la madera cercanos a los bordes queden en la parte superior de los largueros.
- Los largueros exteriores pueden tener juntas a tope con sus extremos biselados y empalmados sobre los cabezales de los caballetes. Los largueros interiores deben tener juntas montadas para resistir la presión de apoyo sobre el ancho total de la viga transversal o cabezal en cada extremo. Los extremos de largueros con juntas montadas deben quedar separados por lo menos 15 mm para la circulación del aire y deben asegurarse firmemente con clavijas o cabillas sobre los cabezales, cuando así sea especificado.
- Cuando se empleen largueros con una longitud de dos tramos, sus juntas deben quedar alternadas.
- (h) **Arriostramiento transversal entre largueros.** El arriostramiento transversal entre largueros debe armarse con exactitud, sujetando las riestras o puntales firmemente por lo menos con 2 clavos oblicuos en cada extremo. Todas las riestras deben apoyarse plenamente en cada extremo contra los costados de los largueros. A menos que se especifique en otra forma en los planos o Disposiciones Especiales, el arriostramiento transversal debe colocarse en los extremos de los largueros para mantener la alineación de los mismos y al centro de cada tramo, o en el caso de luces grandes a los tercios de la luz en cada tramo.

- (i) **Pisos de tablones para puentes.** Los tablones para pisos de puentes pueden ser de madera estructural o de madera laminada estructural de las calidades indicadas en la Especificación 562.03 (b) y (c), y a menos que se especifique de otro modo deben ser cepillados en los cuatro lados. Los tablones en las vías para tránsito vehicular, deben ser de un grueso nominal no menor de 75 mm. Los tablones en aceras para peatones pueden tener un espesor nominal no menor de 50 mm.

Los pisos de tablones simples deben consistir de un solo grueso de tablones soportados por largueros o viguetas. Los tablones deben colocarse con el lado del corazón de la madera hacia abajo y dejando 5 mm de abertura entre ellos, cuando sean de madera seca previamente y con juntas apretadas cuando se emplee madera verde o sin sazonar.

Cada tablón debe ser clavado o escarpiado firmemente en cada larguero o vigueta. Los tablones deben ser cuidadosamente graduados en cuanto a su grueso y colocados de tal forma que la variación en espesores de tablones adyacentes no exceda de 2 mm.

Los pisos de dos camas de tablones deben consistir en 2 capas de tablones superpuestas soportadas por largueros o viguetas. La cama superior puede ser colocada diagonalmente o paralelamente al eje central de la vía de tráfico vehicular, como sea especificado en los planos, y cada tablón debe quedar firmemente asegurado a la cama inferior. Las juntas en la cama superior de tablones deben quedar alternadas por lo menos en 1 metro. Si la cama superior de tablones se coloca paralelamente al eje de la vía de tráfico vehicular, debe tenerse especial cuidado en fijar los extremos de cada uno de los tablones. En los extremos del puente los tablones deben quedar biselados.

- (j) **Pisos de tablones de canto.** Los tablones de madera deben ser graduados estructuralmente y en cuanto a tamaños, y en espesor nominal

no deben ser inferiores a 50 mm. Los pisos de tablones de canto consisten en tiras de tablones colocados de canto, costado contra costado, con el hilo o fibra paralela longitudinalmente y conectados firmemente entre sí por medio de clavos o clavijas y otros sujetadores. Si se emplean clavos, o escarpas, éstos deben ser del tamaño especificado en los planos y de un largo suficiente para penetrar 2  $\frac{1}{2}$  gruesos de tablón a fin de asegurar la transferencia de carga.

Los clavos o escarpas para sujeción lateral de los tablones deben colocarse alternativamente cerca de los bordes superior e inferior de las piezas y a un espaciamiento que no exceda de 500 mm. Este espaciamiento debe ser escalonado en  $\frac{1}{3}$  de su longitud en uniones adyacentes.

Los tablones deben ser fijados a los largueros con clavos oblicuos. Cuando los largueros estén espaciados a menos de 1 metro, centro a centro, los tablones alternos pueden sujetarse a todos los soportes alternos. Cuando el espaciamiento de los largueros sea mayor de 1 metro centro a centro, los tablones alternos deben sujetarse a todos los soportes.

Cuando así se especifique en los planos, los pisos de tablones de canto, pueden ser soportados sobre viguetas de acero. En este caso deben fijarse a los soportes de acero por medio de abrazaderas de lámina galvanizada u otro medio aprobado. Debe cuidarse que cada tablón quede vertical, apretado firmemente con el precedente y apoyado a nivel y en toda el área de los soportes.

- (k) **Tijeras o armaduras.** Al quedar terminadas, las armaduras no deben mostrar irregularidades en alineación. Los cordones deben ser rectos y alineados en toda su longitud en proyección horizontal y en proyección vertical deben mostrar una curvatura suave a través de los nudos o juntas de entrepaños o paneles, de conformidad con la contraflecha especificada. Todas las superficies de apoyo en las juntas deben tener un ajuste exacto y parejo en toda el área de asiento. Los cortes desalineados o

toscos en los extremos de las piezas son motivo suficiente para la no aceptación de la pieza que contenga este defecto.

Las juntas de las armaduras deben ser construidas de tal modo que faciliten el escurrimiento del agua de lluvia y se eviten bolsas u oquedades que retengan la humedad.

- (l) **Guardarruedas o mordientes y barandales.** Los guardarruedas o mordientes y los barandales deben ser armados con exactitud de acuerdo a los planos y erigidos siguiendo la alineación y pendientes correspondientes. A no ser que se especifique en otra forma, todos los guardarruedas y barandales deben ser de madera cepillada en los cuatro lados y pintados. Los guardarruedas deben ser colocados en secciones no menores de 4 metros.
- (m) **Cortafuegos.** Para prevenir la propagación del fuego a lo largo de la estructura, los pisos de puentes, o puentes de caballetes de gran longitud deben ser provistos de cortafuegos.

En los pisos de madera, los diafragmas pueden ser de madera o material resistente al fuego, de espesor no menor que el de los componentes del piso, y colocado a intervalos no mayores de 25 metros sobre los cabezales o las vigas de piso, cerrando completamente el espacio entre los largueros o viguetas.

En puentes de caballetes, en adición a los cortafuegos del piso del puente, deben colocarse cortinas cortafuegos a intervalos no mayores de 30 metros. Estas cortinas pueden consistir en tarimas de tablones o en placas metálicas recubiertas con un material no combustible, clavadas o escarpadas a los marcos de caballete. Deben extenderse hacia abajo de los largueros o viguetas por lo menos 1.50 metros y horizontalmente por lo menos hasta los extremos de los cabezales del caballete. Sobre cada cortina debe localizarse un diafragma cortafuegos para cerrar el espacio entre los largueros o viguetas.

(n) **Drenajes.** Los drenajes deben disponerse de tal modo que descarguen librando la estructura del puente y por medio de tubos o revestimientos de acero galvanizado.

(o) **Pintura.** La pintura de los barandales y otras partes de las estructuras de madera, que deban ser pintadas, debe hacerse de acuerdo a la sección 563.

**562.11 Limpieza.** Al quedar terminada la obra y antes de su aceptación final, el Contratista debe retirar todas las armazones provisionales, el pilotaje provisional hasta por lo menos medio metro abajo del nivel final del terreno, los materiales excavados o no utilizados, escombros y edificaciones provisionales, debiendo reponer o renovar las cercas y demás propiedad pública o privada que pudiera haber sido dañada durante la ejecución de la obra, dejando el lugar de la misma y el camino contiguo, en un estado limpio y presentable, de conformidad con lo indicado en la Especificación 105.12.

**562.12 Medida.** La medida se debe hacer como una unidad completa, o del número de pies tabla con cero decimales, del Renglón Estructuras de Madera que se indique en las Disposiciones Especiales y Documentos de Oferta. Las medidas de las piezas se deben calcular en base a sus medidas comerciales nominales y largos efectivos. La medida incluye toda la madera que haya sido satisfactoriamente suministrada, montada e incorporada permanentemente en la obra.

No se debe hacer medida por separado del maderamen auxiliar o provisional utilizado para fines de montaje, ni de los herrajes, drenajes, tratamiento preservativo, pintura y demás elementos complementarios requeridos para la obra, excepto los siguientes: los Pilotes serán medidos como se indica en la Sección 557; el Concreto y el Acero de Refuerzo, como se indica en la Sección 551 y 552 respectivamente; y el Acero Estructural, como se indica en la Sección 559.

**562.13 Pago.** El pago se debe hacer por suma global o por pies tabla medidos como se indica

anteriormente al costo global o unitario de contrato correspondiente al Renglón de Estructuras de Madera que se consigne en los Documentos de Oferta, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. El pago de este trabajo comprende también los herrajes, obra falsa, tratamiento preservativo, pintura y demás elementos requeridos para completar

satisfactoriamente el trabajo, de acuerdo con los planos y las Disposiciones Especiales.

El pago de los pilotes, concreto estructural, acero de refuerzo y acero estructural, debe hacerse de acuerdo a las Secciones respectivas de estas Especificaciones Generales.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
<b>Maderas</b>			
Muestreo y ensayos físico-mecánicos	ASTM D 143	Calidad y grados estructurales	AASHTO M 168 y recomendaciones del CII**
		Graduación estructural	ASTM D 254 y recomendaciones del CII**
<b>Madera laminada estructural</b>			
		Requisitos	US Commercial Standard CS 253
<b>Pilotes</b>			
Ensayos	Sección 557*	Requisitos	Sección 557*
<b>Acero estructural</b>			
Ensayos	Sección 559*	Requisitos	Sección 559*
<b>Acero estructural</b>			
Ensayos	Sección 559*	Requisitos	Sección 559*
<b>Pernos, clavos, escarpías</b>			
Peso del galvanizado	AASHTO T 65	Calidad galvanizado	ASTM A 153
Acabado y uniformidad del galvanizado	AASHTO M 232	Calidad cadmiado	ASTM B 766
<b>Conectores</b>			
		Requisitos	Specifications for Highway Bridges de AASHTO
<b>Tratamiento preservativo de la madera</b>			
		Requisitos	AASHTO M 133
<b>Pintura</b>			
		Requisitos	Sección 563*

\* Se refiere a Secciones de estas Especificaciones Generales

\*\* CII significa Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

---

---

**SECCIÓN 563**  
**PINTURA**

---

---

- 563.01. Definición.
- 563.02. Descripción.
- 563.03. Requisitos de los materiales.
- 563.04. Protección del público, de la propiedad  
y de los trabajadores.
- 563.05. Protección del trabajo.
- 563.06. Preparación de la superficie.
- 563.07. Aplicación de la pintura.
- 563.08. Hierro y acero estructurales.
- 563.09. Pintura sobre superficies galvanizadas.
- 563.10. Pintura sobre superficies de madera.
- 563.11. Pintura sobre superficies de concreto.
- 563.12. Medida.
- 563.13. Pago.



### 563.01 Definición.

**Pintura.** Consiste en la aplicación de revestimientos para la protección de las superficies metálicas, de madera o de concreto con el objeto de controlar la corrosión y el deterioro.

**563.02 Descripción.** La pintura incluye la preparación de las superficies donde se aplicará, el suministro de todos los materiales, la aplicación y la protección de la misma, de acuerdo con lo indicado en los planos, las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales. A menos que las Disposiciones Especiales lo indiquen en otra forma, el trabajo de pintura debe hacerse dentro de los renglones que cubren el suministro de la unidad que ha de pintarse.

## MATERIALES

### 563.03 Requisitos de los materiales.

**(a) Generalidades de la pintura.** El Contratista debe suministrar un color de contraste para cada capa de la pintura. Para la capa final o de revestimiento, se deberá cumplir con lo indicado en la norma Federal Specification TT-P-19D. Si se requiere en las Disposiciones Especiales, el Contratista debe suministrar muestras del color entregadas por el fabricante de la pintura.

El contenido de plomo máximo admisible será de 0.06% en peso en la película seca. El contenido de Compuesto Orgánico Volátil será de un máximo de 450 gr./Lt para los revestimientos claros (sin pigmento) y de un máximo de 350 gr./Lt para los otros revestimientos, tanto para la pintura que se utilice en el taller como la que se utilice en el campo.

**(1) Envases.** La pintura se debe suministrar en envases resistentes claramente marcados con la siguiente información:

- a) Nombre de la fábrica o marca de fábrica.
- b) Tipo de pintura, color, fórmula, número de lote y fecha de fabricación.
- c) Masa neta.
- d) Volumen, incluyendo el porcentaje de sólidos y el porcentaje del compuesto orgánico volátil.
- e) Requisitos de almacenamiento.
- f) Instrucciones para mezclado e instrucciones del equipo de limpieza.
- g) Nombre y dirección del fabricante.

**(2) Propiedades generales de la pintura.**

Además, el Contratista debe suministrar pintura que cumpla con lo siguiente:

- a) No muestre sedimentación excesiva al recién abrir una lata llena de pintura.
- b) Se disperse fácilmente al moverla con una paleta para formar una pintura homogénea y suave libre de coagulaciones, terrones, separación de colores, grumos y natas.
- c) No forme nata después de permanecer 48 horas en un recipiente cerrado, lleno a  $\frac{3}{4}$  de su capacidad.
- d) Se limpie fácilmente.
- e) No muestre tendencias de desprendimiento o escurrimiento al ser aplicada sobre superficies verticales lisas de acero.
- f) Muestre un acabado uniforme y liso al secarse, libre de asperezas y libre de otras imperfecciones en la superficie.

- g) No muestre vetas o separación cuando fluye sobre un vidrio limpio.
- h) No muestre espesamiento, coagulaciones, forma de gel o terrones duros después de permanecer almacenada 6 meses en un recipiente lleno, cerrado herméticamente y a una temperatura de 20° C.

**(b) Pintura para estructuras de madera.**

- (1) **Capa de base o imprimador.** La capa base o imprimador debe cumplir con las normas FS TT-P-25, TT-P-96D o TT-P-001084, de la Federal Specifications.

- (2) **Capa final o de revestimiento.** La capa final debe cumplir con las normas FS TT-P-10 clase A, TF-P-96D, TT-P-102F, o TT-P-19D.

**(c) Pintura para estructuras de concreto y de block.** Esta pintura debe cumplir con la norma FS TT-P-19D. Se debe colorear el tinte con concentrados universales o de uso múltiple.

**(d) Pintura para estructuras de acero.**

- (1) **Capa de base o imprimador.** Esta capa puede ser Inorgánica de Zinc, que cumpla con AASHTO M 300 Tipo II, o de Vinilo lavado, que cumpla con la norma MIL-P-15328 (Military Specification-MIL) o la SSPC No.27 (Steel Structures Painting Council -SSPC).

- (2) **Capa final o revestimiento.** La capa final o de revestimiento puede ser de Alipática de Uretano según la norma USPS-C-644, tipo I (United States Postal Service-USPS), revestimiento Acrílico de Látex, que cumpla con la norma SSPC No. 24 o un revestimiento Epóxico que cumpla con la norma MIL-P-24441 o la SSPC No.22.

**(e) Tinte de penetración.** Si se utilizan, deben de cumplir con tener un control de humedad en el material base de 1,000 horas según ASTM G 23, una dispersión acrílica de 73.4% del vehículo

no volátil, una viscosidad de  $58 \pm 2$  unidades Krebs, y un contenido de sólidos volátiles de 40.3.

- (f) **Esencias minerales (de petróleo).** Deben cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 235.
- (g) **Agua.** El Contratista debe suministrar agua libre de substancias nocivas para los materiales.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**563.04 Protección del público, de la propiedad y de los trabajadores.** Si la pintura que ha de removese es de un material nocivo que contiene plomo o cromo, se deberán tomar las precauciones necesarias para su remoción y para su desecho.

Por lo menos 28 días antes de iniciar los trabajos de preparación de la superficie, el Contratista debe presentar un programa para la aprobación del Delegado Residente en el que se detallen las medidas a usar para proteger el medio ambiente, al público, la propiedad adyacente y a los empleados. Se debe incluir en el programa lo siguiente:

- (a) Hojas con los datos de seguridad para el material y con los datos de producción para todos los productos de limpieza y de pintura, suministrados por el fabricante.
- (b) Un programa detallado para la remoción del material, los productos de limpieza y los desechos de pintura.
- (c) Un programa detallado para la disposición del material removido, los productos de limpieza y los desechos de pintura.
- (d) Medidas de seguridad específicas para proteger a los trabajadores de los peligros en el sitio incluyendo caídas, gases, incendios y explosiones.
- (e) Si la pintura a ser removida es de un material nocivo, se debe incluir especificaciones para las medidas de seguridad que deberán tomarse.
- (f) Procedimientos de emergencia a seguir cuando se derrame un producto.

Después de aceptado el programa, se debe ejecutar el trabajo de acuerdo con éste. Si las medidas no son tomadas según lo mencionado anteriormente, se deberán suspender los trabajos inmediatamente y ejecutar las acciones correctivas. Al final, se debe recolectar y desechar de manera adecuada todo el material incluyendo el agua de desperdicio utilizada en la preparación, en la limpieza o en la pintura.

**563.05 Protección del trabajo.** Se debe proteger las superficies adyacentes que no van a ser pintadas utilizando lienzos, pantallas, tela u otros medios aprobados. Se debe evitar que las superficies recién pintadas se contaminen con polvo, aceite, grasa u otro material dañino.

**563.06 Preparación de la superficie.** Se debe notificar al Delegado Residente, por escrito, por lo menos 7 días antes de la fecha de inicio de las operaciones. Inmediatamente antes de pintar, se debe preparar la superficie de acuerdo con lo siguiente:

- (a) Se debe limpiar la superficie hasta el nivel de limpieza especificado.
- (b) Se debe remover de la superficie la basura, el polvo y los demás contaminantes utilizando los métodos recomendados por el fabricante de la pintura.
- (c) Se debe secar completamente la superficie.
- (d) Se debe asegurar que la temperatura de la superficie esté entre 10° C y 40° C.
- (e) Se debe determinar que la temperatura de la superficie esté 3° C o más arriba del punto de condensación de acuerdo con ASTM E 337.
- (f) Se debe determinar que la humedad sea menor del 85 por ciento, a menos que se especifique de otra manera en la hoja de datos suministrada por el fabricante.

Se podrán tomar medidas adecuadas tales como colocar cubiertas o utilizar deshumidificadores para proveer las condiciones requeridas anteriormente.

**563.07 Aplicación de la pintura.** Se podrán utilizar métodos manuales seguros que estén de acuerdo con las instrucciones y con la hoja de datos de seguridad presentados por el Contratista. Se debe mezclar y aplicar la pintura de acuerdo con las instrucciones del producto. Se debe mezclar la pintura utilizando mezcladores mecánicos por un período de tiempo suficiente para mezclar completamente el pigmento y el vehículo. Se debe continuar mezclando durante la aplicación. No se deberá diluir la pintura que esté formulada para ser aplicada sin diluir.

Se deberá pintar de una manera profesional y limpia sin producir exceso de grumos de pintura, escurreimientos, omisiones o áreas ralas en la película de pintura. Se debe medir el espesor de la capa de pintura húmeda durante la aplicación y ajustar la razón de aplicación a manera que, después de secado, se obtenga el espesor de pintura deseado. Se debe aplicar la pintura con brochas, soplete, rodillo o cualquier combinación de éstos según las instrucciones del fabricante.

Se pueden utilizar brochas que tengan suficientes hebras y una longitud tal que la pintura se distribuya en una capa uniforme. Se pueden utilizar brochas redondas de forma ovalada o brochas planas con un ancho no mayor de 120 milímetros. Se debe distribuir equitativamente y completamente la pintura mientras es aplicada.

Se puede utilizar equipo de soplete convencional o con sifones, filtros o separadores adecuados para excluir el aceite y el agua del aire comprimido. Se debe utilizar aire comprimido que no deje manchas negras o húmedas cuando se le haga el ensayo de acuerdo con lo indicado en ASTM D 4285. Se debe utilizar los tamaños y las presiones de las boquillas de la pistola del soplete recomendados por el fabricante.

Se deberá utilizar rodillo únicamente sobre superficies planas uniformes. No se deberán utilizar rodillos que dejen una textura picada en la capa de pintura.

Se pueden utilizar cepillos, brochas u otros métodos aceptables para pintar las superficies que son inaccesibles para ser pintadas por los métodos regulares.

Se debe dejar secar cada capa de pintura de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se deberán corregir todas las áreas ralas, las omitidas, los escurrimientos y otras deficiencias antes de aplicar la siguiente capa de pintura. Debe existir un contraste entre la pintura existente y la nueva aplicación. El Delegado Residente deberá aprobar el color de la última capa de pintura antes de que ésta sea aplicada.

Se debe revestir las superficies que quedarán inaccesibles después de la instalación, con el número total de capas requeridas, antes de iniciar

la instalación. Después de finalizar la instalación se debe limpiar completamente todas las áreas en las cuales se haya dañado o deteriorado el revestimiento y se debe revestir estas áreas con las capas especificadas para alcanzar el espesor requerido antes de aplicar la capa final.

### 563.08 Hierro y acero estructurales.

(a) **Sistemas de pintura.** Para todas las superficies nuevas o superficies con toda la pintura existente removida, se debe utilizar uno de los sistemas de pintura indicados en la siguiente tabla.

**Tabla 563-1**  
**Sistemas de revestimiento sobre superficies de hierro y de acero estructurales**  
**nuevas o con toda la pintura existente removida**

CAPA	Sistema de pintura <sup>(1)</sup>				
	1	2	3	4	5
	Ambientes muy agresivos con sales	Ambientes agresivos con sales	Ambientes menos agresivos con sales	Ambientes agresivos sin sales	Ambientes menos agresivos sin sales
Base o de imprimación	Zinc inorgánico Tipo II 75-100 $\mu\text{m}$ seco	Zinc epóxico rico 75-100 $\mu\text{m}$ seco	Uretano de curado-húmedo 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Látex acrílico 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Alquido de bajo compuesto orgánico 50-75 $\mu\text{m}$ seco
Intermedia	Epóxico 75-100 $\mu\text{m}$ seco	Epóxico 75-100 $\mu\text{m}$ seco	Uretano de curado-húmedo 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Látex acrílico 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Alquido de bajo compuesto orgánico 50-75 $\mu\text{m}$ seco
Final o de revestimiento final	Uretano alipático 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Uretano alipático 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Uretano de curado-húmedo o uretano alipático 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Látex acrílico 50-75 $\mu\text{m}$ seco	Alquido de bajo compuesto orgánico 50-75 $\mu\text{m}$ seco
Espesor total	200-275 $\mu\text{m}$ seco	200-275 $\mu\text{m}$ seco	150-225 $\mu\text{m}$ seco	150-225 $\mu\text{m}$ seco	150-225 $\mu\text{m}$ seco

<sup>(1)</sup> El sistema 1, 2 o 3 es para la protección contra la corrosión del hierro y del acero en ambientes atmosféricos agresivamente corrosivos tales como marinos, industriales, con alta humedad o para estructuras expuestas a sales descongelantes. El sistema 4 o 5 es para uso en aquellos ambientes libres de altas concentraciones de sales o contaminantes que producen ambientes agresivamente corrosivos.

Para repintar aquellas superficies con una pintura existente sana, se podrá utilizar uno de los sistemas indicados en la siguiente tabla o un sistema aprobado compatible para ser usado en estructuras de acero existentes.

(2) Se debe verificar que no existan indicios de incompatibilidad por lo menos 14 días después de la aplicación de cada producto, ejecutando ensayos de adhesión de acuerdo con la norma ASTM D 3359, método A. Si los ensayos de adhesión fallan en la interface del sistema existente y del substrato o entre

**Tabla 563-2**  
**Sistemas de revestimiento sobre superficies de hierro y acero estructurales con pintura existente sana**

Capa	Sistema de pintura <sup>(1)</sup>		
	6	7	8
	Ambientes agresivos con sales	Ambientes agresivos sin sales	Ambientes menos agresivos sin sales
Imprimador	Uretano curado-húmedo 50-75µm seco	Alquido de bajo compuesto orgánico 50-75µm seco	Sello epóxico de baja viscosidad 25-50 µm seco
Intermedia	Uretano curado-húmedo 50-75µm seco	Alquido de bajo compuesto orgánico 50-75µm seco	Epóxico 75-100 µm seco
Superior	Uretano curado-húmedo o uretano alipático 50-75µm seco	Alquido-silicón de bajo compuesto orgánico 50-75µm seco	Uretano alipático 50-75 µm seco
Espesor total	150-225 µm seco	150-225 µm seco	150-225 µm seco

<sup>(1)</sup> El sistema 6 es para la protección contra la corrosión del hierro y del acero en ambientes atmosféricos agresivamente corrosivos tales como marinos, industriales, con alta humedad o estructuras expuestas a sales descongelantes. El sistema 7 u 8 es para uso en aquellos ambientes libres de altas concentraciones de sales o contaminantes que producen ambientes agresivamente corrosivos.

Por lo menos 14 días antes de ordenar la pintura, se debe verificar la compatibilidad del sistema propuesto con el sistema existente como sigue:

(1) Se debe seleccionar un área de por lo menos 3 metros cuadrados, con condiciones representativas a las de toda la estructura, para efectuar una prueba, y preparar la superficie según lo especificado y aplicar el sistema propuesto sobre la capa y sobre el imprimador existentes. Luego se debe observar si ocurren desprendimientos, afloramiento, burbujas, arrugas, grietas, escamas u otra evidencia de incompatibilidad.

la capa final existente y la base, se le deberá notificar inmediatamente al Delegado Residente. Una falla de adhesión indica incompatibilidad. Se deberá seleccionar otro sistema de pintura más compatible.

(b) **Preparación de la superficie.** No se deberá remover la pintura que esté en buen estado a menos que su remoción se especifique en el contrato.

(1) **Superficies nuevas o superficies con toda la pintura existente removida.** Se debe remover toda la basura, escamas otros materiales extraños de las superficies expuestas limpiándolas con chorro de arena

hasta dejar un metal casi blanco de acuerdo con la norma SSPC-SP 10 (Steel Structures Painting Council-SSPC).

Se debe utilizar aire comprimido libre de aceites o de humedad y que no deje manchas negras o húmedas cuando se ensaye conforme la norma ASTM D 4285. No se deberá utilizar arena sin lavar o abrasivos que contengan sales, basura, aceite u otras materias extrañas. Antes de efectuar la limpieza en áreas cercanas a maquinaria, soportes selladores, muñones, motores y partes en movimiento, se les debe proteger contra el ingreso de polvos abrasivos.

Para el chorro de arena se debe utilizar arena mineral, perdigones de acero o con arena de acero limpias. Se debe utilizar una graduación adecuada para producir un patrón de anclaje uniforme y denso. El perfil de anclaje debe tener una altura de 25 a 20 micrómetros, pero no menos que aquella recomendada por el fabricante del sistema de pintura e indicado en la hoja de datos de producción. Se debe medir la altura del perfil de anclaje utilizando el método de la cinta de acuerdo con ASTM D 4417.

El mismo día que se efectúe la limpieza, se debe remover de la superficie toda la basura, el polvo y otros desechos por medio de cepillado, soplado con aire comprimido limpio y seco o aspirando y aplicando la primera capa de pintura sobre la superficie ya limpia. Si las superficies ya limpias se oxidan o se contaminan antes de aplicar la pintura, deberán ser limpiadas de nuevo.

**(2) Superficies con pintura sana existente.** Se deberán lavar todas las áreas a ser pintadas con agua a presión para remover el polvo, yeso, óxido suelto y los contaminantes tales como cloruros. Se debe mantener una presión de agua de por lo menos 3.5 mega Pascales y recolectar el agua resultante del lavado y remover el desperdicio de acuerdo con las regulaciones aplicables.

El Contratista deberá realizar la limpieza para remover el polvo, las escamas sueltas, el óxido suelto o la pintura que no esté firmemente adherida a la superficie de acuerdo con los siguientes códigos del SSPC (Steel Structures Painting Council): SSPC-SP 2 Limpieza Manual utilizando Herramientas, SSPC-SP 3 Limpieza utilizando Herramientas Motorizadas o con SSPC-SP 6 Limpieza Comercial con Chorro de Arena. Se deben limpiar las áreas pequeñas que muestren puntos de corrosión, daños causados por las piedras lanzadas por el tráfico o rayones menores. Se debe limpiar hasta una extensión de por lo menos 50 milímetros más allá de las áreas dañadas. Luego se deben lijar las orillas de la pintura vieja para obtener una superficie lisa.

El mismo día que se efectúe la limpieza con herramientas, ya sea a mano o motorizadas, se deberá remover el polvo, las basuras y otros contaminantes de la superficie utilizando solventes específicos para limpieza de acuerdo con SSPC-SP 1 y pintar todas las áreas desnudas del acero con la capa base de pintura. Si las superficies ya limpias se oxidan o se contaminan antes de pintarlas, se debe repetir la limpieza con solventes. Se debe reparar todos los daños hechos a la pintura sana aplicando el sistema de pintura completo.

**(c) Aplicación de las pinturas.** Se debe aplicar cada capa con el espesor húmedo recomendado por el fabricante de la pintura para obtener el espesor seco especificado. Se tiene que verificar la razón de aplicación de cada capa con un calibrador para determinar el espesor de la pintura húmeda inmediatamente después de aplicarla sobre la superficie, y confirmar la razón de aplicación midiendo el espesor seco de la capa después de que el solvente se haya evaporado de la superficie.

**563.09 Pintura sobre superficies galvanizadas.** Se debe remover todo el aceite, grasa u otros

contaminantes existentes en la superficie, lavándola con un solvente de esencia mineral de acuerdo con SSPC-SP 1.

Se debe aplicar el sistema de capas indicado en la Tabla 563-3 para otros tipos de metales.

**563.10 Pintura sobre superficies de madera.** Se debe secar la madera hasta alcanzar un contenido de humedad de 20 por ciento o menos. En la madera previamente pintada, se debe remover toda la pintura rajada o pelada, la pintura yesosa suelta, el polvo y otros materiales extraños, utilizando un cepillo de alambre, raspando o utilizando otros métodos aprobados. En la madera tratada con un preservante basado en creosota o de aceite de pentaclorofenol, se deberá lavar y cepillar para eliminar los cristales de sal visibles existentes en la superficie de la madera y dejar que se seque, y remover todo el polvo u otro material extraño de la superficie a ser pintada.

Se debe aplicar el sistema de capas indicado en la Tabla 563-3. La base o imprimador podrá ser aplicada antes de la instalación. Después de que se seque la base y de que la madera esté en su posición, se deben llenar todas las grietas, rajaduras, agujeros de clavos

u otras depresiones a nivel con la superficie utilizando una masilla. Se debe distribuir la pintura de manera uniforme y en todas las esquinas y depresiones, y dejar que el espesor completo de la capa de pintura aplicada se seque antes de aplicar la capa siguiente.

**563.11 Pintura sobre superficies de concreto.** Se debe remover de la superficie de concreto toda la lechada, polvo, materiales extraños, compuestos utilizados para el curado, aceite de las formaletas, grasa y otros materiales deletéreos. También se debe remover el aceite de las formaletas, la grasa y los compuestos de curado lavando con una solución al 5 por ciento de fosfato trisódico y enjuagando con agua limpia. Se debe dejar que la superficie se seque completamente.

Se debe barrer raspando ligeramente la superficie ya limpia para remover el mortero resultante del lavado u otros contaminantes, removiendo todos los residuos y el polvo con la mano, con una escoba, con aire comprimido o con otros métodos aprobados.

Se debe aplicar las capas del sistema de capas indicado en la Tabla 563-3, distribuyendo la pintura de manera uniforme y en todas las esquinas y

**Tabla 563-3**  
**Sistemas de revestimiento para otras estructuras**

Substrato	Capas de pintura			
	Capa base o imprimador	Intermedia	Capa final o de recubrimiento	Total
Madera lisa	Imprimador para madera exterior <sup>(1)</sup> 60-70 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	130-170 $\mu\text{m}$ seco
Madera rugosa	Látex exterior o alquido <sup>(1)</sup> 35-50 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	105-150 $\mu\text{m}$ seco
Concreto	Capa única de epóxico 80-100 $\mu\text{m}$ seco. Para un acabado brillante, finalizar con poliuretano alipático (50 $\mu\text{m}$ seco).			80-150 $\mu\text{m}$ seco
Block de mampostería	Sellador para block de mampostería 50-60 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	120-160 $\mu\text{m}$ seco
Aluminio	Imprimador metálico 30-40 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	100-140 $\mu\text{m}$ seco
Otros tipos de metales	Imprimador metálico <sup>(2)</sup> 35-45 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	Látex exterior o alquido 35-50 $\mu\text{m}$ seco	105-145 $\mu\text{m}$ seco

<sup>(1)</sup> Para madera no tratada, se debe diluir el imprimador utilizando hasta 0.1 litros de aguarrás y 0.1 litros de aceite de linaza por litro de pintura.

<sup>(2)</sup> Para superficies galvanizadas, se debe utilizar un imprimador epóxico (con un espesor seco de 35-45 micrómetros) o un lavado con imprimador de vinilo (con un espesor seco de 7-13 micrómetros).

depresiones. Se debe dejar que el espesor completo de la capa de pintura aplicada se seque antes de aplicar la capa siguiente.

**563.12 Medida.** La medida se debe hacer por el número de metros cuadrados o por suma global, con aproximación de dos decimales, de Pintura, aplicada satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales y con las Disposiciones Especiales. Cuando la medida se haga por metro cuadrado, se debe medir el área superficial visible pintada.

**563.13 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados o por suma global, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Pintura, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

---

---

**SECCIÓN 564**  
**TABLESTACADO**

---

---

- 564.01 Definición.
- 564.02 Descripción.
- 564.03 Tablestacado de madera.
- 564.04 Tablestacado de concreto reforzado.
- 564.05 Tablestacado de concreto preesforzado.
- 564.06 Tablestacado de metal.
- 564.07 Transporte, manejo y almacenamiento.
- 564.08 Hincamiento.
- 564.09 Recortes.
- 564.10 Medida.
- 564.11 Pago.



#### 564.01 Definición.

**Tablestacado.** Es la estructura formada por piezas de madera, concreto reforzado prefundido, concreto preeforzado o de metal, unidas entre sí e hincadas en el suelo, que sirven para delimitar zonas de construcción en las que se efectúen trabajos de cimentación o de otra índole; para contener empujes de tierra o como defensa contra corrientes de agua u oleaje.

**564.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el transporte, suministro o fabricación, manejo, almacenamiento e hincado de tablestacas. El tablestacado debe ser de los tipos y pesos o secciones y longitudes requeridos en los planos.

Se debe poner especial atención al hincamiento correcto en la primera tablestaca de cada serie. Todas las piezas del tablestacado deben estar bien encajadas para lograr la mayor impermeabilidad posible. El Contratista debe suministrar y erigir cualquier arriostramiento, macizos de anclaje, tirantes o largueros y otros miembros o partes que se muestren en los planos o se indiquen en las Disposiciones Especiales. El tablestacado no aceptado, debe ser retirado o cortado a la altura conveniente, de tal manera que no dificulte la prosecución del trabajo.

#### MATERIALES

**564.03 Tablestacado de madera.** La madera puede ser de cualesquiera de las especies recomendadas para esta clase de miembros estructurales, siempre que soporte el hincamiento satisfactoriamente. Debe cumplir con los requisitos recomendados en la Sección 562.

**564.04 Tablestacado de concreto reforzado.** Todo el concreto debe ser clase 21 (3,000) o mayor si así se especifica en los planos. Los materiales del concreto y su preparación deben estar de acuerdo con la Sección

551; y su fabricación de acuerdo con la Sección 553. El acero de refuerzo, debe llenar los requisitos de la Sección 552.

**564.05 Tablestacado de concreto preeforzado.** Todo el concreto debe ser clase 35 (5,000) a no ser que se especifique de otra manera en los planos. Los materiales, su preparación y fabricación deben estar de acuerdo con la Sección 554.

Para su hincado, acabado y todas las demás operaciones similares, también debe cumplir con las recomendaciones indicadas para el tablestacado de concreto reforzado.

**564.06 Tablestacado de metal.** El metal debe cumplir con los requisitos de la Sección 559. El tablestacado de metal, excepto que se especifique de otra manera en los planos o en las Disposiciones Especiales, debe llenar los requisitos de la norma AASHTO M 202 (ASTM A 328).

#### REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**564.07 Transporte, manejo y almacenamiento.** El Contratista debe transportar y manipular el tablestacado con el mayor cuidado posible, para evitar cualquier deformación, ranuras, quebraduras y astilladuras.

También se debe almacenar debidamente, separando las piezas por medio de trozos de madera para evitar deterioros, por estar en contacto directo entre sí las diferentes piezas del tablestacado.

**564.08 Hincamiento.** Todo el equipo y métodos de hincamiento deben ser los técnicos y comúnmente recomendados para esta clase de trabajo.

El tablestacado se debe hincar por medio de chorros de agua, por martinete o una combinación de chorros de agua y martinete. El martinete, si se necesita, puede ser de gravedad o de cualquier tipo

de acción que se use normalmente en hincamiento de pilotes, de acuerdo con la Sección 557. Si se hinca con martinete, las cabezas de las tablestacas deben protegerse por medio de protectores.

En los casos en que se necesitan chorros de agua, se requiere un mínimo de dos. El volumen y presión de agua en las boquillas debe ser tal, que erosione libremente el material adyacente a la tablestaca. En general, las tablestacas se deben hincar al nivel indicado en los planos o a mayor profundidad, hasta alcanzar el rechazo.

En donde el tablestacado se coloque, para protección de trabajos de excavación, y que por la naturaleza de los materiales del subsuelo no se pueda obtener una penetración adecuada por los métodos descritos anteriormente, la penetración necesaria se debe obtener abriendo una zanja en la línea del tablestacado e instalando las tablestacas dentro de ella. Este zanjeado, al ser requerido se debe incluir en el trabajo de este Renglón. En este caso, si no hay pago para este Renglón de trabajo en el contrato, queda a opción del Contratista, dejar en el lugar o retirar el tablestacado.

Cuando después de hincada la tablestaca de concreto, ésta haya sufrido deportilladuras, las ranuras resultantes se limpiarán de arena, lodo o sedimentos y deben ser calafateadas por medio de mortero. El mortero se compondrá, de una parte, de cemento por dos de arena limpia. En las tablestacas adyacentes que no sean hincadas con sus aristas en contacto, deben rellenarse los espacios entre ellas con estopa, yute, cañamazo u otra fibra apropiada antes de la lechada.

**564.09 Recortes.** El tablestacado debe cortarse de los tamaños y a las alturas indicadas en los planos.

Cuando se haya terminado el trabajo de tablestacado, todos los excedentes y los recortes de las tablestacas deben ser removidos del lugar de la obra, por el Contratista.

Después de recortar los excedentes del tablestacado de madera, las partes superiores deben tratarse profusamente con aceite de creosota caliente y después con alquitrán.

**564.10 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros cuadrados con aproximación de dos decimales del tablestacado de madera, concreto reforzado profundido, concreto preesforzado o de metal, de los tipos, peso o secciones y largos especificados u ordenados por el Delegado Residente, que hayan sido suministrados o fabricados e hincados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

No se debe hacer medida alguna de largueros, arriostramientos, macizos de anclaje, tirantes u otros miembros o partes, que el Contratista debe suministrar, y que sean necesarios para ejecutar el trabajo.

**564.11 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Tablestacado de Madera, Concreto Reforzado Profundido, Concreto Preesforzado o de Metal, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se debe pagar ningún larguero, arriostamiento, macizo de anclaje, tirantes y otros miembros o partes que el Contratista debe suministrar y que sean necesarios para ejecutar el trabajo.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Tablestacado de acero	AASHTO M 202 (ASTM A 328)

---

**SECCIÓN 565**  
**ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA**  
**DE PIEDRA**

---

- 565.01 Definición.
- 565.02 Descripción.
- 565.03 Piedra.
- 565.04 Mortero.
- 565.05 Preparación y colocación de la piedra.
- 565.06 Elaboración y colocación del mortero.
- 565.07 Medida.
- 565.08 Pago.



## 565.01 Definición.

**Estructuras de mampostería de piedra.** Son las estructuras formadas por piedras labradas o no labradas unidas con mortero, que se utilizan para construir: cajas y cabezales de alcantarillas, muros de protección y retención.

**565.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción. También se incluye en este trabajo, todas las operaciones necesarias para la correcta construcción de: cajas, cabezales y muros de acuerdo con los planos.

Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de las estructuras de mampostería de piedra, deben ser las indicadas en los planos. El tipo y forma de cajas y cabezales a colocar en cada caso, debe ser determinado en el campo por el Delegado Residente.

## MATERIALES

**565.03 Piedra.** La piedra puede ser canto rodado o material de cantera labrado o no labrado. La piedra debe ser dura, sana, libre de grietas u otros defectos que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie. Las superficies de las piedras deben estar exentas de tierra, arcilla o cualquier materia extraña, que pueda obstaculizar la perfecta adherencia del mortero. Las piedras pueden ser de forma cualquiera y sus dimensiones pueden variar la menor de 100 a 200 mm y la mayor de 200 a 300 mm. Las piedras deben ser de materiales que tengan un peso mínimo de 1,390 kg/m<sup>3</sup>.

**565.04 Mortero.** El mortero debe estar formado por una parte de cemento hidráulico y por tres partes de agregado fino, proporción en peso.

El cemento hidráulico debe estar de acuerdo con lo indicado en la Sección 551.

El agregado fino debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 45 (ASTM C 144), debiendo ser su graduación la siguiente:

Tamaño tamiz	Porcentaje que pasa el tamiz	
	Arena natural	Arena de trituración
4.75 mm (Nº 4)	100	100
2.36 mm (Nº 8)	95-100	95 a 100
0.150 mm (Nº 100)	2-15	10-25
0.075 mm (Nº 200)	-	0-10

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**565.05 Preparación y colocación de la piedra.** Las superficies de las piedras se deben humedecer antes de colocarlas, para quitar la tierra, arcilla o cualquier materia extraña. Deben ser rechazadas las piedras cuyos defectos no se pueden remover por medio de agua y cepillo. Las piedras limpias se deben ir colocando cuidadosamente en su lugar de tal manera de formar en lo posible hiladas regulares. Las separaciones entre piedra y piedra no deben ser menores de 15 mm ni mayores de 30 mm.

Se deben colocar las piedras de mayores dimensiones, en la base o parte inferior y una selección de ellas en las esquinas, de cualquier estructura. Incluyendo la primera hilada, las piedras se deben colocar de tal manera que las caras de mayores dimensiones queden en un plano horizontal. Los lechos de cada hilada y la nivelación de sus uniones, se deben llenar y conformar totalmente con mortero. Cuando las piedras sean de origen sedimentario, se deben colocar de manera que los planos de estratificación queden en lo posible normales a la dirección de los esfuerzos. Excepto en las superficies visibles, cada piedra debe ir completamente recubierta por el mortero.

Las piedras se deben manipular de tal forma, que no golpeen a las ya colocadas para que no alteren su posición. Se debe usar el equipo adecuado para la colocación de las piedras grandes que no puedan ser manejadas por medios manuales. No se debe permitir rodar o dar vuelta a las piedras sobre el muro, ni golpearlas o martillarlas una vez colocadas. Si una piedra se afloja después de que el mortero haya alcanzado el fraguado inicial, se debe remover la piedra y el mortero circundante y colocarla de nuevo.

**565.06 Elaboración y colocación de mortero.** El mortero se debe preparar en la proporción y con los materiales como se indica en la Especificación 565.04, con agua limpia exenta de sales perjudiciales al cemento, y en la cantidad necesaria para formar un mortero de tal consistencia, que se pueda manejar y

extender fácilmente en las superficies de las uniones. Si no se usa mezcladora para la elaboración del mortero; el cemento y agregado fino, se deben mezclar en seco, en un recipiente sin fugas, hasta que la mezcla tenga un color uniforme; después de lo cual se le agregará el agua para producir el mortero de la consistencia deseada. El mortero se debe preparar en cantidades necesarias para uso inmediato, siendo 30 minutos el máximo de tiempo para emplearlo y en ningún caso, se debe permitir el retemple del mortero. Las separaciones entre piedra y piedra que den espacios mayores de las dimensiones indicadas anteriormente, deben ser llenadas con fragmentos o astillas de piedra y mortero; no se permiten porciones vacías en ninguna de las partes de las estructuras de mampostería de piedra.

Inmediatamente después de la colocación de la mampostería, todas las superficies visibles de las piedras se deben limpiar de las manchas de mortero y mantenerse limpias hasta que la obra esté terminada.

La mampostería se debe mantener húmeda durante 3 días después de haber sido terminada. No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre o contra la mampostería de piedra terminada, por lo menos durante 14 días, después de haber terminado el trabajo. Las superficies y las uniones de las piedras de las estructuras de mampostería de piedra, no se deben repellar si los planos no indican lo contrario.

**565.07 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Mampostería de Piedra, satisfactoriamente construida de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**565.08 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Mampostería de Piedra, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

**RESUMEN DE NORMAS**

Ensayos	Materiales	
	Agregado fino	AASHTO M 45 (ASTM C 144)
	Cementos hidráulicos, especificaciones por desempeño	ASTM C 1157 COGUANOR NTG 41095



---

**SECCIÓN 566**  
**ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA**  
**DE LADRILLO O BLOQUE**

---

- 566.01 Definición.
- 566.02 Descripción.
- 566.03 Bloque de concreto.
- 566.04 Ladrillo o bloque de barro.
- 566.05 Mortero.
- 566.06 Bloque de concreto.
- 566.07 Ladrillo o bloque de barro.
- 566.08 Colocación de los ladrillos o bloques.
- 566.09 Elaboración y colocación del mortero.
- 566.10 Medida.
- 566.11 Pago.



## 566.01 Definición.

**Estructuras de mampostería de ladrillo o bloque.** Son las estructuras formadas por bloques de concreto o ladrillos, o bloques de barro cocido, unidos con mortero, que se utilizan para construir cajas y cabezales de alcantarillas, muros de protección y retención con contrafuertes.

**566.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el transporte, suministro o fabricación, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción. También se incluye en este trabajo, todas las operaciones necesarias para la correcta construcción de cajas, cabezales y muros, de acuerdo con lo indicado en los planos u ordenado por el Delegado Residente.

Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de las estructuras de mampostería de ladrillo, deben ser las indicadas en los planos. El tipo y forma de cajas y cabezales a colocar en cada caso, debe ser determinado en el campo por el Delegado Residente.

## MATERIALES

### 566.03 Bloque de concreto.

Los bloques de concreto en lo que se refiere a materiales deberán de cumplir con lo indicado en la Norma COGUANOR NTG 41054 y sus componentes deberán cumplir con los requisitos que se indican a continuación:

- (a) **Cemento.** El cemento debe ser hidráulico y llenar los requisitos de la Sección 551.
- (b) **Agregado fino.** El agregado fino debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 6 y COGUANOR NTG 41007; su graduación debe ser la siguiente:

Tamices AASHTO M 92	Porcentaje que pasa el tamiz
9.50 mm (3/8")	100
4.75 mm (Nº 4)	95-100
2.36 mm (Nº 8)	80-100
1.18 mm (Nº 16)	50-85
0.6 mm (Nº 30)	25-60
0.3 mm (Nº 50)	10-30
0.15 mm (Nº 100)	2-10

- (c) **Agregado grueso.** El agregado grueso debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 80 y COGUANOR NTG 41007; su graduación definida como la No. 7 de la norma AASHTO M 43:

Tamices AASHTO M 92	Porcentaje que pasa el tamiz
19.0 mm (3/4")	100
12.5 mm (1/2")	90-100
9.5 mm (3/8")	40-70
4.75 mm (Nº 4)	0-15
2.36 mm (Nº 8)	0-5

- (d) **Agregado liviano.** Cuando se usen agregados livianos, éstos deben cumplir con la norma ASTM C 331 excepto en lo que se refiere al congelamiento y lo especificado en COGUANOR NTG 41063.

### 566.04 Ladrillos o bloques de barro.

Los ladrillos o bloques de barro deberán de cumplir con lo indicado en la Norma COGUANOR NTG 41024 y sus materiales componentes deberán cumplir con los requisitos que se indican a continuación:

- (a) **Barro.** El barro puede ser arcilla ordinaria o arcilla esquistosa; debe tener entre sus componentes ácido sílico, óxidos de calcio, hierro y magnesio. La arcilla debe tener una contracción de 5% máximo al secado y 10% máximo al cocido.

- (b) Agregados.** Cuando sea necesario para evitar demasiada contracción, se le debe agregar a la arcilla de 5% a 15% en peso de arena o limo, según el caso.

**566.05 Mortero.** El mortero para la construcción de las estructuras de mampostería de ladrillo o bloque debe estar formado por una parte de cemento hidráulico y por tres partes de agregado fino, proporción en peso de conformidad a lo indicado en las Normas COGUANOR 41050 y ASTM C 270.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

### 566.06 Bloques de concreto.

- (a) Forma y dimensiones.** Los bloques deben ser de forma prismática de 10, 15 o 20 centímetros de ancho, 20 centímetros de alto y 40 centímetros de largo. Los bloques “huecos” deben tener espacios vacíos mayores del 75% del volumen total y los bloques “macizos” deben tener, espacios vacíos menores del 25% del volumen total.

#### Tolerancias en dimensiones bloques de concreto, huecos o macizos

Dimensiones	Uso del bloque	
	Estructura de carga	Estructura de relleno
Ancho	150 o 200 mm	100 o 150 mm
Alto	200 mm	200 mm
Largo	400 mm	400 mm
Tolerancia	± 4 mm	± 4 mm

- (b) Manipuleo y equipo.** Los bloques, se deben fabricar por medios mecánicos con equipo construido especialmente para esta clase de trabajo.
- (c) Curado.** Los bloques deben ser sometidos a alguno de los métodos de curado o combinación de ellos, descritos a continuación. En cualquier caso, el tiempo de curado debe ser el necesario para que los ladrillos o bloques alcancen la resistencia requerida.

**(1) Curado a vapor.** Los bloques se pueden colocar en una cámara de curado, se pueden usar carpas de lona u otro tejido adecuado libre de escapes y con atmósfera húmeda, mantenida a la temperatura y por el tiempo necesario para que los ladrillos o bloques alcancen la resistencia especificada. El incremento de temperatura no debe exceder de 11°C por hora hasta llegar a un máximo de 77°C a menos que los bloques tengan más de 5 horas de haber sido fundidos, en cuyo caso se permitirá un incremento de hasta 22°C por hora. La cámara se debe construir en forma tal que permita la libre circulación de vapor alrededor de todos los ladrillos o bloques.

**(2) Curado con agua.** Los bloques pueden ser curados por medio de rociado frecuentemente y continuo de agua, o por cubiertas saturadas de acuerdo con lo indicado en la Sección 551, u otros métodos que mantengan la humedad durante el período de curado. El tiempo mínimo de curado será de 72 horas.

**(d) Pruebas.** Los bloques se deben someter a las pruebas indicadas en las normas ASTM C 140 y ASTM C 426.

Los bloques huecos o macizos de concreto normal o liviano, fabricados de acuerdo con estas Especificaciones, deben cumplir con los requisitos siguientes:

### Bloques de concreto huecos

Usos del bloque	Espesor mínimo de paredes	Resistencia a compresión a los 28 días (área bruta total)	Máxima absorción de agua en 24 horas
Estructura de carga	30 mm	50 kgs/cm <sup>2</sup>	30 %
Estructura de carga	25 mm	35 kgs/cm <sup>2</sup>	30 %
Estructura de relleno	25 mm	25 kgs/cm <sup>2</sup>	30 %
Estructura de relleno	20 mm	18 kgs/cm <sup>2</sup>	30 %

### Bloque de concreto macizos

Usos del bloque	Espesor mínimo de paredes	Resistencia a compresión a los 28 días (área bruta total)	Máxima absorción de agua en 24 horas
Estructura de carga	30 mm	84 kgs/cm <sup>2</sup>	25 %
Estructura de carga	25 mm	56 kgs/cm <sup>2</sup>	25 %
Estructura de relleno	25 mm	25 kgs/cm <sup>2</sup>	25 %

La máxima absorción no debe ser base para rechazo del bloque, pero se recomienda aceptar el bloque de menor absorción.

### Contracción lineal de bloques de concreto, huecos o macizos

Humedad relativa del lugar de la obra	Humedad del bloque "h"			
	45%	40%	35%	30%
Mayor de 75%	45%	40%	35%	30%
Entre 75% y 50%	40%	35%	30%	25%
Menor de 50%	35%	30%		
Contracción	"h" < 0.03%	0.03% < h < 0.045%	0.045% < h < 0.065%	

### 566.07 Ladrillo o bloque de barro.

(a) **Forma y dimensiones.** Los ladrillos o bloques deben ser de forma prismática de 6 centímetros de alto, 11 centímetros de espesor y 23

centímetros de largo. Los ladrillos o bloques "huecos", deben tener espacios vacíos mayores del 33% del volumen total; y los ladrillos o bloques "macizos", deben tener espacios vacíos menores del 5% del volumen total.

### Tolerancia en dimensiones de ladrillos o bloques de barro, huecos o macizos

Dimensiones	Uso del ladrillo	
	Estructura de carga	Estructura de relleno
Alto	60 mm	60 mm
Ancho	110 mm	110 mm
Largo	230 mm	230 mm
Tolerancia	± 4 mm	± 4 mm

- (b) **Manipuleo y equipo.** Los ladrillos o bloques se pueden fabricar por medios mecánicos con equipo construido especialmente para esta clase de trabajo.
- (c) **Secado.** El secado de los ladrillos o bloques, se puede hacer al aire libre por medio del calor de la radiación solar, o por medio de secaderos bajo techo, haciendo circular aire caliente.
- (d) **Cocción.** La cocción se debe hacer a la temperatura de 1,000°C mínimo y 2,500°C máxima. Los hornos para cocción pueden ser intermitentes y continuos.
- (e) **Pruebas.** Los ladrillos se deben someter a las pruebas indicadas en la norma ASTM C 67, excepto lo que se refiere a congelamiento.

Los ladrillos a bloques de barro, fabricados de acuerdo con estas Especificaciones, deben cumplir con los requisitos siguientes:

Usos del ladrillo	Espesor mínimo de paredes	Resistencia después de la cocción – área bruta		Máxima absorción de agua en 24 horas	Máxima succión de agua en 30 cm
		Flexión kg/cm <sup>2</sup>	Compresión kg/cm <sup>2</sup>		
Estructura de carga	20 mm	14	84	25 %	25 %
Estructura de carga	20 mm	11	56	25 %	25 %
Estructura de relleno	15 mm	9	42	25 %	25 %

La máxima absorción y la máxima succión, no deben ser base para rechazo del ladrillo, pero se recomienda aceptar el ladrillo de menor absorción y succión.

