



La movilidad
es de todos

Mintransporte

CAPÍTULO 5

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022



UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

5

Pavimentos de concreto

Pavimento de concreto hidráulico

Artículo 500 – 22

500.1 Descripción

Este artículo se refiere a la construcción de una capa de rodadura de concreto hidráulico, incluyendo la producción de materiales, el diseño, la elaboración y el transporte de la mezcla de concreto, procedimientos de acabado superficial, protección y curado del concreto, corte y sellado de juntas, apertura al tránsito y otras actividades necesarias para la correcta construcción de una capa de rodadura de concreto, con sus respectivos procedimientos de control de materiales, construcción y pavimento terminado. La capa de rodadura en concreto hidráulico se debe construir de acuerdo con los alineamientos, las cotas, las secciones, los espesores y demás parámetros indicados en su diseño y en los documentos del proyecto.

500.1.1 Tipos de pavimento de concreto hidráulico

Los procedimientos establecidos en este artículo son aplicables a los siguientes tipos de pavimentos de concreto hidráulico, de conformidad con las definiciones establecidas en el numeral 500.9.

- Pavimento de concreto convencional con juntas.

- Pavimento con juntas y losas reforzadas. Sobrelosas sobre pavimento de concreto, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento de concreto, no adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento asfáltico, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento asfáltico, no adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento compuesto, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento compuesto, no adheridas.
- Pavimento continuamente reforzado (con limitaciones).

500.1.2 Restricciones

Por tratarse de modalidades de pavimentos de concreto hidráulico con diferencias sustanciales en su metodología de construcción, este artículo no es aplicable para los siguientes tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimentos de concreto estampados.
- Pavimentos de concreto ultradelgados.
- Pavimentos de concreto compactado con rodillo (CCR).
- Pavimentos de concreto prensado.
- Pavimentos de losas prefabricadas de concreto.
- Pavimentos de concreto postensados.

500.2 Materiales

500.2.1 Concreto

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

500.2.1.1 Cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.1 del artículo 630, Concreto estructural.

500.2.1.2 Adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.2 del artículo 630.

500.2.1.3 Agregados

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.3 del artículo 630.

500.2.1.3.1 Agregado fino

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.3.1 del artículo 630.

500.2.1.3.2 Agregado grueso

Se denomina agregado grueso a la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Dicho agregado debe estar compuesto de grava, grava triturada, roca triturada o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico, que cumpla lo especificado en el numeral 630.2.1.3 del artículo 630; sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. No se permite la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno. Debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla.

Su gradación se debe ajustar a alguna de las señaladas en la Tabla 500 — 1. Siempre que el tamaño máximo nominal sea mayor de veinticinco milímetros (25,0 mm) (1 pulgada), gradaciones AG-1 y AG-2, el agregado grueso se debe suministrar en las dos fracciones que indica la Tabla 500 — 1.

Tabla 500 — 1. Granulometrías para el agregado grueso en losas de concreto hidráulico

Tipo de gradación			Tamiz (mm / U.S. Standard)								
			63,0	50,0	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36
INVÍAS	ASTM C33		2 ½ Pulgadas	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	½ Pulgada	¾ Pulgada	Nro. 4	Nro. 8
			Pasa tamiz (%)								
AG-1	Fracción 1: 2 pulgadas a 1 pulgada	3	100	90 – 100	35 – 70	0 – 15	-	0 – 5	-	-	-
	Fracción 2: 1 pulgada a nro.4	57	-	-	100	95 – 100	-	25 – 60	-	0 – 10	0 – 5
AG-2	Fracción 1: 1 ½ pulgadas a ¾ pulgada	4	-	100	90 – 100	20 – 55	0 – 15	-	0 – 5	-	-
	Fracción 2: ¾ pulgada a nro. 4	67	-	-	-	100	90 – 100	-	20 – 55	0 – 10	0 – 5
AG-3	1 pulgada a nro. 4	57	-	-	100	95 – 100	-	25 – 60	-	0 – 10	0 – 5
AG-4	2 pulgadas a nro. 4	357	100	95 – 100	-	35 – 70	-	10 – 30	-	0 – 5	-
AG-5	1 ½ pulgadas a nro. 4	467	-	100	95 – 100	-	35 – 70	-	10 – 30	0 – 5	-
AG-6	1 pulgada a ½ pulgada	5	-	-	100	90 – 100	20 – 55	0 – 10	0 – 5	-	-
AG-7	1 pulgada a 3/8 pulgada	56	-	-	100	90 – 100	40 – 85	10 – 40	0 – 15	0 – 5	-
AG-8	¾ pulgada a 3/8 pulgada	6	-	-	-	100	90 – 100	20 – 55	0 – 15	0 – 5	-

El tamaño máximo nominal del agregado no debe superar un tercio (1/3) del espesor de diseño de la capa de rodadura. El agregado grueso debe cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla 500 — 2.