Además de lo anotado anteriormente, se debe aceptar el ladrillo limpio, compacto, libre de rajaduras, reventaduras, combas, escamas o ampollas; aristas rectas, superficies a escuadra, dimensiones especificadas, color uniforme, difícil de rayar con acero, sonido metálico al golpearlo. Libre de partículas mayores de 3.5 milímetros, especialmente de carbonato de calcio.

#### 566.08 Colocación de los ladrillos o bloques.

- (a) **Ladrillos o bloques de concreto.** Las superficies de los ladrillos o bloques, se deben humedecer

para evitar la absorción de agua de la mezcla del mortero antes de colocarlos, lo cual se debe hacer cuidadosamente de tal manera que formen hiladas regulares; las separaciones entre ellos no deben ser menores de 10 mm ni mayores de 15 mm.

Excepto en las superficies visibles, cada ladrillo o bloque debe ir completamente recubierto por el mortero.

Los ladrillos o bloques se deben manipular en tal forma, que no golpeen a los ya colocados para que no alteren su posición; no se debe permitir rodarlos sobre el muro en construcción, ni golpearlos o martillarlos una vez colocados. Si un ladrillo o bloque se afloja después de que el mortero haya alcanzado el fraguado inicial, éste se debe remover, así como el mortero circundante y colocarlos de nuevo.

- (b) **Ladrillos o bloques de barro.** En su colocación se debe observar los mismos requerimientos indicados en 566.08 (a) para los ladrillos o bloques de concreto.

**566.09 Elaboración y colocación del mortero.** El mortero se debe preparar en la proporción y con los materiales como se indica en 566.05, con agua limpia exenta de sales y en la cantidad necesaria para formar un mortero de tal consistencia, que se pueda manejar y extender fácilmente en las superficies de las uniones. Si no se usa mezcladora para la elaboración del mortero, el cemento y agregado fino, se deben mezclar en seco, en un recipiente sin fugas, hasta que la mezcla tenga un color uniforme, después de lo cual se le agregará el agua para producir el mortero de la consistencia deseada. El mortero se

debe preparar en cantidades necesarias para uso inmediato, siendo 30 minutos el máximo de tiempo para emplearlo y en ningún caso se debe permitir el retemple del mortero. Las separaciones entre las hiladas que den espacios mayores de las dimensiones indicadas anteriormente, deben ser llenadas con fragmentos de ladrillo o bloque, y mortero; no se deben permitir porciones vacías en ninguna de las partes de las estructuras.

Inmediatamente después de la colocación de la mampostería, todas las superficies visibles de los ladrillos o bloques se deben limpiar de las manchas de mortero y se deben mantener limpias hasta que la obra esté terminada.

No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre o contra una estructura terminada, por lo menos durante 14 días, después de haber terminado el

trabajo. Las superficies de las estructuras no se deben repellar, si los planos no indican lo contrario.

**566.10 Medida.** La medida se debe hacer, del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de Mampostería de Ladrillo o Bloque de todas las estructuras, construidas satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**566.11 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Mampostería de Ladrillo o Bloque, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Bloque de concreto	ASTM C 140	Agregado fino	AASHTO M 6 NTG 41054 NTG41074
		Agregado liviano	NTG 41063
Contracción al secado	ASTM C 426	Agregado grueso	AASHTO M 80 NTG 41047
		Mortero	ASTM C 270 NTG 41050
Endurecimiento por humedad relativa	ASTM C 427		
Ladrillo o bloque de barro	ASTM C 67 NTG 41024 h2		



---

---

**SECCIÓN 567**  
**BARANDALES DE PUENTE**

---

---

- 567.01. Definición.
- 567.02. Descripción.
- 567.03. Requisitos de los materiales.
- 567.04. Generalidades.
- 567.05. Barandales de concreto.
- 567.06. Barandales de acero.
- 567.07. Barandales de aluminio.
- 567.08. Pintura.
- 567.09. Medida.
- 567.10. Pago.



### 567.01 Definición.

**Barandales de puente.** Son la parte de la estructura que tiene por objeto servir de protección a los peatones y vehículos que transitan sobre el puente.

**567.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro e instalación de los barandales del puente.

### MATERIALES

#### 567.03 Requisitos de los materiales.

(a) **Concreto.** Debe cumplir con lo establecido en la Sección 551.

(b) **Acero de refuerzo.** Debe cumplir con lo establecido en la Sección 552.

(c) **Acero estructural.** Debe cumplir con lo establecido en la Sección 559.

(d) **Madera.** Debe cumplir con lo establecido en la Sección 562.

(e) **Pintura.** Debe cumplir con lo establecido en la Sección 563.

(f) **Barandal de viguetas con sección de caja.** El Contratista debe suministrar viguetas de acero y con sección de caja para el barandal, que cumplan con la “Actualización de la Guía de Estandarización de Elementos Estructurales para Barreras en Carreteras” (Update Of The AASHTO Guide to Standardized Highway Barrier Hardware, 2013).

(g) **Alambre de aluminio para soldadura.** Debe cumplir con los requisitos de la Tabla 567-1.

**Tabla 567-1**  
**Alambre de aluminio para soldadura**

Series de la aleación	Especificación	Alambre
3xxx y 6xxx		ER 4043
3xxx, 5xxx y 6xxx	AWS 5.10	ER 5356
5xxx y 6xxx		ER 5567 o ER 5183

(h) **Aleación de aluminio para los barandales de los puentes.** Debe cumplir con los requisitos aplicables establecidos en la Tabla 567-2.

**Tabla 567-2**  
**Aleaciones de aluminio para sistemas de barandales de puentes**

Componente de la baranda	Designación ASTM de los tipos de productos de aluminio y aleaciones de aluminio								
	Láminas y planchas	Tubos por extrusión sin costura	Barras, varillas y alambres laminados en frío	Barras, varillas, formas y tubos por extrusión	Tubos o tubos extruidos sin costura	Perfiles estructurales	Remaches, alambres y varillas con revestimiento en frío B 316	Fundiciones en arena	Fundiciones en moldes permanentes
Especificación ASTM	B 209	B 210	B 211	B 221	B 241	B 308	B 316	B 26	B 108
Postes y bases para postes; Estructural; Forjado Fundido				6061-T6	6061-T6 6063-T6	6061-T6			A444.0-T4
Postes, ornamentales Forjado Fundido				6063-T6	6063-T6			356.0-T6 356.0-T6	A356.0-T6 A356.0-T6
Barandales y mangas estructural; forjado		6061-T6 6063-T6		6061-T6 6063-T6 6351-T5	6061-T6 6063-T6 6063-T6	6061-T6			
Pernos y tornillos, y misceláneos <sup>(2)(3)</sup> aluminio; forjado acero inoxidable acero galvanizado acero aluminado			2024-T4 <sup>(4)</sup> 6061-T6 <sup>(5)</sup>						
Tueras <sup>(6)</sup> forjado 6 mm y menos <sup>(3)</sup> 5 mm y más			2024-T4 6061-T6 6262-T9	6061-T6 <sup>(7)</sup>					
Roldanas, planas: <sup>(6)</sup> Forjadas	Alclad 2024-T4 Alclad 2024-T3 <sup>(8)</sup>								
Roldanas de resorte: <sup>(6)</sup> Forjadas			7075-T6						
Remaches: Forjado				6061-T6			6061-T6 <sup>(1)(9)</sup> 6061-T4 <sup>(1)(10)</sup>		
Planchitas de relleno: Forjadas Fundidas	1100-0			6063-F <sup>(1)</sup>				443.0-F	
Relleno para soldadura: Forjado						5356			
Casquete extremo: Forjado Fundido	6061-T6			6061-T6				356.0-T6 <sup>(1)</sup> 356.0-F 443.0-F	

**Notas:** General: El temple "F" aplica a los productos que adquieren algún temple en los procesos de fabricación.

<sup>(1)</sup> Composición química únicamente.

- (2) Se deben usar tuercas y roldanas de acero inoxidable o revestido compatibles. No se deben usar pernos de anclaje de aluminio.
- (3) La aleación 2024-T4 debe ser revestida con un revestimiento anódico con un espesor mínimo de 5 micrómetros con un sello de agua hirviendo o dicromada.
- (4) Usar aleaciones 2024-T4 para los pernos que soporten esfuerzos y para los pernos menores.
- (5) Como alternativa del uso de la aleación 2024-T4 para los pernos menores, se podrá usar aleación 6061-T6.
- (6) Se deben utilizar con pernos y tornillos de aluminio. No se deben usar pernos de anclaje, tuercas y roldanas de aluminio.
- (7) La especificación B 211 es una alternativa aceptable.
- (8) Se debe usar un temple T3 para espesores menores de 6 milímetros y usar un temple T4 para espesores de 6 milímetros o mayores.
- (9) Se debe usar en remaches hincados en frío.
- (10) Se debe usar en remaches hincados de 530 a 565 °C.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**567.04 Generalidades.** Los pernos de anclaje deben ser colocados con exactitud para proveer la alineación verdadera y correcta del barandal. Los pernos de anclaje deben colocarse de manera que no se proyecten más de 10 milímetros más allá de la tuerca cuando sean apretados. Todas las orillas afiladas expuestas deben ser redondeadas o biseladas por medio de pulverizado o limado.

No se debe instalar el barandal hasta que se remueva la obra falsa o la formaleta instalada para soportar el tramo. El barandal debe presentar una apariencia lisa y uniforme cuando esté en su posición final, independiente de cualquier irregularidad en el bordillo, la banqueta o el muro que soporta el barandal. Todos los postes deben ser colocados en posición vertical.

**567.05 Barandal de concreto.** Debe ser construido de acuerdo con lo indicado en los planos y de conformidad con la Sección 551.

**567.06 Barandal de acero.** Debe de ser construido de acuerdo a lo indicado en los planos o lo indicado

en los planos de detalles estructurales y elementos prefabricados suministrados por el fabricante y de conformidad con lo indicado en la Sección 559.

Si se requiere, se debe galvanizar de acuerdo con lo indicado en AASHTO M 111 y se deben suministrar pernos, tuercas y roldanas galvanizadas de acuerdo con lo establecido en AASHTO M 232. Las abrasiones menores deben ser reparadas con pintura rica en zinc.

Para acero expuesto a la intemperie, se deben usar planchas conectadoras, accesorios y pernos de anclaje para los postes del barandal, tuercas y roldanas con la misma resistencia a la corrosión atmosférica y características contra los efectos de la intemperie suministrados para los postes y el barandal. Se deben usar métodos manuales para limpiar los barandales de acero ya instalados dejándolos libres de aceite, tierra, grasa, lechada y otras substancias extrañas. Se debe usar metal para soldadura con una resistencia a la corrosión atmosférica similar y con características de la pintura iguales a la de la base metálica. Las soldaduras deben ser limpiadas con un cepillado mecánico o con limpieza a chorro para remover el flujo, las escorias y las salpicaduras.

A menos que se requiera un recubrimiento, todo el acero expuesto a la intemperie debe ser limpiado y se deben remover todas las escamas y otras substancias extrañas de manera que la superficie del acero esté uniformemente expuesta a la intemperie.

**567.07 Barandal de aluminio.** Debe ser construido de acuerdo con lo indicado en la Sección 559, pero con las siguientes modificaciones:

(a) **Corte.** El material con un espesor igual o menor de 13 milímetros puede ser cortado con tijera, sierra o fresado. El material con un espesor mayor de 13 milímetros debe ser aserrado o fresado. No se debe cortar con llama. Los bordes de los cortes deben ser uniformes, lisos y libres de rebabas o roturas rasgadas excesivas. Los cortes entrantes deben ser redondeados por medio de perforación efectuado antes de cortar.

**(b) Doblado.** Para facilitar el doblado, el material podrá ser calentado a una temperatura máxima de 200 °C por un período que no exceda de 30 minutos.

**(c) Agujeros para los pernos y remaches.** Los agujeros para los remaches y los pernos deben ser perforados a su tamaño final o punzonados con un tamaño menor que el diámetro nominal del perno o remache y luego escariados a su tamaño final. Se debe punzonar a un diámetro por lo menos  $\frac{1}{4}$  del espesor de la pieza más pequeño que el final. El diámetro final de los agujeros no debe ser mayor del 7 por ciento del espesor de la pieza, excepto que:

- (1) Se deben fabricar agujeros ranurados para los pernos, según lo requerido.
- (2) Los agujeros para pernos de anclaje pueden ser hasta un 25 por ciento mayores que el diámetro nominal del perno, con un máximo de 15 milímetros de exceso sobre el diámetro nominal del perno.

**(d) Soldadura.** La soldadura debe cumplir con lo indicado en el Código D1.2 “Código de Soldadura de Aluminio” de la AWS.

**(e) Contacto con otros materiales.** No se deben colocar las aleaciones de aluminio de manera que estén en contacto con cobre, aleaciones con base de cobre, plomo o níquel. Cuando las aleaciones de aluminio estén en contacto con otros metales, las superficies de contacto deben ser completamente recubiertas con un compuesto de calafateo impregnado de aluminio o se podrá colocar un empaque de neopreno entre las dos superficies.

Cuando las aleaciones de aluminio entren en contacto con concreto o piedra, las superficies de contacto deben cubrirse completamente con un compuesto de calafateo impregnado de aluminio. Cuando sea necesaria la adherencia entre el aluminio y el hormigón, se le aplicará una capa de pintura de cromato de zinc al aluminio y ésta se dejará secar antes de la colocación.

Siempre que las aleaciones de aluminio entren en contacto con madera, a la superficie de contacto de la madera se le aplicarán tres capas de pintura de acuerdo con las estipulaciones pertinentes establecidas en la Sección 563 y la superficie de contacto del aluminio se cubrirá con un compuesto de calafateo impregnado de aluminio.

**567.08 Pintura.** Cuando se requiera en el contrato, se debe pintar de acuerdo con lo establecido en la Sección 563.

**567.09 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros lineales de Barandales de Puente con aproximación de dos decimales medidos entre sus extremos y a cada lado, o por suma global de Barandales de Puente, colocados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**567.10 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros lineales o por la suma global, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Barandales de Puente, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

---

---

**SECCIÓN 568**  
**REPARACIÓN DE GRIETAS EN**  
**ESTRUCTURAS DE CONCRETO**

---

- 568.01. Definición.
- 568.02. Descripción.
- 568.03. Requisitos de los materiales.
- 568.04. Preparación de la grieta.
- 568.05. Procedimientos de inyección.
- 568.06. Obtención de testigos.
- 568.07. Control del tránsito.
- 568.08. Medida.
- 568.09. Pago.



**568.01 Definición.** La reparación de grietas en estructuras de concreto se efectúa mediante el sellado de las mismas con los materiales y procedimientos aquí indicados.

En el caso de construcción de estructuras de concreto de acuerdo con estas Especificaciones la corrección de los defectos en las estructuras se efectuará como se indica en la Especificación 553.16

**568.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la reparación de las grietas en las estructuras de concreto por medio de inyecciones a presión de compuestos epóxicos o polímeros o mezclas de un aglutinante de polímero con agregado fino en las proporciones indicadas por el fabricante del polímero y de conformidad con lo indicado en los planos o en los establecido en las Disposiciones Especiales.

## MATERIALES

### 568.03 Requisitos de los materiales.

- (a) **Adhesivos de resina epólica.** Deben cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 235.
- (b) **Sellos con materiales epóxicos de conformidad con la Especificación ACI 563.4.** Se deben usar materiales epóxicos de dos componentes.
- (c) **Otros sellos o morteros con polímeros ASTM C 1438 Tipo II.**
- (d) **Lechada con polímero.** El Contratista debe suministrar un aglomerante polímero o un aglomerante polímero mezclado con agregado fino en las proporciones recomendadas por el fabricante del polímero.

Los materiales usados para el sellado de grietas deberán proporcionar una resistencia mínima a la compresión de 25 mega Pascales en 4 horas.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**568.04 Preparación de la grieta.** El Contratista debe notificar al Delegado Residente, por lo menos 14 días antes, la fecha de inicio de los trabajos de sellado de grietas. Se identificarán las áreas de trabajo y las ubicaciones de las grietas a ser reparadas de conformidad con lo indicado en los planos y serán marcadas para proceder al sellado con la autorización del Delegado Residente.

Se debe remover toda la tierra, lechada y otros desechos del exterior e interior de las grietas. Se debe aplicar un material temporal para sellado de superficie en los rostros de la grieta. Se debe utilizar un material para sellado con una resistencia y una adhesión suficientes para confinar el material epóxico inyectado hasta que se cure.

Se deben proveer aberturas (puntos de entrada) en el sellado de la superficie a lo largo de la grieta. La distancia entre los puertos de entrada debe ser de por lo menos el espesor del miembro de concreto que está siendo reparado.

Después de que la inyección adhesiva haya curado, se debe remover el sellado de la superficie. El rostro de la grieta y los puertos de entrada deben tener un acabado nivelado con la superficie adyacente.

**568.05 Procedimientos de inyección.** La inyección del epóxico debe iniciarse en el punto de entrada más bajo. La inyección en el primer punto debe continuar hasta que el epóxico comience a fluir fuera del siguiente punto más arriba. Se debe tapar el primer punto e inyectar epóxico en el segundo punto hasta que el epóxico fluya del siguiente punto ubicado arriba. Esta secuencia debe continuar hasta que toda la grieta esté llena. Se debe utilizar un sistema epóxico de 2 componentes. La proporción de la mezcla del epóxico debe mantenerse dentro

del 5 por ciento en volumen, de la indicada por el fabricante, para cualquier presión de descarga que no exceda de 1.4 mega Pascales. No se deben utilizar solventes para diluir el epóxico.

Se debe utilizar equipo con un tipo de desplazamiento en línea positivo para medir, mezclar e inyectar el epóxico a presiones que no excedan de 1.4 mega Pascales.

**(a) Ensayo para determinar la proporción adecuada.** Este ensayo debe ser ejecutado por cada unidad de inyección al inicio y al final de cada día en que se utilice la unidad. Se debe desconectar la cabeza de mezclado del equipo de inyección y se deben bombear los dos componentes del adhesivo a través de un dispositivo de verificación de la proporción con 2 boquillas con válvulas independientes capaces de controlar la razón del flujo y presión de retorno por medio de la apertura y cierre de las válvulas en el dispositivo de verificación. Se debe utilizar un calibrador de presiones capaz de percibir la presión de retorno detrás de cada válvula para ajustar la presión de descarga a 1.4 mega Pascales para los dos componentes del epóxico. Los dos componentes del epóxico deben ser descargados simultáneamente dentro de contenedores separados calibrados. Se deben comparar las cantidades descargadas para determinar la proporción de la mezcla.

Después de completar el ensayo a una presión de descarga de 1.4 mega Pascales, se deben repetir los procedimientos sin aplicar presión en la descarga.

**(b) Ensayo para la verificación de presiones.** Este ensayo debe ser ejecutado por cada unidad de inyección al inicio y al final de cada día en que se utilice la unidad.

Se debe desconectar la cabeza de mezclado del equipo de inyección y se deben adherir las dos líneas de suministro del componente adhesivo a un dispositivo de verificación de presiones con 2 boquillas con válvulas independientes capaces

de controlar la razón del flujo y la presión por medio de la apertura y cierre de las válvulas. Se debe utilizar un calibrador de presiones capaz de percibir la presión existente detrás de cada válvula. Se deben cerrar las válvulas en el dispositivo de calibración de presiones y el equipo debe ser operado hasta que la presión calibrada en cada línea sea de 1.4 mega Pascales. Cuando se detengan las bombas, el calibrador de presiones no debe bajar de 1.3 mega Pascales antes de transcurridos 3 minutos.

**(c) Registros.** El Contratista debe mantener y poner a disposición del Delegado Residente, registros exactos de los ensayos de verificación de las proporciones y de los de verificación de las presiones. El Delegado Residente podrá requerir ensayos adicionales.

**568.06 Obtención de testigos.** Se debe extraer un testigo de 50 milímetros de diámetro de acuerdo con AASHTO T 24 por cada 15 metros de grieta reparada en los puntos designados por el Delegado Residente. La reparación de la grieta es aceptable si el testigo indica que el 90 por ciento o más de la grieta ha sido adherida con éxito.

Cuando el ensayo efectuado sobre el testigo muestre que la adherencia con epóxico ha penetrado menos del 90 por ciento del volumen de la grieta dentro del testigo, ese segmento de 15 metros de grieta debe ser reparado de nuevo o el segmento que represente el testigo y se deben efectuar nuevos ensayos. Este procedimiento debe ser repetido hasta que la reparación de la grieta sea aceptable.

Todos los agujeros resultantes de la extracción de los testigos deben ser llenados con lechada con polímero y se le debe dar un acabado a la superficie de manera que coincida con el concreto adyacente.

Cuando se indique en los planos o en las Disposiciones Especiales se podrán efectuar evaluaciones midiendo el rebote del martillo esclerométrico en el concreto endurecido o midiendo la velocidad de propagación a través del concreto de un pulso longitudinal ultrasónico.

**568.07 Control de tránsito.** Se deberá mantener el control del tránsito para que los vehículos en el área de trabajo no excedan una velocidad de 25km/h. El control del tránsito se deberá mantener desde el inicio de las operaciones de sellado hasta 6 horas después de finalizados los trabajos de sellado o hasta que el sello haya alcanzado una resistencia de 10 MPa.

**568.08 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros lineales con aproximación de dos decimales o por suma global, de reparación

de grietas en estructuras de concreto, efectuados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**568.09 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros lineales o por la suma global, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a reparación de grietas en estructuras de concreto, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Extracción de núcleos	ASTM C 42 NTG 41049	Sellos epóxicos	ACI 563.4
Resistencia a la compresión cilindros de concreto	ASTM C39 NTG 41017 h1	Sellos con polímeros	ASTM C 1438 Tipo II
Número de rebote en concreto endurecido usando esclerómetro	ASTM C 805		
Velocidad de propagación pulso ultrasónico en el concreto	ASTM C 597		



---

**SECCIÓN 569**  
**RECUBRIMIENTOS PROTECTORES**  
**DEL CONCRETO**

---

- 569.01. Definición.
- 569.02. Descripción.
- 569.03. Recubrimientos protectores.
- 569.04. Manejo y almacenamiento de los materiales.
- 569.05. Aplicación de los recubrimientos protectores.
- 569.06. Medida.
- 569.07. Pago.



## 569.01 Definición.

**Recubrimientos protectores del concreto.** Consisten en la aplicación de revestimientos a las superficies de concreto endurecido con el propósito de proteger y prolongar un buen desempeño del concreto durante su tiempo de servicio, con el fin de aislarlas de la humedad, impermeabilizarlas contra el agua y en general para protegerlas contra los agentes exteriores que puedan causar su deterioro. Los recubrimientos protectores de concreto pueden ser de dos tipos: los que permanecen en la superficie y los que penetran en el concreto a una profundidad medible.

**569.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro y colocación de recubrimientos protectores adecuados, en las superficies de concreto para aislarlas de la humedad, impermeabilizarlas o protegerlas de la acción de los agentes exteriores, en combinación con adecuados sistemas de drenaje y subdrenajes de acuerdo con los planos, las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales. La selección del tipo de recubrimientos protectores del concreto dependerá de la verificación de su durabilidad y desempeño bajo condiciones de servicio

## MATERIALES

### 569.03 Recubrimientos protectores.

Deben cumplir con las Especificaciones siguientes:

- (a) **Guía general para la selección y empleo de recubrimientos protectores del concreto.** De acuerdo con AASHTO M 224.
- (b) **Tipos de sellador.**

(1) **Alquitrán para carreteras.** ASTM D 490.

(2) **Resinas epóxicas.** AASHTO M 224-4.2.

- (3) **Alquitrán de hulla epóxico.** AASHTO M 224-4.3.
- (4) **Imprimación y sellado con alquitrán.** AASHTO M 224-4.5.
- (5) **Selladores impermeabilizantes.** AASHTO M 224-4.6.
- (6) **Metacrilatos.** Recubrimientos o riegos de penetración AASHTO M 224-4.7. Generalmente se requieren 2 aplicaciones para obtener el sello apropiado.
- (7) **Silicato de sodio.** AASHTO M 224-4.8. Riego de penetración en solución acuosa.
- (8) **Uretano.** AASHTO M 224-4.9. Recubrimiento o riego de penetración generalmente se requieren 2 aplicaciones.
- (c) **Recubrimientos de tejidos de algodón.** Tejidos saturados con material bituminoso o materiales con base de neopreno para impermeabilizar. ASTM D 173.
- (d) **Filtro impregnado con asfalto.** De acuerdo con ASTM D 226.
- (e) **Filtro impregnado con alquitrán.** De acuerdo a ASTM D 227 / D 227M.
- (f) **Mortero de cemento hidráulico para protección de las membranas asfaltadas o alquitranaadas.** Debe ser de una parte de cemento hidráulico y tres de arena de río, con el agua suficiente para que dé una consistencia adecuada para su distribución. Los materiales deben llenar los requisitos de la Especificación 551.04.

Se debe utilizar mortero con una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 14 MPa cuando se ensaye de acuerdo con COGUANOR NTG 41003 h4 (ASTM C 109).

(g) **Planchas de asfalto para protección de tableros de puentes.** De acuerdo con ASTM D 517. Deberán tener las siguientes dimensiones:

- (1) Espesor de 32 milímetros.
- (2) Ancho de  $225 \pm 75$  milímetros. Únicamente se deben utilizar planchas de un mismo ancho para una estructura dada, excepto para los tramos de remate.
- (3) Longitud de 1 a 2.5 metros. Se debe utilizar una longitud tal que permita colocar las planchas sobre la superficie a cubrir de la manera más económica.

(h) **Recubrimientos para reparación y protección de estructuras de concreto.** De acuerdo a Normas Europeas EN 1504.

(i) **Otros materiales.** El empleo de otros tipos de recubrimientos, basados en resinas sintéticas u otros materiales pueden ser permitidos siempre que el Contratista presente al Delegado Residente, las especificaciones de los productos propuestos, junto con certificaciones de los ensayos de los mismos y de la garantía del fabricante por un periodo de 5 años como mínimo.

**569.04 Manejo y almacenamiento de los materiales.** Todos los materiales deben ser almacenados bajo cubierta en locales frescos y ventilados. Los recipientes y empaques de los materiales deben ser marcados clara y permanentemente. En vista de que algunos recubrimientos pueden ser inflamables o explosivos deben observarse en el almacenamiento y manejo de los mismos, las normas de seguridad y precauciones recomendadas para su uso.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**569.05 Aplicación de los recubrimientos protectores.** Cuando se requiera el empleo de recubrimientos para aislar de la humedad, impermeabilizar contra el agua, proteger el concreto o prolongar el servicio en concreto viejo, las superficies de concreto deben cubrirse con el tipo de recubrimiento indicado en los

planos o en las Disposiciones Especiales, de acuerdo con los métodos recomendados por el fabricante del producto a usar, las especificaciones AASHTO, ASTM, o EN para los productos de que se trate y las recomendaciones señaladas a continuación:

(a) **Preparación de las superficies de concreto.** Las superficies nuevas a cubrir deben estar secas, lisas y exentas de polvo o materiales sueltos, antes de aplicar cualquier tipo de recubrimiento. La limpieza se puede hacer removiendo polvo, suciedad, escamas de lechada y adherencias por cepillado, lavado con agua, o sopleteado con arena a presión. El sopleteado con arena a presión es recomendable para obtener una buena adhesión, en caso de que se usen recubrimientos basados en resinas epóxicas. Las superficies viejas parcialmente deterioradas, requieren la remoción de todo material suelto o dañado, por medio de picos, martillos quebrantadores u otro equipo mecánico apropiado. El polvo y partículas sueltas pueden limpiarse con agua, aire a presión o cepillado. Toda suciedad de aceite u otros materiales que puedan afectar la adherencia o integridad del recubrimiento deben ser removidos por chorro de arena a presión y lavado con ácidos, según se requiera. La reparación de baches u oquedades, puede hacerse con morteros o concreto de cemento hidráulico, o con mortero de resinas epóxicas, en el caso de que el recubrimiento sea de este tipo de resinas.

(b) **Métodos de aplicación.** A fin de lograr los mejores resultados, se deben seguir las instrucciones y recomendaciones del fabricante, para el producto y tipo de recubrimiento de que se trate. La práctica común, para los diferentes recubrimientos es la siguiente:

(1) **Recubrimientos para reparación y protección de estructuras de concreto.** Los materiales deben ser mezclados en las proporciones especificadas, deben usarse dentro de los límites de tiempo recomendados por el fabricante. Los procedimientos de aplicación, la temperatura de la superficie del concreto, y la temperatura ambiente en

el momento de aplicación deben adecuarse a las especificaciones del fabricante. El equipo de aplicación debe limpiarse antes y después de cada uso, con solventes adecuados tales como tolueno o tricloroetileno.

**(2) Recubrimientos con membranas compuestas, alquitranadas o asfaltadas.** Los recubrimientos para impermeabilizar contra el agua, se deben hacer por medio de membranas compuestas de 2 capas de fieltro, tejido de algodón, o tejido de fibra de vidrio, impregnadas con alquitrán o asfalto alternadas entre 3 capas de alquitrán o asfalto para impermeabilizar, todo colocado sobre una capa de imprimación. Las capas de fieltro o tejido impregnado deben colocarse como “tejamanil” para que en todos los puntos haya 2 espesores. Las solapas de los bordes deben ser por lo menos de 10 centímetros y las finales por lo menos de 30 centímetros. Las capas de fieltro o tejido impregnado no deben tocarse entre sí, ni tocar una superficie que no haya sido cubierta con una capa de alquitrán o asfalto. En todos los casos esta capa debe ser suficientemente espesa para que cubra la trama del fieltro o tejido o tela impregnados totalmente. Sobre superficies horizontales, debe emplearse por lo menos 4.9 litros por metro cuadrado y sobre superficies verticales no menos de 6.1 litros por metro cuadrado de obra terminada.

Las membranas alquitranadas o asfaltadas pueden también ser protegidas con planchas de asfalto para protección de tableros de puentes colocado en hileras rectas y regulares. Los extremos de las piezas ya colocadas deben recubrirse de asfalto o alquitrán caliente antes de que se coloquen otras piezas contra ellas. Cada pieza individual debe ser apretada fuertemente contra la pieza a su lado y el trabajo concluido debe tener una superficie lisa y uniforme carente de grietas y juntas abiertas.

- (c) **Medidas de seguridad.** Deben adoptarse las medidas de protección para el personal que aplica los recubrimientos ya sea por medio de trajes, guantes o anteojos adecuados que pueden ser del tipo desechable, y tomarse las precauciones indicadas para manejo de productos inflamables o explosivos, según el caso.
- (d) **Trabajo defectuoso.** Cualquier recubrimiento protector que se encuentre con fugas antes de la aceptación final del trabajo, debe ser reparado por cuenta del Contratista.

**569.06 Medida.** La medida se debe hacer por unidad completa o por el número de metros cuadrados con aproximación de dos decimales, de Recubrimientos Protectores del Concreto del Renglón de que se trate, aplicados y aceptados satisfactoriamente, de acuerdo a los planos, las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales.

**569.07 Pago.** El pago se debe hacer por suma global, o por el número de metros cuadrados medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato para el Renglón de que se trate, cuyo costo incluye todo el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Selección de recubrimientos protectores	AASHTO M 224
	Imprimador creosota y alquitrán	ASTM D 43
	Fieltro impregnado con asfalto	ASTM D 226
	Fieltro impregnado con alquitrán	ASTM D 227/D 227M
	Tejido de algodón impregnado con material bituminoso	ASTM D 1173/D 173M
	Mortero cemento hidráulico	569.03 (f)*
	Planchas de asfalto	ASTM D 517

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales

---

**DIVISIÓN 600**  
**ESTRUCTURAS DE DRENAJE**

---

**SECCIÓN 601**  
**ALCANTARILLAS DE TUBOS DE**  
**CONCRETO REFORZADO**

---

- 601.01 Definición.
- 601.02 Descripción.
- 601.03 Requisitos de los materiales.
- 601.04 Fabricación de los tubos de concreto reforzado.
- 601.05 Marcas y acabado de los tubos.
- 601.06 Pruebas, aceptación y rechazo de los tubos.
- 601.07 Instalación.
- 601.08 Medida.
- 601.09 Pago.



## 601.01 Definición.

**Alcantarillas de tubos de concreto reforzado.** Son los conductos que se instalan por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales.

**601.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación, suministro, acarreo, almacenaje, manejo, curado y colocación de alcantarillas de concreto reforzado.

Los tubos deben ser de los diámetros, resistencia y tipo de refuerzo establecido para tubos de concreto reforzado en las Especificaciones AASHTO M 170M o COGUANOR NTG 41077. La Clase de tubería de concreto reforzado a ser utilizada deberá de estar indicada en la lista general de estructuras de drenaje incluida en los planos especiales de alcantarillas o en las Disposiciones Especiales. La localización, elevación, esvaje y diámetro de las tuberías deberán estar indicados en los planos de planta y perfil del diseño geométrico, estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y localizadas de conformidad con lo que ordene el Delegado Residente.

## MATERIALES

### 601.03 Requisitos de los materiales.

- (a) **Concreto de cemento hidráulico.** Debe ser de las clases requeridas para los tipos de tubos estipulados en el inciso (c) y se deben fabricar y suministrar de acuerdo a lo indicado en la Sección 551.
- (b) **Acero de refuerzo.** Debe cumplir con los requisitos de la Sección 552, para las diferentes clases de refuerzo requeridas para los tipos de tubos indicados en el inciso (c).

- (c) **Tubos de concreto reforzado.** Deben de cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 170M (ASTM C 76) o COGUANOR NTG 41077 debiendo, en las Disposiciones Especiales, indicarse qué clase de tubo debe usarse.

### 601.04 Fabricación de los tubos de concreto reforzado.

- (a) **Preparación del concreto.** Los materiales para el concreto deben ser dosificados y mezclados adecuadamente como se indica en la Sección 551, para producir un concreto homogéneo y de la calidad necesaria para que los tubos cumplan con los requisitos de diseño y las pruebas estipuladas en 601.06.
- (b) **Colocación del refuerzo.** El refuerzo debe ser colocado en la forma estipulada por AASHTO M 170M (ASTM C76) o COGUANOR NTG 41077 para las Clases de tubo especificados en cada caso.
- (c) **Curado.** Los tubos deben ser sometidos a alguno de los métodos de curado indicados en la norma AASHTO M 170M o COGUANOR NTG 41077 Sección 10 (Manufactura) que se describen a continuación o a una combinación de éstos. Se podrán usar otros métodos con la aprobación del Delegado Residente. En cualquier caso, el tiempo de curado debe ser el necesario para que alcancen la resistencia requerida.
  - (1) **Curado a vapor.** Los tubos se pueden colocar en una cámara de curado (se puede aprobar el uso de carpas de lona u otro tejido adecuado) libre de escapes y con atmósfera húmeda, mantenida a la temperatura y por el tiempo necesario para que los tubos alcancen la resistencia especificada. El incremento de temperatura no debe exceder de 11° C

(20° F) por hora, hasta llegar a un máximo de 77° C (170° F), a menos que el tubo tenga más de 5 horas de haber sido fabricado, en cuyo caso se permitirá un incremento de hasta 22° C (40° F) por hora. La cámara debe construirse en forma tal que permita la libre circulación de vapor alrededor de todos los tubos.

- (2) **Curado con agua.** Los tubos pueden ser curados por medio de rociado frecuente y continuo de agua que cumpla con la Especificación 551.04 (d), u otros métodos que mantengan la humedad durante el periodo de curado como cubiertas saturadas de acuerdo a lo indicado en la Especificación 551.08. El tiempo mínimo de curado debe ser de 72 horas.
- (3) **Curado por compuestos líquidos.** Se puede aplicar a los tubos un compuesto líquido formador de membranas de curado de acuerdo a lo indicado en la Especificación 551.08 (f), que se debe dejar intacto hasta que se alcance la resistencia requerida. Las superficies del tubo deben estar húmedas antes de la aplicación del compuesto.

## 601.05 Marcas y acabado de los tubos.

- (a) **Marcas.** Los tubos deben marcarse claramente así:
- La identificación de la clase de tubo que corresponda según se indica en la Especificación AASHTO M 170M 4.1 o COGUANOR NTG 41077.
  - Fecha de fabricación y marca del fabricante.
  - En los tubos circulares con refuerzo elíptico, se debe marcar claramente en uno de los extremos, el diámetro vertical coincidente con el diámetro menor del refuerzo elíptico.
  - Estas marcas deben de ser pintadas con pintura a prueba de agua o grabada.

(b) **Acabado.** Los tubos deben estar libres de grietas largas y profundas, despuntillamientos profundos y de rugosidades superficiales. Los planos de corte en los extremos del tubo deben ser perpendiculares al eje longitudinal.

## 601.06 Pruebas, aceptación y rechazo de los tubos.

- (a) **Equipo de pruebas.** Cada Contratista o fabricante que suministre tubos, debe dar todas las facilidades necesarias para llevar a cabo las inspecciones y las pruebas requeridas en estas Especificaciones Generales.

Las pruebas se realizarán en un Laboratorio de Materiales acreditado para realizar pruebas de resistencia en los tubos. Es recomendable que cada planta cuente con el equipo necesario para realizar dichas pruebas. El Contratista será responsable de la ejecución de las pruebas y deberá permitir que el personal de la Supervisora esté presente durante la ejecución de las mismas. También se debe proveer un área suficiente de piso resistente y liso para permitir la inspección de todos los tubos, tanto interior como exteriormente, que permita rodarlos por lo menos tres revoluciones completas.

- (b) **Tamaños y variaciones permisibles.** Los tubos deben conformarse a las dimensiones según la Clase que corresponda como se indica en las Especificaciones AASHTO M 170M o COGUANOR NTG 41077.

Las variaciones de las medidas de los tubos son las siguientes: El diámetro interior no debe excederse en  $\pm 1.5\%$  para tubos que tengan diámetros de 305 a 610 mm (12" a 24") y no deben de exceder en  $\pm 1\%$  o de 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ ") para tubos de diámetros mayores. El espesor de las paredes de los tubos no debe ser menor del propuesto en el diseño en más de 5% o de 4.8 mm ( $\frac{3}{16}$ ") en cualquier punto.

Las variaciones en el largo entre dos lados opuestos del tubo, no deben exceder de 10.4 mm/m ( $\frac{1}{8}$ " por pie) de diámetro, con un máximo de 16 mm ( $\frac{5}{8}$ ").

Las variaciones en la posición del refuerzo no deben exceder de  $\pm 10\%$  del espesor de la pared o de 13 mm ( $\frac{1}{2}$ "). El recubrimiento neto del refuerzo no debe ser menor en ningún caso, de 13 mm ( $\frac{1}{2}$ ") en cualquier punto.

**(c) Pruebas de resistencia.**

**(1) Especímenes de prueba.** El Contratista debe efectuar pruebas sobre los tubos seleccionados al azar por el Delegado Residente de acuerdo con lo indicado en 1.a y 1.b siguientes. Los especímenes para prueba de resistencia, deben ser tubos que no serían rechazados por otras razones indicadas en estas Especificaciones Generales y deben estar secos cuando se prueben. La edad de las muestras no debe exceder de 10 días de la edad del lote de tubos que representan.

- a)** Número de pruebas en caso de suministro de tubos por períodos extensos de tiempo. Cuando las condiciones requieran envíos periódicos por lapsos extensos de tiempo, el Contratista deberá efectuar pruebas preliminares de no menos de tres por cada diámetro y clase requeridos. Después de estas pruebas preliminares, el Contratista deberá efectuar las pruebas adicionales que ordene el Delegado Residente, en el número y la oportunidad que juzgue necesario, siempre que el número total de tubos ensayados no exceda del 1% del total de los tubos suministrados.
- b)** Número de pruebas para suministros ocasionales. En estos casos el Delegado Residente puede ordenar someter a la prueba de resistencia a compresión transversal, el número de cada diámetro y clase que juzgue necesario, siempre que el total no exceda del 2% del total de tubos suministrados.

**(2) Requisitos de la prueba de resistencia.**

Los tubos escogidos, deben ser sometidos a la prueba de carga última de compresión

transversal, por el método de tres aristas de acuerdo con AASHTO T 280. Cuando la carga de prueba alcance el valor de la carga de agrietamiento dada en las tablas de AASHTO M 170M (ASTM C 76) o COGUANOR NTG 41077, para el diámetro y clase de tubo que se está probando, no debe haber grietas con un ancho mayor de 0.25 mm (0.01"). La grieta será considerada de 0.25 mm (0.01") de ancho, cuando la punta del calibrador de medida, penetre sin forzarlo, 1.6 mm ( $\frac{1}{16}$  ") a intervalos cercanos, en una longitud de grieta de 300 mm (1 pie). El ancho de la grieta debe ser medido con un calibrador hecho de una hoja de acero de 0.25 mm (0.01") de grueso, cortado en disminución de 25 mm por 100 mm ( $\frac{1}{4}$  " por pulgada) hasta terminar en una punta de 1.6 mm ( $\frac{1}{16}$  ") de ancho con esquinas redondeadas.

Los especímenes de prueba no deben ser cargados hasta su destrucción, si soportan sin agrietarse, una carga de 10% en exceso de la carga última especificada para cada clase de tubo.

Las especificaciones AASHTO M 170M establecen los requerimientos de resistencia evaluados por el método de tres aristas como la carga "D" medida en Newton por metro lineal por milímetro de diámetro interno para producir la grieta de 0.3 mm y la carga última en Newton por metro lineal por milímetro de diámetro interno. Los valores de las cargas D se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 601-01**  
**Resistencia requerida, tuberías de concreto reforzado**

Clase de tubería	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
Carga D para producir grieta de 0.3 mm	40	50	65	100	140
Carga D para producir la carga última	60	75	100	150	175

La magnitud de la carga según el diámetro de la tubería se obtiene para la condición de carga D y clase de tubería multiplicadas por el diámetro interno de la tubería en milímetros.

- (3) **Aceptación y reensayo.** El tubo debe ser aceptado en cuanto a resistencia, cuando los especímenes de prueba llenen los requisitos de la misma, dados en AASHTO M 170M (ASTM C 76) o COGUANOR NTG 41077 para carga al agrietamiento de 0.25 mm (0.01") y para la carga última. En el caso que algún espécimen no llene los requisitos de la prueba, se pueden probar dos adicionales por cada uno que falle y el tubo será aceptable únicamente cuando éstos reensayados llenen los requisitos de resistencia.
- (d) **Prueba de absorción.** La absorción determinada por el método AASHTO T 280, no debe exceder de 9% del peso en seco. Se debe considerar que los tubos cumplen con esta Especificación para absorción, cuando no menos del 80% del número de especímenes probados, incluyendo cualesquiera de reensayo, llenen los requisitos de la prueba.
- Cuando la prueba de absorción inicial de un tubo falle y no llene los requisitos de las especificaciones citadas, la prueba de absorción debe hacerse en otro espécimen de la misma clase y los resultados de esta nueva prueba sustituirán a los de la prueba inicial.
- (e) **Inspección del refuerzo.** Con el objeto de realizar una inspección adecuada de la cantidad y forma de colocación del refuerzo, el Delegado Residente puede requerir la ejecución de ensayos no destructivos, tales como magnéticos, radiográficos, acústicos, etc. o, como alternativa la apertura de agujeros en los tubos terminados, pero el número de agujeros no deberá de exceder de uno por cada cincuenta tubos. Los agujeros requeridos deben ser hechos por el Contratista, cuando la fabricación sea en la obra, o por el personal de la Supervisora en la fábrica del proveedor, antes del acarreo de los mismos. Para la inspección del refuerzo, se pueden usar los tubos que sirvieron para las pruebas de resistencia y absorción.
- (f) **Aceptación.** Los tubos se deben considerar aceptables, listos para su envío, cuando llenen los requisitos establecidos para las pruebas especificadas.
- La calidad de los materiales, el proceso de fabricación y el acabado de los tubos, se deben sujetar a la inspección y aprobación del Delegado Residente o directamente del personal de la Supervisora, en el caso que los mismos no sean fabricados en la obra.
- (g) **Rechazo.** Los tubos deben ser rechazados cuando no llenen cualesquiera de las Especificaciones requeridas. Además, los mismos individualmente pueden ser rechazados por cualesquiera de las causas siguientes:

- (1) Fracturas o grietas que atraviesen totalmente el espesor de la pared, exceptuando a una sola grieta en el extremo, que no exceda del espesor de la junta, (la porción de los extremos del tubo que permite la unión entre dos).
- (2) Defectos que indiquen mala calidad de la mezcla o desviaciones o mala colocación de la formaleta. La completa ausencia de señales de formaleta, indican posibles deficiencias en el agua de mezcla del concreto, o en los procesos de fabricación, en los cuales, la formaleta se ha quitado inmediatamente después de que el concreto ha sido colocado.
- (3) Defectos en la superficie que indiquen oquedades o textura de poro abierto.
- (4) Desportillamientos más profundos que el espesor de la junta o que se extiendan alrededor de la circunferencia, en una longitud mayor de  $\frac{1}{6}$  del diámetro interior del tubo.
- (5) Por toda grieta de 0.25 mm (0.01") de ancho y de una longitud de 305 mm (12") o mayor, cualquiera que sea su posición.
- (6) Indicación de que el refuerzo está mal colocado.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**601.07 Instalación.** Los tubos deben ser colocados conforme se indica en los planos, estas Especificaciones Generales y las Disposiciones Especiales.

(a) **Colocación.** Antes de colocar los tubos, el Delegado Residente debe comprobar que las zanjas han sido excavadas de acuerdo con los requisitos de la Sección 205 y los lechos o superficies de cimentación conformados y terminados como se indique en los planos generales o de detalles de drenajes. La colocación se debe principiar en el extremo de aguas abajo, con los extremos de campana o ranura en la dirección aguas arriba o de acuerdo a las

Especificaciones del fabricante. Cuando se usen campana, se debe excavar en la superficie preparada, el espacio para acomodar la campana y para permitir un contacto firme del cuerpo del tubo en toda la superficie de cimentación. Los tubos deben ser encajados de tal manera, que cuando se apoyen en la superficie de fundación, formen un fondo interior liso y uniforme.

Los tubos se deben de colocar sobre un lecho de cimentación adecuadamente preparado, de acuerdo con los planos especiales de alcantarillas, Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales o localizadas de conformidad con lo que ordene el Delegado Residente.

Cuando se utilicen tubos circulares con refuerzo elíptico, o tubos elípticos con refuerzo circular, éstos deben ser colocados en tal posición que las marcas del eje vertical hechas en la fábrica, no estén desplazadas más de 5 grados, del plano vertical en dirección del eje longitudinal de la alcantarilla.

En los tubos de 910 mm (36") de diámetro, con refuerzo elíptico, se debe colocar un entranquillado interior horizontal, para prevenir la formación de grietas durante la colocación y compactación del relleno a los lados del mismo.

Las instalaciones de líneas múltiples de alcantarillas, se deben hacer con la línea central de cada línea individual de las mismas, paralela a las demás. Cuando no se indique otra cosa en los planos, la distancia libre entre dos líneas, debe ser igual a  $\frac{1}{2}$  del diámetro y nunca menor de 760 mm (30").

(b) **Juntas.** Las juntas de los tubos de concreto deben ser calafateadas y llenadas con mortero o lechada espesa de cemento hidráulico, o utilizando otros tipos de unión tales como uniones de goma, juntas mecánicas, estopa o compuestos selladores plásticos.

El mortero de cemento hidráulico debe ser una mezcla volumétrica de una parte de

cemento y tres partes de arena aprobada, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable.

Las juntas se deben mojar completamente antes de hacer la unión con mortero. Antes de colocar la siguiente sección, las mitades inferiores de las campanas o ranuras de cada una, deben ser llenadas con mortero de suficiente espesor para permitir que la superficie interior quede a un mismo nivel. Después que la sección ha sido colocada, el resto de la junta debe ser llenada con mortero, usando suficiente mortero adicional para formar un anillo exterior alrededor de la junta. El interior de la junta debe ser limpiado y alisado. Después del fraguado inicial, el mortero de los anillos exteriores en las juntas debe ser protegido del aire y del sol con una cubierta de tierra saturada de agua o un brin completamente mojado. Para las juntas con lechada de cemento se deben emplear moldes u otros medios aprobados por el Delegado Residente para retener la lechada vertida o bombeada.

El tubo de la alcantarilla que no se encuentre en su verdadera alineación o que muestre asentamiento excesivo después de haber sido colocado, debe ser quitado y vuelto a colocar correctamente, sin ningún pago adicional.

No se debe efectuar ningún relleno sino hasta que el mortero o lechada de las juntas

haya endurecido lo suficiente para que no sea fácilmente dañado. El relleno se debe hacer como se indica en 205.12.

**601.08 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de Alcantarillas de Tubos de Concreto Reforzado del Renglón de que se trate, suministradas y colocadas satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales. Esta medida se debe hacer entre rostros exteriores de los extremos de la alcantarilla, o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la alcantarilla.

No se debe hacer ninguna medida por la excavación estructural, la preparación de la superficie de cimentación y el relleno, cuyos trabajos deben ser ejecutados y medidos de conformidad con la Sección 205.

**601.09 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros lineales, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de Alcantarillas de tubos de concreto reforzado de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. El pago no incluye la excavación estructural, preparación de lechos de cimentación y el relleno, los cuales deben ser pagados de acuerdo con la Sección 205.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Carga última de compresión transversal método tres aristas	AASHTO T 280	concreto reforzado	AASHTO M 170 M
Concreto	Sección 551*	Concreto	Sección 551*
Acero de refuerzo	Sección 552*	Acero de refuerzo	Sección 552*

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales

---

**SECCIÓN 602**  
**TUBOS PARA DRENAJE**  
**DE ESTRUCTURAS**

---

- 602.01 Definición.
- 602.02 Descripción.
- 602.03 Tubos y accesorios.
- 602.04 Colocación.
- 602.05 Medida.
- 602.06 Pago.



## 602.01 Definición

**Tubos para drenaje de estructuras.** Son conductos que se colocan para evacuar el agua de las superestructuras de los puentes y otras obras viales, tales como estribos, muros y otras.

**602.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación o suministro, así como el acarreo, almacenaje, manejo y colocación de los tubos de acuerdo con los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

Cuando se usen rellenos permeables en las entradas de los tubos de drenaje de las estructuras de retención, este trabajo se debe efectuar de acuerdo con lo indicado en la Sección 207.

## MATERIALES

**602.03 Tubos y accesorios.** Pueden ser de los tipos siguientes:

- (a) **Conductos de concreto no reforzado.** En los planos deberán estar indicada la localización, el diámetro y la clase que corresponda según lo especificado en AASHTO M 86M (ASTM C 14).
- (b) **Conductos de acero.** Deben estar recubiertos de zinc por inmersión en caliente (Galvanizado). Deben cumplir con los requisitos de ASTM A53/ A53M.
- (c) **Conductos rígidos de cloruro de polivinilo (PVC).** Deben cumplir con lo especificado en AASHTO M 278, tubería de PVC clase PS 46.
- (d) **Conductos de polietileno (HDPE).** Deben cumplir con lo especificado en ASTM F 714. Estos conductos deben ser fabricados de compuestos vírgenes de polietileno de alta densidad.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**602.04 Colocación.** Los tubos de drenaje se deben colocar de acuerdo con lo indicado en los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

**602.05 Medida.** La medida se debe hacer de la cantidad de metros lineales con aproximación de dos decimales, de tubos para drenaje de estructuras, suministrados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales, los planos y Disposiciones Especiales.

**602.06 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros lineales medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Tubos para Drenaje de Estructuras del Renglón de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Pruebas físicas y mecánicas de concreto no reforzado	AASHTO T 280	Conductores de concreto no reforzado	AASHTO M 86M
Pruebas físicas y mecánicas de cloruro de polivinilo (PVC)	AASHTO D 2665	Conductores de PVC	AASHTO M 278
Prueba estandard para materiales de tuberías y accesorios de plástico de polietileno	ASTM D 3350	Conductores de polietileno de alta densidad	ASTM F 714
		Tubos de acero recubierto de zinc por inmersión en caliente	ASTM A53/A53M

---

**SECCIÓN 603**  
**ALCANTARILLAS DE METAL**  
**CORRUGADO**

---

- 603.01 Definición.
- 603.02 Descripción.
- 603.03 Tuberías galvanizadas
- 603.04 Planchas estructurales de metal corrugado.
- 603.05 Pernos de acero de alta resistencia para planchas estructurales.
- 603.06 Recubrimiento para las alcantarillas de metal corrugado.
- 603.07 Requisitos de fabricación.
- 603.08 Manejo, transporte, entrega y almacenamiento.
- 603.09 Inspección en el campo y aceptación.
- 603.10 Instalación.
- 603.11 Medida.
- 603.12 Pago.



### 603.01 Definición.

**Alcantarillas de metal corrugado.** Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales con el objeto de evacuar las aguas superficiales.

Las alcantarillas, por su forma, pueden ser tuberías circulares o elípticas, arco con fondo metálico o arcos con cimentación de concreto todos fabricados con planchas estructurales.

**603.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación, suministro, acarreo y colocación de las alcantarillas de los diámetros, medidas y clases requeridas en los planos; debiendo colocarse sobre una cama adecuadamente preparada, de acuerdo con los planos, estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y localizadas de conformidad con la orden que el Delegado Residente emita para cada línea de alcantarilla. La tubería de metal puede ser de aluminio o de acero corrugado, según se indique en los planos o en las Disposiciones Especiales.

## MATERIALES

**603.03 Tuberías galvanizadas.** Son conductos de drenaje corrugados de acero con recubrimiento metálico que pueden ser circulares o de arco de conformidad con ASTM A 760M.

**603.04 Planchas estructurales de metal corrugado.** Las planchas para estos elementos deben ser de las clases siguientes:

(a) **Planchas estructurales de acero galvanizado.** Deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 167M (ASTM A 761/A761M).

(b) **Planchas estructurales corrugadas de aleación de aluminio.** Deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 219M (ASTM B746/B746M).

**603.05 Pernos de acero de alta resistencia para planchas estructurales.** Los Pernos de Acero de alta resistencia para Planchas Estructurales de Acero o de Aleación de Aluminio deben cumplir con lo estipulado en AASHTO M 164M (ASTM A 325M).

**603.06 Recubrimientos para las alcantarillas de metal corrugado.** Según se especifique en los planos o en las Disposiciones Especiales, el recubrimiento de la tubería o tubería de arco, debe cumplir con uno de los siguientes:

(a) **Recubrimiento bituminoso.** La alcantarilla debe tener una capa asfáltica en toda la superficie exterior y en la interior con un espesor mínimo de 1.27 mm, que cumpla con lo indicado en AASHTO M 190M, Tipo A.

(b) **Recubrimiento bituminoso con invert pavimentado.** Adicional al recubrimiento indicado en el inciso (a) anterior, la alcantarilla debe tener un recubrimiento asfáltico en el 25% inferior de los tubos y, en el caso de tuberías de arco, en el 40% inferior. Este recubrimiento asfáltico es aplicado en el sitio del proyecto y debe cubrir las corrugaciones y con un recubrimiento de 3.2 mm sobre las crestas de las mismas, formando en esa forma una superficie lisa en el fondo cumpliendo con lo establecido en AASHTO M 190M, Tipo C.

(c) **Invert cubierto con concreto hidráulico.** El invert puede ser cubierto con concreto simple o reforzado después de instalar la tubería o tubería de arco, cubriendo un área del 25% en tuberías y 40% en tuberías de arco, de conformidad con lo establecido en ASTM A 849.

(d) **Recubrimiento con mastique asfáltico o con polímero.** Cuando no se requiera un invert pavimentado con material asfáltico, el recubrimiento a que se hace referencia

en el inciso (a) puede ser substituido por un recubrimiento de mastique asfáltico o un recubrimiento con polímero.

El mastique asfáltico debe ser colocado en la superficie exterior de la tubería y no se necesita recubrir los interiores a menos que se establezca en las Disposiciones Especiales. El mastique asfáltico debe estar de acuerdo con AASHTO M 243 y debe tener un espesor mínimo de 1.27 mm.

La capa de polímero debe cumplir con lo indicado en AASHTO M 246 (ASTM A742 / A742M) y se debe aplicar a la plancha galvanizada antes de la corrugación y el espesor no debe ser menor de 0.25 milímetros.

### 603.07 Requisitos de fabricación.

**(a) Acabado.** Además de cumplir con todos los detalles de fabricación especificados anteriormente, la alcantarilla completa debe mostrar un acabado cuidadoso en todos los aspectos. Se rechazarán las alcantarillas en las cuales el revestimiento galvanizado haya sido dañado en la fábrica o durante el transporte o que muestre una fabricación defectuosa. Como tal, puede ser causa de rechazo, de no corregirse, la alcantarilla que tenga, entre otros, los siguientes defectos:

- (1) Traslapes desnivelados.
- (2) Forma defectuosa.
- (3) Variación de la línea recta central.
- (4) Bordes dañados.
- (5) Pernos flojos o pernos y agujeros mal alineados o mal espaciados.
- (6) Marcas ilegibles.
- (7) Láminas o planchas de metal doblado o abollado.

**(b) Marcas.** El sello de identificación debe ser puesto por el fabricante de las láminas o planchas, de tal

manera que cuando se coloquen las alcantarillas, la identificación aparezca en el exterior de cada sección de alcantarillas anidables y en el interior de la alcantarilla de planchas estructurales.

La clase de metal básico debe ser designada independientemente de la marca de fabricación, en forma tal que permita identificarlo claramente.

Ninguna alcantarilla será aceptada, a menos que el metal esté identificado por un sello en cada sección que indique:

- (1) Nombre del fabricante de las láminas o planchas.
- (2) Marca y clase del metal básico.
- (3) Calibre o espesor.
- (4) Peso del galvanizado.

**(c) Certificado de calidad y garantía del fabricante.** El Contratista debe entregar al Delegado Residente, un certificado de garantía del fabricante estableciendo que todo el metal suministrado satisface las Especificaciones requeridas, que llevará marcas de identificación y que reemplazará sin costo alguno para la DGC, cualquier metal que no esté de conformidad con el análisis, con el espesor o calibre y recubrimiento galvanizado especificados.

Ningún metal será aceptado dentro de estas Especificaciones Generales, sino hasta que el certificado de calidad y garantía del fabricante haya sido entregado al Delegado Residente y aprobado por él.

**(d) Inspección y muestreo en la fábrica o taller.** Si el Delegado Residente así lo elige, hará que se inspeccione y se tomen muestras del material en la planta de laminación o en el taller donde se fabrican las alcantarillas. El Delegado Residente puede requerir de la fábrica el análisis químico de cualquier lote de fundición, las pruebas de resistencia y del galvanizado de las tuberías o planchas estructurales que se estén fabricando.

El Delegado Residente o su representante tendrán libre acceso a la fábrica o taller para la inspección y se le deben dar todas las facilidades para este objeto.

Las unidades que presenten algún daño en su revestimiento excediendo las tolerancias indicadas en las secciones 7.4.2 y 7.6 de la Especificación AASHTO M 36, deberán ser reparadas conforme se establece en la Sección 11 Reparación de revestimientos dañados indicados en la Especificación en referencia.

**603.08 Manejo, transporte, entrega y almacenamiento.** Los tubos o planchas para alcantarillas se deben manejar, transportar y almacenar usando métodos que no los dañen. Los tubos averiados, a menos que se reparen a satisfacción del Delegado Residente, deben ser rechazados, aun cuando hayan sido previamente inspeccionados en la fábrica y encontrados satisfactorios.

**603.09 Inspección en el campo y aceptación.** La inspección de campo se debe hacer por el Delegado Residente, a quien el Contratista le debe suministrar un informe detallado de las clases, de los tamaños, calibres o espesores, de las alcantarillas de cada embarque. Esta inspección debe incluir un examen para determinar deficiencias en las medidas especificadas, deficiencias de fabricación, la obtención de muestras para análisis químico, pruebas físicas y determinación del peso del galvanizado. Las alcantarillas contenidas en un embarque, se deben ajustar completamente a los requisitos de estas Especificaciones Generales.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**603.10 Instalación.** Las alcantarillas de metal corrugado deben ser colocadas conforme se indica en los planos, en estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

(a) **Alcantarilla anidable.** Las uniones transversales de las secciones de la parte superior e inferior de la alcantarilla anidable deben ser alternas. Para obtener extremos terminados en un plano

vertical, se proveerán medias secciones para el principio y el final.

- (1) **Tubo circular anidable.** Las alcantarillas circulares anidables, deben ser fabricadas en secciones normales semicirculares y provistas de pestañas salientes en un borde y de agujeros para los pernos, en ambos bordes. Las secciones de la parte superior y del fondo, deben ser intercambiables.
- (2) **Tubo de arco anidable.** Las secciones de la parte superior y del fondo de las alcantarillas abovedadas anidables son de diferente forma. Las secciones de la parte superior deben ser de forma semicircular. La mitad del fondo debe ser substancialmente plana y el riñón debe tener un radio mínimo de 100 milímetros. Ambos bordes deben estar provistos de pestañas salientes y de agujeros para los pernos.

(b) **Tubos circulares y elípticos, arco y arcos de planchas estructurales.** Los tubos circulares y elípticos, arco y arcos de planchas estructurales, deben ser hechos de planchas estructurales con las corrugaciones normales al eje de la sección.

Los agujeros para los pernos en los bordes de las planchas que formarán las juntas longitudinales, deben ser hechos en forma alternada (en zigzag) en hileras a 50 mm de separación una de la otra, con una hilera en el valle y otra en la cresta de la corrugación. Los agujeros a lo largo de los bordes de planchas que formarán las juntas transversales, deben estar separados a no más de 300 mm. La distancia de los centros de los agujeros al borde de las planchas, no debe ser menor de  $1\frac{3}{4}$  del diámetro del perno. El diámetro de los agujeros a lo largo de las juntas longitudinales, debe ser 3.2 mm ( $1/8"$ ) mayor que el diámetro de los pernos.

(c) **Colocación.** Antes de colocar las alcantarillas de metal corrugado, el Delegado Residente debe comprobar que las zanjas hayan sido excavadas de acuerdo con los requisitos de la

Sección 205.06 y los lechos o superficies de cimentación conformados y terminados como se indica en los planos correspondientes. La colocación de las alcantarillas se debe principiar en el extremo de aguas abajo, cuidando que las pestañas exteriores circunferenciales y las longitudinales de los costados se coloquen frente a la dirección aguas arriba. Las alcantarillas con recubrimiento en el invert, deben ser colocadas con dicho recubrimiento en la parte inferior.

(d) **Apuntalamiento.** Cuando se pida apuntalamiento en los planos, éste se debe hacer alargando el diámetro vertical en el porcentaje que indiquen los planos y manteniendo dicho alargamiento con puntales, trozos de compresión y amarres horizontales. El apuntalamiento se debe hacer progresivamente de un extremo de la alcantarilla al otro. Los amarres y puntales se deben dejar en sus lugares, hasta que el relleno esté terminado y consolidado a menos que los planos lo indiquen en otra forma.

No se debe hacer apuntalamiento en las alcantarillas de arco o en los arcos.

(e) **Relleno.** El relleno se debe hacer como se indica en la Especificación 205.12. El relleno deberá ser con material apropiado, según la Especificación indicada. La compactación será

en capas horizontales no mayores de quince centímetros de espesor compactado, alternando a uno y otro lado de la sección.

(f) **Instalación de estructuras de planchas estructurales.** El Contratista debe suministrar una copia de las instrucciones de montaje antes de iniciar el ensamblaje. Las instrucciones deberán indicar la posición de cada plancha y el orden de montaje.

Las planchas estructurales deben ser instaladas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se deberá tener mucho cuidado con el uso de las brocas y de las barras para apalancar con el objeto de evitar dañar la plancha y el revestimiento. Las planchas deberán ser ensambladas adecuadamente.

Cuando se usen tuberías de aleaciones de aluminio y queden en contacto con otros tipos de metal, se deberá revestir las superficies de contacto con mastique asfáltico o un componente para calafatear aprobado por el Delegado Residente.

En la siguiente tabla se muestra el torque máximo (Newton-metro) aplicable a los pernos, en función del tipo de plancha.

**Tabla 603-1**  
**Torque a aplicar según tipos de pernos y planchas**

Pernos y planchas	Torque mínimo	Torque máximo
Pernos de acero de las planchas de acero	135 N·m	400 N·m
Pernos de acero y de aluminio, de las planchas de aluminio de 2.5 mm de espesor	120 N·m	155 N·m
Pernos de acero y de aluminio, de las planchas de aluminio de 3 mm de espesor, y a las más pesadas que éstas	155 N·m	180 N·m

**(g) Estructuras con una luz grande.** Cuando se ensamblen las planchas se deberán apretar las juntas longitudinales a menos que las planchas se mantengan en su posición utilizando cables, apuntalamiento o material de relleno. Las planchas a lo largo de la circunferencia deberán estar alineadas adecuadamente para evitar distorsiones permanentes a la forma de la estructura.

No se deberá operar equipo sobre o cerca de las estructuras para evitar distorsionar la forma de las mismas. El Contratista debe proveer un control topográfico adecuado para la estructura con el objeto de verificar el movimiento de la misma. Debe revisar y controlar los movimientos de la deflexión de la estructura durante todo el tiempo que duren las operaciones de colocación del relleno. No se deberá exceder los límites recomendados por el fabricante.

**603.11 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de alcantarillas de metal corrugado del Renglón de que se trate, suministradas y colocadas satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales. Esta medida se debe hacer entre rostros exteriores de los extremos de la alcantarilla o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la alcantarilla.

No se debe hacer ninguna medida por excavación estructural, preparación de la superficie de cimentación y relleno, trabajos que deben ser ejecutados y medidos de conformidad con lo indicado en la Sección 205.

**603.12 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros lineales, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de Alcantarillas de Metal Corrugado de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02. El pago no incluye la Excavación Estructural, Preparación de Superficie de cimentación y Relleno, los cuales deben ser pagados de acuerdo con la Sección 205.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
<b>Planchas estructurales de acero y aluminio</b>			
Planchas estructurales resistencia a la tensión	AASHTO T 68	Planchas estructurales de acero galvanizado	AASHTO M 167
Especificaciones acero de baja aleación y ensayos de resistencia	ASTM A 350		
Peso galvanizado	AASHTO T 65	Planchas estructurales de aleación de aluminio	AASHTO M 219
Análisis de aluminio y aleaciones	ASTM E 3061		
<b>Pernos de acero y recubrimientos</b>			
Ensayos mecánicos productos de acero	AASHTO T 244	Pernos de alta resistencia	AASHTO M 164
		Tuberías y arcos metálicos con recubrimiento bituminoso	AASHTO M 190
		Recubrimiento de tuberías	ASTM A 849
		Pernos de alta resistencia	AASHTO M 164
		Recubrimiento con mastique asfáltico	AASHTO M 243
		Recubrimiento con polímero	AASHTO M 246

---

**SECCIÓN 604**  
**ALCANTARILLAS DE**  
**MATERIAL PLÁSTICO**

---

- 604.01. Definición.
- 604.02. Descripción.
- 604.03. Requisitos de los materiales.
- 604.04. Espesor, rigidez y masa unitaria de la alcantarilla.
- 604.05. Manejo, transporte, entrega y almacenamiento.
- 604.06. Inspección en el campo y aceptación.
- 604.07. Colocación.
- 604.08. Relleno.
- 604.09. Medida.
- 604.10. Pago.



## 604.01 Definición.

**Alcantarillas de material plástico.** Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y profundas.

**604.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro, acarreo, almacenaje, manejo y colocación de las alcantarillas de material plástico de pared lisa, corrugada o nervurada, y todos los accesorios necesarios de acuerdo con los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

Las alcantarillas de material plástico pueden ser:

- (a) Corrugadas tipo C o tipo S de polietileno de alta densidad (HDPE).

Las tipo C son corrugadas tanto en la superficie interior como exterior y las corrugaciones son anulares. Las tipo S la superficie exterior es corrugada y la interior es lisa.

- (b) Celulares o nervuradas de polietileno de alta densidad (HDPE).
- (c) Celulares o nervuradas de cloruro de polivinilo (PVC).
- (d) Lisas de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).
- (e) Compuestos de polietileno de alta densidad (HDPE).

Cuando en los planos se especifique el uso de alcantarillas de material plástico del tipo de pared interior corrugada, se debe usar el tipo C corrugada de polietileno.

Cuando en los planos se especifique el uso de alcantarillas de material plástico de

pared interior lisa, a solicitud del Contratista y con la aprobación del Delegado Residente, se podrán usar las tipo S corrugada de polietileno, las nervuradas o celulares de polietileno, las nervuradas o celulares de cloruro de polivinilo (PVC) o las de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).

Cuando en los planos no se especifique el tipo de alcantarilla de material plástico a usar, a solicitud del Contratista, con la opinión del Delegado Residente y la aprobación del Ingeniero, se podrán usar alcantarillas plásticas de pared interior lisa o corrugada.

## MATERIALES

**604.03 Requisitos de los materiales.** Los materiales para la fabricación de las tuberías de material plástico deben cumplir con lo establecido a continuación:

- (a) **Tuberías corrugadas de polietileno tipo C y S.** Deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 294, excepto si se indica de otra manera en estas especificaciones. Las tuberías deben ser fabricadas de compuestos vírgenes de polietileno de alta densidad (HDPE).
- (b) **Tuberías de polietileno nervuradas o celulares.** Deben cumplir con los requisitos de ASTM F 894 y deben ser fabricadas utilizando compuestos vírgenes de polietileno de alta densidad (HDPE), excepto que se indique de otra forma en estas especificaciones.
- (c) **Tuberías nervuradas o celulares de cloruro de polivinilo.** Deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 304 y deben ser fabricadas utilizando compuestos vírgenes de cloruro de polivinilo (PVC), excepto que se indique de otra forma en estas especificaciones.

**(d) Tuberías de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).** Deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 264. Los compuestos de ABS utilizados en la fabricación de las alcantarillas deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM D 1788.

**(e) Compuestos de polietileno de alta densidad (HDPE).** Los compuestos de HDPE utilizados en la fabricación de las alcantarillas deben estar dentro de los límites de clasificación para las propiedades primarias, según ASTM D 3350, que se indican en detalle en la tabla 1 de dicha Especificación y cuyo resumen se muestra en la Tabla 604-1 que se muestra a continuación.

**Tabla 604-1**  
**Propiedades primarias de los compuestos de HDPE**

Propiedad	Límites
Densidad (ASTM D 1505)	0.941 a 0.955 gr./cm <sup>3</sup>
Índice de derretimiento <sup>(1)</sup> (ASTM D 1238)	< 1.00
Módulo de Flexión (ASTM D 790)	> 552 MPa
Resistencia a la tensión (ASTM D 638)	> 21 MPa
Resistencia a la aparición de grietas por cambios de temperatura (ASTM D 1693)	20 – 50 %
Base para el diseño hidrostático (ASTM D 2837)	< 11.03 MPa
Estabilizador ultravioleta	<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> El índice de derretimiento para el material con una clasificación de celda de 2 utilizado para la fabricación de la tubería no debe ser mayor de 0.6. Los accesorios para los extremos y las acopladuras moldeadas por rotación pueden ser producidos utilizando compuestos que tengan una clasificación de celda de índice de derretimiento de 1.

<sup>(2)</sup> La resina HDPE debe contener no menos de  $2 \pm 0.5$  por ciento de estabilizador ultravioleta de carbón negro.

**(f) Compuestos de cloruro de polivinilo.** Los compuestos de PVC utilizados en la fabricación de alcantarillas deben estar dentro de los límites de clasificación para las propiedades primarias,

según la Especificación ASTM D 1784, que se indican en detalle en la tabla 1 de dicha Especificación y cuyo resumen se muestra en la Tabla 604-2 que se muestra a continuación.

**Tabla 604-2**  
**Propiedades de los compuestos de PVC**

Propiedad	Límites
Resina base	Homopolímero de polivinilo de cloruro
Resistencia al impacto (Izod) (ASTM D 256)	< 800.7 J/m
Resistencia a la tensión (ASTM D 638)	> 41.4 MPa
Módulo de elasticidad (ASTM D 638)	> 2758 MPa
Temperatura de deflexión (ASTM D 648)	> 70 °C
Resistencia química	A, B o C (Tabla 2, ASTM D 1784)

La pérdida por ignición de los compuestos HDPE y PVC no deben exceder de 30 por ciento, tal como se indica en ASTM D 2584 Ensayo de Pérdida por Ignición de Resinas de Refuerzo, excepto que la temperatura del horno debe ser de  $450 \pm 25$  °C.

(g) **Empaques elastoméricos.** Deben cumplir con los requisitos para las aplicaciones de salto bajo descritos en ASTM F 477.

(h) **Lubricante.** El lubricante utilizado para el ensamblaje no debe tener defectos en el empaque o en la alcantarilla. Sólo se deben utilizar lubricantes recomendados por el fabricante.

(i) **Cementos solventes.** Los cementos solventes para la unión de la alcantarilla de PVC deben cumplir con lo indicado en ASTM D 2564.

El Contratista con suficiente anticipación debe suministrar al Delegado Residente para su aprobación, un Certificado de Calidad para cada tipo de alcantarilla utilizada. Este documento

debe certificar que la alcantarilla de material plástico cumple con los requerimientos de la correspondiente Especificación AASHTO o ASTM y debe indicar la resina, el peso unitario, la rigidez promedio de la alcantarilla y la fecha de fabricación.

#### 604.04 Espesor, rigidez y masa unitaria de la alcantarilla.

(a) **Espesores.** El espesor de la pared de la alcantarilla corrugada de polietileno Tipo C debe ser medido en el valle interior de la corrugación. El espesor de la alcantarilla corrugada de polietileno Tipo S debe ser el espesor del revestimiento interior medido entre los valles de las corrugaciones. El espesor de la pared de la alcantarilla de polietileno nervurada o celular debe ser medido en la angostura entre las nervaduras. El espesor de la pared de los distintos tipos de alcantarillas de polietileno, medido como antes se indica, debe ser igual o mayor que los espesores mínimos de la pared indicados en la segunda columna de la siguiente tabla.

**Tabla 604-3**  
**Espesor y rigidez de las alcantarillas de polietileno de alta densidad**

Diámetro nominal (milímetros)	Espesor mínimo de la pared (milímetros)	Rigidez mínima de la alcantarilla (kPa)
300	0.9	345
375	1.0	290
450	1.3	275
525	1.5	260
600	1.5	235
675	1.5	205
750	1.5	195
900	1.7	150
1050	1.8	140
1200	1.8	125

El espesor de la pared nervurada o celular de la alcantarilla de PVC, medido en la angostura entre las nervaduras, debe ser igual o mayor que el espesor de pared mínimo indicado en la siguiente tabla.

**Tabla 604-4**  
**Espesor, rigidez y masa unitaria de las alcantarillas nervuradas de PVC**

Diámetro nominal (mm)	Espesor mínimo de la pared (mm)	Rigidez mínima de la alcantarilla (kPa)	Masa unitaria nínima (kg./m)
450	2.41	220	9.5
525	2.67	190	12.4
600	2.92	165	15.2
675	3.18	150	18.3
750	3.43	130	22.0
900	3.94	110	29.9
1050	4.32	95	38.7
1200	4.83	80	48.4

**(b) Rigidez.** La rigidez de la alcantarilla a una deflexión del 5 por ciento, debe ser determinada de acuerdo con lo indicado en ASTM D 2412. La rigidez promedio de la alcantarilla debe ser determinada en cada lote de fabricación, ensayando un mínimo de tres especímenes. La longitud de cada espécimen de prueba debe ser igual al diámetro nominal de la alcantarilla, excepto que la longitud del espécimen no debe ser mayor de 900 mm para tuberías con un diámetro nominal mayor que 900 mm. La rigidez promedio de la alcantarilla debe ser igual o exceder el valor mínimo de rigidez para cada clase y tamaño de alcantarilla plástica listado en las Tablas 604-3 y 604-4.

(c) **Masa unitaria.** La masa unitaria de la alcantarilla debe ser calculada como la masa promedio por metro de longitud determinada de los tres especímenes de prueba tomados de cada lote de fabricación. Cada espécimen de prueba para alcantarillas de 600 mm de diámetro y menos debe tener una longitud de dos diámetros. La longitud del espécimen de ensayo para alcantarillas con un diámetro mayor que 600 mm debe ser de un diámetro o un máximo de 900 mm, el que sea menor. La masa de los especímenes de alcantarilla debe ser determinada con cualquier dispositivo para tomar pesos, que sea adecuado y que tenga una aproximación de 0.05 kg. La masa unitaria para cada clase y tamaño de alcantarilla plástica debe ser igual o mayor que los valores de masa unitaria mostrados para cada clase y tamaño de alcantarilla en las Tablas 604-4 y 604-5.

menos que se reparen a satisfacción del Delegado Residente, deben ser rechazados, aún cuando hayan sido previamente inspeccionados en la fábrica y encontrados satisfactorios.

**604.06 Inspección en el campo y aceptación.** La inspección de campo debe ser hecha por el Delegado Residente, a quien el Contratista le debe suministrar un informe detallado de las clases, tamaños o espesores, de las alcantarillas de cada embarque. Esta inspección debe incluir un examen para determinar deficiencias en las medidas especificadas, deficiencias de fabricación, la obtención de muestras para análisis químicos y pruebas físicas. Las alcantarillas contenidas en un embarque, se deben ajustar completamente a los requisitos de estas Especificaciones Generales.

**Tabla 604-5**  
**Masa unitaria de las alcantarillas de polietileno de alta densidad**

Diámetro nominal (mm)	Masa unitaria mínima		
	Tipo C corrugada (kg./m)	Tipo S corrugada (kg./m)	Nervurada (kg./m)
300	4.2	4.0	na
375	6.0	6.0	na
450	8.6	8.9	14.3
525	na	na	19.6
600	14.3	15.2	26.2
675	na	na	na
750	na	22.3	na
825	na	na	na
900	na	26.9	na

**Nota:** "na" indica que la alcantarilla de ese tamaño y tipo no está disponible en la fábrica o no ha sido aprobada para su uso.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**604.05 Manejo, transporte, entrega y almacenamiento.** Los tubos plásticos para alcantarillas se deben manejar, transportar y almacenar usando métodos que no los dañen. Los tubos averiados, a

**604.07 Colocación.** Antes de colocar las alcantarillas plásticas, el Delegado Residente debe comprobar que las zanjas hayan sido excavadas de acuerdo con los requisitos de la Sección 205 y los lechos o superficies de cimentación conformados y terminados como se indica en los planos.

La colocación de la tubería en la zanja se debe hacer sujetándola por medio de lazos o cables de Manila o cintas plásticas en toda su circunferencia. Los puntos de izaje deben ubicarse en el primer y segundo tercio, siempre que la separación entre los tercios no sea mayor de 2 metros, de lo contrario se establecerán puntos de izaje cada 2 metros.

La unión entre dos tubos puede ser del tipo integral de campana y espiga o del tipo de anillo de acople. La colocación de las alcantarillas se debe principiar en el extremo de aguas abajo con los extremos de campana en la dirección aguas arriba. En el caso de unión de tipo de campana, se utilizará un empaque de hule o un cementante o ambos. En el caso que se utilice anillo de acople, el mismo se cementará a ambos tubos.

En el extremo del tubo, se debe excavar en la superficie preparada, el espacio para acomodar la junta y para permitir un contacto firme del cuerpo de la alcantarilla en toda la superficie de cimentación. Las secciones de las alcantarillas deben ser encajadas de tal manera, que cuando se apoyen sobre la superficie de fundación, formen un fondo interior liso y uniforme.

En la instalación de tuberías múltiples, la línea central de cada una deberá ser paralela a las demás. Si los planos no indican otra cosa, la distancia libre entre dos líneas de tubería deberá ser igual a medio

diámetro.

**604.08 Relleno.** El relleno se debe hacer como se indica en la Sección 205.

No se deberá operar equipo sobre o cerca de las estructuras para evitar distorsionar la forma de las mismas. El Contratista debe proveer un control topográfico adecuado para la estructura con el objeto de verificar el movimiento de la misma. Debe revisar y controlar los movimientos de la deflexión de la estructura durante todo el tiempo que duren las operaciones de colocación del relleno. No se deberá exceder los límites recomendados por el fabricante.

**604.09 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros lineales con aproximación de dos decimales, de alcantarillas de material plástico, suministradas y colocadas satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales, los planos y las Disposiciones Especiales.

**604.10 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros lineales medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a alcantarillas de material plástico del Renglón de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Rigidez	ASTM D 2412	Tubería corrugada de polietileno	AASHTO M 294
		Tubería nervurada de polietileno	ASTM F 894
		Tubería de PVC	AASHTO M 304
		Tubería de ABS	ASTM D 2680
		Compuestos de polietileno	ASTM D 3350
		Compuestos del PVC	ASTM D 1784
		Compuestos de HDPE y PVC	ASTM D 2584
		Empaques elastoméricos	ASTM F 477
		Cementos solventes	ASTM D 2564

---

---

**SECCIÓN 605**  
**SUBDRENAJES**

---

---

- 605.01 Definición.
- 605.02 Descripción.
- 605.03 Subdrenaje de tubería perforada.
- 605.04 Subdrenaje de drenaje francés.
- 605.05 Geocompuestos para subdrenaje.
- 605.06 Perforaciones.
- 605.07 Excavación.
- 605.08 Colocación.
- 605.09 Medida.
- 605.10 Pago.



## 605.01 Definición.

**Subdrenaje.** Es el drenaje de aguas subterráneas, que se construye de tuberías perforadas, geotextil y materiales pétreos para filtro, geocompuestos o simplemente de materiales pétreos (Drenaje Francés).

**Geocompuesto.** Consiste en dos planchas interceptoras del agua subterránea conformadas por geotextiles no tejidos y georedes de polietileno. La geored es el medio drenante encargado de transportar el agua que pasa a través del filtro (geotextil). El agua interceptada por las planchas interceptoras desciende y es interceptada en el fondo por una tubería envuelta en geotextil que la conduce a una caja o cabezal para sacarla al exterior. En algunos casos no se usa la tubería, sino que el agua es conducida directamente por todo el sistema del geocompuesto.

**605.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación o suministro, transporte y colocación de tubería perforada; en la extracción, elaboración y transporte de todos los materiales pétreos necesarios; en la colocación, compactación y acabado final de la capa impermeable, donde ésta se requiera, hasta la superficie del terreno original donde se ejecutó la excavación estructural; y en la colocación del geotextil o geocompuesto en la forma que se indique en los planos, en estas Especificaciones Generales y en las Disposiciones Especiales.

## MATERIALES

### 605.03 Subdrenaje de tubería perforada.

**(a) Tubería perforada de material plástico.** La tubería perforada plástica debe ser de pared exterior e interior lisa de cloruro de polivinilo (PVC), corrugada de cloruro de polivinilo (PVC) con pared interior lisa, corrugada de polietileno o de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).

Las tuberías de pared lisa de cloruro de polivinilo (PVC) deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 278.

La tubería corrugada de polietileno debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 252 o M 294.

La tubería de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 264.

Las perforaciones de las tuberías corrugadas de PVC y de polietileno deben estar localizadas en la mitad inferior y deben consistir de ranuras que llenen los requisitos de tamaño y de área indicados en AASHTO M 252 y AASHTO M 278 respectivamente. El diámetro interior y las tolerancias en el diámetro también deben cumplir con AASHTO M 252 o AASHTO M 278. Las perforaciones de la tubería de ABS deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 278.

La tubería de PVC debe ser conectada con extremos de campana y espiga o con anillos de acoplamiento o de tope que cumplan con AASHTO M 278. La tubería de polietileno debe ser conectada con accesorios y acoplos de traba, de rosca o encamisada que cumplan con AASHTO M 252 o AASHTO M 294.

El Contratista debe suministrar al Delegado Residente un Certificado de Calidad emitido por el fabricante de las tuberías.

**(b) Salidas y sifones para subdrenaje.** Las salidas y los sifones terminales para subdrenaje, los sifones de 90° y los de 45° consistentes en cubiertas, tubería, bandas de acoplamiento, codos, T's y Y's, deben ser suministrados e instalados de acuerdo con los detalles mostrados en los planos, según estas Especificaciones Generales y las Disposiciones Especiales.

Las salidas y sifones deben ser fabricados con el mismo material que la tubería de subdrenaje. Las salidas y sifones y sus accesorios no deben ser perforados. Se debe colocar y fijar inmediatamente sobre los extremos de las salidas y de todos los tubos expuestos una malla de alambre galvanizado de 1.4 mm de diámetro con aberturas de 13 x 13 mm.

(c) **Agregado para subdrenaje sin geotextil.** El agregado debe ser arena natural limpia y libre de materia orgánica o un producto elaborado compuesto de partículas de piedra sin revestimiento, limpias, duras, durables y libres de terrones de arcilla y materia orgánica. El agregado debe cumplir con la graduación indicada en la siguiente tabla.

**Tabla 605-1**  
**Graduación para el agregado fino (AASHTO M 6)**

Tamices AASHTO M 92		Porcentaje total que pasa
$\frac{3}{8}$ "	(9.50 mm)	100
Nº 4	(4.75 mm)	95-100
Nº 8	(2.36 mm)	80-100
Nº 16	(1.18 mm)	50-85
Nº 30	(0.600 mm)	25-60
Nº 50	(0.300 mm)	10-30
Nº 100	(0.150 mm)	2-10

(d) **Agregado para subdrenaje con geotextil.** El agregado para subdrenaje con geotextil debe consistir en piedra triturada, grava triturada o simplemente grava. Las partículas deben ser duras y durables, de calidad uniforme, libres de exceso de piedras

alargadas o delgadas, deben estar limpias exentas de arcilla u otras sustancias perjudiciales. El agregado debe cumplir con cualquiera de las graduaciones indicadas en la siguiente tabla.

**Tabla 605-2**  
**Graduación para agregado grueso**

Tamices AASHTO M 92	Porcentaje total que pasa		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
1 $\frac{1}{2}$ " (38.1 mm)	100		
1" (25.0 mm)	95-100	100	
$\frac{3}{4}$ " (19.0 mm)		90-100	100
$\frac{1}{2}$ " (12.5 mm)	25-60		90-100
$\frac{3}{8}$ " (9.50 mm)		20-55	40-70
Nº 4 (4.75 mm)	0-10	0-10	0-15
Nº 8 (2.36 mm)	0-5	0-5	0-5

- (e) **Geotextiles.** Los geotextiles para subdrenaje deben permitir el paso del agua hacia los sistemas de subdrenaje reteniendo las partículas de suelo. Dado que en este caso la función principal de los geotextiles es la de filtración, ésta depende de la graduación y plasticidad de los suelos y sus condiciones hidráulicas.

Los geotextiles para subdrenaje deben de cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 211-2 siendo el valor por omisión Clase 2, además se deberán cumplir con los requisitos de sobrevivencia indicados en la Tabla 211-1 para la clase de geotextil especificada, no obstante, se podrán usar geotextiles Clase 3 si la profundidad del subdrenaje es menor de 2 m, el tamaño del agregado es menor de 30 mm y la compactación requerida es menor del 95% de la correspondiente al Proctor Estándar (AASHTO T-99).

#### 605.04 Subdrenaje de drenaje francés.

- (a) **Material para drenaje francés.** Este material puede ser grava, cantos rodados o material de cantera teniendo siempre el cuidado de no usar material deleznable o que esté recubierto de grumos o terrones de arcilla, pudiendo ser de cualesquiera forma y dimensiones. Este material no debe tener ninguna granulometría definida.
- (b) **Capa impermeable.** Sobre las capas de material para filtro, se debe colocar una capa de material impermeable de preferencia arcilla o cualquier otro, que garantice un buen recubrimiento, que evite cualquier deterioro de las capas del material de filtro.

**605.05 Geocompuestos para subdrenaje ASTM D 7001.** Consiste en el suministro de un núcleo de drenaje (Geored drenante de polietileno de alta densidad) y con una o dos capas de geotextil para drenaje subterráneo adheridos o encapsulando el núcleo. Debe incluir todos los accesorios y materiales necesarios para empalmar una lámina, panel o rollo al siguiente, así como, para conectar el geocompuesto de drenaje al colector o tubería de salida o desfogue.

Para el núcleo del drenaje se deben utilizar polímeros sintéticos de cadena larga compuestos de por lo menos 85% en masa de polipropileno, poliéster, poliamida, cloruro de polivinilo, polietileno, poliolefina o poliestireno. El núcleo se debe fabricar en láminas, paneles o rollos con la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos producidos durante la instalación, así como durante las condiciones de carga a largo plazo. El espesor del núcleo se debe construir mediante columnas, conos, nudos, cúspides, mallas, filamentos rígidos u otras configuraciones.

Si el geocompuesto para drenaje se almacena a la intemperie, se debe elevar y proteger las láminas, paneles o rollos con cubiertas impermeables y resistentes a la radiación ultravioleta.

Cuando se utilice un geocompuesto en una instalación permanente se debe limitar la exposición del geocompuesto a la radiación ultravioleta a menos de 10 días.

Cuando se requieran muestras, se debe proveer una muestra de 1.0 metro cuadrado de los productos suministrados, ya sea que éstos estén en forma de lámina o panel o una muestra de 1 metro de longitud por el ancho completo de los productos suministrados en presentación de rollo. Se debe etiquetar la muestra con el número de lote y de partida, fecha de la toma de la muestra, nombre y número del proyecto, número del Renglón, nombre del fabricante y nombre del producto.

El flujo horizontal y vertical del agua dentro del núcleo debe interconectarse en todo momento a lo largo de toda la altura del núcleo. El núcleo del drenaje, con el geotextil encapsulándolo totalmente, debe proveer una razón de flujo mínimo de 1 litro por segundo por metro de ancho cuando se ensaye de acuerdo con la norma ASTM D 4716 bajo las siguientes condiciones de ensayo:

- 1) Espécimen de 300 milímetros de longitud.
- 2) Carga aplicada de 69 kPa.
- 3) Gradiante de 0.10.

- 4) Período de asiento de 100 horas.
- 5) Banda de esponja de celda cerrada entre las platinas y el geocompuesto.

Se debe adherir firmemente el geotextil al núcleo de manera que no se formen dobleces, arrugas ni ocurra otro tipo de movimiento durante el manejo o después de la colocación. Se debe alcanzar la adherencia necesaria utilizando adhesivo insoluble en agua, sellador en caliente u otro método recomendado por el fabricante. No se debe utilizar adhesivo en las áreas del geotextil en las cuales ocurrirá el flujo.

Si se utiliza sellador en caliente, no se debe debilitar el geotextil a valores de resistencia más bajos que los requeridos. Se debe extender la tela geotextil debajo de la parte inferior del núcleo con una longitud suficiente para recubrir completamente la tubería colectora.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**605.06 Perforaciones.** El número y tamaño de las perforaciones de la tubería y la distribución de éstas en hileras debe ser el siguiente:

- (a) **Tubería perforada de cloruro de polivinilo (PVC) AASHTO M 278.** Las perforaciones deben ser circulares y cortadas limpiamente, de 4.8 a 9.5 mm de diámetro, en filas espaciadas  $75 \pm 6$  mm centro a centro y paralelas al eje longitudinal de la tubería. Las filas deben estar arregladas en dos grupos iguales a cada lado de la línea vertical central de la tubería. Las filas de perforaciones inferiores deben estar separadas por un arco de 80° medidos a través del fondo de la tubería. Las filas superiores deben estar separadas por un arco de 190°, medidos a través de la parte superior de la tubería. El espaciamiento de las filas dentro de estos límites debe ser uniforme. El número total de filas de perforaciones y dimensiones deben ser las indicadas en la Tabla 605-3.

**Tabla 605-3.**  
(Referencia Tabla 1 AASHTO M 278)  
**Filas de perforaciones, altura H sobre la cota invert y longitud de cuerda entre segmentos inferiores no perforados, como se muestra en la Figura 605-1.**

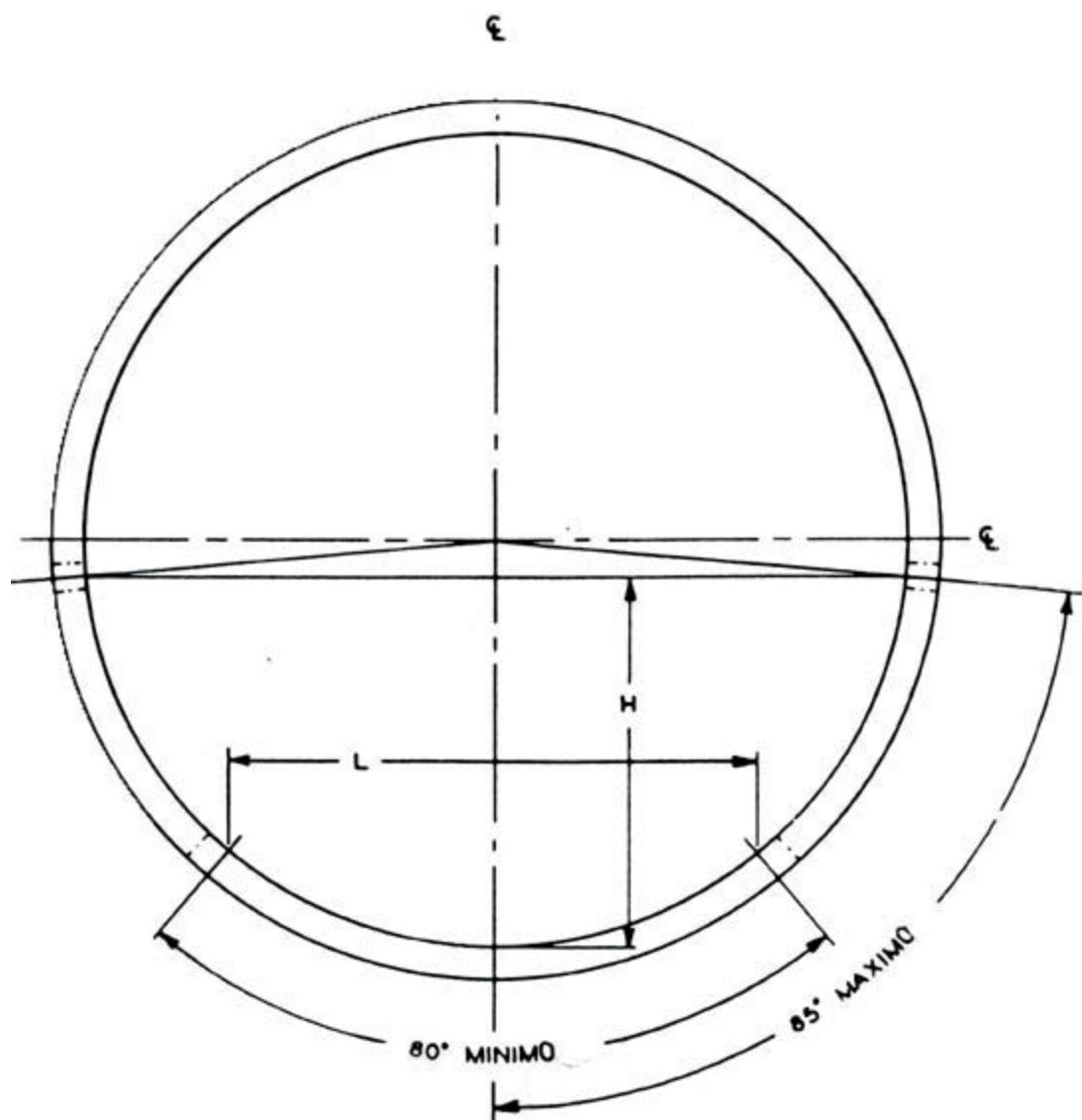
Diámetro interno (mm)	Filas de perforaciones	H, máx. (mm)	L, mín. (mm)
100	2	46	65
150	4	70	98
200	4	94	130
250	4	116	164
300	6	140	195
375	6	175	244

**(b) Tubería perforada corrugada de polietileno**

**AASHTO M 252.** Las perforaciones deben ser Clase 1, circulares con un diámetro no mayor de 5 mm para tuberías de 100 a 150 mm de diámetro, y un diámetro no mayor de 10 mm para tuberías de 200 mm a 250 mm de diámetro. Las perforaciones deben estar arregladas en filas paralelas al eje de la tubería y deben estar localizadas en los valles de las corrugaciones exteriores y en cada corrugación. Las filas de perforaciones deben estar arregladas en dos

grupos iguales colocados simétricamente a cada lado del segmento inferior no perforado, correspondiente a la línea de flujo de la tubería. El número de filas de la tubería está indicado en la tabla 605-3, el espaciamiento de las filas debe ser uniforme y no debe ser menor de 25 mm. La distancia entre centros de las filas superiores respecto al fondo del invert de la tubería (H) y la longitud de la cuerda de los segmentos no perforados (L) deben ser los indicados en la Tabla 605-3. Ver figura 605-1.

**Figura 605-1**  
Requerimientos de las perforaciones (AASHTO M252, M278, M294)



**605.07 Excavación.** La excavación de las zanjas para los subdrenajes debe hacerse de conformidad con los planos o como lo ordene el Delegado Residente y de acuerdo con las disposiciones aplicables de la Sección 205. Donde haya que colocar subdrenaje dentro o abajo de un terraplén, el terraplén debe ser construido hasta la altura de la parte superior del subdrenaje, antes de hacer la excavación de la zanja.

**605.08 Colocación.**

**(a) Drenaje francés.**

**(1) Material para drenaje francés.** Es el indicado en la Especificación 605.04 (a), después que la excavación haya sido terminada de acuerdo con la línea y pendiente dada, se debe colocar en forma tal que las piedras de mayores dimensiones, queden en el fondo de la excavación y colocar hacia arriba consecutivamente las de dimensiones menores en forma decreciente y a continuación el material fino. Las piedras que van apoyadas en el fondo de la excavación, deben tener por lo menos en su dimensión menor, un tamaño de un 35% del ancho de la excavación para que, en conjunto con la capa inmediata superior, formen un canal en el fondo de la excavación.

Para drenaje francés, las pendientes deben ser 0.3% mínimo y 0.5% máximo.

**(2) Capa impermeable.** Sobre las capas del drenaje francés, se debe colocar la capa impermeable indicado en la Especificación 605.04 (b).

**(b) Subdrenaje con geotextil (con o sin tubería perforada).**

**(1) Geotextil.** El geotextil para filtro debe ser colocado después de haber sido terminada la excavación, recubriendo el fondo y las caras laterales de la zanja hasta una altura igual a la altura del filtro de agregado grueso y cubriendo totalmente la parte superior del

mismo. La superficie donde se colocará la tela debe estar libre de materiales extraños y sueltos y de objetos cortantes que puedan dañar el geotextil durante su instalación. El geotextil se debe colocar suelto (no tenso), sin arrugas ni pliegues. Se debe tener especial cuidado para evitar que queden espacios vacíos entre el geotextil y la zanja. Los pliegos sucesivos de geotextil deben ser traslapados un mínimo de 300 mm con el pliego en el sentido aguas arriba traslapando el pliego colocado aguas abajo.

En zanjas mayores de 300 mm de ancho, después de colocar el material granular para filtro o agregados de drenaje, el geotextil se debe doblar sobre la parte superior del material de relleno de manera que haya un traslape mínimo de 300 mm. En zanjas menores de 300 mm el traslape será igual al ancho de la zanja.

La colocación de los agregados del subdrenaje debe efectuarse inmediatamente después de la colocación del geotextil. El geotextil debe de recubrirse con un espesor mínimo de 300 mm de agregados sueltos antes de proceder a la compactación. Si en la zanja se coloca una tubería perforada, previo a la colocación de la tubería y de los agregados del subdrenaje, se deberá de formar una cuna para la tubería para posteriormente proceder a colocar el espesor mínimo de agregados indicado anteriormente sobre la corona de la tubería.

Si se daña el geotextil durante la colocación, la sección rota o punzonada debe ser reemplazada totalmente o reparada, colocando un parche lo suficientemente grande para cubrir el área dañada y que llene los requisitos de traslape.

Los daños hechos al geotextil, resultantes de las operaciones del Contratista, de sus vehículos o de su equipo, deben ser reparados o el geotextil reemplazado, a su costa.

- (2) Tubería perforada.** Cuando se indique en los planos, la tubería perforada se debe colocar después de colocar el geotextil y sobre una cama, de 50 milímetros de espesor, de material granular. La capa de material granular servirá para acuñar perfectamente el geotextil al fondo y paredes de la zanja para evitar que queden espacios vacíos entre el geotextil y la zanja.

La colocación se debe principiar en el extremo de aguas abajo, con los extremos de campana o ranura en la dirección aguas arriba. La tubería perforada se debe colocar de tal manera, que no haya perforaciones en la mitad superior de ella.

La tubería perforada se debe conectar a los pozos de visita, tragantes y similares, según lo requieran los planos o lo ordene el Delegado Residente; y se debe hacer la conexión o salida construyendo un cabezal apropiado.

En los casos en que se requiera subdrenajes de tubería perforada con ramales, en el centro de la carretera, las conexiones de éstos entre sí se deben hacer con los accesorios apropiados, los cuales el Contratista debe proporcionar como parte de este trabajo.

Para los subdrenajes laterales de 100 y 150 milímetros de diámetro, la pendiente mínima debe ser de 0.2 a 0.3%. Normalmente para todos los subdrenajes, la pendiente debe ser 0.5% mínimo y 1.00% máximo.

- (3) Material granular para filtro.** El material granular para filtro se colocará en capas con el espesor autorizado por el Delegado Residente y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la zanja. Para las condiciones normales de colocación, la altura máxima de caída del material no debe exceder de 1.0 metro. El relleno se llevará a cabo hasta la altura

indicada en los planos o autorizada por el Delegado Residente.

Completado el relleno del filtro con el material granular, se harán los traslapos del geotextil. El geotextil debe ser cubierto inmediatamente con el suelo proveniente de la excavación, si éste no es inadecuado. Este material se debe compactar en capas sucesivas con un espesor no mayor de 100 milímetros hasta alcanzar la altura requerida en los planos. Si el material es inadecuado, se deberá obtener material de relleno de otro lugar. La compactación se efectuará con equipo vibratorio a un mínimo del 95% de compactación Proctor Estándar (AASHTO T 99). Si por razones de tránsito se requiere un nivel de compactación mayor se deberán de usar geotextiles Clase 1 conforme se indica en la Tabla 211-1.

- (c) Geocompuestos.** Cuando así esté indicado su uso en los planos, se debe extender la manga del geocompuesto para introducir la tubería perforada. El geocompuesto debe ser colocado de manera que no se restrinja el flujo a través del núcleo. No se debe colocar geocompuestos contra un mortero de menos de 4 días de edad.

Los rollos del geocompuesto, deben empalmarse de manera que se evite la infiltración de suelo dentro del núcleo. Los empalmes deben construirse de manera que el flujo en los extremos a empalmar sea continuo. El geotextil debe ser traslapado un mínimo de 75 mm en la dirección del flujo del agua. En los empalmes verticales el geotextil debe traslaparse en la dirección en que se coloque el material de relleno.

El geocompuesto ya ensamblado con el tubo debe ser colocado dentro de la zanja del subdrenaje con el rostro del geocompuesto contra el lado de la zanja donde fluye el agua. El geocompuesto se anclará al terreno natural de tal forma que no se vaya a deslizar. Para su anclaje se utilizarán ganchos metálicos. Si la pared de la zanja es irregular, ésta debe ser

alisada o se debe colocar una capa de material granular entre el geocompuesto y la pared de la zanja.

Se utilizará como material de relleno de la zanja el mismo suelo de la excavación. Si este suelo presenta un índice de plasticidad mayor a 7, se reemplazará por otro material de mejor calidad. El resto del relleno debe ser colocado y compactado de acuerdo con lo indicado en la Sección 205.

Cuando se utilice un geocompuesto junto con una membrana impermeable en muros de contención fabricados de concreto estructural, los paneles del drenaje, compatibles con la membrana, deben ser instalados utilizando métodos recomendados por el fabricante de la membrana.

El núcleo de drenaje debe ser conectado a la tubería colectora de manera que el flujo sea continuo a través de todo el sistema.

#### 605.09 Medida.

- (a) **Tubería perforada.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros lineales con aproximación de dos decimales, de tubería perforada de los diámetros especificados, medidos según su alineamiento, suministrados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales. La medida de este trabajo incluye todos los accesorios necesarios.
- (b) **Material granular para filtro.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos con aproximación de dos decimales, de material granular para filtro, suministrados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales; y las dimensiones deben ser tomadas desde el fondo de la excavación hasta la parte superior del material para filtro y a todo lo ancho de la excavación, descontando el volumen que ocupa el cilindro correspondiente al diámetro exterior de la tubería.

(c) **Drenaje francés.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales de drenaje francés, suministrados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales; y las dimensiones deben ser tomadas desde el fondo de la excavación hasta la parte superior del agregado para filtro y a todo lo ancho de la excavación. Este trabajo incluye el suministro y colocación de la capa impermeable.

- (d) **Geotextil.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales de geotextil suministrado y colocado satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.
- (e) **Geocompuesto.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales de geocompuesto suministrado y colocado satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.
- (f) En este trabajo, no se debe hacer ninguna medida de la excavación, la cual se debe medir de acuerdo con la Sección 205.

#### 605.10 Pago.

- (a) **Tubería perforada.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros lineales medidos como se indica en la Especificación 605.09 (a) al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de la tubería perforada, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. El pago de este trabajo incluye también todos los accesorios.
- (b) **Material granular para filtro.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos, medidos como se indica en la Especificación 605.09 (b), al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de Material Granular para Filtro, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

- (c) **Drenaje francés.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 605.09 (c), al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de Drenaje Francés, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. El pago de este trabajo, comprende también el suministro y colocación de la capa impermeable.
- (d) **Geotextil.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros cuadrados medidos como se indica en la Especificación 605.09 la Especificación (d) al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de Geotextil, cuyo costo incluye

el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

- (e) **Geocompuesto.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros cuadrados medidos como se indica en la Especificación 605.09 (e) al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de Geocompuesto, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.
- (f) En este trabajo no se debe incluir el pago de la excavación, la cual se debe pagar de acuerdo con la Sección 205.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Resistencia a la compresión de plásticos celulares rígidos	ASTM D 1621	Tubería perforada de PVC	AASHTO M 278
Determinación tasa de flujo de geosintéticos usando carga constante	ASTM D 4716	Tubería corrugada de polietileno	AASHTO M 252 AASHTO M 294
Tamaño de apertura aparente geotextiles	ASTM D 4751	Tubería de ABS y PVC	AASHTO M 264
		Perforaciones en tuberías de PVC, polietileno y ABS	AASHTO M 252 AASHTO M 278



---

---

**SECCIÓN 606**  
**DRENAJES HORIZONTALES**

---

---

- 606.01 Definición.
- 606.02 Descripción.
- 606.03 Tubería.
- 606.04 Perforaciones.
- 606.05 Colocación.
- 606.06 Medida.
- 606.07 Pago.



## 606.01 Definición.

**Drenajes horizontales.** Son los drenajes, de tubería perforada colocados a presión dentro de los taludes de corte de la carretera y para el drenaje de éstos.

**606.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro, transporte y colocación a presión dentro del talud, de tuberías perforadas, perpendiculares aproximadamente a la línea central de la carretera a menos que en los planos se indique un esviaje o una inclinación determinados. Este trabajo también incluye la perforación de agujeros guía, si éstos son necesarios.

## MATERIALES

**606.03 Tubería.** Los drenajes horizontales deben ser de tuberías de acero galvanizado corrugado de acuerdo con AASHTO M 36 con perforaciones Clase 1, tuberías de acero galvanizado de conformidad con AASHTO M 218, o tuberías de polietileno corrugado de conformidad con AASHTO M 252 o tuberías perforadas de cloruro de polivinilo (PVC) Clase PS46 según AASHTO M 278 y deben de cumplir con lo que corresponda para tuberías de subdrenaje.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**606.04 Perforaciones.** Las perforaciones de los tubos para los drenajes horizontales podrán consistir en agujeros o en ranuras.

**(a) Tubería ranurada.** La tubería ranurada debe tener dos filas de ranuras. Las filas deben estar en la dirección longitudinal de la tubería y las ranuras deben ser cortadas en dirección circunferencial. Las filas deben estar centradas en 2 de los puntos terceros (separadas 120°) de la circunferencia. Cada fila de ranuras debe cumplir con una de las configuraciones indicadas en la tabla siguiente.

Nº de ranuras /m	Ancho de las ranuras (mm)	Área mínima total de las ranuras /m (mm <sup>2</sup> )
69-75	1.27	2110
72-78	0.51	975
148-154	0.25	975

El Delegado Residente determinará la configuración a utilizar. Las ranuras deben estar espaciadas uniformemente a lo largo de la tubería. El área mínima debe ser medida en la superficie interna de la tubería.

**(b) Tubería perforada.** La tubería perforada debe tener 3 filas de perforaciones, con una fila a cada lado de la tubería (separadas 120°) y la tercera en la parte superior. Las perforaciones deben tener un diámetro de 10 mm y deben estar espaciadas a 75 mm entre centros con las perforaciones en la parte superior alternadas en relación con las perforaciones laterales.

En la salida del drenaje se debe colocar un tramo de tubería sin perforar con una longitud tal que el agua no se derrame sobre el talud.