Siempre que se requiera la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la Tabla 500 — 2 para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deben ser

satisfactorios de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas se miden sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

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

En caso de no cumplir los requisitos propuestos por algunas de las metodologías de dosificación, se pueden realizar optimizaciones granulométricas con base en métodos

de empaquetamiento granular. El constructor debe revisar la propuesta con aprobación del interventor, mediante la elaboración de mezclas de prueba, con el fin de comprobar que las características proporcionadas en el diseño cumplan los requisitos del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido para el proyecto en particular.

Se pueden considerar otros métodos para la dosificación del concreto, además de los basados en el contenido de cemento, ya que estos no son los únicos usados. Además de esto, en caso de no cumplir los requisitos de esas metodologías, se acepta la optimización granulométrica, por medio de métodos de empaquetamiento granular. Sin embargo, estos deben ser verificados y aprobados, para garantizar la calidad requerida.

Tabla 500 — 2. Requisitos del agregado grueso para losas de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%):		
- 500 revoluciones	E-218	40
- 100 revoluciones		8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos:		
- Valor en seco, mínimo (kN)	E-224	90
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		75
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%):		
- Sulfato de sodio	E-220	12
- Sulfato de magnesio		18
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%).	E-221	0,5

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mínimo (%).	E-227	60
Índice de alargamiento, máximo (%).	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%).	E-230	25
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como SO ₄ ⁼ , máximo (%).	E-233	1,0

500.2.1.4 Agua

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.4 del artículo 630.

500.2.1.5 Aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.5 del artículo 630.

500.2.2 Aceros utilizados en losas de concreto hidráulico

En los documentos del proyecto se debe indicar el acero necesario para la construcción de la capa de rodadura, bien sea para los elementos de amarre o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas, cuando sea especificado. Las barras de acero, cuando estas se requieran según el proyecto, deben cumplir la NTC 161 (ASTM A615).

Si la losa de concreto tiene presencia de acero, se deben tomar todas las medidas necesarias para evitar la corrosión, tales como (i) limitar el contenido total de cloruros en la mezcla de concreto, según las tablas de tipo de exposición y requisitos dados en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630; (ii) en vez de acero (barras, mallas, fibras) utilizar otros

materiales que no sean afectados por los cloruros, entre otras medidas.

500.2.2.1 Sistemas de transferencia

Cuando sea especificado, en las juntas transversales que muestren los documentos del proyecto, se deben colocar pasadores como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes.

Cualquier sistema de transferencia de carga con dovelas utilizado en las losas de concreto debe tener la suficiente resistencia a la corrosión para soportar el ambiente en el que se utilice durante la vida útil prevista de la estructura del pavimento. Por esta razón, las barras de transferencia deben llevar una película de anticorrosivo (base del tipo epoxi-zinc o equivalente avalada por el interventor) en la totalidad de la dovela, de acuerdo con la especificación AASHTO M 254. No es necesario cubrir los extremos de los tacos. Las barras deben tener las siguientes características:

- Acero redondo y liso.
- Con límite de fluencia (*f_y*) mínimo de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa).
- Ambos extremos de los pasadores deben ser lisos y estar libres de rebabas cortantes, o de cualquier imperfección o deformación

que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto.

Existen aplicaciones especiales de barras de transferencia que requieren otros aditamentos, como por ejemplo las juntas de expansión o aislamiento con transferencia de carga, los cuales requieren la utilización de elementos especiales como cápsulas en sus extremos u otros accesorios.

Se pueden utilizar, además, otros sistemas para la transferencia de carga como las dovelas diamantadas, compuestos de Fibras de Refuerzo con Polímeros (FRP) u otro sistema que cumpla el diseño del proyecto, y con el manual técnico de su proveedor certificado para su instalación. En cualquier caso, el sistema de transferencia seleccionado debe ser verificado antes de su instalación y aprobado por el interventor.