**606.05 Colocación.** Los sitios de ubicación de los drenajes horizontales, deben ser establecidos mediante las observaciones que se ejecuten durante el proceso de construcción de la carretera y ubicados topográficamente de conformidad con los planos o según lo ordene el Delegado Residente. La superficie sobre la que se instalarán deberá estar limpia y libre de zonas que puedan presentar riesgos de desprendimientos. Los largos y diámetros de las tuberías, deben ser determinados por observaciones y mediciones necesarias, ejecutadas para cada caso en particular por el Delegado Residente. La forma y procedimientos de colocación, pueden ser por

medios manuales o mecánicos, usando la mano de obra y equipo más adecuado y lo indicado en los planos. Simultáneamente con la introducción de la tubería dentro del talud, se debe extraer el material que se va depositando en su interior, para ayudar a la colocación y también para garantizar un buen funcionamiento hidráulico de la misma posteriormente.

Los drenajes horizontales instalados en las terrazas de los taludes de corte deben ser completados antes de efectuar cualquier excavación a más de 12 m por debajo de la elevación de la terraza donde se instalará el drenaje.

Las perforaciones horizontales guía deben ser barrenadas con equipo rotativo capaz de perforar agujeros con un diámetro de 75 a 150 mm y con una longitud de hasta 20 m dentro de la roca o el suelo.

La tubería debe ser instalada empujándola dentro de la perforación con las ranuras o perforaciones en la parte superior o, a opción del Contratista, debe ser instalada insertando la tubería dentro de la varilla de perforación y luego retirando la varilla de manera que el agujero perforado quede entubado en toda su longitud. La operación de entubado del agujero perforado debe ser hecha de tal manera que el entubado forme una tubería continua sin reducciones de diámetro y sin daños de tal magnitud que la eficiencia del drenaje se vea disminuida.

El espacio entre el agujero perforado y la tubería debe ser rellenado firmemente con suelo por una

longitud de por lo menos 0.6 m medidos a partir del extremo de salida del agujero. Se debe utilizar tubería sin perforar en los últimos 3 a 6 metros del extremo de salida. El espacio entre el suelo y la tubería sin perforar de los 3 m medidos a partir de la salida debe ser sellado utilizando un material impermeable aprobado. No se debe sellar el espacio entre el suelo y la tubería ranurada.

Los extremos de salida de todos los drenajes horizontales deben ser equipados con los accesorios necesarios para conectarlos con el sistema colector.

Durante las operaciones de perforación, el Contratista debe determinar la elevación en el extremo interior del agujero perforado para el drenaje horizontal. Cuando se utilice agua en las operaciones de la perforación guía, el Contratista será responsable de no dañar cauces de agua superficial ni erosionar el talud.

**606.06 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de drenajes horizontales suministrados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**606.07 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros lineales medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Drenajes Horizontales, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Tubería corrugada de acero	AASHTO M 36
	Tubería de acero galvanizado	AASHTO M 218
	Tubería de PVC	AASHTO M 278

---

**SECCIÓN 607**  
**CAJAS Y CABEZALES PARA**  
**ALCANTARILLAS**

---

- 607.01 Definición.
- 607.02 Descripción.
- 607.03 Concreto ciclópeo.
- 607.04 Concreto clase 17.5 MPa (2,500 psi).
- 607.05 Mampostería de piedra.
- 607.06 Mampostería de ladrillo o bloque.
- 607.07 Cajas y cabezales de concreto clase 17.5 MPa (2500 psi) o ciclópeo.
- 607.08 Cajas y cabezales de mampostería de piedra.
- 607.09 Cajas y cabezales de mampostería de ladrillo o bloque.
- 607.10 Medida.
- 607.11 Pago.



## 607.01 Definición.

**Cajas y cabezales para alcantarillas.** Son las estructuras de concreto ciclópeo, concreto Clase 17.5 MPa (2500 psi), mampostería de piedra, mampostería de ladrillo o bloque, colocadas en los extremos de las alcantarillas (entrada y salida), para encauzar el agua y protección de la carretera.

**607.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo y almacenamiento de los materiales y la construcción de las cajas y cabezales. Las cajas y cabezales deben ser de los tipos y dimensiones, indicados en los planos. El tipo a construir en cada caso, debe ser determinado en el campo por el Delegado Residente.

## MATERIALES

**607.03 Concreto ciclópeo.** La calidad de los materiales del concreto ciclópeo para estas estructuras, debe ser la indicada en la Sección 555.

**607.04 Concreto clase 17.5 Mpa (2,500 psi).** La calidad de los materiales del concreto clase 17.5 MPa (2,500 psi) para estructuras, debe ser la indicada en la Sección 551.

**607.05 Mampostería de piedra.** La calidad de los materiales de la mampostería de piedra para estas estructuras, debe ser la indicada en la Sección 565.

**607.06 Mampostería de ladrillo o bloque.** La calidad de los materiales de la mampostería de ladrillo o bloque para estas estructuras, deben ser las indicadas en la Sección 566.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**607.07 Cajas y cabezales de concreto clase 17.5 MPa (2,500 psi) o ciclópeo.** La profundidad de cimentación debe ser la indicada en los planos. La hechura y remoción de formaleta, la colocación y

curado del concreto se deben ejecutar de acuerdo con lo indicado en las Secciones 551, 555 y 556.

Si por alguna razón se suspende la fundición, en donde se haya dado la interrupción se debe hacer una junta de construcción. Para que las siguientes capas de concreto queden bien unidas, se deben dejar llaves, en el caso de concreto ciclópeo, las llaves podrán estar formadas por piedras angulosas u otras recomendadas para estos casos.

A las superficies de las cajas y cabezales de concreto Clase 17.5 MPa (2,500 psi) o ciclópeo, no se les debe dar un acabado especial, sino que el rústico dejado por las formaletas, si los planos no indican otra cosa.

**607.08 Cajas y cabezales de mampostería de piedra.** La profundidad de cimentación debe ser la indicada en los planos. El levantado de la mampostería o colocación de las Piedras y el mortero se debe hacer de acuerdo con lo indicado en la Sección 565.

Las superficies de las cajas y cabezales de mampostería de piedra no se deben repellar, a menos que así se indique en los planos.

**607.09 Cajas y cabezales de mampostería de ladrillo o bloque.** La profundidad de cimentación debe ser la indicada en los planos. El levantado de la mampostería o colocación de los ladrillos y el mortero se debe hacer de acuerdo con lo indicado en la Sección 566.

Las superficies de las cajas y cabezales de mampostería de ladrillo o bloque, no se deben repellar, a menos que en los planos así se indique.

**607.10 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos con aproximación de dos decimales, de Cajas y Cabezales de Concreto Clase 17.5 MPa (2,500 psi) o de Concreto Ciclópeo, Mampostería de Piedra, Mampostería de Ladrillo o

Bloque, construidos satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**607.11 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Cajas y Cabezales de Concreto

Clase 17.5 MPa (2,500 psi) o de Concreto Ciclópeo, Mampostería de Piedra, Mampostería de Ladrillo o Bloque, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Concreto ciclópeo	Sección 555*
	Concreto clase 17.5 (2,500)	Sección 551*
	Mampostería de piedra	Sección 565*
	Mampostería de ladrillo o bloque	Sección 566*

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales.

---

**SECCIÓN 608**  
**CUNETAS Y CONTRACUNETAS**  
**REVESTIDAS**

---

- 608.01 Definición.
- 608.02 Descripción.
- 608.03 Piedra ligada con mortero.
- 608.04 Concreto simple fundido en sitio.
- 608.05 Concreto simple prefundido.
- 608.06 Mezclas asfálticas.
- 608.07 Piedra ligada con mortero.
- 608.08 Concreto simple fundido en sitio.
- 608.09 Concreto simple prefundido.
- 608.10 Mezclas asfálticas.
- 608.11 Inspección en el campo y aceptación
- 608.12 Medida.
- 608.13 Pago.



## 608.01 Definición.

**Cunetas y contracunetas revestidas.** Son los canales, situados a ambos lados de la carretera o en las entradas y salidas de las estructuras de drenaje, en las áreas de División de Proyectos con pistas separadas o como contracunetas en las bermas en los escalonamientos de taludes de corte de mayor altura y en los taludes de relleno al pie o sobre su talud. Las cunetas y contracunetas revestidas se podrán construir con recubrimientos de: piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

**608.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción. También se incluye en este trabajo, todas las operaciones necesarias de alineamiento, excavación, conformación de la sección y compactación del suelo, para la correcta construcción de las Cunetas y Contracunetas revestidas, de acuerdo con los planos, así mismo la construcción de vertederos y disipadores de energía que correspondan.

Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de las Cunetas y contracunetas Revestidas, deben ser las indicadas en los planos o como las ordene el Delegado Residente.

Antes de colocar cualquiera de los revestimientos mencionados anteriormente, se debe conformar y compactar la superficie de las cunetas y contracunetas sobre la que se colocará el revestimiento, debiendo retirar cualquier materia extraña o suelta que se encuentre en las mismas.

## MATERIALES

### 608.03 Piedra ligada con mortero.

(a) **Piedra.** La piedra para el revestimiento de las cunetas y contracunetas, puede ser canto rodado o material de cantera labrada o no labrada. También se pueden usar residuos de pavimento de concreto con la aprobación del Delegado Residente. La piedra debe ser dura, sana, libre de grietas u otros defectos estructurales que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie. Las superficies de las piedras deben estar exentas de tierra, arcilla o cualquier materia extraña, que pueda obstaculizar la perfecta adherencia del mortero. Las piedras pueden ser de cualquier forma, pero una de sus superficies debe ser aproximadamente plana, de un decímetro cuadrado de área y un espesor no menor de 100 milímetros. En caso de usar canto rodado, no debe tener necesariamente alguna de las superficies plana; pero en todo caso el material a usar debe ser aprobado por el Delegado Residente.

(b) **Mortero.** El mortero para la construcción de las cunetas, debe cumplir con los requisitos indicados en la Sección 565.

**608.04 Concreto simple fundido en sitio.** El concreto para el revestimiento de las cunetas y contracunetas, debe ser de clase 14 MPa (2,000 psi) y debe cumplir con los requisitos de 551.

### 608.05 Concreto simple prefundido.

(a) **Planchas.** Las planchas para revestimiento de las cunetas y contracunetas, deben ser fabricadas de concreto clase 14 MPa (2,000 psi) y deben cumplir con los requisitos de 551.

- (b) Mortero.** El mortero para la unión de las planchas, debe cumplir con los requisitos indicados en 565.

**608.06 Mezclas asfálticas.** La mezcla asfáltica para revestimiento de cunetas y contracunetas, debe consistir en concreto asfáltico en caliente mezclado en planta de acuerdo con la Sección 401 o bien mezcla en frío en planta de acuerdo con la Sección 403.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

### 608.07 Piedra ligada con mortero.

- (a) Preparación y colocación de la piedra.** Las superficies de las piedras, se deben humedecer antes de colocarlas, para remover la tierra, arcilla o cualquier materia extraña; deben ser rechazadas las piedras cuyos defectos no se puedan remover por medio de agua y cepillo. Las piedras limpias se deben ir incrustando cuidadosamente sobre la superficie del terreno debidamente preparado, con las superficies planas si las tiene hacia el exterior. La separación entre piedra y piedra no debe ser menor de 30 milímetros ni mayor de 50 milímetros, las cuales deben quedar completamente llenas de mortero.

Las piedras se deben manipular en tal forma, que no golpeen a las ya colocadas para que no alteren su posición.

No se debe permitir rodar o dar vuelta a las piedras sobre la cuneta y contracuneta, ni golpearlas o martillarlas una vez colocadas. Si una piedra se afloja después de que el mortero haya alcanzado el fraguado inicial, se debe remover la piedra y el mortero circundante, y colocarla de nuevo.

- (b) Elaboración y colocación de mortero.** Debe cumplir con lo especificado en la Sección 565, en lo que sea aplicable a cunetas y contracunetas revestidas. El mortero colocado en las juntas debe penetrar 13 milímetros debajo de la superficie. Se debe remover el exceso de mortero de la superficie.

Las cunetas y contracunetas se deben mantener húmedas durante 6 horas después de haber sido terminadas. No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre las cunetas y contracunetas terminadas, por lo menos durante 2 días después de haber terminado el trabajo.

**608.08 Concreto simple fundido en sitio.** La elaboración y colocación del concreto para revestimiento de cunetas y contracunetas, debe cumplir en lo aplicable, con los requisitos indicados en las secciones 551 y 553. Se debe colocar el concreto, principiando en el extremo de la cuneta y contracuneta a revestir y avanzando en el sentido ascendente de la pendiente de la misma. Se deben dejar juntas de construcción a cada 2 metros, con un espesor de 3 mm. Se debe tener cuidado en la colocación de la formaleta y al colocar el concreto se deben nivelar bien las superficies para que las cunetas y contracunetas queden con la forma y dimensiones indicadas en los planos. El espesor mínimo de la cuneta y contracuneta debe ser de 70 milímetros.

### 608.09 Concreto simple profundido.

- (a) Fabricación y colocación de las planchas.** La fabricación de las planchas de concreto para el revestimiento de cunetas y contracunetas, se debe cumplir en lo aplicable, con los requisitos indicados en las Secciones 551 y 553. Las formas y dimensiones de las planchas deben ser las indicadas en los planos, con un espesor mínimo de 70 milímetros. Las superficies de las planchas, se deben humedecer antes de ser colocadas, e irlas colocando cuidadosamente, sobre la superficie del terreno debidamente preparado. La separación entre plancha y plancha no debe ser menor de 15 ni mayor de 30 milímetros, las cuales deben quedar completamente llenas de mortero. No se debe permitir arrastrar o dar vuelta a las planchas sobre la cuneta o contracuneta, ni golpearlas o martillarlas una vez colocadas. Si una plancha se afloja después de que el mortero haya alcanzado el fraguado inicial, se debe remover la plancha y el mortero circundante y colocarla de nuevo.

**(b) Elaboración y colocación del mortero.** Debe cumplir con lo especificado en la Sección 565.

**608.10 Mezclas asfálticas.** La colocación de las mezclas asfálticas para revestimiento de cunetas y contracunetas, debe cumplir, en lo aplicable, con los requisitos indicados en la Sección 401, para concreto asfáltico en caliente mezclado en planta; y en la Sección 403 para mezcla en frío elaborado en planta. Antes de la colocación de las mezclas, siempre se debe verificar alineamiento, sección y pendiente para que estén de acuerdo con los planos; se debe retirar de las cunetas y contracunetas todo material suelto o extraño que se encuentre sobre la superficie de las mismas y al colocar la mezcla dar la compactación debida.

El espesor mínimo del concreto asfáltico mezclado en caliente debe ser de 30 milímetros y el de mezcla en frío de 40 milímetros.

**608.11 Inspección en el campo y aceptación.** El Delegado Residente sólo aceptará cunetas y contracunetas cuya sección corresponda a las indicadas en los planos. Las juntas deberán encontrarse selladas adecuadamente con el mortero aprobado. No se aceptarán cunetas y contracunetas terminadas con depresiones, traslapos o variaciones en la sección, que impidan el flujo de la escorrentía. Si existe un espacio entre la pista y la cuneta, se deberá construir un pañuelo para facilitar que fluya el agua

hacia la cuneta y cuando así lo ordene el Delegado Residente, se podrá revestir dicho pañuelo para su impermeabilización.

**608.12 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de Cunetas y Contracunetas Revestidas de Piedra Ligada con Mortero, Concreto Simple Fundido en Sitio, Concreto Simple Prefundido, o de Mezclas Asfálticas, construidas satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

También se debe incluir en esta medida los Vertederos y Cortinas. En el caso de cortinas si tienen un espesor mayor que el especificado para cunetas y contracunetas, al volumen construido se le debe calcular su equivalente en metros cuadrados del espesor correspondiente al tipo o clase de cuneta de que se trate.

**608.13 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros cuadrados, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente al Renglón de Cunetas y Contracunetas Revestidas de Piedra Ligada con Mortero, Concreto Simple Fundido en Sitio, Concreto Simple Prefundido, o de Mezclas Asfálticas; así como Vertederos, disipadores de energía y Cortinas, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Concreto clase 14 (2,000)	Sección 551*
	Concreto asfáltico en caliente	Sección 401*
	Mezcla asfáltica en frío	Sección 403*
	Mampostería de piedra	Sección 565*

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales.



---

**SECCIÓN 609**  
**BORDILLOS**

---

- 609.01 Definición.
- 609.02 Descripción.
- 609.03 Requisitos de los materiales.
- 609.04 Colocación.
- 609.05 Medida.
- 609.06 Pago.



## 609.01 Definición.

**Bordillos.** Son las estructuras de concreto simple, que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera para el encauzamiento de las aguas en combinación con disipadores de energía en su descarga, sobre todo en las secciones en relleno, así como para el ordenamiento del tráfico y seguridad del usuario.

**609.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción. También se incluye en este trabajo, la formaleta, excavación si la hay y todas las operaciones necesarias para la correcta construcción de los bordillos, de acuerdo con los planos.

## MATERIALES

**609.03 Requisitos de los materiales.** El bordillo debe ser de concreto clase 17.5 MPa (2,500 psi) y debe cumplir, en lo aplicable, con los requisitos de la Sección 551.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**609.04 Colocación.** Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de los bordillos, deben ser los indicados en los planos. La elaboración, colocación y curado del concreto, la construcción, colocación y remoción de la formaleta, debe cumplir en lo aplicable, con los requisitos de las Secciones 551 y 553. Los bordillos se pueden construir por medios manuales o por medio de equipo fabricado especialmente para esta clase de trabajo. Si el bordillo es construido a mano, debe tener juntas de dilatación cada 10 metros como máximo y de un espesor máximo de 15 milímetros. En el caso de ser construido con equipo especial, solamente se deben requerir ranuras del espesor indicado anteriormente, cada 2 metros y en la parte superior del mismo.

Cuando el bordillo se construye adyacente o con un pavimento de concreto hidráulico las juntas de dilatación deben coincidir con las del pavimento.

Cuando los bordillos se construyan en el centro de la sección típica como elemento de separación entre las pistas de la carretera, la colocación de los bordillos, particularmente en las curvas, no deberá ser continua y se deberán dejar espacios que eviten empozamientos en la pista que se localice a mayor altura. Los espacios entre tramos de bordillo deberán colocarse con un espaciamiento suficiente y una longitud adecuada para evitar que el agua fluya de una a otra pista con caudales y velocidades elevadas especialmente en pavimentos de concreto en donde se puede inducir la erosión en las juntas del pavimento.

**609.05 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros lineales de bordillos, con aproximación de dos decimales, medidos a lo largo de la línea central de los mismos, construidos satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**609.06 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros lineales medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Bordillos, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## **RESUMEN DE NORMAS**

<b>Ensayos</b>	<b>Materiales</b>	
	Concreto clase 17.5 (2,500)	Sección 551*
	Estructuras de concreto	Sección 553*

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales

---

---

**SECCIÓN 610**  
**CAPA FILTRANTE**

---

---

- 610.01 Definición.
- 610.02 Descripción.
- 610.03 Requisitos de los materiales.
- 610.04 Colocación.
- 610.05 Medida.
- 610.06 Pago.



## 610.01 Definición.

**Capa filtrante.** Es el material especial que se coloca sobre los taludes debajo del zampeado, para evacuar el agua que se acumula en esos lugares.

**610.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la extracción o elaboración, suministro, transporte, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción. También se incluye en este trabajo, la preparación de las superficies en las cuales a veces puede ser necesario ejecutar alguna excavación o nivelación para la correcta colocación de la Capa Filtrante o la colocación de una tela geotextil, de conformidad con los planos o como lo ordene el Delegado Residente.

## MATERIALES

**610.03 Requisitos de los materiales.** Los materiales para la construcción de la capa filtrante deben cumplir con lo establecido en las siguientes secciones:

- (a) **Arena.** La arena para el relleno permeable debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 6, Clase B.
- (b) **Grava o piedra triturada.** El Contratista debe suministrar grava o piedra triturada dura y durable que cumpla con los requisitos de graduación de la siguiente tabla.

**Tabla 610-1**  
**Requisitos de graduación de la capa filtrante**

Tamaño del tamiz	Porcentaje en masa que pasa el tamiz (AASHTO T 11 y T 27)
75.0 mm	100
19.0 mm	50-90
4.75 mm	20-50
0.075 mm	0-2

- (c) **Geotextiles.** De acuerdo a la función que deban cumplir según lo indicado en los planos u ordenado por el Delegado Residente se aplicará lo que corresponda según las Especificaciones 251.03 (d) o los requisitos de resistencia y durabilidad para aplicaciones para subdrenajes o de control permanente de la erosión indicados en la Sección 211 para geotextiles, para subdrenaje y geotextiles para control permanente de la erosión.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**610.04 Colocación.** Antes de colocar los materiales de la capa filtrante, se debe nivelar y compactar la superficie. Posteriormente, si así está indicado en los planos o establecido en las Disposiciones Especiales, se colocará la tela geotextil y a continuación se colocarán los materiales de la capa filtrante cuidadosamente, de tal manera que se construyan capas bien conformadas y de espesor uniforme. El material fino debe quedar en contacto con el terraplén de los taludes o subrasante y a continuación el material grueso sobre el cual va colocado el zampeado.

**610.05 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales de Capa Filtrante y por la cantidad de metros cuadrados con aproximación de dos decimales de tela geotextil excluyendo las áreas de traslape, en el caso que el uso de esta tela esté establecido. Ambos componentes colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**610.06 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos medidos como se indica anteriormente y metros cuadrados de tela geotextil, a los costos unitarios de contrato, correspondiente a Capa Filtrante y tela geotextil, cuyos costos incluyen

el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconocerá pago por el uso de tela geotextil, cuando el pago correspondiente a esta tela haya sido incluido en la Sección 251.

---

**SECCIÓN 611**  
**LIMPIEZA, REACONDICIONAMIENTO**  
**O REMOCIÓN DE ESTRUCTURAS**  
**DE DRENAJE EXISTENTES**

---

- 611.01 Definición.
- 611.02 Descripción.
- 611.03 Limpieza de estructuras de drenaje existentes.
- 611.04 Reacondicionamiento de estructuras de drenaje.
- 611.05 Remoción, limpieza y reutilización de estructuras de drenaje.
- 611.06 Remoción de estructuras de drenaje existentes.
- 611.07 Medida.
- 611.08 Pago.



### 611.01 Definición.

Esta operación tiene por objeto, conservar en las mejores condiciones las diferentes estructuras de drenaje existentes en el proyecto, incluyendo sus vertederos y recubrimientos del fondo incluyendo la entrada y salida de estas estructuras, para su óptimo funcionamiento.

**611.02 Descripción.** Este trabajo consistirá en la limpieza, reacondicionamiento, reinstalación de piezas en buen estado o remoción de las estructuras de drenaje existentes y sus obras anexas de acuerdo con estas Especificaciones y de conformidad con las ubicaciones indicadas en los planos o las establecidas por el Delegado Residente.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**611.03 Limpieza de estructuras de drenaje existentes.** El Contratista deberá hacer, una limpieza completa de las estructuras de drenaje existentes, incluyendo su entrada y salida, al inicio de la construcción de la obra, manteniéndolas en funcionamiento durante la ejecución de los trabajos y una limpieza completa al finalizar la obra.

**611.04 Reacondicionamiento de estructuras de drenaje.** Después de la limpieza inicial, el Contratista deberá hacer el reacondicionamiento o reparación de todas aquellas partes de las estructuras que deban ser reparadas para mantenerlas en adecuadas condiciones de funcionamiento, según se establezca en las Disposiciones Especiales.

**611.05 Remoción, limpieza y reutilización de estructuras de drenaje.** Cuando de conformidad con el diseño, una estructura de drenaje deba ser removida y sustituida por otra de dimensiones mayores o por cambios de localización, si la estructura removida puede ser reutilizada, será retirada cuidadosamente, se limpiará todo material

de desecho existente tanto en el cuerpo, como en los extremos de las uniones y una vez limpiadas deberán ser almacenadas para su posterior reutilización, si así se establece en las Disposiciones Especiales.

Las estructuras de drenaje que, a juicio del Delegado Residente, no vayan a ser reutilizadas deben ser apartadas por el Contratista en un lugar apropiado y se pondrán a la Disposición de la Zona Vial en la que se localice el proyecto para su traslado, almacenamiento y uso, que consideren conveniente y de ser necesario, se procederá en este caso como se establece en la Especificación 104.03.

La colocación de las unidades recuperadas se hará de conformidad con lo establecido en las secciones correspondientes de la División 600 de estas Especificaciones.

**611.06 Remoción de estructuras de drenaje existentes.** Esta se hará de acuerdo con lo indicado en la Sección 201.

**611.07 Medida.** La medida del trabajo que corresponde a esta Sección y que haya sido satisfactoriamente ejecutado de conformidad con los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, según la unidad de medida que se estipule en los documentos de oferta, puede ser:

- (a) **Por suma global.** Como una unidad completa, cuando se trate de limpieza y reacondicionamiento de estructuras de drenaje existentes, de conformidad con las Especificaciones 611.03 y 611.04.
- (b) **Por metro lineal.** Cuando se trate de la remoción de estructuras de drenaje existentes, de conformidad con lo indicado en la Especificación 611.05.

**611.08 Pago.** El pago se debe hacer por suma global cuando se trate de limpieza y reacondicionamiento

de estructuras de drenaje existentes, como se indica anteriormente en la Especificación 611.07 (a). Este pago se podrá distribuir en pagos mensuales iguales de conformidad con la duración del plazo contractual o según se indique en las Disposiciones Especiales. El pago se hará por la cantidad de metros lineales de remoción de estructuras de drenaje existentes, medidos como se indica anteriormente en la Especificación 611.07 (b), al costo unitario de contrato correspondiente a la Especificación 201.03 (c) Retiro de Puentes Alcantarillas y Otras Estructuras, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

---

---

**SECCIÓN 612**  
**DISIPADORES DE ENERGÍA**

---

---

- 612.01 Definición.
- 612.02 Descripción.
- 612.03 Mampostería de piedra ligada con mortero.
- 612.04 Concreto.
- 612.05 Concreto reforzado.
- 612.06 Mampostería de piedra.
- 612.07 Concreto simple y concreto reforzado.
- 612.08 Acero de refuerzo.
- 612.09 Protecciones de mampostería de piedra ligada con mortero.
- 612.10 Medida.
- 612.11 Pago.



## 612.01 Definición.

**Disipadores de energía.** Son las estructuras que sirven para disipar la velocidad del flujo de las aguas de escorrentía y reducir los riesgos de erosión en las obras hidráulicas. Pueden ser de tipo escalonado en la descarga de las cunetas o para conectar contracunetas, cunetas, canales, o tramos de éstos que se encuentren a diferentes alturas, o para disipar las velocidades de entrada y salida de las estructuras de drenaje, con el objeto de reducir su desgaste, erosión y riesgos de socavación. En este último caso, esto debe ser objeto de un diseño especial indicado en los planos correspondientes.

Entre este tipo de estructuras, pueden ser construidas de piedra ligada con mortero, concreto y protecciones con zampeado de piedra. La geometría, tipo de materiales, resistencia y detalles de refuerzo, cuando así se requiera, deberán ser los indicados en los planos correspondientes.

**612.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción. También se incluye en este trabajo, todas las operaciones necesarias de alineamiento, excavación, conformación de la sección, compactación del suelo, para la correcta construcción de los disipadores de energía, de acuerdo con los planos.

Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de los disipadores de energía, deben ser las indicadas en los planos, de acuerdo al diseño, o como las ordene el Delegado Residente. Antes de la construcción o colocación de las estructuras antes mencionadas, se debe conformar y compactar la superficie excavada donde serán construidas, y retirar cualquier materia extraña o suelta que se encuentre en dicha excavación.

## MATERIALES

**612.03 Mampostería de piedra ligada con mortero.** Deberá efectuarse conforme se establece en la Sección 565.

**612.04 Concreto.** Se usará concreto Clase 17.5 (2,500 psi) y debe cumplir con lo establecido en la Sección 551.

**612.05 Concreto reforzado.** Cuando se indique en los planos el uso de concreto reforzado, se usará concreto Clase 21 (3,000 psi) y debe cumplir con lo establecido en la Sección 551 y el acero de refuerzo deberá cumplir con lo establecido en la Sección 552, usando barras corrugadas Grado 40 de conformidad con la Especificación 552.03 (a).

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**612.06 Mampostería de piedra.** La construcción se deberá efectuar como se indica en las Especificaciones 565.05 y 565.06.

**612.07 Concreto simple y concreto reforzado.** La elaboración y colocación del concreto para los disipadores de energía, debe cumplir con los requisitos indicados en las secciones 551 y 553. Se debe colocar el concreto, principiando en el extremo y avanzando en el sentido ascendente de la pendiente del mismo. En el caso que se trate de disipadores escalonados, se debe tener cuidado en la colocación de la formaleta y al colocar el concreto se deben nivelar bien las superficies para que el disipador quede con la forma y dimensiones indicadas en los planos. El espesor mínimo de toda la superficie del disipador debe ser de 70 milímetros, o el indicado en los planos correspondientes.

**612.08 Acero de refuerzo.** El refuerzo debe ser colocado de conformidad con lo indicado en los planos y de acuerdo con lo especificado en la Sección 552.

**612.09 Protecciones de mampostería de piedra ligada con mortero.** Consiste en la protección adicional, para la mitigación de la erosión a los lados de los disipadores de energía, en el desfogue final, en la salida de las alcantarillas, o salida de los sistemas de drenaje de la carretera. Su colocación, medida y detalles de construcción deberán estar de acuerdo a lo indicado en los planos o a lo ordenado por el Delegado Residente.

**612.10 Medida.** La medida se efectuará según corresponda de las cantidades de los renglones de trabajo que hayan sido satisfactoriamente construidos de acuerdo con los planos y estas Especificaciones Generales o conforme lo ordenado por el Delegado Residente como se indica a continuación:

- (a) Mampostería de piedra ligada con mortero para disipadores de energía.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Mampostería de Piedra satisfactoriamente construida, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.
- (b) Concreto simple de cemento hidráulico clase 17.5 (2,500 psi) para disipadores de energía.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Concreto colocado, curado, terminado y aceptado satisfactoriamente de conformidad con los alineamientos y cotas indicados en los planos y de acuerdo con estas Especificaciones Generales.
- (c) Concreto reforzado de cemento hidráulico clase 21 (3,000 psi) para disipadores de energía.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Concreto Reforzado colocado, curado, terminado y aceptado satisfactoriamente de conformidad con los alineamientos y cotas indicados en los planos y de acuerdo con estas Especificaciones Generales.
- (d) Acero de refuerzo para disipadores de energía.** La medida se debe hacer por la cantidad de kilogramos, con aproximación de dos decimales, de Acero de Refuerzo satisfactoriamente

suministrado e incorporado al Concreto para Disipadores de Energía y de conformidad con lo indicado en la Especificación 552.10.

**612.11 Pago.** El pago se efectuará según corresponda de las cantidades medidas como se indica anteriormente al costo unitario del contrato de los renglones de trabajo correspondientes como se indica a continuación:

- (a) Mampostería de piedra ligada con mortero para disipadores de energía.** El pago se debe hacer por la cantidad indicada en la Especificación 612.10 (a), al costo unitario del Contrato correspondiente a Mampostería de Piedra Ligada con Mortero para Disipadores de Energía, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.
- (b) Concreto simple de cemento hidráulico clase 17.5 (2,500 psi) para disipadores de energía.** El pago se debe hacer por la cantidad indicada en la Especificación 612.10 (b), al costo unitario del Contrato correspondiente a Concreto Simple de Cemento Hidráulico para Disipadores de Energía, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.
- (c) Concreto reforzado de cemento hidráulico clase 21 (3,000 psi) para disipadores de energía.** El pago se debe hacer por la cantidad indicada en la Especificación 612.10 (c), al costo unitario del Contrato correspondiente a Concreto Reforzado de Cemento Hidráulico para Disipadores de Energía, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.
- (d) Acero de refuerzo.** El pago se debe hacer por la cantidad indicada en la Especificación 612.10 (d), al costo unitario del Contrato correspondiente a Acero de Refuerzo para Disipadores de Energía, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Mampostería de piedra ligada con mortero	Sección 608.03*
	Concreto simple de cemento hidráulico clase 17.5 (2,500 Psi)	Sección 551.03*
	Concreto reforzado de cemento hidráulico clase 21 (3,000 psi)	Sección 551.03*
	Acero de refuerzo	Sección 552*
	Mortero	Sección 565*

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales.



---

**DIVISIÓN 700**  
**CONSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS**

---

**SECCIÓN 701**  
**SISTEMAS DE CONTENCIÓN**  
**PARA CARRETERAS**

---

- 701.01. Definición.
- 701.02. Descripción.
- 701.03. Materiales.
- 701.04. Certificados.
- 701.05. Defensa metálica.
- 701.06. Barreras de cables.
- 701.07. Terminales.
- 701.08. Amortiguadores de impacto.
- 701.09. Barandales de puentes.
- 701.10. Muestras.
- 701.11. Remoción y reinstalación de sistemas de contención.
- 701.12. Seguridad vial.
- 701.13. Medida.
- 701.14. Pago.



## 701.01 Definición.

**Sistemas de contención para carreteras.** Estos son sistemas de barrera elegidos de acuerdo a parámetros de contención cuyo método de fabricación, dimensiones geométricas y calidad de los materiales son idénticos y tienen las mismas características de los prototipos ensayados para verificar los parámetros de seguridad correctos y de comportamientos esperados en pruebas controladas de impacto para redireccionar los vehículos de nuevo a los ejes y sentidos de circulación vehicular, evitando en lo posible, volcaduras y lesiones a sus ocupantes. El propósito es reducir situaciones de accidentes, disminuyendo la gravedad de los mismos. Estos son sistemas estructurales formados por elementos individuales de metal o de concreto que en su conjunto componen un sistema de contención proporcionando adecuada visibilidad para los usuarios de las carreteras y aumentando los niveles de seguridad vial. Estos elementos son colocados a los lados de las carreteras y sus medianas.

**701.02 Descripción.** Los Sistemas de Contención certificados, están clasificados de acuerdo a Niveles de Contención para tamaños y características específicas de vehículos. Se entiende por Sistema de Contención Certificado aquel que cumple ya sea con los estándares norteamericanos AASHTO NCHRP-350 (Procedimientos Recomendados para la Evaluación del Desempeño de las Características de Seguridad de las Carreteras) o AASHTO MASH (Manual para Evaluar el Desempeño de los Dispositivos de Seguridad para Carreteras), o la norma europea EN-1317 (Especificaciones Europeas para Barreras y Sistemas de Contención Vial) de acuerdo al nivel de contención indicado en los planos o establecido en las disposiciones especiales. Dicha certificación deberá ser emitida por un laboratorio o centro de certificación de pruebas especializado y autorizado. Todos los materiales utilizados para el

Sistema de Contención elegido y autorizado, deben de estar amparados por el Certificado correspondiente del fabricante.

Este Renglón comprende el suministro e instalación de los postes o miembros verticales y los rieles o miembros horizontales, así como todos los accesorios necesarios para su colocación incluyendo los recubrimientos reflectivos indicados en los planos y en la Especificación 701.12. Además de las indicaciones de mantenimiento recomendadas por el fabricante

**701.03 Materiales.** Los materiales de los sistemas de contención deberán corresponder al nivel de contención especificado en los planos de conformidad con lo que se indica en la Tabla 701-01. El fabricante deberá proporcionar un certificado de calidad de los materiales proporcionados.

**Tabla 701-01.**  
**Clasificación de barreras certificadas**

Clasificación de barreras certificadas						
Nivel de contención	Nivel de contención EEUU (NCHRP350)	Nivel de contención Europa (EN-1317)	Velocidad de impacto (km/h)	Ángulo de impacto (º)	Masa total del vehículo (kg)	Energía del impacto (KJ)
Liviano	TL2		70	25	2,000	67
		N2	110	20	1,500	82
Medio		H1	70	15	10,000	126
	TL3		100	25	2,000	138
	TL4		80	15	8,000	132
Medio alto		H2	70	20	13,000	287
		H3	80	20	16,000	461
Alto		H4a	65	20	30,000	570
	TL5		80	15	36,000	595
	TL6		80	15	36,000	595
Muy alto		H4b	65	20	38,000	722

**701.04 Certificados.** Todo Sistema de Contención a ser instalado debe de contar con la Certificación correspondiente. Esta deberá ser presentada al Delegado Residente previo a la instalación del Sistema. Las Certificaciones a presentar son las siguientes:

- (a) Certificado de cumplimiento de la Prueba de Impacto, acompañado del informe completo de la prueba con los vehículos correspondientes al Nivel de Contención a colocar.
- (b) Certificado de calidad de cada uno de los materiales que componen el Sistema de Contención en donde se demuestre que son iguales en forma y propiedades físicas a los utilizados en el prototipo de la Prueba de Impacto certificada. No se aceptarán homologaciones de empresas ajenas a la empresa responsable de emitir los Certificados de garantía del fabricante.

**701.05 Defensa metálica.** El Sistema de Contención de defensa metálica está compuesto por postes, vigas

de dos o tres crestas, separadores de conformidad con las especificaciones del fabricante, tornillería y sus correspondientes terminales. Este Sistema debe de cumplir con los estándares o normas indicados en el inciso 701.02.

Los postes deben de ser hincados, con equipo especializado para dicha tarea, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

La longitud mínima de la barrera, salvo indicación específica del fabricante, está determinada por la velocidad máxima de diseño del proyecto o por el promedio de las mediciones de velocidad., tomando el mayor valor como referencia, como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 701-02.**  
**Longitud mínima de barreras de contención**

Longitud mínima de una barrera de contención	
Velocidad de proyecto (km/h)	Longitud mínima (*) (m)
<70	28
70 a 100	48
>100	60

(\*) Esta longitud no incluye terminales

**701.06 Barreras de cables.** El Sistema de Contención de barreras de cables está compuesto por postes con tres o cuatro cables con su estructura y tornillería especial de sujeción, dependiendo del Nivel de Contención especificado. Este sistema debe cumplir con los estándares o normas indicados en la Especificación 701.02.

Los postes de estas estructuras deben de ser hincados con equipo especializado para la tarea indicada.

**701.07 Terminales.** Estos son los elementos que quedan expuestos al inicio y al final del Sistema de Contención. Debido al alto grado del nivel de riesgo de penetración de la barrera en la cabina de los vehículos, se prohíbe el uso de terminales denominadas “Cola de Pez”. Por tal razón las terminales deben cumplir con todos los requerimientos y contar con las certificaciones, según se establece en las Especificaciones 701.02 y 701.03.

El tipo de terminal deberá ser compatible con el Sistema de Contención al cual se va a colocar. Deberá respetarse las especificaciones de longitud de desarrollo que indique la Certificación y el fabricante.

**701.08 Amortiguadores de impacto.** Los amortiguadores de impacto deben ser utilizados en donde otras estructuras no puedan absorber el impacto de un vehículo de forma eficiente, poniendo en riesgo a los ocupantes de los vehículos. Estos pueden ser estructuras de metal retractiles, cilindros de caucho colocados en fila, estructuras combinadas de plástico, caucho o metal, u otros materiales indicados en los planos.

Los amortiguadores de impacto deben cumplir con las especificaciones correspondientes a los materiales, las normas de pruebas de impacto y las certificaciones, según se establece en las Especificaciones 701.02 y 701.03.

**701.09 Barandales de puentes.** Deberá cumplir con lo indicado en la Sección 567 de conformidad con lo indicado en los planos y si así se indica en las Disposiciones Especiales, deberán cumplir con las normas de pruebas de impacto y estar certificados según normativa americana NCHRP-350oó AASHTO MASH, o por la normativa europea EN-1317.

**701.10 Muestras.** El Contratista deberá de proporcionar sin compensación adicional: rieles, postes y accesorios para el propósito de pruebas, pero la cantidad de los mismos, debe indicarse en las Disposiciones Especiales.

**701.11 Remoción y reinstalación de sistemas de contención.** Se debe remover y almacenar los rieles y los accesorios existentes. Se debe remover y descartar todos los postes que estén empotrados en concreto o hincados. Se debe reponer todos los rieles, postes y ferretería dañada durante la remoción, el almacenaje o la reinstalación. Se debe llenar todos los agujeros resultantes de la remoción de los postes y de los anclajes utilizando material granular de acuerdo con lo indicado en la Sección 206.

**701.12 Seguridad vial.** Señalización en postes de defensa: Los postes deberán contar con franjas reflectivas con adhesivo de 600 mm altura por 100 mm de ancho con reflectividad tipo diamante, orientadas con vista en la dirección de la pista.

En los planos de señalización vial, se deberán incluir toda la señalización y sus especificaciones técnicas de conformidad con lo establecido en el Manual Centroamericano sobre Señales Viales Uniformes.

**(a) Ménsulas trapezoidales o capta faros verticales.** En sustitución de los postes se podrán usar ménsulas trapezoidales de color amarillo en el borde exterior de la carretera y blanco, en el borde interior, ambas cubiertas con material

reflectivo Tipo XI según ASTM D 4956. Se deben proveer dos trapezoides reflectivos por viga, con una superficie mínima en cada una de ellos de 50 cm<sup>2</sup>. En general el cuerpo de los capta faros verticales estará constituido por chapa de acero galvanizado de 2±0,2 mm de espesor.

- (b) Indicadores de dirección sobre la banda metálica.** En la banda metálica se deberán instalar elementos direccionales reflectivos y delineadores de dirección tipo Chevron, los cuales se deberán ajustar a lo establecido en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, para mejorar la visibilidad en condiciones nocturnas o en condiciones de niebla o de lluvia.

Las características de todos los elementos de visibilidad en cuanto a dimensiones, espaciamiento y niveles mínimos de retroreflectividad deberán estar indicadas en los planos de Señalización y Seguridad Vial. Previo a la autorización para el uso de los elementos indicados, el contratista deberá presentar los certificados de cumplimiento de

dichas características de angularidad y niveles mínimos reflectividad por parte del fabricante.

El cumplimiento del grado de reflectividad indicado en los planos deberá evaluarse usando un instrumento medidor de reflectividad aprobado por el Delgado Residente.

**701.13 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de defensas para carreteras, suministrados o fabricados, instalados satisfactoriamente, de acuerdo con los planos, las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales. La medida se debe verificar a lo largo de la línea central de las defensas, de extremo a extremo de los rieles, incluyendo las secciones terminales.

**701.14 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros lineales medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Sistemas de Contención para Carreteras, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

NCHRP-350: National Cooperative Highway Program		
MASH: Manual for Assessing Safety Hardware		
AASHTO: American Association Highway and Transportation Officials		
EN-1317 Sistema de contención para carreteras Norma Europea		
<b>Materiales</b>		
Class A Type II w Beam, defensas metálicas		AASHTO M 180

---

---

**SECCIÓN 702**  
**INDICADORES DEL DERECHO DE VÍA**

---

- 702.01 Definición.
- 702.02 Descripción.
- 702.03 Concreto.
- 702.04 Fabricación.
- 702.05 Transporte, manejo y almacenamiento.
- 702.06 Colocación.
- 702.07 Medida.
- 702.08 Pago.



**702.01 Definición.**

**Indicadores del derecho de vía.** Son los monumentos que se deben colocar a lo largo de la carretera y en ambos lados, para definir el lindero del Derecho de Vía propiedad del Estado y los terrenos adyacentes, propiedad de particulares. Los límites del derecho de vía deberán ser indicados en planos según el tipo y categoría de la carretera.

**702.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento y colocación de indicadores del derecho de vía pintados de color blanco. La forma y dimensiones deben ser las indicadas en los planos. Este trabajo también incluye la excavación y relleno para la colocación de los indicadores.

**MATERIALES**

**702.03 Concreto.** Los indicadores deben ser prefabricados de concreto simple clase 14 (2,000). Los materiales del concreto, su preparación y colocación, deben estar de acuerdo con las Secciones 551 y 553.

**REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN**

**702.04 Fabricación.** Si no se indica otra cosa en los planos o en las Disposiciones Especiales, los indicadores deben tener forma prismática de base cuadrada. La base debe tener 150 milímetros mínimo por lado y la altura del prisma debe ser como mínimo 500 milímetros.

La base del monumento expuesta a la vista, debe tener un punto de metal en el cruzamiento de sus diagonales, indicador del punto lindero del Derecho de Vía.

**702.05 Transporte, manejo y almacenamiento.** Antes de su colocación, el transporte, manejo y almacenamiento de los monumentos indicadores de

derecho de vía, se debe hacer con el mayor cuidado posible para evitar grietas, quebraduras y astilladuras que puedan causar deterioros en los mismos.

**702.06 Colocación.** Los indicadores se deben colocar a la distancia que se indica en los planos y en tal forma que marquen claramente la línea del lindero del derecho de vía. La excavación se debe hacer de por lo menos 300 x 300 x 500 milímetros y después se debe colocar el indicador, llenando los espacios entre las paredes de la excavación y monumento con material adecuado y bien compactado para que el monumento quede firme y no pueda ser removido fácilmente.

**702.07 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de monumentos indicadores del derecho de vía, fabricados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**702.08 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de monumentos medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Indicadores del Derecho de Vía, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.



---

---

**SECCIÓN 703**  
**CERCAS**

---

---

- 703.01 Definición.
- 703.02 Descripción.
- 703.03 Postes.
- 703.04 Alambre.
- 703.05 Grapas.
- 703.06 Colocación.
- 703.07 Remoción y recolocación de cercas.
- 703.08 Medida.
- 703.09 Pago.



### 703.01 Definición.

**Cercas.** Son las vallas colocadas en ambos lados de la carretera, a lo largo de los linderos del derecho de vía y construidas de postes de madera, de concreto o de acero y con alambre espigado o malla de alambre.

**703.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación, transporte y colocación de los postes; y del suministro, transporte y colocación del alambre o malla. Se incluyen en este trabajo las puertas, la excavación y el relleno para la colocación de los postes. Las dimensiones, calidades y sitios de ubicación de las cercas y puertas deben ser, las indicadas en los planos.

## MATERIALES

### 703.03 Postes.

(a) **Postes de madera.** La madera para los postes debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 168 y puede ser de cualquier especie siempre que sea la más recomendable para este uso. Preferentemente se debe usar la madera de más abundancia en la región y que ofrezca la menor dificultad para su obtención, siempre que no contradiga las estipulaciones de protección del medio ambiente. Los postes deben cortarse de madera sana y ser rectos, libres de nudos, hendiduras, rajaduras u otros defectos que los afecten e inhabiliten para el uso propuesto. Si los planos no lo indican, los postes de línea deben de tener de 1.70 a 2.00 metros de longitud total y un diámetro no menor de 100 milímetros. Los postes esquineros, terminales y de puertas deben de tener un mínimo de 180 milímetros de diámetro y 2.50 metros de largo.

(b) **Postes de concreto.** Deben cumplir con los requisitos de la Sección 551 o 554.

(c) **Postes de acero.** Deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 281.

### 703.04 Alambre.

- (a) **Alambre espigado.** Debe ser galvanizado y que cumpla con los requisitos de la norma AASHTO M 280. Debe consistir de dos hilos de alambre de 2.6 milímetros de diámetro retorcidos, con púas de dos puntas de alambre de 2.0 milímetros de diámetro, o calibres equivalentes iguales o mayores en su espesor.
- (b) **Malla de alambre.** Debe ser galvanizada que cumpla con los requisitos de la norma AASHTO M 279.

**703.05 Grapas.** Las grapas para sujetar el alambre espigado o la malla de alambre a los postes de madera, deben ser mayores de 40 milímetros de largo y el alambre de que están hechas debe ser galvanizado y de conformidad con los requisitos para alambre espigado o malla especificados anteriormente.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**703.06 Colocación.** Se debe efectuar la limpia, chapeo y destronque de una franja a lo largo de la cual se colocará el cerco. Estos trabajos deben efectuarse de acuerdo con lo indicado en la Sección 202. Se debe limpiar un área con un ancho mínimo de 1 metro.

La instalación de la cerca se debe programar de manera que se evite que el ganado entre dentro del derecho de vía del proyecto, paso de servidumbre o a propiedades adyacentes. De lo contrario se debe proveer una cerca temporal u otro medio adecuado para evitar que esto ocurra.

En los puentes, pasos subterráneos de ganado y alcantarillas se debe conectar la nueva cerca de la estructura, para permitir el libre paso del ganado debajo o a través de la estructura.

- (a) Postes.** Si los planos no lo indican, los postes se deben colocar firmemente en el suelo, enterrando su extremo inferior una profundidad de 500 milímetros y a intervalos no mayores de 2 metros.

Antes de colocar el poste se debe hacer una excavación de 300 milímetros de diámetro y 500 milímetros de profundidad. El espacio entre el poste y la excavación se debe llenar y compactar con material adecuado y en capas con un espesor máximo de 150 milímetros que garantice que los postes queden bien anclados al suelo.

Los postes de madera pueden ser hincados si el método utilizado no daña el poste. Los postes de acero también pueden ser hincados. Los postes esquineros, de puertas y terminales deben ser empotrados en concreto.

Si se encuentra roca debajo de la capa superficial del suelo, se deberá perforar agujeros para la colocación de los postes. Estos agujeros deben tener una profundidad mínima de 350 milímetros y los agujeros para los postes de las puertas, los postes terminales y los esquineros deben profundizarse hasta 500 milímetros. El ancho o el diámetro del agujero debe ser por lo menos 25 milímetros más ancho que el diámetro o ancho del poste. Los postes deben ser cortados a la longitud especificada antes de ser instalados. Se debe colocar el poste a plomo y llenar el agujero con mortero. El mortero se debe trabajar de tal forma que se eliminen los vacíos. Se le deberá dar forma a la corona del mortero de manera que el agua drene hacia afuera del poste. Los postes metálicos colocados de esta manera no requieren de planchas de anclaje ni de zapatas de concreto.

Cuando la roca sólida esté cubierta por suelo o por roca sueltas, los postes se deben colocar a la profundidad especificada o al empotramiento mínimo dentro de la roca indicado en el párrafo anterior, el que sea menor. Cuando el espesor de la capa de suelo sea mayor de 300 milímetros, se deben utilizar planchas de anclaje en los postes

metálicos y se deben llenar con concreto los agujeros de los postes esquineros, terminales y de las puertas, desde la roca hasta el nivel del terreno. Cuando el espesor de la capa de suelo sea de 300 milímetros o menos, la colocación de las planchas de anclaje y el relleno con concreto no serán necesarios. Se debe colocar mortero en la parte del poste que esté dentro de la roca.

Se deben colocar postes esquineros en los cambios de alineación de más de 30°. Cuando una nueva cerca se une con una existente, se deben colocar postes esquineros o terminales, según sea necesario y realizar la unión de una manera satisfactoria al Delegado Residente.

- (b) Embreizado.** Los tramos de la cerca se deben limitar a longitudes no mayores de 200 metros entre embreizados esquineros adyacentes, de puertas, esquineros o a lo largo de la línea de la cerca. El embreizado de la línea se debe instalar a intervalos uniformes, de manera que la distancia entre cualquiera dos embreizados sea de 200 metros o menos. Se debe construir el embreizado antes de colocar el alambre en los postes.

**(1) Embreizado en postes metálicos.** Se deben proveer postes esquineros y luego se deben halar los postes con dos breizas, una en cada dirección del poste de la línea principal de la cerca. Se debe proveer una breiza en los postes terminales y en los de las puertas, a lo largo de la línea del cerco. Se deben colocar breizas metálicas a los postes metálicos terminales, esquineros y de puertas y éstos se deben cimentar en concreto.

**(2) Embreizado en postes de madera.** El embreizado consistirá en la colocación de tirantes de alambre para fijar los postes. Se debe anclar el tirante al poste instalando los alambres como se indique en los planos y retorciéndolos hasta que todo el montaje esté tenso y firme.

- (c) Alambre espigado y malla de alambre.** El alambre se debe estirar y dejar tenso y asegurado

a cada poste por medio de grapas. Se debe aplicar la tensión de acuerdo con las recomendaciones del fabricante utilizando un tensor mecánico u otro dispositivo diseñado para este efecto. No se deben utilizar vehículos motorizados para tensar el alambre. El alambre espigado o la malla se debe engrapar del lado del tráfico.

Después que se ha engrapado el alambre a los postes, éstos deben recortarse a una altura uniforme sobre el suelo. No se permitirán empalmes del alambre espigado entre postes. Cuando se utilicen postes de madera, los alambres deben ser engrapados firmemente al poste.

En los postes de la línea, la malla de alambre se debe asegurar al poste en la parte superior, en la inferior y en puntos intermedios separados no más de 300 milímetros. Se debe fijar cada cordón de alambre espigado a cada poste de la línea. Se deben utilizar grapas o amarrar el alambre para fijarlos a los postes metálicos. En los postes de madera, se deben hincar grapas en forma de U diagonalmente a través de las vetas de la madera de manera que ambas puntas no entren dentro de la misma veta. En las depresiones en las cuales se eleve el alambre, las puntas de las grapas se deben inclinar ligeramente hacia arriba al ser hincadas. En el terreno a nivel, las grapas se deben inclinar hacia abajo. Las grapas se deben hincar hasta que casi tengan contacto con los alambres, de manera que se permita el libre movimiento longitudinal de la línea para evitar daños en el recubrimiento protector.

En las hondonadas, curvas y demás ubicaciones donde se produzcan esfuerzos que tiendan a halar los postes fuera de su cimentación o fuera de la alineación, se deben tensar con un alambre en la cerca. Dicho alambre se debe fijar a los postes sujetos a esfuerzos adicionales para que toda la cerca mantenga su forma normal. El alambre tensor debe ser fijado a un muerto enterrado a no menos de 600 milímetros dentro del terreno o a un anclaje aprobado colocado en un punto tal que resista eficientemente el hale del alambre de la cerca. Si es necesario

anclar el alambre tensor dentro de roca, éste se debe colocar en un agujero de 50 milímetros de diámetro y de 250 milímetros de profundidad y con mortero.

Cuando una cerca existente intercepte la nueva, se debe construir un empalme adecuado utilizando materiales nuevos.

#### (d) Instalación de los portones.

**(1) Portones de alambre.** Los portones de alambre deben construirse utilizando el mismo material empleado para la construcción de la cerca. Se debe proveer un cierre tenso y bien alineado de la puerta, de manera que la puerta se pueda abrir y cerrar adecuadamente y a mano.

**(2) Portones metálicos.** Las puertas metálicas y sus accesorios, deberán ser fijados a los postes previamente colocados, de conformidad con lo indicado en los planos correspondientes. Los accesorios deben fijarse firmemente a los postes y a la puerta. Se deben colocar bisagras en las puertas para evitar que éstas puedan ser removidas sin el uso de herramientas. La puerta se debe colocar sobre un plano aproximadamente horizontal. La puerta debe ser colocada de manera que gire libremente hacia adentro y hacia afuera y se cierre de manera segura con un candado o en el caso de puertas dobles en el pasador o en la clavija. Las puertas dobles y sus respectivas clavijas se deben colocar sobre un plano horizontal común sobre el cual cada puerta gire individualmente. Se deben colocar las puertas de manera que giren 90° en cada dirección.

Para las puertas dobles se debe proveer un dispositivo de cierre con una varilla en el piso con un cimiento de concreto de 30 milímetros de diámetro y de 300 milímetros de profundidad. Se le debe formar una corona a la cima del concreto y perforar el agujero necesario para que la varilla penetre allí.

(3) **Portones de madera.** Los portones de madera deben ser instalados de manera similar a los metálicos y como se indique en los planos.

**703.07 Remoción y recolocación de cercas.** Se debe remover la cerca existente y ésta se debe colocar de nuevo en la nueva posición en condiciones aproximadamente iguales a las de la cerca original. Se debe rescatar el material de la cerca existente para ser incorporado en la nueva posición. Cuando los postes de la cerca existente estén empotrados en concreto, se debe remover el concreto del poste y se debe fundir otra vez, en la nueva ubicación, utilizando concreto. Se debe reponer el material dañado que no pueda ser reutilizado. Se deben colocar firmemente los postes en la nueva alineación. Se deben espaciar los postes y fijar los alambres de la misma forma en que se encontraba en la cerca original. Se debe suministrar y utilizar materiales nuevos para fijar el alambre a los postes.

**703.08 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de cercas, así como del número de portones, todos fabricados, suministrados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales. La medida de la longitud del cerco se debe hacer paralelamente a la superficie del terreno.

**703.09 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros lineales de cerco y número de portones medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Cercas, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Postes de madera	AASHTO M 168
	Postes de concreto	Sección 551*
	Postes de acero	AASHTO M 281
	Alambre espigado de acero galvanizado	AASHTO M 280
	Malla de alambre galvanizado	AASHTO M 279

(\*) Se refiere a estas Especificaciones Generales

---

**SECCIÓN 704**  
**MONUMENTOS INDICADORES**  
**DE KILOMETRAJE**

---

- 704.01 Definición.
- 704.02 Descripción.
- 704.03 Materiales.
- 704.04 Fabricación.
- 704.05 Colocación.
- 704.06 Medida.
- 704.07 Pago.



#### 704.01 Definición.

**Monumentos indicadores de kilometraje.** Son las señales informativas que contienen la identificación de la carretera y referencia de kilometraje en relación a su origen. Deberán ser cubiertas con material reflectivo según lo establecido por la Dirección General de Caminos. Deben ser prefabricados y estar elaborados estructuralmente de manera que al momento de ser impactados no representen riesgo para los vehículos y sus ocupantes.

**704.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento y colocación de los monumentos indicadores de kilometraje. Estos deben ser de los materiales, secciones y largos indicados en los planos. Deben tener identificación de la ruta y la numeración del kilometraje en cada kilómetro y las marcas que sean necesarias para su fácil identificación, tal como se indica en los planos. Este trabajo también incluye la excavación y relleno para la colocación de los monumentos indicadores de kilometraje.

#### MATERIALES

**704.03 Materiales.** Los indicadores de kilometraje pueden ser prefabricados de concreto reforzado, de lámina galvanizada o de otros materiales según lo indicado en los planos, de conformidad con los requisitos establecidos en la definición y descripción de este Renglón. Cuando se usen prefabricados de concreto, los monumentos de kilometraje deben ser de concreto clase 14 (2000) o la clase de concreto que se indique en los planos. Los materiales del concreto, su preparación y colocación deben estar de acuerdo con lo indicado en las Secciones 551 y 553. El acero de refuerzo debe llenar los requisitos de la Sección 552.

#### REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**704.04 Fabricación.** Si no se indica de otra manera en los planos, los monumentos deben tener 1.25 metros de largo, sección triangular, de triángulo equilátero de 150 milímetros por lado mínimo y de acuerdo con los detalles indicados en los planos.

**704.05 Colocación.** Si los planos no lo indican de otra manera, los monumentos de kilometraje se deben colocar a un mínimo de 1500 milímetros a ambos lados del extremo de la capa de rodadura al lado derecho en el sentido del tránsito. Los monumentos deben estar enterrados 500 milímetros dentro del suelo, para lo cual se debe hacer una excavación de 300 x 300 x 500 milímetros y el espacio entre el monumento y la excavación se debe llenar y compactar con material adecuado, que garantice que los monumentos queden bien anclados al suelo.

**704.06 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de monumentos indicadores de kilometraje, fabricados, suministrados y colocados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**704.07 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de monumentos indicadores medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Monumentos indicadores de Kilometraje, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02. Este pago también comprende todos los materiales usados en su fabricación.



---

---

**SECCIÓN 705**  
**DELINEADORES**

---

---

- 705.01 Definición.
- 705.02 Descripción.
- 705.03 Tipos de delineadores.
- 705.04 Fabricación.
- 705.05 Colocación.
- 705.06 Medida.
- 705.07 Pago.



## 705.01 Definición.

**Delineadores.** Son los elementos verticales flexibles de plástico o de metal o prefabricados de concreto, cubiertos con franjas de material reflectivo que se deben colocar a lo largo de la carretera, en series, y en ambos lados, cuando son necesarios, para indicar el alineamiento de la vía.

**705.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, manejo, almacenamiento y colocación de los delineadores. Estos deben ser de las secciones y largos indicados en los planos típicos de la Dirección General de Caminos y deben tener bandas contrastantes reflectivas delimitadas por franjas negras para el contraste visual necesario para que indiquen fácilmente al usuario el alineamiento de la carretera. Este trabajo también incluye todos los trabajos requeridos para la colocación de los delineadores de conformidad con lo indicado en los planos.

### MATERIALES

**705.03 Tipos de delineadores.** Los delineadores de conformidad a como se indique en los planos, pueden ser de metal, fibra de vidrio, polietileno o similar que sean flexibles de manera que al sufrir algún impacto recuperen su forma y alineación original, también pueden ser de concreto si así se indica en los planos.

Los delineadores deben proporcionar visibilidad diurna y nocturna, así como ser de larga durabilidad.

De conformidad con lo indicado en los planos también pueden utilizarse Delineadores Direccionales, que consisten en tableros de metal cubiertos con material reflectivo con un mínimo de 3 tiras de 2 pulgadas de ancho colocadas en forma equidistante a partir del nivel del suelo color amarillo en curvas, áreas de riesgo color rojo, y en orillas

de una vía recta o arriate central color blanco y colocados sobre tubos o soportes de metal.

Los delineadores de metal, fibra de vidrio, polietileno o similar pueden tener sección circular, rectangular, ovalada, plana o en forma de V.

Los delineadores de concreto deben tener sección circular, ser prefundidos y el concreto debe ser clase 14 (2000), salvo que se indique de otra manera en los planos. Los materiales del concreto, su preparación y colocación deben de estar de acuerdo con las Secciones 551 y 553. El acero de refuerzo debe llenar los requisitos de la Sección 552.

Los delineadores direccionales pueden consistir en tableros de metal cubiertos con material reflectivo de color amarillo con cabezas de flecha en ambos sentidos de color negro. Estos tableros son colocados sobre tubos o soporte de metal que cumplan con las especificaciones de la señalización vertical aprobadas por la Dirección General de Caminos.

### REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**705.04 Fabricación.** Los delineadores deben tener 1 metro de largo, sección circular de 100 milímetros de diámetro y deben estar de acuerdo con los detalles indicados en los planos.

Los delineadores direccionales se deben fabricar en tableros de metal de 300 milímetros de ancho por 375 milímetros de altura, con material reflectivo amarillo y las cabezas de flechas en color negro y cumplir con las especificaciones para señalización vertical avaladas por la Dirección General de Caminos.

Los delineadores de metal, fibra de vidrio, polietileno o similar, deben tener como mínimo una altura de 750 milímetros, a partir del nivel del pavimento y su fijación al mismo debe hacerse de acuerdo con las especificaciones del fabricante para garantizar su firmeza.

**705.05 Colocación.** Si los planos no lo indican de otra manera, los delineadores se deben colocar en el extremo exterior del hombro. Los delineadores deben tener una separación en tangentes de 60 m a 160 m y en las curvas horizontales, de acuerdo a la fórmula:

$$E = \frac{24}{\sqrt{G}}$$

Donde:

**E** = espaciamiento centro a centro de los delineadores en metros.

**G** = grado de la curva (ángulo central subtendido por un arco de 20 metros)

Se colocarán delineadores en el PC y PT de las curvas y en las tangentes adyacentes se colocarán delineadores adicionales, el primero a una distancia de 2E, el segundo a 3E y el tercero a 6E, pero esta última distancia no deberá exceder de 90 metros.

Deben de estar enterrados 500 milímetros dentro del suelo, para lo cual se debe hacer una excavación de 300 milímetros de diámetro y 500 milímetros de profundidad. El espacio entre el delineador y la excavación se debe llenar y compactar con material adecuado que garantice su firmeza.

**705.06 Medida.** La medida debe hacerse por la cantidad de delineadores, fabricados, suministrados y colocados satisfactoriamente incluyendo refuerzo, sujetadores y accesorios de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**705.07 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de delineadores, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Delineadores, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

---

**SECCIÓN 706**  
**LÍNEAS, MARCAS Y MARCADORES**  
**DE TRÁFICO**

---

- 706.01 Definición.
- 706.02 Descripción.
- 706.03 Requisitos para los materiales.
- 706.04 Generalidades.
- 706.05 Marcas pintadas.
- 706.06 Marcas termoplásticas.
- 706.07 Marcas de plástico preformadas.
- 706.08 Marcas de material epóxico.
- 706.09 Marcadores resaltados en el pavimento.
- 706.10 Medida.
- 706.11 Pago.



## 706.01 Definición.

**Líneas y marcas de tráfico.** Son el conjunto de elementos de señalización horizontal que se aplican en el pavimento para el control y ordenamiento del tráfico de la carretera. Dichos elementos están constituidos por líneas, símbolos y letras que se pintan en el pavimento o por marcadores resaltados adheridos al pavimento, con el fin de controlar y ordenar el tránsito.

**Premarcado.** Es el proceso inicial de colocación de marcas guías para la aplicación de la señalización horizontal.

**706.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el transporte, almacenamiento, suministro, manejo de materiales, equipo y su aplicación al pavimento de las líneas y marcas de tráfico.

Todos los elementos de señalización horizontal, deben mantener su visibilidad diurna y nocturna. Las líneas y marcas deben ser del ancho, largo, dimensiones, colores e índices de retroreflectividad indicados en los planos y de conformidad con el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito y las Especificaciones de Señalización y Marcas de la Dirección General de Caminos.

## MATERIALES

## 706.03 Requisitos para los materiales.

Previo a la aprobación por el Ingeniero, el contratista deberá presentar al Delegado Residente para su trámite los certificados de calidad, hojas técnicas y procedimientos de aplicación de los productos a utilizar. Adicionalmente se podrá requerir una demostración de la aplicación de las marcas en el pavimento para comprobar su calidad y desempeño adecuado.

- (a) **Pintura.** La pintura debe cumplir con los requisitos indicados en la Especificación AASHTO M 248 Tipo F, a la pintura se le deberán aplicar esferas de vidrio reflectivas.

La pintura debe ser suministrada en envases resistentes originales, claramente marcados con el peso por litro, el volumen del contenido de pintura en litros, color y el uso propuesto. Deben también mostrar una declaración fiel de la composición del pigmento en porcentaje, de la proporción del pigmento al vehículo y el nombre del fabricante. Cualquier envío que no esté marcado en la forma indicada, no será aceptado para su uso, según estas Especificaciones Generales.

En los planos de señalización, se deberá establecer el uso de la normativa ASTM D 7942 para asegurar la reflectividad y durabilidad de los materiales a ser utilizados.

- (b) **Esferas de vidrio.** Deben cumplir con los requisitos de la Especificación AASHTO M 247, especialmente en lo que se refiere a graduación, resistencia a quebrarse, índice de refracción, resistencia a la humedad y flotación en xileno y con las Graduaciones Tipo 0 uniforme, Tipo 1 Estándar o Tipo 2, 3, 4, 5 Graduaciones modificadas, según lo indicado en los planos o en las Disposiciones Especiales. Las esferas de vidrio se deberán de aplicar simultáneamente o inmediatamente después de la aplicación de la pintura, antes que ésta seque, para asegurar su adhesión.

Esferas de vidrio de alto índice de retroreflectividad. Deben cumplir con la Especificación AASHTO M247 Tipo 1 o Tipo 2, excepto que el índice de retroreflectividad de la esfera de vidrio deberá estar entre 1,90 y 1,95.

**Tabla 706-1**  
**Requerimientos de calidad según especificación AASHTO M 249**

COMPONENTES	Porcentaje en peso	
	Blanco	Amarillo
Resina (%)	18.0 mínimo	18.0 mínimo
Microesfera de vidrio (%)	30-40	30-40
Dióxido de titanio (%)	10.0 mínimo	-----
Carbonato de calcio y rellenos inertes (%)	42.0 máximo	Ver nota
Pigmentos amarillos (%)	-----	-----

**Nota:** La cantidad de pigmentos amarillos, carbonato de calcio y rellenos inertes para el material amarillo, debe ser a opción del fabricante siempre que se cumpla con la Especificación en referencia AASHTO M 249.

- (c) **Material termoplástico para las líneas.** Debe cumplir con los requisitos de la Especificación AASHTO M 249 para el tipo moldeado a presión en caliente. Incluyendo la aplicación de Microesferas reflectivas en la proporción indicada en los planos o indicada en las Disposiciones Especiales.
- (d) **Marcas de cintas plásticas preformadas.** Deben cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 4505 (FP14 718.13) con nivel de reflectividad I, clases 1, 2 o 3 y resistencia al deslizamiento Nivel A o B.
- (e) **Marcas de material epóxico.** El Contratista debe suministrar un tipo de sistema de 2 componentes (A y B), 100% sólidos, a ser aplicado por medio de riego en caliente, que cumpla con lo siguiente:
  - (1) **Pigmentos, componente A.** (Porcentaje en masa).
    - a) **Blanco.** Tendrá un contenido de Dióxido de Titanio ( $TiO_2$ ), según ASTM D 476, Tipo IV de 18% mínimo con un 75% a 82% de Resina Epólica ASTM D 1652
    - b) **Amarillo.** Tendrá un contenido de Amarillo Cromo ( $Pb Cr O_4$ ), según ASTM D126, Tipo III de 23% mínimo con un 70% a 77% de Resina epólica ASTM D 1652.
  - (2) **Componente B.** El valor de amina, según ASTM D 2074, será igual al límite dado por el fabricante  $\pm 50$ .
  - (3) **Toxicidad.** No deberá de existir ninguna emanación de vapores tóxicos o nocivos a la temperatura a la que se apliquen el producto.
  - (4) **Color.** El espesor de la película curada debe ser igual a 0.38 milímetros, siendo éstos los definidos en las normas MUTCD de la Federal Highway Administration (FHWA) como el blanco y el amarillo estándar para carretera.
  - (5) **Reflexión directriz.** (Sin esferas de vidrio). De acuerdo con la Especificación ASTM E 1347, el color blanco tendrá un valor de 84% y el color amarillo un 55%, ambos con relación al estándar de óxido de magnesio.

- (6) **Tiempo de secado.** La película con un espesor de 0.38 milímetros con esferas de vidrio tendrá un tiempo de secado de 30 minutos máximo en el laboratorio a 22° C, según ASTM D 711, para alcanzar la condición de que no se despegue. En el campo a 25° C, el tiempo para alcanzar la condición que no deje marcas (sin seguimiento) en la pintura al paso de la rodadura de un vehículo en 15 metros, será de 10 minutos máximo.
- (7) **Resistencia a la abrasión.** El índice de desgaste con una llanta CS-17 bajo una carga de 1,000 g por 100 ciclos, de acuerdo con ASTM D4060 deberá ser de 82% máximo.
- (8) **Dureza.** El producto deberá de alcanzar un rango de dureza Shore Tipo D después de haberse curado entre 72 a 96 horas a 22° C, según ASTM D 2240, de 75 a 100.
- (9) **Almacenaje.** El producto debe estar en capacidad de poderse utilizar inmediatamente, sin necesidad de un proceso de premezclado de sus componentes individualmente, después de haberse almacenado según la fecha de fabricación, hasta 12 meses sin haber sido utilizado.
- (f) **Marcadores resaltados en el pavimento, ojos de gato o vialetas.** El Contratista debe suministrar y colocar marcadores resaltados reflectivos de tipo prismático de conformidad con la Especificación ASTM D4280, consistentes en un marcador de metacrilato metilo, policarbonato o de un compuesto adecuado de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) ajustado con lentes reflectivos. La superficie exterior del marcador resaltado debe ser lisa. Deberán de ser adheridos al pavimento seco con el producto adhesivo recomendado por el fabricante.

Las vialetas deben cumplir con los requerimientos de la norma ASTM D 4280 y además cumplir con las siguientes características:

- 1) Ser durables y resistentes a la abrasión.

- 2) Ser resistentes a químicos, agua y rayos UV.
- 3) Proporcionar una visibilidad nocturna altamente efectiva a largo plazo.
- 4) Ser retroreflectivas, con lente prismático liso y continuo, integrado al cuerpo de la vialeta.
- 5) Ser diseñadas para su aplicación sobre superficies de pavimentos de asfalto o de concreto.
- 6) Estar fabricadas de policarbonato y con elementos no metálicos de alta resistencia al impacto.
- 7) La base de la vialeta debe ser plana y libre de cualquier sustancia o brillo que reduzca su capacidad de sujeción al adhesivo.
- 8) Las dimensiones requeridas y sus tolerancias serán las siguientes:

Descripción	Dimensión
• Largo mínimo	10.16 +/- 1.27 cm.
• Ancho mínimo	8.92 +/- 1.27 cm
• Altura mínima	1.58 +/- 1.27 cm.
• Inclinación mínima de cara reflectiva	30 grados
• Área mínima de superficie retroreflectiva	16.00 cm <sup>2</sup>

El espaciamiento deberá de estar indicado en los planos o de conformidad con lo especificado en las Especificaciones MUTCD.

El material reflectivo debe tener el coeficiente mínimo de intensidad luminosa indicado en la Tabla 706-2.

**Tabla 706-2**  
**Coeficiente mínimo de intensidad luminosa RI (Milicandelas por Lux)**

Angulo de observación	Angulo de entrada	Blanco <sup>(1)</sup>	Amarillo	Rojo
0.2	0	279	167	70
0.2	20	112	67	28

<sup>(1)</sup> Cristalinas, claras o incoloras son designaciones de color aceptables.

Las mediciones de retroreflectividad se deberán hacer después de los 3 días de su aplicación y a no más de los 30 días de aplicación. El procedimiento de medición deberá efectuarse de acuerdo al procedimiento establecido en ASTM D7585.

La base del marcador resaltado debe ser plana, con patrones o texturizada y libre de brillo o substancias que puedan reducir su capacidad de ligarse al adhesivo. La desviación de una superficie plana no debe de exceder de 1 milímetro.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**706.04 Generalidades.** Las superficies sobre las cuales se van a aplicar las marcas tienen que ser superficies limpias, secas y libres de partículas sueltas, lodo, acumulaciones de alquitrán o grasa u otros materiales nocivos.

La demarcación para el caso de líneas de tráfico se debe hacer por lo menos cada 10 metros en tramos rectos y cada 5 metros en las curvas, por el método más conveniente. Para el caso de las marcas, se debe hacer de acuerdo con las dimensiones indicadas en los planos. Para curvas con grados de curvatura elevados, el espaciamiento de las marcas se puede reducir de conformidad con las instrucciones del Delegado Residente.

Cuando se coloquen las marcas sobre pavimentos rígidos que tengan menos de un año de construidos, se tiene que limpiar la superficie del pavimento para eliminar todo residuo y compuestos de curado antes de la colocación de los materiales de señalización.

Si en los planos o en las Disposiciones Especiales no se indica, en las carreteras principales las líneas centrales y separadoras de carril, tienen que tener un ancho mínimo de 150 milímetros. Y en las carreteras secundarias el ancho de estas líneas debe ser de 100 milímetros mínimo.

Si los planos no lo indican de otra manera, las líneas longitudinales discontinuas tienen que tener 4.5 metros de largo con intervalos libres de 7.0 metros, y en zonas urbanas 3.0 metros de largo y 5.0 metros de separación entre ellas. Para carriles de incorporación deberán utilizarse líneas longitudinales de 0.90 metros con una separación entre ellos de 0.60 metros. Las líneas centrales se aplican en el pavimento de las carreteras, cuya calzada tiene únicamente dos carriles en diferente sentido. Se traza continua para indicar que los vehículos no pueden rebasar y discontinua cuando se puede rebasar. La maniobra de rebasar es restringida por curvas horizontales de radios mínimos, cambios de pendiente con curvas verticales convexas, o cruces a nivel con otros caminos. La localización de los lugares, las dimensiones de los tramos discontinuos y los espaciamientos deben estar indicadas en los planos o definidos por el Delegado Residente.

Las líneas longitudinales no centrales o laterales, se aplican en el pavimento de las carreteras, cuya calzada tiene únicamente dos o más carriles. Se traza continua cuando se aplica a la orilla de los hombros y delimita el ancho de rodadura y se traza discontinua en el caso de carreteras con dos o más carriles en el mismo sentido y delimita el ancho de los carriles. Estas líneas deberán ser de color blanco.

Las líneas dobles tienen que tener una separación entre sí de 150 milímetros a menos que en los planos o en las Disposiciones Especiales se indique lo contrario. Las líneas dobles deben de quedar paralelas manteniendo la separación especificada entre ellas de forma constante.

Las flechas y las letras tienen que ser de las dimensiones indicadas en los planos.

Todas las marcas tienen que presentar una apariencia clara, uniforme y bien terminada con bordes definidos. Las marcas que no tengan una apariencia uniforme y satisfactoria, durante el día o la noche, tienen que ser corregidas por el Contratista de modo aceptable al Delegado Residente y a su costa. Las marcas de tráfico se deben aplicar en la dirección del tráfico.

**706.05 Marcas pintadas.** Las marcas se tienen que aplicar por medios mecánicos o equipo especializado aprobado por el Delegado Residente. La máquina para pintar tiene que ser del tipo con rociador, que pueda aplicar la pintura en forma satisfactoria bajo presión con una alimentación uniforme a través de boquillas que rocíen directamente sobre el pavimento. Cada máquina tiene que ser capaz de aplicar dos rayas separadas, continuas o discontinuas, a la vez. Cada depósito de pintura tiene que estar equipado con un agitador mecánico. Cada boquilla tiene que estar equipada con válvulas de cierre adecuadas que aplicarán líneas discontinuas automáticamente. Cada boquilla tiene que tener un dispensador automático de esferas de vidrio que funcionará simultáneamente con la boquilla rociadora y distribuirá las esferas de vidrio en forma uniforme a la velocidad especificada.

Todas las marcas de la señalización horizontal deben de quedar con un acabado final retroreflectivo uniforme.

La pintura debe estar bien mezclada antes de su aplicación y tiene que ser aplicada cuando la temperatura ambiente sea superior a los 4° C. La pintura debe ser rociada con un espesor de capa húmeda igual a 0.38 milímetros a una razón mínima de 2.6 metros cuadrados por litro. Las esferas de vidrio deben ser aplicadas inmediatamente

después de rociada la pintura a una razón de 0.7 a 1.0 kilogramos por litro de pintura.

En pavimentos o tratamientos superficiales asfálticos nuevos, la pintura se debe colocar en dos aplicaciones. La primera debe aplicarse en una cantidad de 8.8 metros cuadrados por litro y la segunda en 3.7 metros cuadrados por litro. La primera aplicación se efectúa sin microesferas y la segunda aplicación, si no está indicado en los planos o en las Disposiciones Especiales, las microesferas se aplicarán a razón de 1.0 kilogramo por litro de pintura.

Las áreas pintadas tienen que ser protegidas del tránsito hasta que la pintura esté lo suficientemente seca como para prevenir que se adhiera a las llantas de los vehículos o que éstas dejen sus huellas. Cuando el Delegado Residente lo apruebe, el Contratista puede poner la pintura y las esferas de vidrio en dos aplicaciones para reducir el tiempo de secado en las áreas de congestionamiento de tránsito.

**706.06 Marcas termoplásticas.** La aplicación se debe efectuar por el método de moldeado a presión en caliente o por el de rociado en caliente, con sistemas de extrusión para marcas largas y con moldes manuales o equipo mecanizado para marcas cortas, símbolos y flechas según se indique en las Disposiciones Especiales. Si es necesario, la superficie del pavimento bituminoso nuevo o existente se tiene que lavar con una solución detergente seguido por un enjuague con agua para eliminar toda capa de arcilla u otro material extraño.

En el caso de pavimentos rígidos como en pavimentos asfálticos con más de 2 años de servicio, oxidados o con agregados expuestos, se tiene que aplicar y dejar secar un sello de imprimación de resina epólica sobre la superficie de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

La resistencia mínima de la adherencia cuando se aplique sobre pavimentos flexibles debe ser de 0.85 MPa y de 1.20 MPa sobre pavimentos rígidos.

La aplicación se tiene que llevar a cabo sólo sobre pavimentos secos y cuando la temperatura del pavimento sea de 10° C o mayor y se encuentre en

ascenso. La temperatura de aplicación del material termoplástico debe ser de  $220 \pm 3^\circ \text{C}$ .

Las esferas de vidrio tienen que ser incorporadas al material termoplástico a razón de 9.8 kilogramos por 100 metros cuadrados de línea.

El material termoplástico tiene que tener un espesor de 2.5 a 3.8 milímetros para las líneas centrales o separadoras de carril y 1.5 milímetros para las laterales. El material termoplástico debe ser colocado en una sola aplicación.

Las líneas recién moldeadas a presión tienen que ser protegidas del deterioro y toda línea de tránsito deteriorada o que no se adhiera en forma correcta a la superficie del pavimento, tiene que ser reemplazada con líneas que cumplan con los requisitos de estas Especificaciones.

**706.07 Marcas de plástico preformadas.** La aplicación se tiene que hacer de acuerdo con los procedimientos recomendados por el fabricante, los que se deberán proporcionar al Delegado Residente antes de comenzar las operaciones. Los materiales para las marcas de plástico sobre el pavimento tienen que ser aplicadas sólo sobre superficies con temperaturas dentro de los límites especificados por el fabricante para obtener la adherencia óptima. La película tiene que proporcionar una marca clara, duradera, resistente a la exposición a la intemperie y no tiene que mostrar signos perceptibles de decoloración, desprendimiento, encogimiento, ruptura, enrollamiento u otros signos de adherencia deficiente.

El método de revestimiento a ser usado para aplicar marcas preformadas a pavimentos existentes o a pavimentos rígidos deberá ser el establecido en los planos o el indicado en las Disposiciones Especiales. El tipo de adhesivo a ser utilizado y los métodos de aplicación tienen que ajustarse a las recomendaciones del fabricante.

El Contratista tiene que proporcionar el aplicador y el dispositivo aplanador para la instalación adecuada del material plástico preformado. El equipo tiene que ser proporcionado

mientras dure el período de instalación. Cuando así se especifique, el vendedor tiene que proporcionar asistencia técnica respecto al funcionamiento y mantenimiento del equipo.

**706.08 Marcas de material epóxico.** Los componentes del material epóxico tienen que ser calentados antes de su colocación a una temperatura máxima de  $60^\circ \text{C}$  debiéndose tener cuidado de que el material no se polimerice. No se deberá utilizar el material que se sobrecaliente a más de  $60^\circ \text{C}$ . La aplicación se tiene que llevar a cabo sólo sobre pavimentos secos y cuando la temperatura del pavimento sea de  $10^\circ \text{C}$  o mayor. El material debe ser rociado con un espesor de película seca de 0.63 milímetros o en una cantidad de 1.7 metros cuadrados por litro. Las esferas de vidrio deben ser aplicadas inmediatamente después de aplicar el epóxico en una cantidad de 0.7 a 1.0 kilogramos por litro de epóxico.

**706.09 Marcadores resaltados en el pavimento.** Los marcadores resaltados sobre el pavimento, ojos de gato o vialetas, deben cumplir con la Especificación ASTM D4280, tienen que ser colocados en las ubicaciones y a los intervalos indicados en los planos. La aplicación de los marcadores se tiene que llevar a cabo hasta después de que la superficie del pavimento haya sido aprobada.

Los marcadores podrán ser adheridos a los pavimentos asfálticos o de concreto, por medio de un material epóxico o de un material adhesivo para asfaltos especial para este tipo de tarea. La superficie del pavimento tiene que estar seca y con una temperatura igual o mayor a  $10^\circ \text{C}$ . En el caso de pavimentos rígidos, sólo se permitirá el uso de material epóxico.

El material adhesivo bituminoso debe cumplir con las especificaciones para adhesivos para marcadores resaltados en el pavimento en los anexos de ASTM D 4280 y deberá aplicarse de acuerdo a las especificaciones de aplicación del fabricante, las cuales deberán ser presentadas al Delegado Residente antes de iniciar la instalación.

El adhesivo epóxico tiene que mantenerse a una temperatura de  $15^\circ \text{C}$  a  $30^\circ \text{C}$  antes de su

uso y durante su aplicación. Los componentes del adhesivo epóxico se tienen que añadir al mismo tiempo y mezclar hasta tener una pasta uniforme, sin grumos antes de su uso. La mezcla de adhesivo tiene que ser desecharada cuando la polimerización haya provocado su endurecimiento y la disminución de la maleabilidad.

La mezcla de adhesivo tiene que ser aplicada al área del pavimento preparada para ser cubierta por los marcadores y se tienen que presionar los mismos en el lugar a modo de exprimir una pequeña cantidad de adhesivo alrededor de todo el contorno de la marca. La cantidad necesaria de adhesivo tiene que ser normalmente del orden de 20 a 40 gramos.

Si se utiliza adhesivo para superficies asfálticas, éste no debe ser calentado a más de 218° C. Se debe desechar todo el material que haya sido calentado a más de 232° C.

La secuencia de operaciones tiene que ser tan rápida como sea posible. El adhesivo tiene que estar en el lugar y el marcador asentado en no más de 30 segundos después que se haya quitado el chorro de aire caliente. Los marcadores resaltados no tienen que haber enfriado más de un minuto antes de su colocación.

La adherencia será considerada satisfactoria cuando el adhesivo desarrolle una resistencia mínima de adherencia a la tracción de por lo menos 12 kilo Pascales o una resistencia total a la tracción de 110 Newtons.

Los marcadores resaltados tienen que ser espaciados y alineados como se indica en los planos o como lo ordene el Delegado Residente. Se permitirá un desplazamiento de no más de 13 milímetros hacia la izquierda o derecha de la guía establecida. El Contratista tiene que quitar y reemplazar, a su costa, todos los marcadores colocados en forma incorrecta.

En pavimentos rígidos de concreto, los marcadores no se deben colocar sobre las juntas longitudinales o transversales del pavimento.

## 706.10 Medida.

(a) **Marcas.** La medida se debe hacer del número de kilómetros, con aproximación de tres decimales, de Marcas de Tráfico, del material, tamaño y razón de aplicación especificado en las Disposiciones Especiales, medidos a lo largo de la línea central de la carretera, aplicados y aceptados satisfactoriamente, de acuerdo con los planos, las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales.

(b) **Marcadores resaltados, ojos de gato o vialetas.** La medida se debe hacer del número de marcadores resaltados, colocados y aceptados satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

## 706.11 Pago.

(a) **Marcas.** El pago se debe hacer por el número de kilómetros de líneas de tráfico medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Marcas de Tráfico, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

(b) **Marcadores resaltados, ojos de gato o vialetas.** El pago se debe hacer por el número de marcadores resaltados, medidos como se indicó anteriormente, al precio unitario de contrato correspondiente a Marcadores Resaltados (Ojos de Gato), cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Pintura	AASHTO M 248
	Esferas de vidrio	AASHTO M 247
	Material termoplástico	AASHTO M 249
	Marcas de cintas plásticas retroreflectivas preformadas	AASHTO D 4505
	Marcadores resaltados en el pavimento, ojos de gato o vialetas	AASHTO D 4280
	Pigmentos amarillos y anaranjados	ASTM D 211
	Pigmentos de dióxido de titanio	ASTM D 476

---

---

**SECCIÓN 707**  
**SEÑALES DE TRÁNSITO**

---

---

- 707.01 Definición.
- 707.02 Descripción.
- 707.03 Láminas de material reflectivo.
- 707.04 Tableros para señales.
- 707.05 Postes de metal.
- 707.06 Estructuras de metal.
- 707.07 Colocación.
- 707.08 Medida.
- 707.09 Pago.



### 707.01 Definición.

**Señales de tránsito.** Es el conjunto de figuras, letreros y rótulos reflectivos colocados en postes a uno, en ambos lados o sobre la carretera, utilizados para informar, controlar y dirigir el tránsito

**707.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la fabricación, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de todas las señales de tránsito. Este trabajo también incluye la excavación y relleno para la colocación de las señales. La forma, dimensiones y colores deben de estar de acuerdo con el reglamento de señales aprobado por la Dirección General de Caminos, el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito de SIECA y el Anexo del Acuerdo Centroamericano sobre Señales Viales Uniformes Año 2014.

## MATERIALES

**707.03 Láminas de material reflectivo.** Deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM D 4956. Cuando el contenido de las señales sobre las láminas de material reflectivo sea elaborado mediante impresión serigráfica o impresión digital, las tintas correspondientes al método de impresión usado, deberán cumplir con los mismos requisitos de reflexión de las láminas de material reflectivo.

Las señales elaboradas con los métodos de impresión indicados, deberán tener un laminado transparente con protección Ultra Violeta y recubrimiento anti grafiti.

En los planos o en las Disposiciones Especiales, de conformidad con lo establecido en la norma ASTM D 4956, se deberá indicar el tipo de reflectividad requerida, sus requerimientos de desempeño y la clase de adhesividad que deberán tener en el reverso las láminas de material reflectivo.

El Contratista deberá presentar al Delegado Residente para el trámite de Aprobación por el Ingeniero, muestras representativas de las señales a utilizar, los certificados de calidad del fabricante, hojas técnicas y procedimientos de colocación de las señales de tránsito.

**707.04 Tableros para señales.** Los tableros para señales pueden ser fabricados de aluminio, acero galvanizado o plástico según se indique en los planos o en las Disposiciones Especiales y tienen que tener láminas de material reflectivo en su parte delantera con la simbología e indicaciones que correspondan al tipo de señal. Cuando el tipo de material para la señal no se especifique en los planos, se tienen que usar tableros de acero galvanizado calibre 16 (1.52 mm).

(a) **Tableros de aluminio.** Deben cumplir con lo indicado en ASTM B 209 M, aleación 6061-T6 o 5052-H 38. Todos los tableros que sean de 750 por 750 milímetros o menores, deben ser fabricados con láminas de aluminio de 2 milímetros de espesor. Los tableros más grandes para la señalización en estructuras de portales deben ser fabricados con láminas de aluminio de 3 milímetros de espesor.

Las planchas deben estar libres de laminaciones, burbujas, uniones abiertas, perforaciones, agujeros y otros defectos que puedan afectar su apariencia o su uso. El espesor debe ser uniforme y la plancha prácticamente plana. Los trabajos de corte, troquelado y punzonamiento deben ser efectuados antes de preparar los tableros para la aplicación del material reflectivo.

Se debe limpiar, desengrasar y cromar los tableros o prepararlos adecuadamente de otra forma de acuerdo con los métodos recomendados por el fabricante del laminado.

(b) **Tableros de acero galvanizado.** El Contratista debe suministrar láminas continuas de acero de

2 milímetros de espesor con un revestimiento galvanizado que cumplan con lo indicado en ASTM A 653. El revestimiento con zinc deberá cumplir con la designación G 90.

El Contratista debe suministrar tableros con una superficie plana. No se debe utilizar tableros torcidos o combados. Se debe limpiar, desengrasar o preparar los tableros utilizando cualquiera de los métodos recomendados por el fabricante.

**(c) Tableros plásticos de policarbonato.** El Contratista debe suministrar material de policarbonato no reforzado, liviano, flexible, de alto impacto y químicamente resistente a la intemperie y a los rayos ultravioleta, material sobre el cual se puedan colocar adhesivos, revestimientos y material para laminado reflectivo recomendados para estos tableros.

Los tableros de 600 por 600 milímetros o menos deben ser fabricados utilizando Tableros plásticos de 2 milímetros de espesor y los tableros más grandes deben ser fabricados utilizando espesores de 3 milímetros.

Los tableros deben ser planos y deben estar libres de pandeos, torceduras y otros defectos. Cuando se coloquen varios tableros adyacentes, el espacio entre tableros adyacentes no debe ser mayor de 16 milímetros. Los tableros mayores de 600 por 600 milímetros deben tener nervios de refuerzo colocados en la parte trasera para rigidizar y montar los soportes.

**(d) Tableros plásticos de fibra de vidrio.** El Contratista debe suministrar material de fibra de vidrio reforzada, térmicamente estable, de hojas laminadas de poliéster modificado con acrílicos, deberán ser resistentes a la intemperie y a los rayos ultravioleta, no deberán de ser inflamables y deberán tener una superficie sobre la cual se puedan colocar adhesivos, revestimientos y material para laminado reflectivo recomendados para estos tableros.

Los tableros deberán tener una superficie lisa y estar libres de grietas visibles, perforaciones, adherencias de otros materiales y arrugas superficiales que puedan afectar su desempeño como elementos de señalización.

Las dimensiones laterales deberán de ser menores de 3.60 metros con un espesor de 3.4 milímetros.

Los tableros deberán de ser de color gris uniforme según el sistema de color Munsell de N7.5 a N8.5.

Los valores de las propiedades físicas y mecánicas en lo que se refieren a resistencias y sus correspondientes módulos a la tensión (ASTM D 638), a la flexión (ASTM D 790), a la compresión (ASTM D 695) y resistencia al punzonamiento (ASTM D 732), deberán cumplir con el inciso 718.03 (2) de las Especificaciones FP-14 para la Construcción de Carreteras y Puentes en Proyectos Federales de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos.

**707.05 Postes de metal.** El Contratista debe suministrar postes de acero de lingote relaminado galvanizado conforme ASTM A 123, de Sección U que cumplan con lo indicado en ASTM A 499 grado 60, o tubos cuadrados fabricados con acero que cumpla con la Especificación ASTM A 1011 grado 55.

Los agujeros deben ser punzonados a lo largo de la línea central del poste antes de galvanizarlo según las normas ASTM A 123 o ASTM B 695. La perforación o el punzonamiento debe iniciarse a 25 milímetros de la parte superior del poste y proceder con una segunda perforación con una separación de 25 milímetros entre centros.

Para los perfiles de Sección U o de canal, los agujeros deberán de ser de 10 milímetros, situados en la línea central en el fondo de la Sección U.

Para los tubos circulares y cuadrados, los agujeros deberán de ser de 11 milímetros, situados a ambos lados de un diámetro de los tubos circulares y en la línea central de los 4 lados de los tubos cuadrados.

Los postes deben tener como mínimo 50 milímetros de diámetro con un espesor de 1.82 mm. Los postes tubulares deben de contar con una tapadera en la parte superior para evitar el ingreso de lluvia, esta tapadera será de lámina galvanizada calibre 16 (1.52mm) soldada en la parte superior, la soldadura deberá ser limpiada y tratada con pintura anticorrosiva color plateado. La longitud del poste deberá estar de acuerdo con el tablero que sea colocado. Debe de tomarse en cuenta la altura libre indicada en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito de SIECA.

**707.06 Estructuras de metal.** Todas las estructuras de metal detalladas en los planos para la sujeción de los tableros o señales elevadas deben cumplir con lo establecido en los planos y ser construidas de acuerdo con los requisitos de la Sección 559.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**707.07 Colocación.** La fabricación de los tableros, incluyendo el corte, perforación y taladrado de agujeros, se tiene que completar antes de la preparación final de la superficie y de la aplicación de las láminas o pliegos reflectivos. Los tableros de metal se tienen que cortar del tamaño y forma correctos y tienen que estar libres de pandeo, abolladuras, arrugas, rebabas y defectos que resulten de la fabricación. La superficie de todos los tableros de señales tiene que ser plana especialmente en donde se deba instalar material reflectivo.

No se permitirá el taladrado de agujeros en la obra en cualquier parte del montaje de la estructura sin la previa autorización del Delegado Residente.

Las letras, números, flechas, símbolos, bordes y otras características del mensaje de la señal tienen que ser del tipo, tamaño y serie indicados en los planos o especificados en las Disposiciones Especiales. Cuando se monten las señales antes de que su mensaje deba ser expuesto, el Contratista tiene que cubrir la cara de la señal en forma aceptable para el Delegado Residente, de modo que el mensaje no pueda ser leído y tiene que mantener dicha cubierta

en buen estado hasta que el Delegado Residente ordene el retiro de la misma o hasta la aceptación final, lo que corresponda.

El material de cobertura tiene que ser duradero y resistente a los efectos de la exposición a la intemperie durante el período de uso.

La cimentación para las señales se tiene que construir de acuerdo con los detalles y dimensiones indicados en los planos o como sea aprobado por el Delegado Residente. La excavación, asiento, relleno y compactación tiene que ser llevada a cabo de acuerdo con los requisitos correspondientes de la Sección 205. Los materiales excavados que no se utilizaron en la construcción de la cimentación tienen que ser retirados y eliminados en forma aceptable para el Delegado Residente.

Los postes de las señales de tráfico deben enterrarse por lo menos 500 milímetros, para lo cual se debe hacer una excavación por lo menos de 300 x 300 x 500 milímetros; y el espacio entre las paredes de la excavación y pie del poste se debe llenar con concreto simple clase 14 (2000), bien compactado para que el poste quede bien anclado en el terreno y no pueda ser removido fácilmente. La distancia y la altura de la señal sobre el pavimento debe ser la indicada en el reglamento de señales aprobado por la Dirección General de Caminos.

Como alternativa, los postes pueden ser hincados mediante un cabezal de hincar adecuado o colocados dentro de agujeros guía taladrados o perforados. Las unidades dañadas como resultado de estas operaciones serán rechazadas y reemplazadas por cuenta del Contratista.

Los postes pueden tener un anclaje de varilla de refuerzo corrugada en su parte inferior con las dimensiones y características que de conformidad con el diseño se indiquen en los planos correspondientes.

Los postes colocados en los agujeros taladrados o perforados tienen que ser rellenados con material aprobado hasta el nivel de la superficie circundante, compactados y el área acondicionada en forma aceptable.

Se tienen que tomar las precauciones del caso durante todas las operaciones de fabricación, transporte y montaje para evitar rayaduras, raspaduras y abolladuras de cualquiera de las piezas. Las estructuras tienen que ser manipuladas en forma tal de evitar todo daño a las mismas.

Las piezas dañadas tienen que ser reemplazadas sin costo para el Estado y en forma aceptable para el Delegado Residente. Los tableros para señales tienen que ser asegurados firmemente a los postes como se indica en los planos. Los elementos de sujeción tienen que ser antirrobos cuando ello sea posible. Los tableros para señales tienen que ser montados con la leyenda horizontal.

Para reducir el reflejo del sol en el panel de señales en dirección a los conductores, éste tiene que ser ligeramente desviado de la dirección del tránsito.

Después de la instalación de las señales sobre sus soportes, se deben pintar todas las cabezas de los pernos, las cabezas de los tornillos, las arandelas, etc. que estén expuestas en la cara trasera de las señales. El tipo de pintura tiene que ser aceptable para el Delegado Residente y el color de la pintura tiene que combinar, en lo que sea posible, con el color del fondo o área del mensaje en el punto en el que el accesorio esté expuesto.

**707.08 Medida.** La medida se debe hacer del número de señales de tránsito, fabricadas, e instaladas satisfactoriamente, de acuerdo con el Reglamento de Señales aprobado por la Dirección General de Caminos y estas Especificaciones Generales.

**707.09 Pago.** El pago se debe hacer por el número de señales de tránsito, medidas como se especifica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Señales de Tránsito, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Materiales	
	Láminas de material reflectivo	ASTM D 4956
	Tableros de aluminio	ASTM B 209M
	Tableros de acero	ASTM A 653
	Tubería de acero galvanizado	ASTM A 123
	Postes de acero de sección U	ASTM A 499
	Tubos cuadrados de acero galvanizado	ASTM A 1011
	Agujeros punzonado	ASTM A 123 ASTM B 695
	Estructuras de acero	Sección 559*

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales.

---

**SECCIÓN 708**  
**DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL**  
**TEMPORAL DEL TRÁNSITO**

---

- 708.01 Definición.
- 708.02 Descripción.
- 708.03 Materiales.
- 708.04 Generalidades.
- 708.05 Limitación de las operaciones.
- 708.06 Medida.
- 708.07 Pago.



## 708.01 Definición.

**Dispositivos para el control del tránsito.** Es el conjunto de dispositivos y de servicios temporales necesarios para que el tránsito circule dentro del proyecto y en los tramos abiertos a éste, durante el período de construcción del proyecto.

**708.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro e instalación de dispositivos y servicios para el control y la protección temporal del tránsito en las zonas de construcción de acuerdo con lo previsto en estas Especificaciones Generales, en las Disposiciones Especiales y de conformidad con los detalles y en las ubicaciones indicadas en los planos o establecidas por el Delegado Residente.

Toda la señalización temporal de obra tiene que cumplir y mantener los lineamientos del Manual centroamericano de señalización (SIECA) en su última versión. En el capítulo 6 (Dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías).

## MATERIALES

**708.03 Materiales.** Los materiales para los dispositivos temporales para el control del tránsito deben ajustarse a los requisitos establecidos a continuación y en las Disposiciones Especiales.

(a) **Material retroreflectivo.** A menos que se especifique lo contrario en las Disposiciones Especiales, los paneles, barreras, conos, trafitambos y las banderas de los banderilleros tienen que tener un recubrimiento retroreflectivo que se ajuste a los requisitos de la norma ASTM D 4956.

(b) **Paneles para señales.** Los paneles para señales deben ajustarse a lo previsto en la Sección 707 y deben ser de color naranja con leyendas en color negro, a menos que se estipule de otra forma

en las Disposiciones Especiales, o el Manual centroamericano de señalización (SIECA) en su última versión.

(c) **Postes para señales.** Los postes para señales deben ser de acero galvanizado de 2 x 2 pulgadas, chapa 14 (1.82 mm) que cumplan con lo indicado en ASTM 513 u otros materiales aceptables a juicio del Delegado Residente.

(d) **Barreras plásticas o de concreto.** Son los dispositivos empleados para canalizar y orientar el tráfico. Deben de contar con una cinta retroreflectiva, como mínimo de 2 Pulgadas de ancho, para su mayor visualización en la oscuridad. Además deben de ser fabricadas de poliestireno, sin ningún centro sólido, para que éste sea llenado con agua o arena cual sea mejor aceptable a juicio del Delegado Residente. Barreras de concreto, ver Especificación en el inciso (e).

(1) **Conos.** Los conos deben tener una altura mínima de 700 milímetros con una base ensanchada y deben ser capaces de soportar impactos sin que el cono o los vehículos sufran daño. Todos los conos tienen que ser de color naranja con 2 franjas de láminas retroreflectivas, para su visualización a la luz del día o en la oscuridad. Los conos deben mantener su posición vertical durante el flujo normal de tránsito y en las condiciones de viento de la zona donde se empleen los mismos.

(2) **Trafitambos.** Los trafitambos deben ser de plástico flexible color naranja y deben tener una altura aproximada de 900 milímetros y un diámetro mínimo de 450 milímetros.

(3) **Vallas.** Las vallas pueden ser de metal o plásticos con un enganche de seguridad a cada lado como mínimo.

(e) **Barreras.** Estas barreras deben ser de concreto y se tienen que ajustar a los requisitos previstos en la Sección 709 y a los planos. Las barreras deben tener material retroreflectivo de color blanco o amarillo, según corresponda, y un tamaño aproximado de 100 x 100 milímetros, firmemente montados sobre láminas de acero galvanizado calibre 16, dobladas formando una L (ménsulas) anclados al centro de un costado de la barrera de 3 mts. expuesta al tránsito, estos deberán ser anclados con dos clavos a presión por medio de fulminantes o pernos Hilti de 3/8" de pulgada x 2.5" de pulgada.

(f) **Defensa temporal.** La defensa temporal se debe ajustar a lo previsto en la Sección 701 para postes y rieles de acero. Se permitirá el uso de material de defensas usadas, previa autorización del Delegado Residente.

(g) **Luces de Advertencia (destellantes o fijas).** Las luces de advertencia tienen que ser del Tipo A de intermitencia de baja intensidad, Tipo B de intermitencia de gran intensidad o Tipo C de iluminación fija.

(h) **Plataforma de flecha intermitente.** Las plataformas de flecha intermitente deben tener una altura mínima de 2.6 metros y deben tener un acabado con esmalte mate de color negro. Se debe instalar en el panel un mínimo de 15 lámparas de luz ámbar No. 4412A, PAR 46 de 12 voltios. La configuración de la lámpara tiene que ser provista con un visor y cuando se iluminen las lámparas, éstas tienen que ser visibles a una distancia mínima de 1.6 kilómetros en días claros y despejados. No se tienen que emplear plataformas de flecha intermitente que sólo tengan puntas de flecha.

Las plataformas deben tener los siguientes cuatro modos de funcionamiento:

- Modo flecha izquierda. La flecha encendida destella a la izquierda.
- Modo flecha derecha. La flecha encendida destella a la derecha.

- Modo flecha izquierda y derecha. La flecha encendida destella simultáneamente a la derecha y a la izquierda.
- Modo advertencia. Las lámparas externas colocadas en la parte superior e inferior del panel se encienden y se apagan simultáneamente (emitiendo una señal que no indicará una dirección).

Los circuitos electrónicos tienen que proporcionar entre 25 y 40 ciclos operativos completos de la señal por minuto para cada uno de los modos especificados anteriormente. El tiempo mínimo de encendido tiene que ser el 50 por ciento del ciclo.

La energía eléctrica para el funcionamiento de la señal se tiene que obtener del vehículo donde se encuentra montada la señal. Las señales montadas en la cabina de un camión o en una plataforma deben ser montadas de modo que quede un mínimo de 2 metros entre la parte inferior de la señal y el pavimento.

(i) **Banderilleros y los conductores de autos pilotos.** Los banderilleros y los conductores de los autos pilotos tienen que estar física y mentalmente aptos y entrenados para realizar sus tareas eficientemente. Cada banderillero, durante el período en que desarrolle su tarea, tiene que estar identificado mediante indumentaria adecuada y característica que incluirá chaleco y sombrero retroreflectivos y estará equipado con banderas de color rojo o naranja.

Los banderilleros deberán ser capacitados para esa actividad, previa asignación del puesto, de conformidad con el Acuerdo Gubernativo número 229-2014 y sus reformas 33-2016 Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional en materia de prevención de accidentes y las recomendaciones del equipo necesario según los riesgos existentes.

Se podrá realizar un análisis de riesgo y aplicar las medidas preventivas que correspondan de conformidad con las propuestas de la

Unidad de Seguridad Vial del Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Dirección General de Caminos.

Los autos piloto tienen que estar identificados con la señal adecuada e informativa montada en la parte trasera de los mismos y luces intermitentes de color ámbar y los mismos deben ser operados a velocidad prudente. Éstos deben de ser utilizados únicamente en el proyecto.

- (j) **Marcas temporales en el pavimento.** Las marcas temporales deben ser cintas reflectivas preformadas o pintadas según se especifique. Las cintas preformadas tienen que ser removibles o fijas, según se especifique. La cinta removible tiene que ser capaz de ser quitada de forma intacta o en franjas grandes. La cinta fija está diseñada para permanecer en el lugar. La cinta debe tener esferas de vidrio de alta calidad óptica, revestida previamente con un adhesivo sensible a la presión. Las esferas tienen que ser de una graduación uniforme y deben ser distribuidas sobre la superficie de la cinta en forma uniforme. El color de la cinta se tiene que ajustar a las normas referentes al color de las marcas del pavimento y tienen que ser visibles a la luz de los autos de noche. La cinta, cuando se coloque de acuerdo con los procedimientos recomendados por el fabricante, tiene que ser resistente a la intemperie y no tiene que presentar decoloración, levantamiento o encogimiento perceptibles durante la vida útil de la misma. La cinta colocada tiene que tener una buena apariencia, estar libre de rupturas y los bordes tienen que ser rectos, derechos y estar enteros.

Las marcas pintadas se tienen que ajustar a la Sección 706.

Los marcadores resaltados en el pavimento (violetas) tienen que ajustarse a lo indicado en la Sección 706. Tienen que ser de color blanco, amarillo o rojo, o una combinación de los mismos, según se especifique en las Disposiciones Especiales.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**708.04 Generalidades.** El Contratista debe mantener los tramos de la obra habilitados al tránsito, en condiciones tales que el mismo pueda circular sin riesgos. Los dispositivos y los servicios de control de tránsito dentro y fuera de los límites de la obra, tienen que ser proporcionados y mantenidos según sea necesario, para facilitar la dirección del tránsito.

El Contratista debe presentar un plan de control de tránsito para el manejo del mismo de acuerdo con lo indicado en la Especificación 155.03. El Contratista tiene que instalar las señales, barreras y otros dispositivos de control de tránsito exigidos en el plan o en las Disposiciones Especiales. Los dispositivos para el control del tránsito tienen que ser operados solamente cuando sea necesario y solamente será posible poner en funcionamiento aquellos dispositivos que pueden ser operados satisfactoriamente y que se apliquen a las condiciones reales existentes.

El Contratista tiene que reemplazar todos los dispositivos proporcionados, de acuerdo con lo previsto en esta Sección, que se hayan perdido, hayan sido robados, destruidos o se consideren inaceptables mientras se requiera su empleo en la obra, sin recibir compensación adicional.

El recubrimiento reflectivo de las señales, tráfitambos, barreras y demás dispositivos tiene que mantenerse limpio. El Contratista tiene que corregir inmediatamente todos los rayones, raspaduras y rasgaduras producidos en el recubrimiento.

Todo elemento plástico flexible de señalización provisional de obra deberá contar con material adhesivo retroreflectivo tipo I, que cumpla con la norma ASTM D 4956, de color blanco.

Todo tablero de señalización provisional de obra deberá contar con material adhesivo retroreflectivo tipo XI que cumpla con la norma ASTM D 4956, toda la señalización debe ser de color naranja. No se podrán utilizar mantas o materiales vinílicos no retroreflectivos.

Las luces de advertencia Tipo A tienen que ser empleadas solamente en barreras y trafitambos (usados individualmente) y sólo en las tres primeras barreras o trafitambos empleados en la serie para canalización.

Las luces de advertencia Tipo B tienen que ser empleadas en señales de advertencia o en las barreras.

Las luces de advertencia tipo C tienen que ser instaladas en barreras o trafitambos y empleadas en la serie de canalización (con la salvedad de que las dos primeras tienen que ser Tipo A).

Las operaciones nocturnas deben cumplir con lo indicado en la Especificación 155.08.