Cuando se escojan las barras de acero como sistema de transferencia de carga, el constructor debe proporcionar todas las memorias de cálculo donde se contemplen diámetro, longitud, resistencia, separación entre estas, empotramiento mínimo en cada losa y la separación entre la primera barra y la junta longitudinal adyacente.

500.2.2.1.1 Ubicación de las barras de transferencia

Los elementos de las juntas de las losas de concreto hidráulico se deben colocar, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Los pasadores se colocan paralelos entre sí y al eje de la calzada, en la ubicación que se tenga prevista para la junta transversal, de

acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto. Se debe dejar una referencia precisa que defina dicha posición a la hora de completar la junta.

Durante la colocación del concreto, se debe asegurar y verificar que la máxima desviación, tanto en planta como en elevación, de la posición del eje de un pasador respecto de la teórica no sea superior de diez milímetros (10 mm), de igual manera, la desviación angular respecto a la dirección teórica del eje de cada pasador, medida por la posición de sus extremos, no debe ser mayor de diez milímetros (10 mm) si se insertan por vibración o si se colocan previamente al mismo.

Salvo que los pasadores se introduzcan por vibración en las losas mediante máquinas adecuadas para ello, se deben disponer, con anterioridad al vertido del concreto, sobre canastas de varillas metálicas suficientemente estables y con uniones soldadas que se fijen a la base de un modo firme. El desplazamiento del extremo del pasador no debe ser superior a cero como cinco por ciento (0,5 %) de su longitud.

500.2.2.1.2 Alineación de las barras de transferencia

Antes de la colocación del concreto, las barras de transferencia deben estar alineadas entre sí y deben ser paralelas a la junta longitudinal. Una vez endurecido el concreto, la alineación de estas se debe verificar, mediante ensayos no destructivos tales como escáneres o radares.

Si se advierten desviaciones superiores a las consideradas aceptables anteriormente mencionadas, el constructor debe realizar, a sus

expensas, los trabajos de corrección de las varillas desviadas, por medio de la implementación de un diseño de reparación para lograr lo que se establece en los documentos del proyecto. Se debe demostrar que cada barra cumpla las tolerancias anteriormente dichas, y su aceptación debe ser aprobada por el interventor.

500.2.2.1.3 Condiciones de colocación

500.2.2.1.3.1 Colocación de antiadherentes

Para prevenir la adherencia de las barras de transferencia con el concreto y permitir su libre movimiento, estas deben estar ligeramente lubricadas con un antiadherente aprobado por el interventor en la totalidad de su longitud inmediatamente antes de su instalación y previa aprobación del interventor. Así mismo, se debe garantizar que no haya exceso de material antiadherente que pueda generar vacíos alrededor de la dovela, comprometiendo la eficiente transferencia de la carga. No se permite solo el engrase de la mitad o un porcentaje de la barra.

500.2.2.1.3.2 Sistemas automáticos y manuales de colocación de barras de amarre

Se pueden emplear insertadores automáticos de barras pasajuntas (DBI), los cuales van incorporados a la pavimentadora, y se encargan de alimentar, depositar e insertar las barras de transferencia de carga en las juntas transversales. Estos deben ser programados para que la ubicación de las barras pasajuntas concuerden con las establecidas en los documentos del proyecto. O se pueden colocar manualmente, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, cumpliendo

las ubicaciones y las cotas establecidas en los documentos del proyecto.

500.2.2.2 Barras de amarre

En las juntas que muestren los documentos del proyecto y/o en los sitios en que indique el interventor, se deben colocar barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas.

En general, las barras de amarre no deben ser dobladas y enderezadas. Sin embargo, si por razones constructivas es absolutamente indispensable doblarlas y enderezarlas con expresa autorización del interventor, se debe utilizar un acero con límite de fluencia (f_y) de doscientos ochenta megapascales (280 MPa). En este caso, el constructor debe rediseñar el sistema de barras de amarre para acomodarlo a la nueva resistencia y ductilidad, rediseño que debe ser verificado y aprobado por el interventor.

500.2.2.2.1 Características de las barras de amarre

Las barras deben ser corrugadas, con límite de fluencia (f_y) de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa).