Las marcas temporales de la línea central en una calzada de doble vía y tránsito circulando en dos sentidos tienen que ser líneas de color amarillo de trazo interrumpido con un ancho mínimo de 100 milímetros y una longitud mínima de 3 metros a intervalos de 8 metros. En los tramos de no rebasar, la línea tiene que ser continua de color amarillo.

Las líneas de las vías separando dos o más vías de tránsito circulando en la misma dirección tienen que ser una tira de color blanco de trazo interrumpido con un ancho mínimo de 100 milímetros y una longitud mínima de 3 metros a intervalos de 8 metros. Las marcas tienen que ser paralelas a la línea central y de apariencia nítida.

Las marcas de la línea central en las calzadas de múltiple vía no separadas (cuatro o más vías) y en las calzadas de doble vía y tránsito circulando en dos sentidos en zonas de “no rebasar” en ambas direcciones, será una línea doble continua de color amarillo. Las marcas tienen que estar colocadas paralelamente entre sí, con una separación aproximada de 100 milímetros.

Las marcas temporales del pavimento tienen que ser colocadas en cada capa de pavimento con anterioridad a la apertura al tránsito público. En capas superpuestas de pavimento de concreto asfáltico, las marcas tienen que ser colocadas lo antes posible después de la colocación de la capa.

Como mínimo, las marcas de pavimento tienen que ser colocadas el mismo día en que se coloque la capa superpuesta de concreto asfáltico en aquellas calzadas donde deba circular el tránsito. En la capa superficial final se tienen que colocar las marcas permanentes en el pavimento. En los tramos en que, por condiciones especiales (desvíos), se deban colocar marcas temporales sobre la capa final superficial, éstas deben ser del tipo removible.

Todas las marcas temporales del pavimento tienen que ser removidas mediante un método aprobado que no dañe la superficie o la textura del pavimento, ya que cualquier daño tiene que ser reparado a expensas del Contratista empleando métodos aceptables a juicio del Delegado Residente.

Cuando exista en un proyecto carretero un desnivel longitudinal o transversal entre una y otra capa del pavimento de más de 80 milímetros o existan modificaciones en el sentido de las vías, se deben colocar señales de advertencia.

- (a) Se deberá mantener, durante la ejecución de los trabajos que comprende el Proyecto, una señalización adecuada para alertar al usuario de cualquier peligro o dificultad al tránsito. Estas señales serán aprobadas por el Delegado Residente. En caso que no esté especificado en planos previos. Deberán estar de acuerdo con las características y especificaciones del Manual Centroamericano de señalización (SIECA) en su última versión.
- (b) Se debe colocar señalización preventiva de obra que indique la aproximación del área de construcción (ambos sentidos), estas señales deben de contener el diagrama de hombre trabajando, velocidad máxima de circulación y la distancia a cuantos metros inicia el proyecto. Esta señalización se recomienda que éste colocada a 100m, 200m y 300m.
- (c) Se debe colocar señalización informativa de inicio y finalización de proyecto, estas señales deben de ser color naranja de dimensiones mínimas de 90 x 40 cms como medida para que tenga una buena visualización el conductor.

- (d) Adentro del área de construcción se debe de tener en cuenta la señalización que identifique los obstáculos visuales que provoquen los cambios de vías dentro del proyecto, estos deben de estar identificados con tableros de obstáculo simple (90 x 30 cms) u obstáculo doble (120 x 60 cms).
- (e) Se debe colocar recordatorios de la velocidad que debe de tener el conductor a la hora de transitar en el área del proyecto, esta señal siempre debe ser de color anaranjado.

Todas las señales y dispositivos colocados en el Proyecto deben permanecer en buen estado físico, limpios y en las cantidades necesarias. El contratista debe reemplazar las señales o dispositivos que tengan daños, estén rotos, manchados o despintados.

**708.05 Limitación de las operaciones.** Las operaciones del Contratista en las calzadas abiertas al tránsito público tienen que ser limitadas en la forma estipulada en la Sección 155.

**708.06 Medida.** Cuando en el contrato y en las Disposiciones Especiales no se estipule un Renglón para cubrir los trabajos indicados en la Sección 155 y sí se incluya un Renglón para cubrir el uso de los dispositivos para el control temporal del tránsito, la medida se debe hacer por suma global por los dispositivos suministrados y los trabajos correspondientes al Renglón de “Dispositivos para el Control Temporal del Tránsito” efectuados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**708.07 Pago.** El pago se debe hacer por la suma global como se especifica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a “Dispositivos para el Control Temporal del Tránsito”, esta suma global se podrá distribuir según el tiempo de ejecución programado en cuotas mensuales cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Referencias	Material	
Manual centroamericano de señalización (SIECA) en su última versión, capítulo 6	Láminas de material retroreflectivo	ASTM D 4956
Acuerdo gubernativo número 229-2014 y sus reformas 33-2016, reglamento de salud y seguridad ocupacional		



---

---

**SECCIÓN 709**  
**BARRICADAS DE CONCRETO**

---

---

- 709.01. Definición.
- 709.02. Descripción.
- 709.03. Requisitos de los materiales.
- 709.04. Barricadas de concreto.
- 709.05. Medida.
- 709.06. Pago.



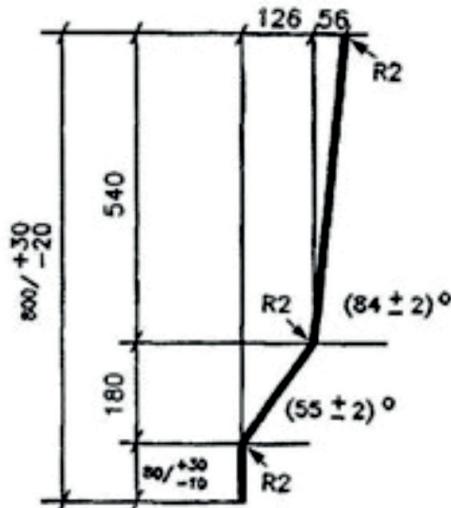
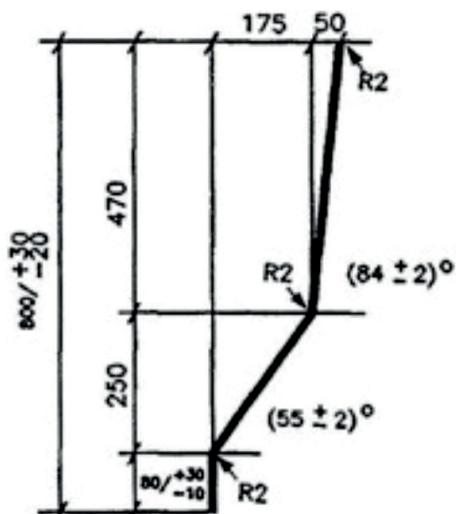
### 709.01 Definición.

**Barricadas de concreto.** Son los dispositivos para impedir el paso del tráfico, para desviarlo o para canalizarlo. También son utilizados para separación de carriles o como sistema de contención.

**709.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro y colocación de barricadas de concreto Tipo Jersey o Tipo “F”, en los puntos en donde se necesitan altos niveles de contención. Estas podrán ser de concreto prefabricado en módulos

de 3 metros de largo o por medio de fundiciones corridas en el sitio, siempre que se mantengan las especificaciones de concreto, geometría y refuerzos de acero autorizados por la norma AASHTO MASH (Manual para Evaluar el Desempeño de los Dispositivos de Seguridad para Carreteras), y de acuerdo con las alineaciones y rasantes indicadas en los planos o establecidas por el Delegado Residente. A continuación, se incluye un esquema de las dimensiones de las barreras tipo New Jersey y tipo “F”.

**Figura 709-01.**  
**Dimensiones barreras Tipo New Jersey y Tipo “F”**  
**(Norma Técnica Peruana 339.222)**



## MATERIALES

### 709.03 Requisitos de los materiales.

- (a) **Concreto.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en la Sección 551.
- (b) **Acero de refuerzo.** Debe colocarse conforme se indica en los planos y cumplir con los requisitos de la Sección 552.
- (c) **Barricadas de concreto prefabricado.** Las unidades prefabricadas deben fundirse en formaletas de acero. Se les debe colocar el acero de refuerzo indicado en los planos para resistir las cargas dinámicas y los esfuerzos de instalación. El concreto debe tener una resistencia mínima a los 28 días de 28 MPa (4,000 psi) evaluada de conformidad con el ensayo AASHTO T 22. El contenido de aire de la mezcla de concreto por volumen, cuando sea requerido deberá ser del 5 por ciento mínimo cuando el tamaño máximo del agregado sea de 9.5 milímetros y de 4 por ciento mínimo cuando el tamaño máximo del agregado sea mayor de 9.5 milímetros. Las unidades de concreto deben ser curadas según lo indicado en la Sección 553.
- (d) **Relleno para juntas preformadas.** Debe ser relleno preformado para juntas de expansión de una sola pieza para cubrir la profundidad y el ancho de la junta. El relleno debe cumplir con los requisitos de las normas: AASHTO M 33 para juntas preformadas de tipo bituminoso; AASHTO M 153 para juntas preformadas de hule esponjoso y de corcho y con AASHTO M 213 para juntas preformadas de fibras naturales impregnadas con material bituminoso.
- (e) **Ganchos y pasadores.** Los ganchos y pasadores deben estar de acuerdo con lo establecido en ASTM A 36 y deben ser galvanizados de acuerdo con lo establecido en ASTM A 153/A 153M.
- (f) **Material reflectivo.** Las barricadas de concreto deben tener material reflectivo de color blanco o amarillo, según corresponda, y un tamaño

aproximado de 2.5 x 75 milímetros, firmemente montados sobre centros de 3 metros, en la parte de la barricada expuesta al tránsito, aproximadamente a 600 milímetros por encima de la superficie del pavimento.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

### 709.04 Barricadas de concreto.

Las barricadas de concreto pueden ser fundidas en el sitio, prefabricadas o construidas con formaletas deslizantes. Todos los trabajos deben ser ejecutados de acuerdo con las disposiciones aplicables de la Sección 553.

- (a) **Fundidas en el lugar.** Se deben formar juntas de contracción cortadas a mano o con sierra de 5 milímetros de ancho y de 50 milímetros de profundidad a intervalos de 6 metros. El aserrado se debe efectuar tan pronto como sea posible después de que el concreto haya fraguado lo suficiente para que no se desmoronen las esquinas del aserrado, pero antes de que ocurran grietas de contracción. La profundidad del aserrado debe disminuirse en la orilla adyacente al pavimento para evitar daños en el pavimento.

Se debe colocar relleno preformado para juntas de 19 milímetros en todas las juntas de construcción. Se debe cortar el relleno de manera que se ajuste al área transversal de las estructuras y de las juntas de construcción de las barricadas. Se deben construir juntas longitudinales de 6 milímetros de ancho a los lados de las barricadas.

A la parte superior y lateral de la barricada se le debe dar un acabado superficial común de acuerdo con lo establecido en la Sección 553. Las barricadas y sus juntas deben presentar un aspecto liso y uniforme en su posición final.

- (b) **Fundidas con formaleta deslizante.** No se debe tocar la superficie del concreto de la barricada mientras sale de la máquina de formaleta deslizante, excepto para remover inmediatamente las rebabas o efectuar rebajas utilizando una rastra aplicada cuidadosamente.

Se deben efectuar los ajustes necesarios durante la operación para corregir cualquier condición que cause marcas en la superficie mayores de 13 milímetros. No se debe utilizar agua para reparar las barricadas ya terminadas.

- (c) **Prefabricadas.** Se debe preparar el lecho de cimentación de la barricada de manera que no varíe más de 6 milímetros cuando se coloque un escantillón de 3 metros a lo largo de la línea central de la barricada. Se deben alinear y conectar las secciones adyacentes de la manera indicada en los planos.

El Contratista debe proveer los anclajes indicados en los planos. Así mismo se deberán proveer los ganchos y pasadores necesarios

para colocar en posición y unir las unidades prefabricadas.

**709.05 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de Barricadas de Concreto, aceptados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

**709.06 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros lineales medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Barricadas de Concreto, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

## RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Resistencia a compresión	AASHTO T 22	Relleno para juntas	AASHTO M 33 AASHTO M 153 AASHTO M 213
		Concreto reforzado	Sección 553*
		Pernos	ASTM A 36
		Galvanizado	ASTM A 153/A 53M
		Perfiles New Jersey perfiles tipo F	AASHTO MASH Manual for Assessing Safety Hardware

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales



---

**SECCIÓN 710**  
**ACERAS Y MEDIANAS O ARRIATE**  
**CENTRAL PAVIMENTADOS**

---

- 710.01 Definiciones.
- 710.02 Descripción.
- 710.03 Materiales.
- 710.04 Preparación del lecho.
- 710.05 Aceras y medianas o arriates central de concreto de cemento hidráulico.
- 710.06 Aceras y medianas de mezcla asfáltica.
- 710.07 Aceras y medianas de ladrillo o de adoquines.
- 710.08 Medida.
- 710.09 Pago.



## 710.01 Definiciones.

**Acera o banqueta.** Es aquella parte de la calzada construida principalmente para uso de los peatones.

**Mediana o arriate central.** Es aquella parte de una carretera dividida que separa las vías de tráfico en direcciones opuestas, incluyendo los hombros interiores.

**710.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la construcción de banquetas y medianas o arriates central pavimentados de acuerdo con lo indicado en los planos, estas Especificaciones Generales y en las Disposiciones Especiales. Dichos elementos pueden ser de concreto de cemento hidráulico, de mezcla asfáltica, adoquines de concreto o de ladrillo. La forma, localización, niveles, dimensiones y tipos de materiales, deben ser las indicadas en los planos.

## MATERIALES

**710.03 Materiales.** Los materiales deben estar de acuerdo con lo establecido en las siguientes Subsecciones:

- (a) **Concreto hidráulico.** De acuerdo con lo indicado en la Sección 551.
- (b) **Acero de refuerzo.** De acuerdo con lo indicado en la Sección 552.
- (c) **Mezcla asfáltica.** Los materiales para las aceras de mezcla asfáltica deben estar de acuerdo con lo establecido en la Sección 401 y 403, según se establezca en las Disposiciones Especiales.
- (d) **Ladrillos.** Los ladrillos de arcilla o de esquisto para las aceras deben estar de acuerdo con los requisitos de la norma ASTM C 902, NTG 41024 h2.

Los adoquines de concreto para las aceras deben estar de acuerdo con los requisitos de las normas COGUANOR NTG 41086 y 41087 h2.

- (e) **Construcción de juntas.** De acuerdo con lo indicado en la Especificación 501.11 y 501.14.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**710.04 Preparación del lecho.** El fondo de la excavación debe ser conformado y compactado hasta que presente una superficie plana de conformidad con la sección que se indique en los planos. Todo el material blando e inadecuado debe ser retirado y reemplazado con material adecuado el cual debe ser compactado de acuerdo con lo indicado en la Sección 206.

El material del lecho de cimentación debe ser colocado en capas que no excedan de 100 milímetros de espesor compactado y cada capa debe ser compactada adecuadamente. Cada capa debe ser compactada con por lo menos tres pasadas de un compactador mecánico liviano.

## 710.05 Aceras y mediadas o arriates central de concreto de cemento hidráulico.

- (a) **Formaletas.** La excavación se debe efectuar hasta la profundidad requerida y hasta un ancho que permita la instalación de la formaleta. Las formaletas deben ser de madera, metal u otro material adecuado y deben extenderse hasta la profundidad total del material que se coloque. Todas las formaletas deben ser rectas, estar exentas de combaduras y ser lo suficientemente resistentes para soportar la presión de los materiales que se coloquen sin sufrir desplazamientos.
- (b) **Colocación del concreto.** El lecho de cimentación debe ser humedecido por completo inmediatamente antes de verter el concreto. El concreto debe ser depositado en una sola capa de manera de evitar la segregación y debe ser nivelado adecuadamente.

(c) **Acabado.** El acabado de la banqueta debe cumplir con lo establecido en la Especificación 553.17 (g).

(d) **Juntas.** Las juntas de expansión deben tener las dimensiones especificadas y en ellas debe colocarse el material premoldeado para relleno de juntas de expansión del tipo especificado. Las aceras deben ser divididas en secciones por medio de juntas simuladas aserradas u otro medio aceptable, según fuese ordenado y tendrán un espaciamiento de 1.5 metros máximo. Estas juntas simuladas deben penetrar en el interior del concreto una profundidad de  $\frac{1}{3}$  a  $\frac{1}{4}$  del espesor de la losa y deben tener aproximadamente 3 milímetros de ancho. Las juntas deben coincidir tanto como sea posible con las juntas adyacentes del pavimento rígido, si ese fuera el caso.

Alrededor de todos los accesorios tales como cajas de registro, postes de servicio público, etc. deben formarse juntas de construcción con una profundidad igual a la de la acera o mediana. En estas juntas se debe colocar material para relleno de juntas de expansión de 13 milímetros de espesor. También debe colocarse material de juntas de expansión entre la construcción de la acera de concreto y cualquier estructura fija tal como un edificio o puente. Este material para juntas de expansión debe penetrar hasta la profundidad total de la acera de concreto.

(e) **Curado.** El concreto debe ser curado por lo menos durante 72 horas. El curado se debe efectuar de acuerdo con lo indicado en la Sección 551. Durante el período de curado, la obra deberá ser protegida de todo el tránsito, tanto peatonal como de vehículos. El tránsito de vehículos debe prohibirse durante el período adicional que el Delegado Residente ordene.

**710.06 Aceras y medianas de mezcla asfáltica.** La mezcla asfáltica debe colocarse cuando el lecho de cimentación esté lo suficientemente seco y las condiciones climáticas sean favorables. El material asfáltico debe ser colocado sobre la capa de lecho

y debe ser compactado en una o más capas según se indique. La compactación debe efectuarse por medio de rodillos manuales o mecánicos de tipo y peso aceptables para el Delegado Residente. En lugares inaccesibles para el rodillo, se permitirá el apisonado manual.

**710.07 Aceras y medianas de ladrillo o de adoquines.** Los ladrillos y los adoquines deben ser colocados sobre una superficie nivelada. Los ladrillos o adoquines deben cumplir con la resistencia especificada en los planos.

Los adoquines, se deberán de colocar cumpliendo con la Especificación NTG 41085 sobre una superficie preparada de arena y las juntas deberán de ser llenadas con arena esparcida. Adicionalmente, este trabajo incluirá las llaves de anclaje transversal y bordillos laterales cuando así se requiera.

La capa de ladrillos debe colocarse plana y nivelarse por medio de reglas de madera. La capa no debe desviarse de la línea recta en más de 50 milímetros en 9.2 metros.

Posteriormente se deben llenar las juntas con una mezcla seca de 4 partes de arena y 1 parte de cemento en peso y humedecidas cuidadosamente a fin de saturar el relleno de la junta. Toda junta que no quede al ras con la superficie de los ladrillos debe ser rellenada nuevamente y humedecida.

Inmediatamente después de la colocación, la superficie de ladrillos debe ser barrida e inspeccionada. Todo ladrillo defectuoso debe ser reemplazado.

**710.08 Medida.** La medida se debe hacer por la cantidad de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de aceras y medianas construidas satisfactoriamente, de acuerdo con los planos y con estas Especificaciones Generales. En el caso de aceras y medianas de concreto hidráulico, esta medida debe incluir el acero de refuerzo especificado en los planos y en las Disposiciones Especiales.

**710.09 Pago.** El pago se debe hacer por la cantidad de metros cuadrados medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a aceras y medianas cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

### RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Adoquines módulo de ruptura	NTG 41087 h1	Concreto	Sección 551*
Adoquines resistencia al desgaste	NTG 41087 h2	Acero de refuerzo	Sección 552*
Concreto	NTG 41086	Concreto asfáltico	Sección 401*
		Mezcla asfáltica en frío	Sección 403*
		Adoquines de concreto	NTG 41086 NTG 41087 h2
		Ladrillos para tránsito peatonal	ASTM C 902 NTG 41024 h2

\* Se refiere a estas Especificaciones Generales



---

**DIVISIÓN 800**  
**ASPECTOS AMBIENTALES PARA**  
**ADAPTAR LA INFRAESTRUCTURA VIAL**  
**AL CAMBIO CLIMÁTICO**

---



Tal como se indicó en la División 100 de estas Especificaciones Generales, la DGC deberá contar con el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental –EIA– aprobado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN–, que contenga las medidas de mitigación, para todas aquellas actividades que por sus características, puedan causar deterioro del ambiente a los recursos naturales, estéticos y culturales, antes del inicio de la ejecución de una obra.

En la ejecución de contratos de construcción es importante que el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental sea complementado con Disposiciones Especiales Ambientales y se designe por parte de la Dirección General de Caminos a la Dirección de Gestión Ambiental –DGA– de verificar la ejecución de los trabajos y emitir dictamen en referencia a la variación de los alcances y modificación de las cantidades contractuales en los renglones trabajo incluidos en la División 800 de estas Especificaciones.

El Contratista es responsable durante la construcción, rehabilitación y mantenimiento de la red vial, de cumplir con todas las leyes y demás disposiciones referentes al Medio Ambiente y afines como lo establece la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, para mitigar los efectos adversos al paisaje y adaptar los proyectos de infraestructura vial a los cambios bruscos por efecto del cambio climático

Por esta razón la División 800 de estas Especificaciones Generales se enfoca en la definición de los procedimientos de ejecución de los trabajos relacionados con los aspectos ambientales, en lo referente al control de la erosión, la revegetación, la reforestación, la disposición de materiales sobrantes y de desperdicio, así como el monitoreo de los sistemas y elementos ambientales durante la fase de construcción.

En otras Divisiones de estas Especificaciones Generales se tratan los aspectos ambientales relacionados con los siguientes temas:

Tema	Especificaciones
(a) Campamentos	104.04 y 104.05
(b) Limpieza final del derecho de vía	105.12
(c) Operaciones en bancos de materiales	106.02 y 106.06
(d) Equipo	107.04 y 107.05
(e) Disposiciones sanitarias	108.08
(f) Seguridad del personal	108.10
(g) Protección del medio ambiente (EIA's)	108.12
(h) Protección de bosques	108.13 (a)
(i) Protección de fuentes de agua	108.13 (b)
(j) Protección de zonas de amortiguamiento	108.13 (d)
(k) Protección de sitios y vestigios arqueológicos e históricos	108.13 (e)
(l) Protección y restauración del paisaje	108.13 (f)
(m) Plan de seguridad, control del tránsito y mantenimiento	155.03
(n) Barricadas, avisos de precaución y maquinaria	155.04

(o) Operaciones nocturnas	155.08
(p) Retiro de monumentos históricos	201.06
(q) Limpia, chapeo y destronque	202.03
(r) Desperdicio (botaderos)	203.04 (c)
(s) Paliativos del polvo	314
(t) Plantas de asfalto	107.04, 401.07 y 401.08
(u) Afectaciones	108.09

---

---

## **SECCIÓN 801**

### **CONTROL DE EROSIÓN**

---

---

- 801.01 Definición.
- 801.02 Descripción.
- 801.03 Requisitos de los materiales.
- 801.04 Generalidades.
- 801.05 Presas de detención de erosión.
- 801.06 Cercos para retención de limos.
- 801.07 Estructuras para contener sedimentos.
- 801.08 Canales de desviación.
- 801.09 Bermas de tierra.
- 801.10 Drenajes de taludes y vías fluviales.
- 801.11 Siembra de césped.
- 801.12 Equipo.
- 801.13 Limpieza.
- 801.14 Medida.
- 801.15 Pago.



## 801.01 Definición.

**Control de erosión.** Son las disposiciones para el control temporal y permanente de la erosión que deben ser planificadas de una manera efectiva, económica y continua, durante todo el período de construcción para evitar el daño de la superficie de los taludes.

**801.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro, la construcción y el mantenimiento de las medidas necesarias para el control temporal o permanente de la erosión y de la sedimentación de conformidad como se indica en la Especificación 801.03 según corresponda, cumpliendo con lo establecido en la Especificación 108.12, protección del Medio Ambiente, el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto y en particular lo establecido en la Especificación 108.13 (c) referente a protección contra la erosión.

## MATERIALES

### 801.03 Requisitos de los materiales.

**(a) Pacas.** Existen dos tipos de pacas, de paja normal y de paja de madera. Las pacas de paja deben ser de tipo comercial y deben amarrarse con alambre o pita resistentes. Deben tener una longitud aproximada de 1 metro, tener forma rectangular y una masa aproximada de 30 kilogramos. La paja debe ser de avena, trigo, centeno, vetiver u otras matas de grano que estén libres de maleza, moho u otro material dañino. La paja debe ser secada al aire y estar en una condición adecuada para ser colocada por el equipo especificado.

Las pacas de paja de madera deben ser pacas de viruta de madera rizada. Las pacas deben amarrarse con alambre comercial para pacas, plástico o hilo. Deben tener un tamaño aproximado de 400 por 450 por 900 mm y una masa aproximada de 33 kilogramos.

**(b) Alcantarilla para el control de la erosión.** Se deben suministrar tuberías fabricadas de metal corrugado, plástico o concreto de una resistencia acorde a las cargas del tránsito esperadas y con un diámetro adecuado a ser utilizada para la desviación de riachuelos existentes en las áreas de trabajo. Para alcantarillas temporales se debe aplicar lo indicado en las Secciones 601, 603 y 604 de estas Especificaciones, según corresponda.

**(c) Fertilizantes.** De preferencia se deben suministrar fertilizantes orgánicos. Si el uso de fertilizantes químicos está establecido en las Disposiciones Especiales, éstos deben ser granulados formulados en seco de grado comercial. El fertilizante se debe suministrar en recipientes nuevos, limpios, sellados y etiquetados adecuadamente para marcar claramente el nombre, la masa y la garantía del contenido. Se podrán utilizar fertilizantes líquidos si éstos contienen el porcentaje mínimo de nutrientes del fertilizante seco.

**(d) Geotextiles.** Los geotextiles que se utilizarán para el Control Permanente de la Erosión deberán cumplir para geotextiles tejidos monofilamento correspondientes a la Clase 2 de resistencia, todos los demás tipos de geotextil deberán cumplir por omisión con los requisitos correspondientes a la Clase 1, pudiendo usar de Clase 2 si se comprueba que para las condiciones del proyecto, esta Clase tiene suficientes condiciones de sobrevivencia de acuerdo a los requisitos de resistencia que se establecen en la Tabla 211-1. Los geotextiles para control permanente de la erosión deberán cumplir con lo indicado en la tabla 211-6 de estas Especificaciones.

Las barreras temporales de sedimentación, tienen el propósito de prevenir que el suelo erosionado sea transportado por la

escorrentía fuera del sitio de construcción, los geotextiles usados en las barreras temporales de sedimentación, deberán cumplir con lo establecido en la Tabla 211-7.

Los geotextiles tanto para el control permanente de la erosión como para barreras temporales de sedimentación, se colocarán sujetos a postes con un espaciamiento de 1.2 metros para elongación mayor del 50% y con un espaciamiento de postes de 2 metros, si la elongación es menor del 50%. Los dispositivos de sujeción del geotextil a los postes deberán cumplir con las especificaciones del fabricante. Se deberá supervisar que los postes no dañen el geotextil.

En forma alternativa se podrá sujetar el geotextil mediante una malla de acero o geomalla de resistencia equivalente, soportada por postes con una separación de 1.2 metros. Si se usa malla de acero, ésta deberá ser de calibre 14 con un espaciamiento de 150 \* 150 milímetros.

La altura mínima sobre el nivel del suelo de los geotextiles es de 750 milímetros y se anclarán en el suelo a una profundidad mínima de 150 milímetros y los postes, deberán de ser anclados a una profundidad mínima de 500 mm.

La fabricación del geotextil, incluyendo los remates en las orillas, se harán dentro de una red estable tal, que los filamentos o hilos mantengan su estabilidad dimensional relativa entre ellos mismos. El geotextil y los hilos utilizados en la costura de éste, deberán ser resistentes a ataques químicos, moho y al deterioro. Deberá estar libre de desgarres, defectos o fallas, que alteren adversamente sus propiedades físicas.

Adicionalmente, los geotextiles deberán cumplir con todos los requisitos de supervivencia y resistencia durante la instalación indicados en la Tabla 211-1 de estas Especificaciones.

(e) **Esteras.** De acuerdo con los requisitos de la Sección 807.

(f) **Cubierta retenedora de humedad.** Las cubiertas vegetales podrán consistir de residuos de cosechas, paja, heno, astillas o fibras de madera, aserrín, fibra de celulosa u otros materiales aprobados.

(1) **Paja.** Se debe suministrar paja de avena, trigo, centeno u otras matas de grano que estén libres de maleza, moho u otro material dañino. La paja debe ser secada al aire y estar en una condición adecuada para ser colocada con el equipo especificado.

(2) **Heno.** Se debe suministrar paja resultante de la poda de hierba libre de maleza, moho u otro material dañino. El heno debe ser secado al aire y estar en una condición adecuada para ser colocado con el equipo especificado.

(3) **Fibra de madera.** Debe ser procesada de virutas de madera, con las características siguientes: debe ser teñida con un tinte verde que no sea perjudicial para el crecimiento de las plantas; soluble en agua; no fitotóxico; libre de substancias inhibidoras del crecimiento o de la germinación; libre de semillas de maleza; secada al aire hasta alcanzar un contenido de humedad en equilibrio de  $12\pm 3$  por ciento; empacada en recipientes nuevos etiquetados; y en una condición apropiada para ser mezclada y formar una pasta homogénea adecuada para ser colocada con equipo de lanzado.

(4) **Fibra de celulosa de paja de grama.** Se debe suministrar fibra de celulosa de paja de grama con las características siguientes: teñida con un tinte verde no fitotóxico; soluble en agua; libre de semillas de maleza; secada al aire hasta alcanzar un contenido de humedad en equilibrio de  $10 \pm 0.2$  por ciento; secada al aire hasta alcanzar una masa uniforme de  $\pm 5$  por ciento; empacada en recipientes nuevos etiquetados con el nombre del fabricante y con la masa seca al aire; y en una condición apropiada para ser

mezclada y formar una pasta homogénea adecuada para ser colocada con equipo de lanzado.

(5) **Musgo de pantano.** Se debe suministrar musgo de pantano, esfagníneo granulado de acuerdo con las siguientes especificaciones:

1. Palos, piedras y materia mineral	0%
2. Tallos y hojas esfagníneas, musgos con tallos muy ramificados parcialmente descompuestos	75% min.
3. Color	Café
4. Textura porosa fibrosa a esponjosa fibrosa	
5. pH	3.5 a 7.5
6. Secado al aire	

(6) **Abono maduro.** Se debe suministrar material orgánico parcialmente descompuesto, tal como hojas, grama, arbustos y material resultante de la poda de jardines, curado por 4 a 8 semanas. La madurez se mide por la estabilidad a la temperatura y por el olor del material con apariencia de tierra. Se debe suministrar abono maduro friable, café oscuro, libre de maleza y libre de patógenos de acuerdo con lo siguiente:

1. Razón carbono / nitrógeno	25/1 a 35/1
2. Razón carbono / fósforo	120/1 a 240/1
3. pH	6.0 a 7.8
4. Contenido de agua	40% máx.
5. Tamaño de las partículas	25mm máx.
6. Material orgánico	50 % min.
7. Fragmentos de materiales artificiales (Vidrio, plástico, metal)	2% máx.

(7) **Paja para hidrosiembra.** Se debe suministrar paja agrícola limpia molida hasta obtener una humedad para la compactación del 10%. Se debe colocar en pacas dentro de bolsas plásticas selladas contra el calor. Se debe disponer, de manera adecuada, de las bolsas plásticas ya desechadas.

(8) **Material hidráulico para retener la humedad con matriz adhesiva de fibra.** Se debe suministrar una mezcla de fibras largas de madera y un agente ligante que, al ser aplicado y secado hidráulicamente, produzca una matriz que esté de acuerdo con lo siguiente: No se disuelve ni se dispersa al mojarlo; debe retener por lo menos 1 litro de agua por cada 100 gramos de matriz seca; no tenga germinación o factores que inhiban el crecimiento; no forme una capa insensible al agua; y que contenga material que sea 100% biodegradable.

(g) **Revestimiento plástico.** Se debe suministrar un revestimiento con un espesor de  $175 \pm 25$  micrómetros y de acuerdo con uno de los siguientes: De cloruro de polivinilo ASTM D 1593 o de polietileno ASTM D 2103 Número 0.

(h) **Zampeado.** De acuerdo con lo indicado en la Sección 251.

(i) **Sacos de arena.** Se debe utilizar material limpio y libre de limo para el relleno con arena. El material del saco debe ser lona o cañamazo y el volumen de la misma debe ser de 0.01 metros cúbicos mínimo.

(j) **Semillas.** No se deben utilizar semillas mojadas, enmohecidas, contaminadas o dañadas de cualquier otra forma. Cada tipo de semilla debe ser suministrado en recipientes sellados individuales. Se debe etiquetar claramente cada recipiente indicando el nombre y tipo de semilla, el número de lote, masa neta, porcentaje de semilla pura, germinación y dura y porcentaje máximo del contenido de semilla de maleza. Se debe inocular la semilla leguminosa con cultivos aprobados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

**(k) Cercos de limo.** Se debe suministrar una combinación de los siguientes materiales construidos tal como se especifique. Si se aprueba, se podrán presentar variaciones para acomodar cercas prefabricadas.

- (1) Postes.** Se debe suministrar madera de 75 milímetros de diámetro o postes de acero para cercas de 1.86 kilogramos por metro.
- (2) Soportes.** Se debe suministrar alambre de acero calibre 14 con un espaciamiento en la malla de 150 por 150 milímetros o una malla prefabricada polimérica de resistencia equivalente.
- (3) Geotextil.** De acuerdo con lo indicado en el inciso d) anterior.
- (4) Altura.** La altura mínima sobre la superficie del suelo debe ser de 750 milímetros. La longitud mínima de empotramiento debe ser de 150 milímetros.

de talud, y el uso temporal de cubiertas retenedoras de humedad, mallas, siembras y otros aparatos o métodos de control que sean necesarios para controlar la erosión.

El Contratista tiene que incorporar todas las medidas permanentes para el control de erosión al proyecto en el menor tiempo posible según sea delineado en el programa aceptado, para minimizar la necesidad de medidas temporales de control de erosión. Si el Delegado Residente determina que el Contratista no ha estado cumpliendo con el programa aprobado para el control de erosión o las condiciones del terreno ameritan cambios en el mismo, el Contratista debe someter un programa revisado para realizar los trabajos de control de erosión y ningún trabajo contingente al revisarse el programa, debe ser continuado o comenzado hasta que el programa revisado haya sido aprobado.

Las operaciones de Limpia, Chapeo y Destronque se deben programar y realizar de forma que las operaciones de nivelación y las medidas permanentes para el control de erosión puedan proseguir inmediatamente después si las condiciones del proyecto lo permiten; de otra forma, las medidas temporales para el control de erosión podrán ser requeridas entre etapas sucesivas de construcción. Bajo ninguna condición debe la superficie de la tierra erosionable expuesta, en algún momento, por limpia, chapeo y destronque, exceder 30,000 m<sup>2</sup>, sin haberse ejecutado las medidas temporales necesarias para el control de la erosión y sin la aprobación escrita del Delegado Residente.

Las operaciones de excavación, préstamo y terraplén deben ser programadas y realizadas para permitir que las medidas de control de erosión permanentes puedan proseguir inmediatamente después, si las condiciones del proyecto lo permiten; de otra forma, se podrán requerir medidas temporales para el control de erosión. Bajo ninguna condición y en ningún momento debe la superficie de la tierra erosionable quedar expuesta por excavación, préstamo o relleno excediendo 70 m<sup>2</sup>, sin haber ejecutado las medidas temporales necesarias para el control de la erosión, o bien sin la aprobación escrita del Delegado Residente.

## REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

**801.04 Generalidades.** Antes de comenzar el trabajo, el Contratista tiene que entregar al Delegado Residente un programa para los trabajos temporales y permanentes de control de la erosión en los suelos. El programa debe detallar la coordinación propuesta para conseguir el trabajo de control de erosión, temporal y permanente, a tiempo y de una manera apropiada. No se debe comenzar ningún trabajo hasta que el programa haya sido aprobado y se instalen los controles necesarios según se requiera para que la operación particular esté en progreso.

Se indicará al Contratista que provea inmediatamente las medidas permanentes y temporales de control de erosión para prevenir una erosión del suelo que pueda afectar adversamente las operaciones de construcción, dañar propiedades adyacentes o causar la contaminación de ríos adyacentes u otro curso fluvial, lagos, lagunas u otras áreas de acumulación de agua. Tales trabajos podrán incluir la construcción temporal de bermas, diques, represas, trampas de sedimentación, drenajes

El Delegado Residente limitará el área de limpia, chapeo y destronque, excavación, préstamo y operaciones de terraplén en progreso de acuerdo con la capacidad y progreso del Contratista en mantener la nivelación final, colocación de la capa retenedora de humedad, siembra y otras medidas de control de erosión y contaminación de acuerdo con el programa aceptado. Si las limitaciones de la temporada hacen impráctica tal coordinación, se deben tomar medidas temporales de control de erosión inmediatamente hasta el punto donde sea factible y justificado.

En el caso que se requieran medidas de control de erosión y contaminación temporal debido a negligencia, descuido o falta de implementar controles permanentes como parte del trabajo por parte del Contratista, según programado u ordenado por el Delegado Residente o según lo establecido en el contrato, dicho trabajo debe ser realizado por el Contratista sin costo alguno al Estado.

El control temporal de erosión y contaminación podrá incluir el trabajo fuera del Derecho de Vía donde sea necesario como resultado de la construcción del proyecto tales como las operaciones de bancos de préstamo, rutas de acarreo y sitios de almacenamiento de equipo.

Los aparatos de control de erosión instalados por el Contratista deben ser operados y mantenidos por él en condiciones funcionales aceptables.

**801.05 Presas de detención de erosión.** Las presas de detención de erosión construidas con pacas de paja, deben ser estacadas en el sitio según se muestre en los planos o donde el Delegado Residente ordene instalarlas para que funcionen como filtros y barreras contra la erosión en la base de rellenos en zanjas, en la entrada y salida de alcantarillas o para otros usos según se indique.

**801.06 Cercos para retención de limos.** Las vallas para retención de limos deben ser utilizadas como una barrera para retener los limos, deben ser construidas de acuerdo con los detalles y en los lugares que se muestran en los planos o que sean designados por el Delegado Residente.

**801.07 Estructuras para contener sedimentos.** Lagunas, estanques, diques, represas de sedimentación u otras estructuras de retención, deben ser construidas de acuerdo con los detalles especificados en el contrato, los planos o designados por el Delegado Residente.

Las estructuras de sedimentación deben permanecer en servicio hasta que todas las áreas perturbadas que desagüen en la estructura hayan sido estabilizadas satisfactoriamente. Las áreas perturbadas deben ser consideradas como estabilizadas cuando todos los componentes necesarios para la siembra hayan sido terminados y aceptados, y todas las zanjas o canales de drenaje hayan sido revestidas satisfactoriamente. Cuando se vaya a discontinuar el uso de estructuras de sedimentación temporal, toda la acumulación de sedimentos debe ser removida y eliminada, todas las excavaciones deben ser llenadas y compactadas debidamente, y el terreno existente será restaurado a su condición natural.

**801.08 Canales de desviación.** Los canales de desviación temporal utilizados para desviar agua alrededor de un área donde será instalada una alcantarilla, deben ser revestidos con una capa laminar plástica. El canal de desvío debe ser excavado hasta una profundidad y ancho adecuado para acomodar el flujo de agua durante el período de instalación de la alcantarilla. El canal debe ser razonablemente suave y libre de rocas cortantes, piedras, raíces u otros materiales que puedan romper el forro plástico. No se permitirán costuras longitudinales. Las costuras transversales deben ser traslapadas un mínimo de 0.60 metros (2 pies) en la dirección del flujo. El forro debe ser anclado en su lugar con roca limpia, grava u otros métodos aprobados por el Delegado Residente.

**801.09 Bermas de tierra.** Bermas de tierra temporales deben ser utilizadas para desviar o canalizar las aguas de escorrentía a drenajes de taludes, vías pluviales, zanjas de desviación trampas de sedimentación u otros usos según se indiquen. Las bermas de tierra deben ser construidas a las

dimensiones mostradas en los planos y en los lugares establecidos por el Delegado Residente. El material debe ser razonablemente libre de porosidad y no debe contener raíces, hierba y otros materiales nocivos.

**801.10 Drenajes de taludes y vías fluviales.** Los drenajes de los taludes, tuberías, cajas, cunetas, contra cunetas y derramaderos deben ser construidos a intervalos adecuados para evitar acumulaciones excesivas de agua y se localizarán en los lugares designados por el Delegado Residente para canalizar las aguas de escorrentía hacia abajo en los taludes de los terraplenes.

Los drenajes de taludes deben ser anclados debidamente a las pendientes y sus salidas construidas o colocadas de forma que se evite la erosión. La descarga de los drenajes en los taludes debe ser protegida con un revestimiento de concreto o mampostería con un diseño escalonado que amortigüe la energía de la escorrentía.

**801.11 Siembra de césped.** Cuando no sea práctico o no esté permitido realizar trabajos de siembra permanente de césped bajo la Sección 803, se debe aplicar temporalmente; la siembra, fertilización, alcalización y colocación de capas retenedoras de humedad, que se ejecutarán bajo lo establecido en esta Sección. La razón o tasa de aplicación para la protección contra la erosión del suelo se deberá determinar en función de la especie y variedad de césped, la clase de fertilizante y dosificación requerida según el tipo de suelo, la época del año en que se realizará la siembra, la necesidad de hacer riegos periódicos y el uso de cubiertas retenedoras de humedad, como referencia, en la siguiente Tabla se indican los valores que pueden ser tomados en consideración:

**Tabla 801-1**  
**Proporciones de aplicación para el  
ensespado temporal**

Material	Proporción para la aplicación kg / Ha
Semillas	40
Fertilizante	375
Cubierta retenedora de humedad	1500

**801.12 Equipo.** Las unidades de equipo, según sean enumeradas en las Disposiciones Especiales o establecidas por el Delegado Residente, deben ser utilizadas para trabajos de control de erosión del suelo que no estén cubiertos por otras partidas del contrato y según indique el Delegado Residente.

El equipo debe ser provisto con aquellos aditamentos y operadores auxiliares, ayudantes, etc., según se requiera para efectuar la operación eficiente de las unidades respectivas. Cada pieza de equipo provista, incluyendo los aditamentos auxiliares, debe ser capaz de operar el 90% del tiempo laborable. Antes de recibir autorización para utilizar el equipo, el Contratista debe someter a consideración del Delegado Residente el número de modelo y el número de serie, y hará la inspección del mismo.

**801.13 Limpieza.** Después que las instalaciones temporales para el control de erosión y contaminación no sean necesarias, el Contratista debe remover y eliminar todos los materiales y restaurar las áreas a su apariencia original en una forma aceptable al Delegado Residente.

**801.14 Medida.** La medida se debe hacer como una unidad completa, o cuando el contrato contenga cantidades estimadas dentro del Renglón de trabajo “Control de Erosión”, según se indique en las Disposiciones Especiales y documentos de oferta, la medida incluirá todos los trabajos indicados en los planos o en las Disposiciones Especiales, satisfactoriamente ejecutados. Las mediciones aplicables se harán como sigue:

- (a) Cantidades a ser medidas en una base individual, serán el número real y el tipo de unidades que se ordene instalar y sean aceptadas.
- (b) Cantidades por metro de longitud, serán medidas a lo largo de la línea central y nivel de la instalación, de extremo a extremo, según se ordene instalar y sean aceptadas.
- (c) Cantidades por metro cuadrado serán medidas en la superficie del terreno de instalación, según se haya ordenado instalar y hayan sido aceptadas.
- (d) Cantidades de área basada en hectárea, con aproximación de cuatro decimales de éstas, serán determinadas con medidas horizontales.
- (e) Cantidades a ser medidas en base a su peso, serán medidas por kilogramos, como corresponde, de acuerdo con la Especificación 110.01. Los productos provistos comercialmente podrán ser aceptados basándose en el peso según el empaque del fabricante, calculando su equivalente en kilogramos.
- (f) Cantidades entre estaciones serán medidas en kilómetros horizontalmente a lo largo de la línea central del proyecto.
- (g) Las cantidades medidas a base de metros cúbicos serán medidas en el vehículo de acarreo en el sitio de entrega.
- (h) El número de horas de operación de equipo a ser pagadas será el número real de horas de operación según lo ordenado por el Delegado Residente.

**801.15 Pago.** El pago se debe hacer por Suma Global o podrá ser pagado como se indica anteriormente sobre la base unitaria mencionada anteriormente, al costo global o unitario del contrato correspondiente al Renglón Control de Erosión. En cualquier caso, el costo incluye todos los materiales, equipo y mano de obra necesaria para terminar todos los trabajos estipulados en esta sección aplicables al caso de que se trate y de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

Cuando el Contrato contenga partidas para equipo sobre la base de horas, el pago por las operaciones del equipo al costo unitario de contrato para el equipo enumerado, será compensación total por todos los operadores, ayudantes, aditamentos, herramientas e insumos necesarios para realizar el trabajo. El costo unitario del contrato regirá para todas las horas trabajadas. No se hará ningún pago por tiempo de espera del equipo o por cualquier costo por mover el equipo hacia o desde el proyecto y entre lugares de trabajo en el proyecto.

No se harán pagos adicionales por cualquier ajuste, limpieza y eliminación de sedimentos acumulados y otro trabajo de mantenimiento en facilidades de control de erosión y contaminación previamente instaladas.

No se hará ningún pago directo por suplir, instalar y posteriormente remover y eliminar, estructuras temporales de drenaje como son alcantarillas utilizadas para bordear riachuelos activos alrededor de áreas de trabajo, pero dicho trabajo será considerado como una obligación del Contratista.



---

---

**SECCIÓN 802**  
**CAPA DE SUELO VEGETAL**

---

---

- 802.01 Definición.
- 802.02 Descripción.
- 802.03 Requisitos de los materiales.
- 802.04 Preparación del área.
- 802.05 Colocación de la capa vegetal.
- 802.06 Medida.
- 802.07 Pago.



## 802.01 Definición.

Es la capa de suelo orgánico a ser colocada por el Contratista para conformar áreas verdes.

La capa de suelo orgánico debe estar biológicamente activa, compuesta principalmente de materia orgánica parcialmente podrida que generalmente tiene una textura fibrosa, de color café oscuro o negro.

**802.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro y la colocación de la capa de suelo vegetal, de acuerdo con lo indicado en los planos, lo especificado en el contrato o en las Disposiciones Especiales y podrá ser complementado con la siembra o colocación de césped, grama u otras especies vegetales de conformidad con el contrato o lo establecido en las Disposiciones Especiales.

## MATERIALES

**802.03 Requisitos de los materiales.** Este suelo consiste en una tierra negra, floja, libre de porciones de subsuelo, piedras y materiales que afecten el establecimiento de vegetación (suelo agrícola o arable). El perfil de suelo al cual se hace referencia en esta Sección, se conoce técnicamente como horizonte "A". Este suelo estará libre de troncos, raíces, piedras, malezas, matorrales, terrones duros, gravas y piezas mayores de cinco centímetros en cualquiera de sus diámetros. Asimismo, debe cumplir con lo siguiente:

**(a) Materia orgánica y graduación.** Debe cumplir con lo siguiente:

(1) Materia orgánica, AASHTO T 267	3 a 10%
(2) Arena	20 a 70%
(3) Limo	10 a 60%
(4) Arcilla graduación AASHTO T88	5 a 30 %

**(b) pH.** Según AASHTO T 289 debe estar entre 6 y 8.

La tierra vegetal debe ser suministrada por el Contratista. Sin embargo, se puede utilizar tierra vegetal comercial o la conservada del proceso de limpia y chapeo, de acuerdo con lo indicado en la Sección 202 y que cumpla con lo arriba indicado.

## REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

**802.04 Preparación del área.** Todos los taludes de relleno y áreas perturbadas a ser cubiertas con la capa de suelo vegetal deben ser conformadas previamente y deben ser escarificados hasta una profundidad de 100 milímetros. Los procedimientos de conformación de las áreas verdes en los taludes de corte deberán ajustarse a lo indicado en los planos o establecidos en las Disposiciones Especiales.

**802.05 Colocación de la capa vegetal.** No se debe colocar la capa vegetal sobre superficies excesivamente húmedas o con escarcha o que estén en condiciones inadecuadas para la colocación de la misma. Se debe utilizar toda la capa de suelo vegetal conservada de las operaciones de limpia y chapeo antes de suministrar capa de suelo vegetal comercial. La carretera se debe mantener limpia durante las operaciones de acarreo y colocación de la capa de suelo vegetal.

La capa de suelo vegetal se debe esparcir hasta una profundidad tal que, después de que se haya asentado, se obtenga la profundidad requerida. Los terrones deben ser desechos por medio de escarificadores, rastras u otro equipo adecuado para obtener un suelo con textura uniforme. Los terrones que no puedan ser destruidos, piedras mayores de 50 milímetros, tocones, raíces y demás desechos deben ser retirados y dispuestos de acuerdo con lo indicado en la Sección 201.

Después de colocar la capa vegetal, ésta debe ser compactada utilizando un rodillo liviano u otro equipo similar que forme depresiones longitudinales de por lo menos 50 milímetros de profundidad perpendiculares al flujo natural del agua.

**802.06 Medida.** La medida se debe hacer del número de hectáreas del espesor especificado, con aproximación de dos decimales, del área cubierta con capa de suelo vegetal, suministrada y colocada satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales, los planos y las Disposiciones Especiales.

**802.07 Pago.** El pago se debe hacer por el número de hectáreas medidas como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a capa de suelo vegetal, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

---

---

## **SECCIÓN 803**

### **SIEMBRA DE CÉSPED CON SEMILLAS**

---

- 803.01 Definición.
- 803.02 Descripción.
- 803.03 Requisitos de los materiales.
- 803.04 Estaciones para la siembra del césped.
- 803.05 Preparación del lecho o sustrato.
- 803.06 Riego.
- 803.07 Fertilización.
- 803.08 Siembra de las semillas.
- 803.09 Cobertura retenedora de humedad.
- 803.10 Protección de las áreas de siembra.
- 803.11 Medida.
- 803.12 Pago.



### 803.01 Definición.

El césped, grama, zacate o pasto, son especies de gramíneas que crecen formando una cubierta densa y verde. Los trabajos indicados en esta Sección se refieren a la siembra de gramíneas a través de semillas en un lecho o sustrato previamente preparado, para el crecimiento del césped.

**803.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la preparación del lecho, el riego, la fertilización, la siembra de semillas y la colocación de la cobertura retenedora de humedad, de acuerdo con lo indicado en los planos, con lo especificado en las Disposiciones Especiales y en estas Especificaciones Generales.

### MATERIALES

#### 803.01 Requisitos de los materiales.

##### (a) Piedra caliza o cal hidratada para uso agrícola.

Si así se establece en las Disposiciones Especiales o lo ordena el Delegado Residente, para ajustar el pH del suelo, según se indica en la Especificación 802.03 (b), se podrá utilizar piedra caliza o cal hidratada que cumpla con un contenido de Carbonatos (Calcio y Magnesio) de 75% mínimo y con una graduación según la siguiente tabla:

Tabla 803-1  
Graduación para la piedra caliza de uso agrícola

Tamaño del tamiz	Porcentaje mínimo en masa que pasa el tamiz designado (AASHTO T 27)
2.00 mm	90
425 $\mu\text{m}$	50

Se podrá utilizar escoria molida u otras fuentes naturales de cal aprobadas siempre y cuando la razón de aplicación sea ajustada para igualar la potencia neutralizadora total especificada para la piedra caliza molida.

(b) **Fertilizantes.** De acuerdo con lo indicado en 801.03(c).

(c) **Cobertura retenedora de humedad.** De acuerdo con lo indicado en 801.03(f).

(d) **Semillas.** De acuerdo con lo indicado en 801.03(j).

### REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

**803.04 Estaciones para la siembra del césped.** El césped se debe sembrar durante la estación lluviosa. Sin embargo, no se debe sembrar cuando haya mucho viento o cuando la tierra esté excesivamente húmeda o de alguna otra manera inadecuada para la siembra.

**803.05 Preparación del lecho o sustrato.** Se debe nivelar el área a sembrar hasta alcanzar los niveles y las alineaciones especificadas. Posteriormente se debe remover toda la maleza, palos, piedras de 50 milímetros o más de diámetro y demás desechos nocivos para la siembra, el crecimiento y el mantenimiento del césped.

Si se requiere en las Disposiciones Especiales, se deberá colocar piedra caliza o cal hidratada para uso agrícola y protección contra el desbroce. El área de siembra debe ser cultivada a una profundidad mínima de 100 milímetros y se debe preparar un lecho razonablemente firme pero desmenuzable.

**803.06 Riego.** Las áreas a ser sembradas deben ser humedecidas antes de colocar las semillas y se deben mantener húmedas durante los 10 días posteriores a la germinación.

**803.07 Fertilización.** El fertilizante se debe aplicar utilizando uno de los siguientes métodos:

(a) **Método en seco.** Cuando la semilla, el fertilizante y la caliza se vayan a aplicar mediante este método, se podrán utilizar sembradoras mecánicas u otros equipos mecánicos aprobados,

así como sembradoras manuales. Estas últimas se utilizarán en áreas inaccesibles para las sembradoras mecánicas. El fertilizante en forma seca y la caliza molida, si ésta última fuese exigida en las Disposiciones Especiales, deberán ser esparcidos por separado según la razón especificada e incorporados a la profundidad señalada en los planos. Las áreas sembradas mediante este método deben ser apisonadas dentro de las 24 horas siguientes a la terminación de la siembra o como lo ordene el Departamento de Gestión Ambiental de la DGC.

**(b) Método hidráulico.** La semilla y el fertilizante o la semilla y los residuos vegetales deberán ser mezclados con la cantidad de agua especificada, para producir una pasta suave que se aplicará a presión, de acuerdo con los índices indicados en las Disposiciones Especiales. Cuando la semilla, los fertilizantes y la cal sean aplicados en forma hidráulica, los residuos vegetales, en caso de estar especificado, pueden ser aplicados antes o después de la siembra. Cuando se requiera incorporar materiales de celulosa de madera y hojas a la mezcla de la pasta, éstas deberán ser añadidas después de que la semilla, el fertilizante y la piedra caliza hayan sido mezcladas completamente. La mezcla debe ser aplicada de acuerdo con los índices señalados en las Disposiciones Especiales.

Las áreas que no fueron cubiertas completamente deben ser tratadas nuevamente, en el momento que indique el Delegado Residente. Si fuese exigido el uso de leguminosas en la mezcla, éstas deberán ser inoculadas con cepas aprobadas y de acuerdo con las instrucciones de la fábrica. Cuando en la siembra o resiembra, el fertilizante y los residuos vegetales se apliquen con agua, no será necesario el apisonado.

**803.08 Siembra de las semillas.** Las semillas deben ser aplicadas utilizando uno de los siguientes métodos:

**(a) Método en seco.** Se deben colocar las semillas utilizando equipo de potencia aprobado para hincar las mismas, por medio de perforaciones o utilizando cualquier otro equipo mecánico. Se consideran satisfactorios los métodos de colocación manual en las áreas inaccesibles al equipo mecánico. Se debe compactar ligeramente el lecho 24 horas después de colocadas las semillas.

**(b) Método hidráulico.** Se debe usar equipo de tipo hidráulico capaz de proveer una aplicación uniforme utilizando agua como vehículo. Se debe agregar al agua un material trazador consistente de una cobertura retenedora de humedad formada por fibras de celulosas de grama o de madera. La semilla debe ser adicionada a la pasta acuosa no más de 30 minutos antes de su aplicación. Las áreas inaccesibles al equipo deben ser sembradas a mano.

**803.09 Cobertura retenedora de humedad.** La cobertura retenedora de humedad debe ser aplicada dentro de las 48 horas posteriores a la siembra de las semillas y utilizando uno de los métodos siguientes:

**(a) Método en seco.** Se debe esparcir todo el material que forma la cobertura retenedora de humedad, excepto las fibras de celulosas de madera y de grama, con un esparcidor que utilice aire forzado para soplar el material sobre las áreas sembradas. El material de la cobertura debe ser anclado con un riego estabilizador de liga de emulsión aprobado o por otro método mecánico aprobado. Se debe tener cuidado de no manchar ninguna estructura, pavimento, servicio o planta con el riego. Cuando así se indique en las Disposiciones Especiales, se podrán usar mantos de polipropileno de baja densidad especiales para retener la humedad y proteger de la lluvia a las semillas en proceso de germinación.

**(b) Método hidráulico.** Se debe utilizar equipo de tipo hidráulico capaz de proporcionar una aplicación uniforme. Se debe aplicar cuando se estime que no lloverá durante 24 horas. La

cobertura retenedora de humedad de fibras de celulosas de madera o de grama debe colocarse después de colocar las semillas y el fertilizante utilizando el equipo de tipo hidráulico de acuerdo con lo indicado en la Especificación 803.07 (b).

La cobertura retenedora de humedad de matriz de fibras ligadas debe ser aplicada a una razón mínima de 3,400 kilogramos por hectárea. Se debe aplicar de manera que ningún agujero en la matriz sea mayor de 1 milímetro y de que no queden angosturas entre la matriz y el suelo. En los lugares inaccesibles al equipo, la cobertura podrá ser colocada a mano.

**803.10 Protección de las áreas sembradas.** Las áreas sembradas deben ser cuidadas, protegidas y regadas hasta su aceptación final. Todos los daños hechos a las áreas sembradas deben ser reparados a costa del Contratista colocando de nuevo semillas, fertilizantes y coberturas retenedoras de humedad.

**803.11 Medida.** La medida se debe hacer del número de hectáreas, con aproximación de dos decimales, de Siembra de Césped suministrada y colocada satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales, los planos y las Disposiciones Especiales.

**803.12 Pago.** El pago se debe hacer por el número de hectáreas medidas como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Siembra de Césped, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.



---

**SECCIÓN 804**  
**SIEMBRA DE CÉSPED**  
**CON GUÍAS O TEPES**

---

- 804.01 Definición.
- 804.02 Descripción.
- 804.03 Requisitos de los materiales.
- 804.04 Generalidades.
- 804.05 Inspección y entrega.
- 804.06 Preparación del suelo.
- 804.07 Colocación del césped.
- 804.08 Mantenimiento de las áreas sembradas con césped.
- 804.09 Medida.
- 804.10 Pago.



**804.01 Definición.** Los trabajos a que se refiere esta Sección corresponden a la siembra de césped en guías o tepes en puntos específicos.

**804.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro y la colocación de césped en guías o tepes en puntos específicos.

## MATERIALES

**804.03 Requisitos de los materiales.**

- (a) **Piedra caliza o cal hidratada para uso agrícola.** De acuerdo con lo indicado en 803.03(a).
- (b) **Fertilizante.** De acuerdo con lo indicado en la Especificación 801.03(c).
- (c) **Estaquillas para el césped.** Se deben suministrar estaquillas redondas o cuadradas de madera estable con una longitud mínima de 200 milímetros y con un área transversal aproximada de 600 milímetros cuadrados.
- (d) **Césped.** Se debe suministrar césped vivo y vigoroso del tipo de grama y espesor especificados en el contrato. El césped debe contar con un sistema denso de raíz que esté libre de maleza y hierbas perjudiciales. Antes de transportar el césped, éste debe podarse hasta que tenga una altura de menos de 75 milímetros.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**804.04 Generalidades.** El césped se debe transportar y colocar durante la estación lluviosa o húmeda.

**804.05 Inspección y entrega.** El Contratista debe notificar al Delegado Residente 3 días antes de que se empiece a cortar el césped. El Delegado Residente tiene que aprobar el césped en su posición original antes de ser cortado. No se debe entregar el césped hasta que haya sido previamente preparado.

**804.06 Preparación del suelo.** El área sobre la cual se colocará el césped debe ser nivelada y limpiada. El suelo debe ser escarificado o aflojado de otra manera, en una profundidad no menor de 100 milímetros. Se deben remover las piedras con un diámetro, en cualquier dirección, mayor que 50 milímetros. Asimismo, se deben remover todos los palos, tocones y demás desechos que puedan interferir con la adecuada colocación y el crecimiento del césped. La capa vegetal debe ser colocada de acuerdo con lo indicado en la Sección 802.

El fertilizante y la piedra caliza para uso agrícola deben ser esparcidos uniformemente sobre el área a ser sembrada con el césped. Se podrá utilizar esparcidoras mecánicas o equipo de soplando para realizar esta operación. El fertilizante y la piedra caliza deben ser escarificados junto con el suelo en una profundidad de 100 milímetros. El suelo así preparado debe ser humedecido previo la colocación del césped.

**804.07 Colocación del césped.** El césped debe ser colocado dentro de 24 horas después de que fue recolectado si es en guía o dentro de los 5 días después de cortado si es en tepes o plántulas, pero éstos se deben almacenar en pilas húmedas, con las caras de grama con grama y raíz con raíz. El césped se debe proteger contra la sequía y el congelamiento.

- (a) **Césped en tepes.** El césped se debe colocar en dirección perpendicular a los flujos de drenaje. Las secciones de césped sólido o tepes, deben ser colocadas esquina con esquina con juntas en tresbolillo. Las aberturas deben ser tapadas con césped o rellenadas con tierra vegetal margosa y con semillas. Se debe apisonar el césped para eliminar bolsas de aire y para proveer una superficie pareja. En los taludes con pendientes de 1 a 2 o mayores y en los canales, los vástagos del césped deben ser colocados con una separación de 0.5 metros centro a centro,

después de apisonar el terreno. Los vástagos deben ser hincados hasta alcanzar el nivel del lecho del césped.

- (b) **Césped en guías.** Las guías de césped deben ser colocadas dentro de zanjas superficiales. Éstas se deben apisonar hasta que la superficie del césped esté al mismo nivel o a uno más bajo que el suelo adyacente. Si se considera necesario en las Disposiciones Especiales, se deben sembrar semillas en el suelo existente entre las guías de césped de acuerdo con lo indicado en la Sección 803. Las áreas sembradas deben ser tratadas para cubrir las semillas.
- (c) **Césped en puntos específicos.** Los tepes de césped deben ser colocados en la posición especificada. Estos deben ser apisonados contra el suelo hasta que las superficies de los tepes estén ligeramente más bajas que el nivel del terreno circundante. Los niveles finales deben matizar con las áreas existentes adyacentes. Toda el área debe drenar adecuadamente, sin empozamientos de agua, y sin cambios abruptos de pendientes.

**804.08 Mantenimiento de las áreas sembradas con césped.** Durante las operaciones de colocación del césped, éste debe ser regado y se debe mantener húmedo. Se debe prevenir la erosión durante las operaciones de riego. Se deben colocar rótulos con avisos y barreras para proteger las áreas recién sembradas. No se debe permitir el paso de vehículos sobre las áreas recién sembradas.

Todas las áreas sembradas deben ser segadas y se deben reparar o reemplazar las áreas dañadas o que muestren un crecimiento inadecuado y no uniforme del césped. Se le debe dar mantenimiento a todas las áreas sembradas y se debe reponer todo el césped muerto, hasta la recepción final del proyecto.

**804.09 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de Césped suministrado y plantado de conformidad con estas Especificaciones Generales y aceptado después de la inspección final realizada por el Departamento de Gestión Ambiental de la DGC.

**804.10 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica anteriormente, al costo unitario establecido en el contrato correspondiente a Césped, del Renglón de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

---

**SECCIÓN 805**  
**SIEMBRA DE CÉSPED**  
**MEDIANTE VÁSTAGOS**

---

- 805.01 Definición.
- 805.02 Descripción.
- 805.03 Requisitos de los materiales.
- 805.04 Generalidades.
- 805.05 Cosecha de los vástagos.
- 805.06 Preparación del suelo.
- 805.07 Plantación de los vástagos.
- 805.08 Mantenimiento de las áreas plantadas.
- 805.09 Medida.
- 805.10 Pago.



## 805.01 Definición.

Esta Sección se refiere a la siembra de césped en forma de vástagos aplicable a especies que no se reproducen por semillas por ejemplo el vetiver.

**805.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro y la plantación de vástagos vivos de grama.

## MATERIALES

### 805.03 Requisitos de los materiales.

- (a) **Piedra caliza o cal hidratada para uso agrícola.** De acuerdo con lo indicado en la Especificación 803.03(a).
- (b) **Fertilizante.** De acuerdo con lo indicado en la Especificación 801.03(c).
- (c) **Cobertura retenedora de humedad.** De acuerdo con lo indicado en la Especificación 801.03(f).
- (d) **Vástagos.** Se deben suministrar tallos (estolones o rizomas) sanos y vivos y raíces de grama del tipo “formación de césped perenne” especificada en el contrato. Los vástagos deben ser obtenidos de fuentes aprobadas de enredos espesos y pesados localizados en el proyecto. Se debe remover toda la grama inadecuada, maleza u otro material nocivo.

## REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

**805.04 Generalidades.** No se deben plantar vástagos en días con mucho viento o cuando el terreno esté seco, excesivamente húmedo o de otra manera no adecuado.

**805.05 Cosecha de los vástagos.** El Contratista debe notificar al Delegado Residente, con 5 días de anticipación la fecha de la cosecha de los vástagos. Antes de cosechar, se debe segar la grama y la maleza

hasta una altura de  $65 \pm 15$  mm y se deben remover todos los desechos resultantes de esta operación.

Los vástagos deben ser aflojados por medio de un escarificado en cruz, un arado superficial u otro método aceptable. Los vástagos deben ser colocados en pequeñas pilas o hileras amontonadas con rastrillo. Éstos deben ser regados y se deben mantener húmedos hasta su plantación. Se deben desechar los vástagos secos.

**805.06 Preparación del suelo.** El suelo debe ser preparado de acuerdo con lo indicado en la Especificación 804.06.

**805.07 Plantación de los vástagos.** Los vástagos deben ser plantados dentro de las 24 horas después de ser cosechados.

- (a) **Plantación por espaciamiento.** Los vástagos deben ser sembrados a mano o con equipo adecuado en una capa uniforme sobre la superficie preparada y el espaciamiento entre los vástagos no debe ser mayor de 150 milímetros. Los vástagos deben ser forzados dentro del suelo hasta una profundidad de  $75 \pm 25$  milímetros a mano, con un azadón recto, un escarificador de discos o con otro equipo similar.
- (b) **Plantación en filas.** Se deben abrir surcos siguiendo las curvas de nivel. Los vástagos deben ser colocados en una fila continua dentro del surco abierto y los vástagos adyacentes deben tener contacto uno con otro. Los vástagos deben ser cubiertos inmediatamente.
- (c) **Plantación en puntos específicos.** Plantar los vástagos en puntos específicos de acuerdo con lo indicado en el inciso (b) anterior, excepto que, en vez de plantarlos en una fila continua, se deben agrupar en 4 o más vástagos con un espaciamiento de 0.5 metros a lo largo de las filas.

Después de plantar los vástagos por cualquiera de los tres métodos descritos anteriormente, se deben retirar del área todas las piedras mayores de 25 milímetros, los terrones grandes, raíces y demás desechos llevados a la superficie durante las operaciones de plantación. El área plantada debe ser compactada ligeramente dentro de las 24 horas posteriores a la plantación. No se debe compactar si el suelo está tan húmedo que se adhiere al equipo de compactación. Los suelos arcillosos no deben ser compactados.

Cuando en el contrato se especifique la colocación de una cobertura retenedora de humedad, el área plantada debe ser cubierta con la capa retenedora de humedad dentro de las 24 horas siguientes a la plantación de acuerdo con lo indicado en la Sección 803.

**805.08 Mantenimiento de las áreas plantadas.** Las áreas plantadas se deben mantener húmedas. Se deben regar con cuidado para evitar la erosión. Se deben colocar señales de aviso y barreras para proteger las áreas recién plantadas. Todas las áreas dañadas deben ser reniveladas y plantadas de nuevo.

**805.09 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de vástagos de grama suministrados y plantados de conformidad con estas Especificaciones Generales y aceptado después de la inspección final realizada por el Departamento de Gestión Ambiental de la DGC.

**805.10 Pago.** El pago debe ser el número de metros cuadrados medidos como se indica anteriormente, al costo unitario establecido en el contrato correspondiente a vástagos de grama, del Renglón de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

---

**SECCIÓN 806**  
**PLANTAS, ÁRBOLES, ARBUSTOS**  
**Y ENREDADERAS**

---

- 806.01 Definición.
- 806.02 Descripción.
- 806.03 Calidad de las plantas.
- 806.04 Nombre de las plantas.
- 806.05 General.
- 806.06 Inspección y entrega.
- 806.07 Protección y almacenamiento temporal.
- 806.08 Excavación de los agujeros para sembrar las plantas y del lecho.
- 806.09 Siembra de las plantas.
- 806.10 Fertilización.
- 806.11 Riego.
- 806.12 Estacas.
- 806.13 Poda.
- 806.14 Cubierta retenedora de humedad.
- 806.15 Período de establecimiento de las plantas.
- 806.16 Medida.
- 806.17 Pago.



## 806.01 Definición.

Con el nombre de plantas se engloba aquellas especies vegetales incluyendo árboles, arbustos y enredaderas que sirven para revegetar las áreas que han sido afectadas por la construcción de la carretera o que deban ser protegidas ambientalmente.

**806.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro, la entrega y la plantación de árboles, arbustos, enredaderas y plantas de cubrimiento del tipo y tamaño indicado en los planos, en las Disposiciones Especiales o autorizadas por el Departamento de Gestión Ambiental de la DGC.

## MATERIALES

**806.03 Calidad de las plantas.** A no ser que se especifique de otra forma en las bases de licitación, todas las plantas podrán provenir de variedades cultivadas en viveros o recolectadas de las áreas en donde se desarrollará el proyecto, pero deben ser adaptables a la zona o región. El sistema de las ramas corresponderá al de su desarrollo normal, exento de nudos que las desfiguren, de enfermedades causadas por exceso de sol, daños, raspaduras en la corteza, madera muerta o seca, tallos finales rotos y otros deterioros perjudiciales. Los árboles tendrán tallos verticales, así como un ramaje de acuerdo con sus características habituales de desarrollo y de la especie de que se trate. Todas las plantas deben estar libres de plagas y enfermedades.

La altura de las plantas podrá variar de 300 a 400 milímetros en arbustos y de 400 a 600 milímetros en árboles. El tamaño de otras clases de plantas será indicado en las Disposiciones Especiales, cuando éstas sean solicitadas.

**806.04 Nombre de las plantas.** Todas las plantas entregadas en el proyecto deben corresponder a sus nombres comunes y científicos. Si fuese necesario

sustituir una planta o varias con una variedad distinta a la especificada, el Contratista debe tener la aprobación del Departamento de Gestión Ambiental de la DGC.

## REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

**806.05 General.** No se debe plantar cuando haya mucho viento o cuando la tierra esté excesivamente húmeda o de alguna otra manera inadecuada para la siembra.

Se debe suministrar plantas con un sistema radicular fibroso y cohesivo. No se deben suministrar plantas que hayan sido sembradas en macetas, que tengan un sistema superior fuera de proporción (muy grande) en relación al tamaño del recipiente o que tengan raíces saliendo del mismo, dado por la edad o tiempo en el período de reproducción en el vivero.

**806.06 Inspección y entrega.** Se le debe notificar al Delegado Residente, 30 días antes de la fecha de entrega de los materiales, para permitir que el Delegado Residente tenga la oportunidad de seleccionar material en la fuente. El Contratista debe suministrar certificados e información completa escrita relacionada con la fuente de abastecimiento de todo el material involucrado en la siembra de las plantas, por lo menos 15 días antes de la entrega de los mismos en el proyecto.

**806.07 Protección y almacenamiento temporal.** Todo el material se debe mantener húmedo y protegido (cubierto) durante su transportación, durante el almacenamiento y en el proyecto mientras llegue el momento de ser sembradas las plantas. Las plantas que hayan sido entregadas pero que no van a ser sembradas inmediatamente deben ser protegidas como sigue:

- (a) Se deben abrir los paquetes de las raíces desnudas, separar las plantas y cubrir las raíces depositadas en zanjas húmedas.
- (b) Se deben cubrir los pilones de tierra de material envuelto con cañamazo en forma de bolas con material para cubierta retenedora de humedad o con otro material adecuado y se deben mantener húmedas.

Todo el material recibido en el sitio del proyecto debe ser instalado dentro de los 30 días posteriores a su llegada.

**806.08 Excavación de los agujeros para sembrar las plantas y del lecho.** Se debe remover todo el césped, maleza, raíces y cualquier otro material inadecuado para la siembra y disponer de él fuera del área del proyecto. Los agujeros se deben excavar como sigue:

- (a) **Ancho de la excavación.** Para raíces esparcidas o diámetros de pilones de hasta 1 metro, los agujeros deben ser cilíndricos y deben cubrir el diámetro de la raíz esparcida más 0.5 metros. Para raíces esparcidas o diámetros de los pilones mayores a 1 metro, se debe excavar 1.5 veces la dimensión de las raíces esparcidas.
- (b) **Profundidad de la excavación.** Los agujeros se deben excavar hasta una profundidad que permita un mínimo de 150 milímetros de material de relleno debajo de la raíz o pilón o hasta las siguientes profundidades, la que sea más profunda:
  - (1) **Árboles deciduos.** Debajo de una calibración de 38 milímetros: 0.5 metros de profundidad; arriba de una calibración de 38 milímetros, a 1 metro de profundidad.
  - (2) **Arbustos deciduos y siempre verdes.** Con una altura menor de 0.5 metros, a 0.3 metros de profundidad, y con una altura mayor a 0.5 metros, a 0.5 metros de profundidad.
  - (3) **Árboles siempre verdes.** Con una altura menor de 1.5 metros, a 0.2 metros de profundidad, y con una altura mayor a 1.5 metros, a 0.3 metros de profundidad.

Antes de colocar la planta, se debe aflojar el suelo de las paredes y del fondo de la excavación.

**806.09 Siembra de las plantas.** Antes de colocar las plantas, la excavación debe ser inspeccionada por el Delegado Residente. Las plantas que no cumplan con las especificaciones, que arriben al proyecto en condiciones inapropiadas o que muestren evidencia de manipuleo inadecuado deben ser rechazadas. Las plantas rechazadas deben ser retiradas del proyecto inmediatamente y repuestas con plantas nuevas.

Se debe preparar una mezcla para relleno consistente en 4 partes de tierra vegetal, tierra negra o suelo selecto y 1 parte de turba orgánica. Esta mezcla debe ser colocada en el fondo del agujero. Todas las plantas deben ser colocadas verticalmente y al nivel del cuello de la raíz. Las plantas deben ser colocadas de la siguiente manera:

- (a) **A raíz desnuda.** Se debe colocar las plantas con raíces al desnudo en el centro del agujero con las raíces esparcidas adecuadamente en una posición natural. Las raíces quebradas o dañadas deben ser cortadas para permitir un crecimiento sano. Se debe colocar el material de relleno alrededor y encima de las raíces y apisonarlo.
- (b) **Plantas en pilón.** Las plantas se deben manipular y mover agarrándolas del pilón. Se deben colocar en los agujeros preparados y se debe colocar y apisonar el relleno. El relleno se debe colocar alrededor del pilón y hasta la mitad de la profundidad del mismo. Se debe apisonar y luego regar el relleno. Luego se debe cortar el cañamazo y removerlo de la mitad superior del pilón o se debe aflojar y extenderlo hacia los lados. Si se utilizan canastas de alambre, se deben romper los alambres de la mitad superior de la canasta. Colocar el resto del material de relleno con la mezcla preparada.
- (c) **Plantas sembradas en bolsas o recipientes.** Se debe remover el recipiente justamente antes de sembrar la planta. Las plantas se deben colocar en los agujeros preparados y sobre material de

relleno apisonado. El resto del agujero debe ser rellenado y éste último debe ser apisonado.

**806.10 Fertilización.** Las plantas se deben fertilizar utilizando uno de los métodos siguientes:

- (a) Se puede mezclar el fertilizante al preparar la mezcla del material de relleno.
- (b) Se puede esparcir uniformemente el fertilizante alrededor del área del agujero de las plantas individuales o sobre el lecho o sustrato de los arbustos. Se puede aplicar fertilizante sobre los 50 milímetros superiores de la mezcla del relleno.

**806.11 Riego.** Se deben construir surcos para el agua de 100 milímetros de profundidad alrededor de los árboles y de 75 milímetros de profundidad alrededor de los arbustos. El diámetro de éstos debe ser igual al del surco.

Las plantas se deben regar durante e inmediatamente después del proceso de sembrado y durante el período de establecimiento de las mismas. El suelo alrededor de cada planta debe ser saturado en cada regada.

**806.12 Estacas.** Cuando se especifique el uso de estacas como puntos de apoyo, las estacas a ser colocadas en los árboles deciduos deben colocarse justo debajo de la primera rama lateral y las de los árboles siempre verdes a la mitad de la altura de los árboles. No se deben dejar las estacas en el árbol por más de una estación de crecimiento.

**806.13 Poda.** Se deben podar los árboles antes o inmediatamente después de sembrarlos para mantener el carácter natural de cada planta. Se debe emplear personal especializado para efectuar los trabajos de poda. Se deben usar prácticas hortícolas aceptadas. Los cortes mayores a 20 milímetros de diámetro deben ser curados con pentaclorofenol, con cal o con una pintura aprobada por el Delegado Residente.

**806.14 Cubierta retenedora de humedad.** La cubierta retenedora de humedad se debe colocar dentro de las 24 horas posteriores a la siembra.

Colocar el material de la cubierta sobre todas las áreas de los agujeros o de los surcos para el agua de cada árbol y cada arbusto y sobre todo el lecho de los arbustos y enredaderas. Si se utilizan fibras de madera, se debe aplicar nitrógeno a una razón de 5 kilogramos por metro cúbico a la capa de cubierta.

**806.15 Período de establecimiento de las plantas.** El período de establecimiento de las plantas es un período de un año contado a partir de la recepción final del proyecto. Se deben emplear todos los medios necesarios para preservar las plantas en una condición de crecimiento sano durante todo el período de establecimiento. Los cuidados durante este período incluyen el riego, cultivación, la poda, reparación, ajuste de las estacas y el control de enfermedades y plagas.

**806.16 Medida.** La cantidad de plantas por las que se pagará, será el número de árboles, arbustos y enredaderas de las variaciones y tamaños especificados, entregados y plantados de conformidad con estas especificaciones y aceptadas después de la inspección final realizada por el Departamento de Gestión Ambiental de la DGC. Sólo serán aceptadas las plantas vivas y saludables.

**806.17 Pago.** La cantidad de árboles, arbustos y enredaderas será pagada de acuerdo con el costo establecido en el Contrato. El pago será la compensación por el trabajo prescrito en estas especificaciones y contenidas en el Contrato.



---

**SECCIÓN 807**  
**ESTERAS PARA EL CONTROL DE LA**  
**EROSIÓN, TEJIDO DE PRIMERA TORSIÓN**  
**Y SISTEMAS CELULARES**  
**DE CONFINAMIENTO**

---

- 807.01 Definición.
- 807.02 Descripción.
- 807.03 Materiales para esteras.
- 807.04 Materiales para sistemas celulares de confinamiento (geocélulas).
- 807.05 Materiales de tejidos de primera torsión.
- 807.06 Esteras para el control de la erosión.
- 807.07 Tejido de primera torsión.
- 807.08 Sistemas de confinamiento celular.
- 807.09 Medida.
- 807.10 Pago.



## 807.01 Definición.

**Esteras para el control de la erosión, tejido de primera torsión y sistemas celulares.** Son cubiertas a ser colocadas sobre la superficie de taludes con el fin de controlar la erosión, propiciando la vegetación.

Los sistemas celulares de confinamiento, consisten en estructuras de panal tridimensional flexible, fabricadas de polietileno ligeramente estabilizado.

**807.02 Descripción.** Este trabajo consiste en la construcción de controles de erosión para protección de zanjas, estabilidad de taludes y para estabilización. Esto incluye la instalación de esteras, tejidos de primera torsión y sistemas celulares de confinamiento.

## REQUISITOS DE LOS MATERIALES

**807.03 Materiales para esteras.** Los materiales para esteras para el control de la erosión, se clasifican de la manera siguiente:

(a) Esteras para el control de la erosión.

(1) **Esteras de paja.** Se debe suministrar una estera de paja agrícola limpia que esté adherida a una malla fotodegradable de polipropileno, con costuras hechas con hilo de algodón. Debe cumplir con lo indicado en la siguiente tabla:

**Tabla 807-1**  
**Esteras de paja**

Material	Especificación
Paja <sup>(1)</sup>	240 Gr./m <sup>2</sup> mínimo.
Malla	Malla <sup>(2)</sup> con aberturas cuadradas de 5-20mm con una masa de 1.5 kg./100 m <sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> El contenido de humedad no deberá exceder de 20%.

<sup>(2)</sup> Las dimensiones son aproximadas y pueden variar para ajustarse a los estándares del fabricante.

(2) **Tela de cañamazo.** Se debe suministrar tela de cañamazo con un tejido estándar y con una masa entre 120 a 170 gramos por metro cuadrado.

(3) **Malla de cañamazo (Yute).** Se debe suministrar malla de cañamazo con un tejido uniforme, simple, abierto, fabricado con un hilo de yute y que no varíe en espesor por más de la mitad de su diámetro nominal. El tamaño de la malla debe ser de 25x25 mm máximo y la masa de la malla de conformidad con el ensayo ASTM D 1776 debe ser de 0.5 kg/m<sup>2</sup> con una tolerancia de ± 5% por variaciones de humedad.

(4) **Papel tejido o red de sisal.** Se debe suministrar una malla de papel tejido o de sisal suministrada en rollos entre 1150 a 1220 mm de ancho. La malla debe de tener una abertura en el rango de 3 a 6 mm y un encogimiento después de mojada de 20% máximo del área de la superficie.

(5) **Esteras de paja y coco.** Se debe suministrar una estera consistente de paja y de yute biodegradable no tratado y sin tinte o de fibra extraída del coco y fibras sintéticas de polipropileno u otro hilo aprobado tejido para formar una malla tejida simple. Debe cumplir con los requisitos de la siguiente tabla:

**Tabla 807-2**  
**Estera de paja y coco**

Material	Especificación
Paja <sup>(1)</sup> 70%	240 g/m <sup>2</sup> mínimo
Coco 30%	240 g/m <sup>2</sup> mínimo
Malla	Malla <sup>(2)</sup> fotodegradable en ambos lados con abertura cuadrada de 16-25mm y una masa de 1.5 kg./100m <sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> El contenido de humedad no deberá exceder de 20%.

<sup>(2)</sup> Las dimensiones son aproximadas y pueden variar para ajustarse a los estándares del fabricante.

**(6) Manta de hebras de madera.** Se debe suministrar una manta de espesor uniforme formada por hebras rizadas de madera asegurada en la parte alta a una malla plástica estrujada biodegradable y fotodegradable. La manta debe tener una masa de 530 g/m<sup>2</sup> con una tolerancia de  $\pm 10\%$ , debe ser resistente al humo sin utilizar aditivos químicos. Las hebras de madera con una longitud mayor de 200 mm deberán ser por lo menos el 80%. El tamaño de la malla de respaldo no deberá ser mayor de 38mm x 75mm.

**(7) Manta retenedora de humedad.** Se debe suministrar una manta de 3 a 13 milímetros de espesor consistente de material retenedor

de humedad orgánico y biodegradable tal como paja, celulosa de madera rizada, fibra extraída del coco u otro material distribuido uniformemente en un lado de una malla fotodegradable y de polipropileno que tenga una masa mínima 270 g/m<sup>2</sup>.

**(8) Estera de coco.** Se debe suministrar una estera consistente de yute sin tinte, no tratado, biodegradable, de fibras extraídas del coco, de fibras sintéticas de polipropileno o de otro hilo aprobado tejido para formar una malla tejida simple con aberturas cuadradas de aproximadamente 16 a 25 milímetros. Debe cumplir con lo indicado en Tabla 807-3.

**Tabla 807-3**  
**Estera de coco**

Material	Especificación
Coco <sup>(1)</sup> 100%	240 gr./m <sup>2</sup> min.
Malla	Malla <sup>(2)</sup> fotodegradable cuadrada, de 16 a 25 mm por lado y con una masa de 1.5kg/100m <sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> El contenido de humedad no deberá exceder de 20%.

<sup>(2)</sup> Las dimensiones son aproximadas y pueden variar para ajustarse a los estándares del fabricante.

**(9) Malla y estera sintéticas.** Se debe suministrar una estera flexible fabricada a máquina y formada por fibras de polipropileno negro fabricadas por extrusión formando una red rectangular de aproximadamente de 25 mm por 50 mm o de 19 mm por 21 mm con

una masa de 13 g/m<sup>2</sup>. Para el anclaje de la malla se deberán usar pines de alambre calibre 11 o más pesados, configurados en forma de n con sus extremos verticales de 255 mm y su segmento horizontal de 50 mm. Las características de este tipo de malla se resumen en la Tabla siguiente.

**Tabla 807-4**  
**Esteras sintéticas para el control de la erosión**

Propiedad	Especificaciones	Método de ensayo
Color	Verde	Visual
Espesor	6mm mín.	ASTM D1777
Resistencia (1)	1590 x 525 N/ m mín.	ASTM D5035
Elongación (1)	50% máx.	ASTM D5035
Porosidad (2)	85% mín.	Calculada
Resilencia (3)	80%	ASTM D1777
Estabilidad a los rayos ultravioleta (4)	80%	ASTM D4355

- (1) Valores para esteras fabricadas con máquina bajo condiciones secas o saturadas. El espécimen para efectuar el ensayo consistirá de una franja de 50 milímetros con una costura de poliolefina tejida al centro del ancho de la franja y que se extienda por toda la longitud del espécimen.
- (2) Cálculo basado en la masa, espesor y gravedad específica.
- (3) El porcentaje de espesor original retenido después de aplicar 3 ciclos de una carga de 690 kilo pascales por 60 segundos seguida por 60 segundos sin carga. El espesor se medirá 30 minutos después de remover la carga.
- (4) Resistencia a la tensión existente después de sometida 1000 horas en un ambientómetro Xenón ARC.

**(10) Malla sintética de polipropileno.** Se debe suministrar una malla geotextil tejida flexible fabricada con fibras de polipropileno hiladas en

una dirección. Debe cumplir con los requisitos de la siguiente tabla.

**Tabla 807-5**  
**Malla sintética de polipropileno**

Propiedad	Especificaciones	Método de ensayo
Color	Beige	Visual
Masa	59 g/m <sup>2</sup> mín.	ASTM D 5261
Resistencia a la tensión	6700 x 3700 N/m	ASTM D 5035
Elongación de la ruptura	40 % máx.	ASTM D 5035
Resistencia a la ruptura mullen	515 kPa mín.	ASTM D 3786

**(11) Malla sintética para controlar la retención de humedad.** Se debe suministrar una malla plástica, estrujada uniformemente

y rectangular con abertura nominal de 50 por 50 milímetros y con un peso de por lo menos 8 gramos por metro cuadrado.

**(12) Malla orgánica para controlar la retención de humedad.** Se debe suministrar una malla tejida fabricada con hilo de fibra celulosa biodegradable de 12.7 kilogramos, que esté entorchada 5 veces cada 25 milímetros. El área de la cuadrícula de la malla debe ser de 13 a 25 milímetros cuadrados. Se deben rematar las orillas para evitar que se deshile o desgaste la malla.

**(13) Mallas para reforzar el césped y control de erosión.** Cuando se usen productos enrollables para el control de la erosión en forma permanente, estos deberán cumplir con los requisitos y especificaciones indicadas en la Tabla 808-2 correspondiente a productos enrollables permanentes para el control de la erosión.

Las mallas para reforzar el césped deben estar constituidas por una red de monofilamentos o fibras unidas mecánicamente o derritiéndolas para dimensionar una malla estable y resistente. Los métodos de unión incluyen soldadura de polímero, fusión termal o de polímero o la colocación de las fibras entre 2 mallas de alta resistencia orientadas biaxialmente y unidas mecánicamente por medio de costuras paralelas hechas con hilo de poliolefina.

La malla se debe fabricar resistente a la degradación biológica, química y a los rayos ultravioleta, y debe cumplir con los requisitos de la siguiente tabla:

**Tabla 807-6**  
**Estera sintética de polipropileno para el control de la erosión**

Propiedad	Especificación	Método de ensayo
Color	Negro	Visual
Espesor	13mm mín.	ASTM D1777
Resistencia a la tensión <sup>(1)</sup>	1370 x 790 N/m 50% máx.	ASTM D5035
Elongación <sup>(1)</sup>	90% máx.	ASTM D5035
Porosidad <sup>(2)</sup>	80% mín.	Calculada
Resilencia <sup>(3)</sup>	80% mín.	ASTM D1777
Estabilidad a los rayos ultravioleta <sup>(4)</sup>		ASTM D4355

<sup>(1)</sup> Valores para condiciones secas y saturadas utilizando el método de la franja de 50 milímetros.

<sup>(2)</sup> Cálculo basado en la masa, espesor y gravedad específica.

<sup>(3)</sup> El porcentaje del espesor original retenido después de aplicar 3 ciclos de una carga de 690 kilo pascales por 60 segundos seguidos de 60 segundos sin carga. El espesor se medirá 30 minutos después de remover la carga.

<sup>(4)</sup> Resistencia a la tensión existente después de sometida 1000 horas en un ambientómetro Xenón ARC.

**807.04 Materiales para sistemas celulares de confinamiento (geocélulas).** Se debe suministrar una estructura flexible tridimensional con forma hexagonal (de panal) de abeja fabricada con polietileno debidamente estabilizado con estabilizadores de luz de carbono negro o de amina.

## 807.05 Materiales para tejidos de primera torsión.

- (a) **Materiales tejidos de primera torsión.** Se debe formar un tejido de primera torsión de fibra de vidrio con fibras extraídas del vidrio fundido, recubiertas con un compuesto calibrador de complejo de cromo, reunidas en hebras y amarradas ligeramente para formar el tejido sin el uso de arcilla, almidón u otra sustancia deleznable. El tejido se debe enrollar hasta formar un paquete cilíndrico de aproximadamente 300 milímetros de alto el cual se alimentará desde el centro del paquete en forma continua, hacia un eyector de aire comprimido que extenderá el tejido para formar una estera de fibras de vidrio sobre la superficie del suelo. No se deberá utilizar tejido de primera torsión que contenga solventes de petróleo u otros agentes que se conozca son tóxicos para la vida animal y vegetal.
- (b) **Mechas de polipropileno.** Las hebras deben cumplir con una resistencia a la Tensión, ASTM D 2256 mínima de 15.6N, una elongación de la Ruptura, ASTM D2256 de 15.5%, una masa de la hebra, ASTM D1907 de 360 denier, un número de hebras por tejido, mínimo de 24 y una estabilidad retenida a los rayos ultravioleta del 50% después de 200 horas.

## REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

### 807.06 Esteras para el control de la erosión.

Cuando se usen productos enrollables para el control de la erosión, estos deberán cumplir con las especificaciones que se indican en la Sección 808. Las esteras se deben instalar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Las esteras se deben colocar sobre superficies de suelo que tengan el nivel final especificado, que sean estables, firmes y que estén libres de rocas u otras obstrucciones. Las esteras para el control de la erosión se deben extender llanamente y con lisura, sin estirarlas, para asegurar un contacto directo con el suelo en todos los puntos. Las esteras se deben extender en dirección paralela al flujo del drenaje.

Las orillas se deben traslapar de acuerdo con las instrucciones del fabricante. El extremo pendiente arriba se debe colocar en una ranura vertical de 150 milímetros. La ranura se debe llenar y compactar.

Para instalaciones en pantanos o en zanjas, las esteras se deben colocar a los lados de la pendiente y se deben extender a un nivel más alto que la línea de flujo anticipada y se deben construir ranuras verticales intermedias espaciadas 150 milímetros y a intervalos de 8 metros para control.

Las ranuras para control se deben construir en dirección perpendicular a la del flujo. Las esteras para el control de la erosión se deben engrapar tal como lo recomienda el fabricante. Todas las grapas se deben colocar a nivel con la superficie del suelo.

Las áreas dañadas deben ser reparadas inmediatamente. Se deben restaurar las áreas del suelo dañadas hasta alcanzar el nivel final especificado para las mismas, fertilizarlo de nuevo y colocar de nuevo las semillas.

Las esteras y mallas sintéticas deben ser instaladas hasta que se hayan completado los trabajos correspondientes a la Sección 803.

Las esteras para refuerzo del césped deben ser instaladas antes de que los trabajos correspondientes a la Sección 803 hayan sido completados. Después de colocar las semillas, se debe cepillar o rastrillar levemente  $15 \pm 5$  milímetros de tierra vegetal dentro de los vacíos de la estera para llenar el espesor de la estera.

**807.07 Tejido de primera torsión.** Se debe suministrar un evacuador neumático capaz de aplicar el tejido a una razón de 0.9 kilogramos por minuto. Asimismo, se debe suministrar un compresor de aire capaz de proveer 1.1 metros cúbicos por minuto a  $620 \pm 70$  kilo pascales, completo, incluyendo las mangueras necesarias para suministrar aire a las áreas inaccesibles al compresor. Se debe suministrar un distribuidor de asfalto con las mangueras necesarias y una barra para rociado a mano para las pendientes y otras áreas inaccesibles al distribuidor.

- (a) **Tejido de fibra de vidrio.** El tejido de fibra de vidrio se debe esparcir de manera uniforme y a una razón de  $0.16 \pm 0.03$  kilogramos por metro cuadrado para formar una estera aleatoria de fibras continuas de vidrio.
- (b) **Tejido de polipropileno.** El tejido de polipropileno se debe esparcir de manera uniforme y a una razón de  $0.08 \pm 0.03$  kilogramos por metro cuadrado para formar una estera aleatoria de fibras continuas de polipropileno.

El tejido debe ser anclado al terreno por medio de la aplicación de una emulsión asfáltica de rompimiento lento a una razón de  $1.5 \pm 0.2$  litros por metro cuadrado, colocada sobre el tejido. El extremo del tejido pendiente arriba debe ser enterrado una profundidad de 300 milímetros.

**807.08 Sistemas de confinamiento celular.** Se debe excavar hasta alcanzar la profundidad especificada para colocar el sistema de confinamiento celular y se debe conformar y compactar la pendiente. La parte superior del sistema debe ser instalada a nivel o más abajo que el de la pendiente adyacente. Se debe expandir y colocar las geoceldas o geocélulas hacia abajo de la pendiente. Las secciones de las geoceldas adyacentes deben ser conectadas por medio de anillos arqueados o con grapas.

El sistema debe ser anclado por medio de estacas colocadas a través de la parte superior de cualquiera celda. Se debe repetir el patrón de anclaje en cada décima fila y en la fila inferior.

Los sistemas deben ser rellenados con tierra vegetal. Se debe compactar manualmente la tierra vegetal entre celdas. Se debe sembrar el césped de acuerdo con lo indicado en la Sección 803.

**807.09 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de esteras para el control de la erosión, tejido de primera torsión y sistemas celulares de confinamiento, excluyendo los traslapos, colocados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

**807.10 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica anteriormente, al costo de contrato del Renglón de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

---

**SECCIÓN 808**  
**PRODUCTOS ENROLLADOS PARA**  
**CONTROL DE EROSIÓN**

---

- 808.01. Definición.
- 808.02. Descripción.
- 808.03. Clasificación.
- 808.04. Materiales.
- 808.05. Productos enrollados para control permanente de la erosión.
- 808.06. Mantos para el control de la erosión.
- 808.07. Equipo.
- 808.08. Procedimientos de instalación.
- 808.09. Costuras y traslapes.
- 808.10. Siembra, riego y mantenimiento.
- 808.11. Medida.
- 808.12. Pago.



## 808.01 Definición.

**Productos enrollados para control de erosión.** Los productos enrollados para control de erosión (Rolled Erosion Control Products RECP por sus siglas en inglés), se fabrican en rollos y están diseñados para reducir la erosión del suelo y ayudar en el crecimiento, el asentamiento y la protección de la vegetación. Los productos enrollados para control de erosión podrán tener el carácter de temporales o permanentes.

**808.02 Descripción.** Este trabajo consiste en el suministro, manejo e instalación de productos enrollados para el control de erosión.

Los productos enrollados para el control de erosión, se subdividen en dos grupos, como se indica a continuación:

Productos enrollados para control temporal de erosión, se utilizan cuando la vegetación natural por sí sola, provee suficiente protección contra la erosión. Los productos que se utilizan en este caso, tienen la durabilidad y las propiedades necesarias para establecer la vegetación a corto plazo bajo las condiciones naturales del sitio. Las características generales de los productos enrollados para el control temporal de la erosión se indican en la Tabla 808-1.

Producto enrollado para control permanente de erosión, se utiliza cuando la vegetación natural por sí sola no es suficiente para resistir las condiciones de flujo y no provee la protección suficiente contra la erosión a largo plazo. Los productos que se emplean en este caso, tienen las propiedades necesarias para reforzar la vegetación bajo las condiciones del sitio a largo plazo. Las características generales de los productos enrollados para el control permanente de la erosión se indican en la Tabla 808-2.

**808.03 Clasificación.** Los productos enrollados para control de erosión se pueden clasificar en forma genérica como se indica a continuación:

- (a) **Red de control temporal del mantillo.** Consistente en un tejido de fibras naturales o red de geosintéticos usados como un producto temporal degradable para sostener capas de mantillo de fibras sueltas.
- (b) **Textiles de tejido abierto para el control temporal de la erosión.** Están compuestos por hilos naturales o sintéticos, tejidos dentro de una matriz bidimensional, utilizado para brindar control de erosión y facilitar el establecimiento de la vegetación.
- (c) **Mantos para el control temporal de la erosión.** Están compuestos de fibras naturales o sintéticas unidas en forma mecánica o química, para formar una matriz continua que contribuye al control de la erosión y facilita el establecimiento de la vegetación.
- (d) **Mantos para el control permanente de la erosión y protección permanente de la vegetación, césped o grama.** Están compuestos por hilos o fibras sintéticas no degradables estables a los rayos ultravioleta, formando una matriz tridimensional, proporcionando el espesor suficiente, resistencia y espacio de vacíos para retener el suelo y favorecer el desarrollo de la vegetación. Estos mantos pueden ser complementados con componentes degradables para cumplir con las funciones de protección tanto en forma inmediata como permanente.

Típicamente, los mantos para el control temporal de la erosión se usan cuando la vegetación natural, por sí sola, puede proporcionar suficiente control permanente de la erosión.

Los mantos para el control permanente de la erosión se usan cuando la vegetación, por sí sola, no proporciona protección contra la erosión a largo plazo o en las aplicaciones hidráulicas cuando los

caudales excedan la resistencia de la vegetación natural sin ningún tipo de refuerzo o cuando, se anticipan dificultades para la conservación de la vegetación, así como en taludes de gran altura o pendientes elevadas.

## REQUISITOS DE LOS MATERIALES

**808.04 Materiales.** Los materiales para productos enrollados para control temporal de erosión y sistemas de confinamiento, dentro de la clasificación indicada anteriormente se dividen en los tipos que se indican en la Tabla 808-1. Los Tipo 1 con una longevidad funcional de plazo ultracorto de 3 meses, los Tipo 2 con una longevidad funcional de corto plazo de 12 meses, los Tipo 3 con una longevidad funcional de plazo extendido de 24 meses y los Tipo 4 con una longevidad funcional de largo plazo de 36 meses. Estos Tipos se subdividen como se indica a continuación:

- (a) **Tipo 1A manto de control de erosión con red de tejido abierto.** Red para control de degradación ultra rápida. Consistente en una malla sintética fotodegradable de rápida degradación o una red tejida de fibras naturales, biodegradable, diseñada para uso en taludes o laderas geotécnicamente estables, con inclinaciones hasta de 5H:1V.
- (b) **Tipo 1B manto de control de erosión de degradación ultra rápida.** Provee un manto para control de erosión compuesto de fibras sintéticas o naturales de rápida degradación, mecánicamente entrelazadas o adheridas químicamente para formar una matriz continua y diseñada para ser usada en taludes y laderas geotécnicamente estables, con inclinaciones hasta de 3H:1V.
- (c) **Tipo 1C manto de control de erosión de red simple de tejido abierto de degradación ultra rápida.** Diseñada para ser usada en taludes y laderas geotécnicamente estables, con inclinaciones hasta de 3H:1V y podrá estar constituida por los siguientes materiales:

- (1) Manto para control de erosión compuesto de fibras naturales o sintéticas de polímeros degradables, mecánicamente unidas por una red de fibras naturales o sintéticas de degradación rápida para formar una matriz continua o,
- (2) Textil de tejido abierto compuesto de hilos o cordeles naturales o poliméricos de degradación rápida, formando una matriz continua.
- (d) **Tipo 1D manto de control de erosión de red doble.** Provee un manto para control de erosión compuesto de fibras naturales o de polímeros mecánicamente unidas entre dos redes de fibras naturales o sintéticas de degradación ultra rápida, formando un matriz continua, diseñado para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones de hasta 2H:1V.
- (e) **Tipo 2A manto de control de erosión de corto plazo usado conjuntamente con una capa formada por fibras vegetales.** Consiste en una red sintética de tejido abierto fotodegradable o una red tejida de fibras naturales biodegradables diseñada para ser utilizada en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 5H:1V.
- (f) **Tipo 2B manto de control de erosión de corto plazo.** Consiste en un manto para control de erosión degradable, compuesto por fibras naturales o sintéticas de polímeros enlazadas mecánicamente o adheridas químicamente para formar una matriz continua diseñada para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 3H:1V.
- (g) **Tipo 2C manto de control de erosión de corto plazo de red simple o de red de tejido abierto.** Para ser utilizado en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 3H:1V y podrá estar constituida por los siguientes materiales:

- (1) Manto para control de erosión compuesto por fibras degradables naturales o de polímeros procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas formando una red degradable de fibras naturales o de polímeros para formar una matriz continua, o
- (2) Un textil de tejido abierto compuesto por hilos o hebras naturales o poliméricas tejidos formando una matriz continua.
- (h) **Tipo 2D manto de control de erosión de corto plazo de red doble.** Se deberá suministrar un manto para control de erosión compuesto por fibras degradables, naturales o de polímeros, procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas entre dos redes sintéticas degradables o de fibras naturales para formar una matriz continua, diseñada para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones inferiores a 2H:1V.
- (i) **Tipo 3A manto de control de erosión de plazo extendido con red de tejido abierto para el control de capa de fibras vegetales.** Consiste en una red de polímeros de degradación lenta o una red tejida de fibras naturales diseñada para ser utilizada en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones hasta de 2H:1V.
- (j) **Tipo 3B manto de control de erosión de plazo extendido de red simple o red de tejido abierto.** Diseñada para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones inferiores a 1.5 H:1V y podrá estar constituido por los siguientes materiales:
- (1) Manto para control de erosión compuesto por fibras de degradación lenta, naturales o de polímeros, procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas entre dos redes sintéticas o de fibras naturales para formar una matriz continua; o
- (2) Un textil de tejido abierto compuesto por hilos naturales o poliméricos de degradación lenta, tejidos en una matriz continua.
- (k) **Tipo 4 manto de control de erosión de largo plazo o red de tejido abierto.** Textil de tejido abierto o manto para control de erosión de largo plazo, diseñado para trabajar en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones inferiores a 1H:1V y podrá estar constituido por los siguientes materiales:
- (1) Un manto para control de erosión compuesto por fibras naturales o de polímeros de degradación lenta, procesadas mecánicamente para mantenerlas unidas entre dos redes naturales o poliméricas de degradación lenta para formar una matriz continua; o
- (2) Un textil de tejido abierto compuesto por hilos o hebras naturales o poliméricas de degradación lenta tejidos formando una matriz continua.

El límite máximo para mantos temporales, en términos de la longitud inclinada del talud, deberá ser indicado en los planos o en las Disposiciones Especiales, en general, no deberá ser mayor de quince (15) metros. Para longitudes mayores, la aplicación del manto deberá estar respaldada por un diseño especializado. La longitud inclinada del talud se refiere a taludes continuos, cuando el diseño del talud presente terrazas o escalones, la longitud indicada, se refiere a la longitud inclinada entre terrazas. En estos casos, en el diseño, de ser procedente, se indicará la necesidad de colocar productos enrollados permanentes para el control de la erosión, indicados en la Especificación 808.04, aun cuando sea para aplicaciones temporales.

Las características generales de los productos enrollados para el control temporal de la erosión se indican en la siguiente Tabla:

**Tabla 808-1.**  
**Productos enrollados para el control temporal de la erosión**

Durabilidad		Tipo de producto enrollado para control temporal de la erosión										Método de ensayo
		Muy corto plazo		Corto plazo		Plazo extendido		Largo plazo				
Propiedades	1.A <sup>(1)</sup>	1.B	1.C	1.D	2.A <sup>(1)</sup>	2.B	2.C	2.D	3.A <sup>(1)</sup>	3.B	4.A <sup>(1)</sup>	4.B
Longevidad funcional típica (meses) <sup>(2)</sup>	3	3	3	3	12	12	12	24	24	24	36	36
Resistencia al esfuerzo de corte en prueba de desempeño ASTM D 6460, Pa <sup>(4)</sup>	≥ 48	≥ 48	≥ 72	≥ 84	≥ 48	≥ 48	≥ 72	≥ 84	≥ 96	≥ 96	≥ 108	≥ 108
Resistencia a la tensión mínima en la dirección del rollo kN/m	1.8	1.8	0.9	1.1	1.8	1.8	0.9	1.1	1.5	1.5	1.5	1.5
Resistencia a la tensión mínima en la dirección transversal del rollo kN/m	0.1	0.1	0.3	0.6	0.1	0.1	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Valor máximo factor "C" prueba de desempeño <sup>(3)</sup>	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05
Espesor promedio, mm	≥ 0.76	≥ 7.6	≥ 6.4	≥ 6.4	≥ 0.76	≥ 7.6	≥ 6.4	≥ 6.4	≥ 5.1	≥ 6.4	≥ 5.1	≥ 5.1
Masa promedio, g/m <sup>2</sup>	≥ 7.0	≥ 339	≥ 271	≥ 271	≥ 7.0	≥ 339	≥ 271	≥ 271	≥ 373	≥ 271	≥ 678	≥ 271
Coertura promedio del suelo, %	≥ 3.0	≥ 50.0	≥ 50.0	≥ 50.0	≥ 3.0	≥ 50.0	≥ 50.0	≥ 50.0	≥ 40.0	≥ 50.0	≥ 50.0	≥ 50.0
Inclinación máxima de instalación <sup>(5)</sup>	5H:1V	3H:1V	3H:1V	2H:1V	5H:1V	3H:1V	2H:1V	2H:1V	1.5H:1V	1H:1V	1H:1V	N/A

(1) El factor C y los esfuerzos permisibles de resistencia al corte de las redes de control del mantillo Tipos 1A, 2A, 3A y 4A deben obtenerse con el mantillo ya aplicado.

(2) La longevidad funcional indicada, constituye solo una guía. La longevidad funcional real debe basarse en las condiciones del sitio y sus condiciones climáticas.

(3) El valor máximo del factor C es el obtenido según la evaluación de desempeño de acuerdo con la Especificación ASTM D 6459 o equivalente indicada en las Disposiciones Especiales.

(4) La resistencia mínima al esfuerzo de corte sin vegetación, es la que se puede soportar sin daño físico o erosión excesiva mayor de 12.7 mm, sometidos a un flujo de agua durante 30 minutos, de conformidad con la Especificación ASTM D6460.

(5) Este valor representa la máxima pendiente que se puede recomendar en las aplicaciones de protección de taludes de la acción de la lluvia.

**808.05 Productos enrollados para control permanente de la erosión.** Estos productos tienen una longevidad funcional para proporcionar protección contra la erosión a largo plazo de grama

u otras cubiertas vegetales y corresponden a una clasificación Tipo 5, con las características que se especifican en la Tabla 808-2 que se muestra a continuación.

**Tabla 808-2**  
**Especificaciones de productos enrollados para el control permanente de la erosión**  
**(Mantos para refuerzo de césped TRM)**

Propiedad	Normas de ensayo ASTM	Tipo de producto enrollado para control permanente de la erosión							
		5A	5B	5C	5D	5E <sup>(1)</sup>	5F <sup>(1)</sup>		
Resistencia a la tensión promedio en la dirección del rollo kN/m <sup>(4)</sup>	D 6818	≥ 2.2	≥ 2.6	≥ 2.9	≥ 4.8	≥ 21.9	≥ 43.8		
Resistencia a la tensión promedio en la dirección transversal del rollo kN/m <sup>(4)</sup>	D 6818	≥ 2.2	≥ 2.6	≥ 2.9	≥ 3.3	≥ 21.9	≥ 43.8		
Estabilidad UV promedio <sup>(4)</sup>	D 4355	≥ 80% a 500 horas		≥ 80% a 1000 horas		≥ 90% a 1000 horas	≥ 80% a 3000 horas		
Espesor promedio, mm	D 6525	≥ 6.35							
Masa/unidad de área promedio, g/m <sup>2</sup>	D 6566	≥ 271							
Germinación y crecimiento de las plantas	D 7322	≥ 250%							
Resistencia promedio al esfuerzo de corte, condición sin vegetación, Pa <sup>(2)(3)</sup>	D 6460	≥ 96							
Resistencia promedio al esfuerzo de corte, condición con vegetación, Pa <sup>(2)(3)(4)</sup>	D 6460	≥ 287	≥ 383	≥ 479	≥ 575	≥ 575	≥ 670		

<sup>(1)</sup> Los valores mínimos indicados para los productos Tipo 5E y 5F evaluados según los ensayos ASTM D 6818 y D 6525, corresponden a los valores probables mínimo de los rollos, calculados como el promedio menos 2 desviaciones estándar, correspondientes a una confiabilidad del 97.7%.

<sup>(2)</sup> La resistencia mínima al esfuerzo de corte sin vegetación, es la que se puede soportar sin daño físico o erosión excesiva mayor de 12.7 mm, sometidos a un flujo de agua durante 30 minutos, de conformidad con la Especificación ASTM D6460.

<sup>(3)</sup> Los protocolos de ensayos a gran escala que incluyen los ensayos ASTM D 6460, típicamente se aplican a determinados tipos de suelo y vegetación, por lo que para aplicaciones en lugares específicos se recomienda que en la selección de los productos se use un factor de seguridad adecuado.

<sup>(4)</sup> Los mantos de refuerzo (TRM) que contienen componentes degradables, las propiedades deben ser evaluadas de la porción no degradable de dichos mantos.

La descripción y el campo de utilización de los productos indicados en la Tabla anterior, son los que se indican a continuación.

Tipo 5A, 5B, 5C, 5D y 5E manto de refuerzo de la vegetación, compuesto de fibras estabilizadas UV, sintéticas no degradables, malla de alambre procesadas en una matriz tridimensional que puede ser complementada con componentes degradables y refuerzo de la vegetación, en taludes o laderas geotécnicamente estables con inclinaciones no mayores a 1:1 (H:V) para los Tipos 5A y 5B y con inclinaciones no mayores de 0.5H:1V para los Tipos 5C, 5D, 5E y 5F.

Tipo 5F manto de alto desempeño de refuerzo permanente de la vegetación, estabilizado UV, no degradable, ciento por ciento (100%) constituido por fibras sintéticas, para refuerzo del césped y de la vegetación con suficiente espesor, resistencia y espacios vacíos para constituir una matriz tridimensional para la protección permanente de la erosión y refuerzo de la vegetación en taludes o laderas geotécnicamente estables con una inclinación no mayor de 0.5 H:1V. Esta categoría debe ser usada especialmente cuando en el sitio existen condiciones con cargas altas o requerimientos de supervivencia altos.

## REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

**808.06 Mantos para el control de la erosión.** Los procedimientos de instalación que se indican a continuación están orientados para proporcionar, en términos generales, una guía para la correcta colocación de los mantos para el control de la erosión en pendientes, taludes o canales. Los detalles del diseño e instalación, se deben adecuar a las especificaciones y recomendaciones del fabricante y la aprobación del Delegado Residente.

**808.07 Equipo.** El Contratista deberá disponer del equipo y herramientas necesarias para asegurar que los trabajos de protección de los taludes y laderas se ejecuten cumpliendo con las normas de calidad establecidas.

Para la aplicación de riegos de la capa superior del suelo y cubierta vegetal, se deberán usar equipos de tipo aspersor u otros similares que apliquen el agua en forma de lluvia fina.

**808.08 Procedimientos de instalación.** Se deben remover todas las rocas y cualquier tipo de obstrucción que pueda evitar el contacto del manto con la superficie del suelo, se deben efectuar las correcciones necesarias para preparar la superficie del semillero agregando fertilizante, agua y las semillas, de conformidad con lo recomendado por el fabricante o lo indicado en los planos o en las Disposiciones Especiales.

Cuando se usen alfombras de refuerzo de césped (Turf Reinforcement Mats TRM), éstas se llenarán y nivelarán con suelo, se aplicarán las semillas y se cepillará o rastrillará ligeramente la superficie del suelo (de 8 a 18 mm), para nivelar al espesor de la matriz de la alfombra de refuerzo.

Los productos enrollados permanentes para el control de la erosión, deben de ser desenrollados paralelos a la dirección principal de la escorrentía, iniciando con un anclaje de 900 mm en la parte superior de talud sujetando el extremo del rollo con una fila de estacas o grapas con un espaciamiento entre centros de 300 mm.

En forma alternativa se podrá excavar un surco de anclaje de 150 x 150 mm anclando el rollo al fondo del surco usando estacas o grapas espaciadas 300 mm procediendo a llenar y compactar el surco y extendiendo el extremo del rollo 900 mm más allá del surco de anclaje. De ser necesario se mejorará el suelo y se aplicarán semillas en la parte superior del relleno del surco.

Se debe asegurar que el manto mantenga un contacto continuo con la superficie del suelo en la totalidad del área de instalación. No se debe estirar el manto para salvar las depresiones del suelo.

El manto se debe sujetar al suelo subyacente con grapas o estacas a razón de 1.3 unidades por metro cuadrado, y debe de quedar al ras de la superficie del suelo.

Cuando se usen grapas de anclaje para la fijación del manto, se podrán utilizar ganchos metálicos en forma de “n” de 8 mm de diámetro, usando para suelos blandos las siguientes dimensiones, 200 mm de longitud los laterales a ser hincados con una separación en su parte superior de 100 mm, y para terrenos duros 150 mm de longitud los laterales a ser hincados con una separación en su parte superior de 50 mm. El procedimiento de hincado deberá estar de acuerdo con las especificaciones del fabricante del manto.

**808.09 Costuras y traslapes.** Los rollos adyacentes se deben de traslapar entre 50 y 100 mm y unir mediante una costura de conformidad con las especificaciones del fabricante. Se debe usar un número suficiente de estacas o grapas para evitar que se separen las costuras de rollos contiguos.

Los empalmes entre los extremos de los rollos se deben de traslapar entre 50 y 150 mm en la dirección del flujo, quedando el extremo del manto de la continuación, debajo del extremo del manto ya colocado a un nivel más alto. Los empalmes deberán ser cosidos y asegurados con grapas con un espaciamiento de 300 mm.

Se deben dejar ranuras de verificación de las costuras en el extremo superior de los rollos, instalando dos filas escalonadas de grapas o estacas separadas 100 mm y con espaciamiento entre centros de 100 mm.

En las interrupciones de la pendiente se deben construir surcos de verificación de 150 mm de profundidad y 150 mm de ancho, asegurando el producto al fondo del surco y doblándolo hacia el lado superior de la pendiente, llenando y compactando el surco de verificación, resembrando con semillas y colocando los productos enrollados, pendiente abajo sobre el surco.

**808.10 Siembra, riego y mantenimiento.** La siembra deberá efectuarse con especies adecuadas a la región en donde se localiza el proyecto y en la época del año más propicia para el crecimiento de la vegetación y de ser necesario programar el uso de procedimientos de riego con la frecuencia necesaria

para establecer satisfactoriamente la vegetación y propiciar su crecimiento. Los procedimientos de riego deberán de ser del tipo aspersor u otros similares que apliquen el agua en forma de lluvia fina. El Contratista será responsable por el mantenimiento de la vegetación establecida durante la ejecución del proyecto.

La definición de las especies más propicias para el crecimiento de la vegetación, se efectuará de conformidad con el diseño y lo indicado en las Disposiciones Especiales o según lo recomiende el Departamento de Gestión Ambiental de la DGC.

Cuando se requiera la colocación de una capa de mantillo, esto se efectuará con cargo a la Sección 802 Capa de suelo vegetal.

Cuando se requiera la siembra de césped con semillas, esto se efectuará con cargo a la Sección 803.

Cuando se requiera la siembra de césped con guías o tepes, esto se efectuará con cargo a la Sección 804.

Cuando se requiera la siembra de césped mediante vástagos de grama, esto se efectuará con cargo a la Sección 805.

Las áreas ya trabajadas con cargo a los renglones indicados anteriormente, que sufren daños o erosiones deben ser reparadas inmediatamente sin costo adicional. Las áreas del suelo dañadas se deben restaurar hasta alcanzar el nivel final especificado para las mismas, fertilizarlo de nuevo y colocar de nuevo las semillas, guías, vástagos o tepes, según corresponda.

**808.11 Medida.** La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, excluyendo traslapes, de productos enrollados para el control de erosión, con aproximación de dos decimales, colocados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales, planos correspondientes y según la clasificación y los Tipos indicados en las Especificaciones 808.03, 808.04 y 808.05.

**808.12 Pago.** El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica anteriormente, al costo de contrato del Renglón de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

### RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	Especificaciones
Método estándar para la determinación del desempeño de productos enrollados del control de la erosión en la protección de la erosión inducida por la lluvia en laderas.	<p>ASTM D 6459</p> <p>Productos enrollados de control de erosión</p> <p>Consejo Tecnológico de Control de Erosión (Erosion Control Technology Council - ECTC-)</p> <p>Especificaciones FP-14 Federal Highway Administration</p>
	<p>Guía del usuario productos de control de erosión</p> <p>AASHTO-NTPEP (National Transportation Product Evaluation Program)</p>

---

## ÍNDICE ALFABÉTICO

---

### A

#### ACERAS Y MEDIANAS O ARRIATE CENTRAL PAVIMENTADOS 383

- Aceras y medianas de ladrillo o de adoquines 386
- Aceras y medianas de mezcla asfáltica 386
- Acabado 386
- Acera o banqueta 385
- Acero de refuerzo 386
- Colocación del concreto 385
- Concreto hidráulico 386
- Construcción de juntas 385
- Curado 386
- Definiciones 385
- Descripción 385
- Formaletas 385
- Juntas 386
- Ladrillos 385
- Materiales 385
- Mediana o arriate central 385
- Medida 386
- Mezcla asfáltica 385
- Pago 387
- Preparación del lecho 385
- Requisitos de construcción 385
- Resumen de normas 387

#### ACERO DE REFUERZO 57

- Almacenaje y protección del material 61
- Barras corrugadas 59
- Barras y alambres 60
- Colocación y amarre 63
- Definición 59

Descripción 59

Doblado de las barras 62

Empalmes 64

Listas de pedidos 61

Medida 65

Pago 66

Pasadores o dovelas 61

Perfiles estructurales 60

Sustituciones 65

Tipo de refuerzo 59

#### ADHESIVOS

- Adhesivos para concreto a base de resinas de látex 21
- Adhesivos para concreto a base de resinas epóxicas 21
- Aditivos acelerantes 18
- Aditivos expansivos y reductores de contracción 18
- Aditivos incorporadores o inclusores de aire 18
- Aditivos reductores 18
- Aditivos retardantes 18
- Retardantes 18

Agregados 13, 14, 15, 17, 18, 27, 29, 30, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 51, 76, 79, 85, 91, 99, 233, 292, 359

Agua 13, 15, 17, 18, 20, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 52, 62, 71, 73, 74, 76, 77, 79, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 99, 103, 107, 108, 111, 112, 119, 127, 129, 131, 138, 141, 143, 147, 150, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 174, 202, 203, 209, 214, 215, 218, 219, 223, 224, 228, 234, 235, 236, 243, 253, 254, 255, 260, 263, 264, 267, 287, 289, 290, 293, 299, 300,

303, 307, 308, 309, 313, 317, 342, 357, 359, 371, 381, 391, 396, 397, 398, 399, 400, 406, 410, 416, 425, 440, 441, 442, 443

Agua de mezcla 41

## **ALCANTARILLAS DE MATERIAL PLÁSTICO 277**

Celulares o nervuradas de cloruro de polivinilo (PVC) 279  
Celulares o nervuradas de polietileno de alta densidad (HDPE) 279  
Cementos solventes 281  
Colocación 283  
Compuestos de polietileno de alta densidad (HDPE) 280  
Corrugada de polietileno de alta densidad ADS (Advanced Drainage Systems) 279  
Corrugadas tipo C o tipo S de polietileno de alta densidad (HDPE) 279  
Definición 279  
Descripción 279  
Empaques elastoméricos 281  
Espesor, rigidez y masa unitaria de la alcantarilla 281  
Inspección en el campo y aceptación 283  
Lisas de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) 279  
Lubricante 281  
Manejo, transporte, entrega y almacenamiento 283  
Materiales 279  
Medida 284  
Pago 284  
Propiedades de los compuestos de PVC 280  
Propiedades primarias de los compuestos de HDPE 280  
Relleno 284  
Requisitos de construcción 283  
Requisitos de los materiales 279  
Resumen de normas 284

## **ALCANTARILLAS DE METAL CORRUGADO 269**

Alcantarilla anidable 273  
Apuntalamiento 274  
Certificado de calidad y garantía del fabricante 272

Colocación 273  
Definición 271  
Descripción 271  
Estructuras con una luz grande 275  
Inspección en el campo y aceptación 273  
Inspección y muestreo en la fábrica o taller 272  
Instalación 273  
Instalación de estructuras de planchas estructurales 274  
Manejo, transporte, entrega y almacenamiento 273  
Marcas 272  
Materiales 271  
Medida 275  
Pago 275  
Pernos de acero de alta resistencia para planchas estructurales 271  
Planchas estructurales corrugadas de aleación de aluminio 271  
Planchas estructurales de metal corrugado 271  
Recubrimientos para las alcantarillas de metal corrugado 271  
Relleno 274  
Requisitos de construcción 273  
Requisitos de fabricación 272  
Resumen de normas 276  
Tuberías galvanizadas 271  
Tubos circulares y elípticos, arco y arcos de planchas estructurales 273

## **ALCANTARILLAS DE CONCRETO REFORZADO 257**

Colocación 263  
Colocación del refuerzo 259  
Concreto de cemento hidráulico 259  
Descripción 259  
Equipo de pruebas 260  
Especímenes de prueba 261  
Fabricación de concreto reforzado 259  
Inspección del refuerzo 262  
Instalación 263  
Juntas 263  
Marcas y acabado de los tubos 260  
Materiales 259

Medida 264	Requisitos de construcción 243
Número de pruebas para suministros ocasionales 261	Requisitos de los materiales 241
Pago 264	<b>BARRICADAS DE CONCRETO 377</b>
Preparación del concreto 259	Acero de refuerzo 380
Prueba de absorción 262	Barricadas de concreto. 379
Pruebas, aceptación y rechazo de los tubos 260	Barricadas de concreto prefabricado 380
Pruebas de resistencia 261	Concreto 380
Rechazo 262	Definición 379
Requisitos de construcción 263	Descripción 379
Requisitos de los materiales 259	Ganchos y pasadores 380
Resistencia requerida 262	Materiales 380
Resumen de normas 264	Material reflectivo 380
Tamaños y variaciones permisibles 260	Medida 381
Concreto reforzado 259	Pago 381
Celulares o nervuradas de polietileno de alta densidad (HDPE) 279	Relleno para juntas preformadas 380
Aspectos ambientales 389	Requisitos de construcción 380
Áreas de soporte 88	Requisitos de los materiales 380
	Resumen de normas 381
	Bentonita 155, 158
<b>B</b>	
<b>BARANDALES DE PUENTE 239</b>	<b>BORDILLOS 311</b>
Arriates central de concreto de cemento hidráulico 385	Colocación 313
<b>BARANDALES DE PUENTE 239</b>	Definición 313
Acero de refuerzo 241	Descripción 313
Acero estructural 241	Materiales 313
Alambre de aluminio para soldadura 241	Medida 313
Aleación de aluminio para los barandales de los puentes 241	Pago 313
Barandal de acero 243	Requisitos de construcción 313
Barandal de aluminio 243	Requisitos de los materiales 313
Barandal de concreto 243	Resumen de normas 314
Barandal de viguetas con sección de caja 241	
Concreto 241	<b>C</b>
Definición 241	
Descripción 241	<b>CAJAS Y CABEZALES PARA ALCANTARILLAS 301</b>
Madera 241	Cajas y cabezales para alcantarillas 303
Materiales 241	Cajas y cabezales de concreto 303
Medida 244	Cajas y cabezales de mampostería de ladrillo o bloque 303
Pintura 241	Cajas y cabezales de mampostería de piedra 303
Pago 244	Concreto ciclopé 303

Definición 303	Descripción 341
Descripción 303	Embreizado 342
Mampostería de ladrillo o bloque 303	Grapas 341
Mampostería de piedra 303	Instalación de los portones 343
Materiales 303	Materiales 341
Medida 303	Medida 344
Pago 304	Pago 344
Requisitos de construcción 303	Postes 341
Resumen de normas 304	Remoción y recolocación de cercas 344
Calidad y proporcionamiento del concreto 21	Requisitos de construcción 341
Resumen de normas 344	Resumen de normas 344
<b>CAPA DE SUELO VEGETAL 403</b>	
Colocación de la capa vegetal 405	Césped 7, 393, 400, 405, 407, 409, 413, 415, 416, 419, 424, 432, 433, 434, 437, 441, 442, 443
Definición 405	Cloruro de calcio 18, 52
Descripción 405	Compuestos líquidos 94, 107, 260
Materiales 405	Colocación del concreto por el método Tremie 157
Materia orgánica y graduación 405	
Medida 406	
Pago 406	
pH 405	
Preparación del área 405	
Requisitos de los materiales 405	
<b>CAPA FILTRANTE 315</b>	
Arena 317	Colocación del concreto ciclópeo 119
Colocación 317	Definición 119
Definición 317	Descripción 119
Descripción 317	Materiales 119
Materiales 317	Medida 120
Medida 317	Pago 120
Pago 317	Piedra 119
Requisitos de construcción 317	Preparación del concreto 119
Requisitos de los materiales 317	
Cemento y puzolanas 40	
Ceniza 18, 36, 52	
<b>CERCAS 339</b>	
Alambre 341	CONCRETO CICLÓPEO 117
Colocación 341	Colocación del concreto ciclópeo 119
Definición 341	Definición 119
	Descripción 119
	Materiales 119
	Medida 120
	Pago 120
	Piedra 119
	Preparación del concreto 119
<b>CONCRETO ESTRUCTURAL 11</b>	
	CONCRETO ESTRUCTURAL 11
	Aditivos 41
	Agregados 40
	Agujeros para drenaje 89
	Almacenaje de sacos 36
	Almacenamiento de los materiales 36
	A granel 36
	En pilas 36
	En sacos 36
	En silos 37
	Cementos hidráulicos 13
	Clase y resistencia del concreto 13
	Curado del concreto 93
	Definiciones 99

Descripción 99	Descripción 189
Ensayos de testigos 34	Fabricación e instalación 189
Equipos de dosificación de los materiales para concreto 37	Materiales 189
Equipos de mezclado 36	Medida 190
Evaluación y aceptación del concreto 22	Pago 190
Juntas de construcción 81	Perfiles de acero estructural 189
Juntas de contracción y de expansión 86	Requisitos de construcción 189
Juntas de expansión 88	Resumen de normas 190
Manejo y colocación del concreto 76	Construcciones complementarias 329
Materiales para curado 73	<b>CONTROL DE EROSIÓN 393</b>
Materiales para juntas 96	Abono maduro 397
Materiales para juntas 73	Alcantarilla para el control de la erosión 395
Materiales para la fabricación del concreto 13, 99	Bermas de tierra 400
Medida 50	Canales de desviación 399
Pago 50	Cerco de limo 398
Pernos y dispositivos de anclaje 88	Cercos para retención de limos 399
Planta y equipo para la producción y suministro del concreto 35	Control de erosión 395
Planta y equipo para producción del concreto 100	Cubierta retenedora de humedad 396
Por bombeo 85	Definición 395
Pruebas de carga de las estructuras o partes de ellas 35	Descripción 395
Recubrimientos protectores 21	Drenajes de taludes y vías fluviales 400
Remoción de las formaletas y de la obra falsa 131	Equipo 400
Requisitos de producción y suministro de concreto 40	Esteras 396
Resumen de normas 51	Estructuras para contener sedimentos 399
Vibración del concreto 129	Fertilizantes 395
Concreto preesforzado 5, 25, 99, 100, 113, 114, 115, 135, 141, 148, 151, 221, 223, 224	Fibra de celulosa de paja de grama 396
Concreto premezclado 45	Fibra de madera 396
Conductos 267	Geotextiles 395
<b>CONECTORES DE ACERO 187</b>	Heno 396
Barras de acero para espárragos 189	Limpieza 400
Barras y perfiles de acero 189	Materiales 395
Conectores de corte 189	Material hidráulico para retener la humedad con matriz adhesiva de fibra 397
Conectores de espárragos 189	Medida 400
Conectores de perfiles de acero estructural 189	Musgo de pantano 397
Contraflechas de la estructura 190	Pacas 395
Definición 189	Pago 401
	Paja 396
	Paja para hidrosiembra 397
	Presas de detención de erosión 399
	Requisitos de los materiales 395

Requisitos para la construcción 398	Fabricación 351
Revestimiento plástico 397	Materiales 351
Sacos de arena 397	Medida 352
Semillas 397	Pago 352
Siembra de césped 400	Requisitos de construcción 351
Zampeado 397	Tipos de delineadores 351
Control de humedades 37	Desviación estándar 23, 24, 25, 26, 27
Cordones o, tiras de apoyo 19	<b>DISIPADORES DE ENERGÍA 323</b>
Criterios de aceptación 25, 27, 35	Acero de refuerzo 325
Cubiertas retenedoras de humedad 398, 400	Concreto 325
<b>CUNETAS Y CONTRACUNETAS REVESTIDAS 305</b>	Concreto reforzado 325
Concreto simple fundido en sitio 307	Concreto simple y concreto reforzado 325
Concreto simple profundido 307	Definición 325
Definición 307	Descripción 325
Descripción 307	Mampostería de piedra 325
Elaboración y colocación de mortero 308	Mampostería de piedra ligada con mortero 325
Fabricación y colocación de las planchas 308	Materiales 325
Inspección en el campo y aceptación 309	Medida 326
Materiales 307	Pago 326
Medida 309	Requisitos de construcción 325
Mezclas asfálticas 308	Resumen de normas 327
Mortero 307	<b>DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL TEMPORAL DEL TRÁNSITO 369</b>
Pago 309	Banderilleros y los conductores de autos pilotos 372
Piedra 307	Barreras 372
Piedra ligada con mortero 307	Barreras plásticas o de concreto 371
Planchas 307	Conos 371
Preparación y colocación de la piedra 308	Defensa temporal 372
Requisitos de construcción 308	Definición 371
Resumen de normas 309	Descripción 371
Curado 259	Limitación de las operaciones 375
<b>D</b>	Luces de Advertencia (destellantes o fijas) 372
<b>DELINDEADORES 349</b>	Marcas temporales en el pavimento 373
Colocación 352	Materiales 371
Definición 351	Material retroreflectivo 371
Delineadores 351	Medida 375
Descripción 351	Pago 375
	Paneles para señales 371

- Plataforma de flecha intermitente 372
- Postes para señales 371
- Requisitos de construcción 373
- Resumen de normas 375
- Trafitambos 371
- Vallas 371
- DISPOSITIVOS PARA SOPORTE 191**
- Almohadillas elastoméricas 193
  - Almohadillas de tetrafluoroetileno (TFE) 194
  - Almohadillas elastoméricas de soporte 193
  - Almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón 193
  - Coeficientes de fricción 196
  - Construcción e instalación 197
  - Definición 193
  - Descripción 193
  - Empaque, manejo y almacenamiento 196
  - Fabricación 196
  - Instalación 196
  - Medida 197
  - Pago 197
  - Pernos de anclaje 195
  - Planchas de bronce o de aleación de cobre 193
  - Planchas de plomo 193
  - Planchas fijas para soporte 194
  - Planos 196
  - Requisitos de construcción 194
  - Requisitos de los materiales 193
  - Soportes de balancín y de rodillos 195
  - Soportes deslizantes 195
  - Soportes de tetrafluoroetileno (TFE) 195
  - Soportes elastoméricos 195
  - Soportes especiales 194
- Dovelas 59, 61, 148
- Drenaje 6, 37, 71, 89, 90, 95, 96, 123, 253, 259, 267, 271, 285, 287, 289, 292, 294, 299, 300, 307, 319, 321, 322, 325, 326, 399, 401, 415, 433
- DRENAJES HORIZONTALES 297**
- Colocación 299
  - Materiales 299
- Definición 299
- Descripción 299
- Medida 300
- Pago 300
- Perforaciones 299
- Requisitos de construcción 299
- Resumen de normas 300
- Tubería 299
- Tubería perforada 299
- Tubería ranurada 299
- E**
- EPÓXICOS 21, 247, 249**
- Adhesivos de resina epólica 247
  - Marcas de material epóxico 360
- Escorias 13, 30, 31, 148, 243
- Esteras de algodón 20
- Estera de coco 430
- Esferas de vidrio 355, 362
- ESTERAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN, TEJIDO DE PRIMERA TORSIÓN Y SISTEMAS CELULARES DE CONFINAMIENTO 427**
- Definición 429
  - Descripción 429
  - Esteras de paja y coco. 429
  - Esteras para el control de la erosión 433
  - Malla de cañamazo (Yute) 429
  - Malla orgánica para controlar la retención de humedad 432
  - Malla sintética de polipropileno 431
  - Malla sintética para controlar la retención de humedad 431
  - Mallas para reforzar el césped y control de erosión 432
  - Malla y estera sintéticas 430
  - Manta de hebras de madera 430
  - Manta retenedora de humedad 430
  - Materiales para esteras 429
  - Materiales para sistemas celulares de confinamiento (geocélulas) 432
  - Materiales para tejidos de primera torsión 432

Mechas de polipropileno	433	Dirección de laminado	168
Medida	434	Dispositivos para soporte.	167
Pago	434	Doblado en caliente	174
Papel tejido o red de sisal	429	Doblado en frío	173
Requisitos para la construcción	433	Embarque del acero estructural y almacenamiento	181
Sistemas de confinamiento celular	434	Enderezado	172
Tejido de fibra de vidrio	433	Equipo	182
Tejido de polipropileno	433	Fundiciones	166
Tejido de primera torsión	433	Identificación de los aceros	169
Tela de cañamazo	429	Inspección	179
<b>ESTRUCTURAS DE ACERO</b>	<b>163</b>	Inspección en el campo	181
Acero forjado	166	Instalación	177
Aceros estructurales	165	Juntas a tope	173
Agujeros a punzón	170	Mano de obra y acabado	181
Agujeros para conexiones en obra	171	Marcas de coincidencia	172
Agujeros taladrados o escariados	171	Materiales	165
Ajuste, acabado y perfilado	173	Medida	183
Ajuste de los angulares de refuerzo	174	Métodos de colocación de las zapatas y planchas de soporte	183
Ajuste para el empernado	172	Métodos de montaje en el taller	170
Alambres y mallas de acero de refuerzo	60	Miembros armados	173
Almacenaje y protección del material	61	Montaje del acero	182
Angulares de conexión	173	Montaje en el taller	170
Aviso de inicio de los trabajos	167	Montaje en la obra	181
Balancines y soportes colgantes	183	Obra falsa	167
Barras de amarre	173	Pago	185
Barras de argolla	174	Pasadores y rodillos	166
Cepillado	173	Pasadores y rodillos	175
Colocación de las zapatas y las planchas de soporte	183	Perforación de los agujeros	170
Colocación de las zapatas y los dispositivos de soporte	182	Pernos	176
Conectores de acero	167	Pernos de alta resistencia	166
Conexiones con pernos de alta resistencia.	176	Pernos de anclaje	183
Conexiones con pernos normales.	176	Pernos normales	182
Conexiones de los pasadores	182	Pintura	167
Cortado a la llama	171	Pintura de juntas y retocado de áreas defectuosas	183
Definición	165	Planchas de alma	174
Desajustes	182	Planchas de soporte	183
Descripción	165	Planchas dobladas.	173
Diagrama de contraflecha	169	Planos	168
Diagramas de montaje	181	Precisión de los agujeros	171

Preparación de las áreas de soporte. 183  
 Pruebas y aceptación 167  
 Pruebas y aceptación del acero estructural. 167  
 Recocido y relevación de esfuerzos 175  
 Remoción de la obra falsa y limpieza 183  
 Requisitos de construcción 167  
 Requisitos de los materiales 165  
 Revestimientos galvanizados 167  
 Roldanas 178  
 Soldaduras 166  
 Tubería de acero 167

## ESTRUCTURAS DE CONCRETO 71

Acabado del concreto 90  
 Agujeros para drenaje y aliviadores 89  
 Alcantarillas y bóvedas 81  
 Alisado 92  
 Arcos 83  
 Áreas de soporte 88  
 Barandales de puentes 333  
 Carga sobre estructuras nuevas 95  
 Colocación de sobrecapas o recapeo de concreto de losas 83  
 Columnas 81  
 Concreto depositado bajo el agua 83  
 Concreto estructural 13  
 Curado del concreto 93  
 Definición 13  
 Descripción 13  
 Enrasado 91  
 Equipo de construcción 73  
 Formaleteado y obra falsa 75  
 Juntas 85  
 Limitaciones para fundiciones 79  
 Limpieza final 95  
 Losas de concreto en puentes de acero 83  
 Losas de puentes 82  
 Manejo y colocación del concreto. 76  
 Materiales para fabricación del concreto 73  
 Materiales para la fabricación del concreto 13  
 Medida 95  
 Nivelado 93

Pago 95  
 Pernos y dispositivos de anclaje 88  
 Pilas o estribos 81  
 Preparación de la cimentación 75  
 Protección del concreto 79  
 Recubrimientos protectores del concreto 95  
 Remoción de las formaletas y de la obra falsa 131  
 Requisitos de los materiales 73  
 Secuencia de colocación 81  
 Texturizado 93  
 Trabajos defectuosos 90  
 Tuberías y conductos embebidos 89  
 Vigas 82

## ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREESFORZADO 97

Acero de preesfuerzo 100  
 Acero de preesfuerzo y materiales complementarios 100  
 Acero de refuerzo 104  
 Almacenamiento, manejo y medición de los materiales 99  
 Anclajes y acopladores 102  
 Características de los torones y barras 100  
 Carga, mezclado, transporte y entrega del concreto 100  
 Clase 99  
 Colocación de los tendones 108  
 Colocación del refuerzo 107  
 Colocación y compactación 107  
 Colocación y tensado del acero 109  
 Concreto estructural 99  
 Control del postensado 110  
 Curado del concreto 107  
 Definiciones 99  
 Descripción 99  
 Ductos, anclajes y acopladores para postensado 101  
 Equipo de preesfuerzo 105  
 Formaleta y obra falsa 107  
 Fundición o colado 107  
 Fundición o colado del concreto 107  
 Inyección de la lechada 111

Lechada o mortero de cemento hidráulico 103	Guardarruedas 209
Lechada para tendones adheridos 103	Herrajes 202
Materiales para la fabricación del concreto 99	Inspección y certificación del tratamiento 203
Medida 113	Largueros 207
Medidas de seguridad 106	Limpieza 209
Mortero de polímero-arena 104	Maderas 201
Pago 113	Marcas 203
Planos de ejecución y dirección técnica 104	Materiales 201
Planta y equipo 100	Medida 209
Postensado del acero de preesfuerzo 110	Métodos de tratamiento de la madera 203
Precauciones a tomar durante la fundición 110	Montaje de las estructuras de madera 206
Protección permanente de los anclajes 112	Pago 209
Protección permanente de los tendones 111	Pernos, clavijas y espigas 202
Protección, transporte y almacenamiento 103	Pilotes de madera 137
Relevación de la tensión y cortado 109	Pintura 209
Remoción de la obra falsa y limpieza 113	Pisos 208
Sistemas de pretensado y postensado 104	Protección de cortes y agujeros en madera tratada 203
Tensado del acero de preesfuerzo 108	Protección de superficies en madera no tratada 203
Toma de muestras 102	Requisitos de construcción 204
Transporte, almacenamiento y montaje 112	Tijeras o armaduras 208
Estructuras de drenaje 257	Trabajo de taller 204
<b>ESTRUCTURAS DE MADERA 199</b>	Transporte, manejo y descarga de la madera 204
Aceptación 204	Tratamiento preservativo de la madera 202
Almacenamiento de la madera 204	
Arriostramiento de los caballetes 207	
Arriostramiento transversal entre largueros 207	
Caballetes armados 206	<b>ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO O BLOQUE 231</b>
Caballetes de pilotes 206	Agregado fino 233
Cabezales para caballetes 207	Agregado grueso 233
Clavos 202	Agregado liviano 233
Conectores para madera 202	Bloque de concreto 233
Cortafuegos 209	Cemento 233
Definición 201	Colocación de los ladrillos o bloques 236
Descripción 201	Curado 234
Drenajes 209	Definición 233
Entramados de madera 206	Descripción 233
Escarpías o alcayatas 202	Elaboración y colocación del mortero 236
Fabricación 204	Ladrillos o bloques de barro 233
Galvanizado y cadmiado de la ferretería 202	Materiales 233
	Medida 237
	Mortero 234
	Pago 237

- Pruebas 234  
 Requisitos de construcción 234  
 Resumen de normas 237  
 Tolerancias en dimensiones de bloques de concreto 234
- ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA 225**
- Definición 227
  - Descripción 227
  - Elaboración y colocación de mortero 228
  - Materiales 227
  - Medida 228
  - Mortero 227
  - Pago 228
  - Piedra 227
  - Preparación y colocación de la piedra 228
  - Requisitos de construcción 228
  - Resumen de normas 229
- Evaluación y aceptación del concreto 11, 33, 54
- F**
- Fertilizantes 395, 409
- FORMALETAS Y OBRA FALSA 121**
- Acero 126
  - Cargas de diseño 124
  - Cargas horizontales de diseño 125
  - Cargas verticales de diseño 124
  - Cimentación de la obra falsa 127
  - Construcción de la obra falsa 128
  - Definición 123
  - Descripción 123
  - Elementos prefabricados 126
  - Esfuerzos, cargas y deflexiones 125
  - Formaleta 123
  - Formaletas 128
  - Madera 125
  - Obra falsa 123
  - Obra falsa para estructuras de acero 128
- Obra falsa sobre o adyacente a carreteras y vías férreas 127  
 Planos 123  
 Presión líquida lateral 125  
 Remoción de las formaletas y de la obra falsa 131  
 Requisitos de construcción 123
- G**
- Galvanizado 17, 18, 19, 60, 64, 67, 69, 87, 88, 130, 150, 167, 170, 177, 184, 185, 209, 210, 242, 271, 272, 273, 276, 288, 299, 300, 333, 341, 344, 365, 366, 368, 371, 372
  - Geocélulas 427, 432, 434
  - Geocompuestos para subdrenaje 289
- H**
- Heno 396
  - Humo de sílice 18
- I**
- INDICADORES DEL DERECHO DE VÍA 335**
- Colocación 337
  - Concreto 337
  - Definición 337
  - Descripción 337
  - Fabricación 337
  - Materiales 337
  - Medida 337
  - Pago 337
  - Requisitos de construcción 337
  - Transporte, manejo y almacenamiento 337
- Investigación de resultados 11, 34
- J**
- Juntas 11, 19, 20, 21, 52, 64, 65, 68, 69, 73, 77, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 91, 93, 96, 108, 114, 123, 124, 129, 130, 132, 148, 161, 163, 168, 173, 177, 178, 182, 183, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 255, 263, 264, 273, 275, 308, 309, 313, 361, 380, 381, 385, 386, 415
- L**
- Ladrillos o bloques de barro 233, 236
  - Láminas 63, 193, 194, 195, 201, 272, 289, 365, 367, 371, 372

**LIMPIEZA, REACONDICIONAMIENTO O  
REMOCIÓN DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE  
EXISTENTES 319**

- Definición 321
- Descripción 321
- Reacondicionamiento de estructuras de drenaje 321
- Limpieza de estructuras de drenaje existentes 321
- Requisitos de construcción 321
- Medida 321
- Pago 321

**LÍNEAS, MARCAS Y MARCADORES  
DE TRÁFICO 353**

- Almacenaje 357
- Coeficiente mínimo de intensidad luminosa RI 358
- Color 356
- Definición 355
- Dureza 357
- Esferas de vidrio 355
- Líneas y marcas de tráfico 355
- Marcadores resaltados en el pavimento 360
- Marcadores resaltados en el pavimento, ojos de gato o vialetas 357
- Marcas de cintas plásticas preformadas 356
- Marcas de material epóxico 356
- Marcas de plástico preformadas 360
- Marcas pintadas 359
- Marcas termoplásticas 359
- Materiales 355
- Material termoplástico para las líneas 355
- Medida 361
- Pago 361
- Pigmentos 356
- Pintura 355
- Premarcado 355
- Reflexión directriz 356
- Requisitos de construcción 358
- Requisitos para los materiales 355
- Resistencia a la abrasión 357
- Resumen de normas 362
- Tiempo de secado 356
- Toxicidad 356

**M**

- Madera 5, 21, 61, 64, 76, 79, 91, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 135, 137, 138, 141, 142, 143, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 199, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213, 214, 219, 221, 223, 224, 244, 341, 342, 343, 344, 385, 386, 395, 396, 397, 398, 410, 411, 415, 423, 425, 430
- Mampostería 5, 21, 173, 182, 219, 227, 228, 233, 234, 237, 301, 303, 323, 326, 400
- Manejo y medición de los materiales 40
- Marcadores 7, 355, 357, 360, 361, 373
- Marcadores resaltados en el pavimento 360
- Martillo suizo de rebote 34
- Martinetes de aire 138
- Martinetes de gravedad 138
- Martinetes diesel 138
- Mastique asfáltico 271, 272, 274, 276
- Materiales 213
- Materiales para la fabricación del concreto 11, 13, 99

**MEDIDA**

- Aceras y medianas o arriate central pavimentados 383
- Acero de refuerzo 59
- Alcantarillas de material plástico 279
- Alcantarillas de metal corrugado 271
- Alcantarillas de concreto reforzado 259
- Barandales de puentes 333
- Barricadas de concreto 379
- Bordillos 313
- Cajas y cabezales para alcantarillas 303
- Capa de suelo vegetal 403
- Capa filtrante 317
- Cercas 341
- Concreto ciclópeo 119
- Concreto estructural 155
- Conectores de acero 189
- Control de erosión 395
- Cunetas y contracunetas revestidas 307
- Delineadores 351
- Disipadores de energía 325
- Dispositivo para soporte 193

Dispositivos para el control del tránsito 371  
 Dispositivos para el control temporal del tránsito 369  
 Drenajes horizontales 299  
 Esteras para el control de la erosión, tejido de primera torsión y sistemas celulares de confinamiento 427  
 Estructuras de acero 165  
 Estructuras de concreto 73  
 Estructuras de concreto preestablecido 97  
 Estructuras de madera 201  
 Estructuras de mampostería de ladrillo o bloque 233  
 Estructuras de mampostería de piedra 227  
 Formaletas y obra falsa 121  
 Indicadores del derecho de vía 337  
 Limpieza, reacondicionamiento o remoción de estructuras de drenaje existentes 319  
 Líneas, marcas y marcadores de tráfico 353  
 Monumentos indicadores de kilometraje 347  
 Pilotes fundidos en lugar 155  
 Pilotes hincados 133  
 Pintura 213  
 Plantas, árboles, arbustos y enredaderas 421  
 Productos enrollados para control de erosión 437  
 Recubrimientos protectores del concreto 253  
 Reparación de grietas en estructuras de concreto 245  
 Señales de tránsito 365  
 Siembra de césped con guías o tepes 413  
 Siembra de césped con semillas 407  
 Siembra de césped mediante vástagos 417  
 Sistemas de contención para carreteras 331  
 Subdrenaje 287  
 Tablestacado 223  
 Tubos para drenaje de estructuras 267

Membranas de curado 21, 79, 94, 107, 260

**MONUMENTOS INDICADORES DE KILOMETRAJE 345**

Colocación 347  
 Definición 347  
 Descripción 347

Fabricación 347  
 Materiales 347  
 Medida 347  
 Pago 347  
 Requisitos de construcción 347

## O

Obra falsa 5, 71, 75, 76, 83, 90, 95, 96, 97, 107, 113, 114, 121, 123, 124, 125, 127, 128, 131, 132, 163, 168, 181, 182, 183, 184, 185, 201, 210, 243

Ojos de gato 357, 360, 361, 362

## P

### PAGO DE

Aceras y medianas o arriate central pavimentados 383  
 Acero de refuerzo 57  
 Alcantarillas de material plástico 277  
 Alcantarillas de metal corrugado 271  
 Alcantarillas de concreto reforzado 259  
 Barandales de puentes 333  
 Barricadas de concreto 379  
 Bordillos 313  
 Capa de suelo vegetal 403  
 Capa filtrante 317  
 Cercas 341  
 Concreto ciclópeo 119  
 Concreto estructural 13  
 Conectores de acero 189  
 Control de erosión 395  
 Cunetas y contracunetas revestidas 307  
 Delineadores 351  
 Disipadores de energía 325  
 Dispositivo para soporte 193  
 Dispositivos para el control del tránsito 371  
 Drenajes horizontales 299  
 Esteras para el control de la erosión, tejido de primera torsión y sistemas celulares de confinamiento 427  
 Estructuras de acero 165  
 Estructuras de concreto 73  
 Estructuras de concreto preestablecido 97

- Estructuras de madera 201
  - Estructuras de mampostería de ladrillo o bloque 233
  - Estructuras de mampostería de piedra 227
  - Formaletas y obra falsa 121
  - Indicadores del derecho de vía 337
  - Limpieza, reacondicionamiento o remoción de estructuras de drenaje existentes 319
  - Líneas, marcas y marcadores de tráfico 353
  - Monumentos indicadores de kilometraje 347
  - Pilotes fundidos en lugar 155
  - Pilotes hincados 133
  - Pintura 213
  - Plantas, árboles, arbustos y enredaderas 421
  - Productos enrollados para control de erosión 437
  - Recubrimientos protectores del concreto 253
  - Reparación de grietas en estructuras de concreto 245
  - Señales de tránsito 365
  - Siembra de césped con guías o tepes 413
  - Siembra de césped con semillas 407
  - Siembra de césped
    - Mediante vástago 417
  - Sistemas de contención para carreteras 331
  - Subdrenaje 287
  - Tablestacado 223
  - Tubos para drenaje de estructuras. 267
  
  - Papel impermeable 20
  - Pasadores 60, 61, 83, 86, 129, 166, 167, 168, 174, 175, 176, 181, 182, 183, 184, 197, 205, 380, 381
  - Pasadores 60, 61, 83, 86, 129, 166, 167, 168, 174, 175, 176, 181, 182, 183, 184, 197, 205, 380, 381
  - Pernos de anclaje 20, 88, 166, 183, 184, 195, 196, 243, 244
  
**PILOTES FUNDIDOS EN EL LUGAR 154**
    - Acero de refuerzo 155
    - Bentonita 155
    - Concreto 160
    - Concreto bombeado 161
    - Concreto estructural 155
    - Definición 155  
**PILOTES HINCADOS 133**
    - Acero de refuerzo 136
    - Aditamentos para el hincado 142
    - Barras de refuerzo 136
    - Barras de refuerzo con revestimiento epóxico 136
    - Barras de sujeción 136
    - Capacidad del pilote hincado 144
    - Cascos de acero 136
    - Colocación del concreto dentro de los cascos o tuberías de acero 151
    - Corte de los pilotes 150
    - Definiciones 135
    - Descripción 135
    - Ecuación de onda 141
    - Empalmes 148
    - Entubados hincados con mandril 137
    - Equipo para el hincado 138
    - Extensiones para los pilotes de concreto 148
    - Fórmula de Gates 144
    - Fórmula dinámica 144
    - Gráficas de hincamiento 147
    - Pilotes de concreto reforzado y preesforzado 135
    - Longitud de los pilotes 143
    - Medida 151
    - Pago 152
    - Pernos de gancho 136
    - Pilotaje 135

Pilotes 135	Preparación de la superficie. 215
Pilotes a chorro 144	Protección del público, de la propiedad y de los trabajadores 214
Pilotes de acero 141	Protección del trabajo 215
Pilotes de acero de sección H 137	Requisitos de construcción 214
Pilotes de concreto preeforzado 141	Requisitos de los materiales 213
Pilotes de concreto reforzado y preeforzado 135	Sistemas de pintura 216
Pilotes de madera 137	Sistemas de revestimiento 219
Pilotes de prueba 143	Tinte de penetración 214
Pilotes no satisfactorios 151	
Pilotes preeforzados 148	Pistola de Windsor 34
Pilotes que emergen 148	
Pintura 138	<b>PLANTAS, ÁRBOLES, ARBUSTOS Y ENREDADERAS 421</b>
Preparación e hincado 145	Árboles deciduos 424
Preperforado 145	Árboles siempre verdes 424
Pruebas de carga 148	Arbustos deciduos y siempre verdes 424
Registro del hincamiento de pilotes 146	Calidad de las plantas 423
Requisitos de construcción 138	Cubierta retenedora de humedad 425
Requisitos de los materiales 135	Definición 423
Tuberías de acero 136	Descripción 423
Tuberías o cascos de acero rellenos con concreto 146	Estacas 425
Variaciones admisibles en las ubicaciones finales 147	Excavación de los agujeros para sembrar las plantas y del lecho 424
<b>PINTURA 211</b>	Fertilización 425
Agua 214	Inspección y entrega 423
Aplicación de la pintura 215	Materiales 423
Definición 213	Medida 425
Descripción 213	Nombre de las plantas 423
Esencias minerales (de petróleo) 214	Pago 425
Hierro y acero estructurales 216	Período de establecimiento de las plantas 425
Materiales 213	Poda 425
Medida 220	Protección y almacenamiento temporal 423
Pago 220	Requisitos de construcción 423
Pintura para estructuras de acero 214	Riego 425
Pintura para estructuras de concreto y de block 214	Siembra de las plantas 424
Pintura para estructuras de madera 214	
Pintura sobre superficies de concreto 219	Portones 343, 344
Pintura sobre superficies de madera 219	Postes 83, 130, 158, 203, 207, 242, 243, 331, 332, 333, 341, 342, 343, 344, 365, 366, 367, 368, 371, 372, 386, 396, 398
Pintura sobre superficies galvanizadas 219	

**PRODUCTOS ENROLLADOS PARA CONTROL DE EROSIÓN 435**

- Clasificación 437
- Costuras y traslapes 443
- Definición 437
- Descripción 437
- Equipo 442
- Especificaciones de productos enrollados para el control permanente de la erosión 441
- Mantos para el control de la erosión 442
- Mantos para el control permanente de la erosión y protección permanente de la vegetación, césped o grama 437
- Mantos para el control temporal de la erosión 437
- Materiales 438
- Medida 443
- Pago 444
- Procedimientos de instalación 442
- Productos enrollados para el control temporal de la erosión 440
- Red de control temporal del mantillo 437
- Requisitos de los materiales 438
- Requisitos para la construcción 442
- Resumen de normas 444
- Siembra, riego y mantenimiento 443
- Textiles de tejido abierto para el control temporal de la erosión 437
- Tipo 1A manto de control de erosión con red de tejido abierto 438
- Tipo 1B manto de control de erosión de degradación ultra rápida 438
- Tipo 1C manto de control de erosión de red simple de tejido abierto de degradación ultra rápida 438
- Tipo 1D manto de control de erosión de red doble 438
- Tipo 2A manto de control de erosión de corto plazo usado conjuntamente con una capa formada por fibras vegetales 438
- Tipo 2B manto de control de erosión de corto plazo 438
- Tipo 2C manto de control de erosión de corto plazo de red simple o de red de tejido abierto 438
- Tipo 2D manto de control de erosión de corto plazo de red doble 439
- Tipo 3A manto de control de erosión de plazo extendido con red de tejido abierto para el control de capa de fibras vegetales 439

Tipo 3B manto de control de erosión de plazo extendido de red simple o red de tejido abierto 439

Tipo 4 manto de control de erosión de largo plazo o red de tejido abierto 439

Tipo 5A, 5B, 5C, 5D, 5E , 5F 442

Propiedades de martinetes 140

Puzolanas 18, 30, 31, 36, 40, 42, 52, 125

**R**

**RECUBRIMIENTOS PROTECTORES DEL CONCRETO 251**

Aplicación de los recubrimientos protectores 254

Definición 253

Descripción 253

Fieltro impregnado con alquitrán 253

Fieltro impregnado con asfalto 253

Guía general para la selección y empleo de recubrimientos protectores del concreto 253

Manejo y almacenamiento de los materiales. 254

Materiales 253

Medida 255

Medidas de seguridad 255

Métodos de aplicación 254

Mortero de cemento hidráulico para protección de las membranas asfaltadas o alquitranaadas 253

Pago 255

Planchas de asfalto para protección de tableros de puentes 254

Preparación de las superficies de concreto 254

Recubrimientos de tejidos de algodón 253

Recubrimientos para reparación y protección de estructuras de concreto 254

Recubrimientos protectores 253

Requisitos de construcción 254

Resumen de normas 256

Tipos de sellador 253

Trabajo defectuoso 255

Reductores de contracción 18, 52

Relleno premoldeado de espuma de poliestireno expandido (Backer Rod) 19

Rellenos premoldeados para juntas de expansión 19

**REPARACIÓN DE GRIETAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO 245**

Adhesivos de resina epóxica 247  
 Control de tránsito 249  
 Definición 247  
 Descripción 247  
 Ensayo para determinar la proporción adecuada 248  
 Ensayo para la verificación de presiones 248  
 Lechada con polímero 247  
 Materiales 247  
 Medida 249  
 Obtención de testigos 248  
 Pago 249  
 Preparación de la grieta 247  
 Procedimientos de inyección 247  
 Registros 248  
 Requisitos de construcción 247  
 Requisitos de los materiales 247  
 Resumen de normas 249  
 Sellos 247, 249

Resistencia promedio requerida 23, 24, 25, 26, 27, 33  
 Retenedores de agua 20  
 Retenedores de caucho 20  
 Retenedores de plástico PVC 20  
 Rieles 92, 331, 333, 334, 372

**S**

Selladores de juntas y de grietas 19  
 Sellos elastoméricos 19  
 Sellos premoldeados elastoméricos de policloropreno para juntas en pavimentos de concreto 19  
 Sellos premoldeados elastoméricos de policloropreno para puentes de concreto 19

**SEÑALES DE TRÁNSITO 363**

Colocación 367  
 Descripción 365  
 Estructuras de metal 367  
 Láminas de material reflectivo 365  
 Materiales 365  
 Medida 368

Pago 368  
 Postes de metal 366  
 Requisitos de construcción 367  
 Resumen de normas 368  
 Tableros para señales 365

**SIEMBRA DE CÉSPED CON GUÍAS O TEPES 413**

Césped 415  
 Césped en guías 416  
 Césped en puntos específicos 416  
 Césped en tepes 415  
 Colocación del césped 415  
 Definición 415  
 Descripción 415  
 Estaquillas para el césped 415  
 Fertilizante 415  
 Inspección y entrega 415  
 Mantenimiento de las áreas sembradas con césped 416  
 Materiales 415  
 Medida 416  
 Pago 416  
 Piedra caliza o cal hidratada para uso agrícola 415  
 Preparación del suelo 415  
 Requisitos de construcción 415  
 Requisitos de los materiales 415

**SIEMBRA DE CÉSPED CON SEMILLAS 407**

Cobertura retenedora de humedad 409  
 Definición 409  
 Descripción 409  
 Estaciones para la siembra del césped 409  
 Fertilización 409  
 Fertilizantes 409  
 Materiales 409  
 Medida 411  
 Método en seco 410  
 Método hidráulico 410  
 Pago 411  
 Piedra caliza o cal hidratada para uso agrícola 409  
 Preparación del lecho o sustrato 409

Protección de las áreas sembradas	411	Pago	334
Requisitos de los materiales	409	Remoción y reinstalación de sistemas de contención	333
Requisitos para la construcción	409	Resumen de normas	334
Riego	409	Seguridad vial	333
Semillas	409	Terminales	333
Siembra de las semillas	410		
 <b>SIEMBRA DE CÉSPED MEDIANTE VÁSTAGOS</b> 417			
Cobertura retenedora de humedad	419	Soldadura	60, 163, 166, 180, 182, 186, 190, 244
Cosecha de los vástagos	419	Soportes de tetrafluoroetileno (TFE)	195
Definición	419	 <b>SUBDRENajes</b> 285	
Descripción	419	Agregado para subdrenaje con geotextil	288
Fertilizante	419	Agregado para subdrenaje sin geotextil	288
Mantenimiento de las áreas plantadas	420	Capa impermeable	289
Materiales	419	Colocación	292
Medida	420	Definición	287
Pago	420	Descripción	287
Piedra caliza o cal hidratada para uso agrícola	419	Drenaje francés	292
Plantación de los vástagos	419	Excavación	292
Preparación del suelo	419	Geocompuesto	287
Requisitos de los materiales	419	Geotextiles	289
Requisitos para la construcción	419	Materiales	287
Vástagos	419	Material granular para filtro	293
 <b>SISTEMAS DE CONTENCIÓN PARA CARRETERAS</b> 329			
Amortiguadores de impacto	333	Medida	294
Barandales de puentes	333	Pago	294
Barreras de cables	333	Perforaciones	290
Certificados	332	Requisitos de construcción	290
Clasificación de barreras certificadas	332	Resumen de normas	295
Defensa metálica	332	Salidas y sifones para subdrenaje	287
Definición	331	Tubería perforada	293
Descripción	331	Tubería perforada corrugada de polietileno	291
Indicadores de dirección sobre la banda metálica	334	Tubería perforada de cloruro de polivinilo (PVC)	290
Materiales	331	Tubería perforada de material plástico	287
Medida	334		
Ménsulas trapezoidales o capta faros verticales	333		
Muestras	333		
 <b>T</b>			
Tabla de conversiones 9			
 <b>TABLESTACADO</b> 221			
Definición	223		
Descripción	223		

- Hincamiento 223
- Materiales 223
- Medida 224
- Pago 224
- Recortes 224
- Requisitos de construcción 223
- Resumen de normas 224
- Tablestacado de concreto preestablecido 223
- Tablestacado de madera 223
- Tablestacado de metal 223
- Transporte, manejo y almacenamiento 223
  
- Tejido de primera torsión 7, 429, 432, 433, 434
- Tiras o rollos de polietileno blanco 20
- Toma de muestras 102
- Tratamiento preservativo de la madera 202
- Tremie 161
- Tuberías de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) 280
- Tubos de concreto reforzado 259, 264
  
**TUBOS PARA DRENAJE DE ESTRUCTURAS 265**

  - Colocación 267
  - Conductos de acero 267
  - Conductos de concreto no reforzado 267
  - Conductos de polietileno (HDPE) 267
  - Conductos rígidos de cloruro de polivinilo (PVC) 267
  - Definición 267
  - Descripción 267
  - Materiales 267
  - Medida 267
  - Pago 267
  - Requisitos de construcción 267
  - Resumen de normas 268
  - Tubos y accesorios 267

## V

- Vástagos de grama 420, 443



Ministerio de  
**Comunicaciones,  
Infraestructura y  
Vivienda**



ISBN: 978-9929-8322-1-3

9 789929 832213

© Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda  
Guatemala, enero 2025