500.2.2.2.2 Ubicación de las barras de amarre

Cuando el proyecto contemple la colocación de barras de amarre, estas se deben instalar en forma perpendicular a la junta longitudinal, con la separación mostrada en los documentos del proyecto. Deben quedar aproximadamente a la mitad del espesor de la losa y en forma paralela a la superficie del pavimento, con una mitad a cada lado de la junta.

500.2.2.2.3 Sistemas de colocación de barras de amarre

500.2.2.2.3.1 Manual

Cuando la pavimentación se realice entre formaletas fijas, las varillas se insertan manualmente dentro de estas, de manera que una mitad de ellas penetre dentro de la franja de concreto recién colocada.

Si la obra se realiza con pavimentadora de formaleta deslizante, las varillas se introducen manualmente en la mitad del espesor de las losas en estado fresco, a las separaciones previstas en los documentos del proyecto.

Si las barras de amarre se colocan en losas endurecidas, se deben efectuar barrenos horizontales a la mitad del espesor de las losas y con una profundidad igual a la mitad de la longitud de las varillas, las cuales se insertan manualmente y se anclan con la resina polimérica mencionada en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

500.2.2.2.3.2 Canastas

Las canastas usadas para los pasadores deben cumplir lo establecido en el ACI 302, en cuanto a material, dimensiones, ubicación y engrase, todo lo cual debe ser aprobado por el interventor.

500.2.2.3 Refuerzo de las losas

Los documentos del proyecto pueden requerir la colocación de una o dos parrillas de refuerzo en todas o algunas de las losas del proyecto, bien sea como parte integral del diseño o como sistema para controlar la

aparición o el ensanche de grietas. Como guía general, se requiere la colocación de, al menos, una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (paralela al sentido del tránsito) superior a cinco coma cinco (5,5) veces el radio relativo de rigidez (relación entre la rigidez de la losa y la rigidez del soporte).
- Losas con relación largo/ancho mayor que uno coma veinticinco (1,25).
- Losas de forma irregular (diferente de la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes.
- Losas en los aproches con los puentes.

El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (f_y) de cuatrocientos veinte megapascals (420 MPa). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deben quedar claramente definidos en los documentos del proyecto.

Para el refuerzo secundario se puede calcular la dosificación de macro fibras sintéticas estructurales, que cumplan la norma ASTM C1116, para el tipo III (*Syntetic Fiber-Reinforced Concrete o Shotcrete*), las cuales proveen el mismo nivel de resistencia posagrietamiento residual que un acero de refuerzo. Para contracción, los esfuerzos de tensión de acero (f_{st}), deben ser calculados. Empleando factores de conversión se debe llevar este esfuerzo a flexión. Si el diseño ha sido desarrollado y el acero de refuerzo es conocido, el área de

acero (As) puede ser usada directamente para calcular los esfuerzos de tensión en el acero. Para esfuerzos por temperatura, el esfuerzo de flexión puede ser calculado basado en el espesor y el gradiente de temperatura, así como las propiedades del concreto. Se requieren datos del ensayo bajo la norma ASTM C1609, para determinar la dosis requerida de fibra sintética estructural que pueda proveer la misma capacidad de momento posagrietamiento que el original acero de refuerzo. Se debe presentar el diseño y para su implementación, el interventor debe aprobarlo.

500.2.2.3.1 Condiciones del refuerzo de las losas de concreto

En las losas de concreto de tipo armado con juntas, las armaduras, se deben disponer en los sitios y con la forma establecidos en los documentos del proyecto, sujetándolas, de ser preciso, para impedir cualquier movimiento durante la colocación del concreto. Se prohíbe cualquier tipo de carga externa sobre las mallas, y se deben encontrar libres de suciedad, óxido no adherente, aceite, grasa y otros materiales que pueden afectar la adherencia del acero con el concreto. Se pueden usar fibras de acero como mecanismo de refuerzo. Esto se debe especificar en el diseño y se debe cumplir con la norma ASTM A820.

Si la unión de las varillas no se hace mediante soldadura a tope, las varillas longitudinales se deben traslapar en dos (2) mallas y las transversales en una (1). Al lado de cada junta, las armaduras se interrumpen a cien milímetros (100 mm) de ella.

Es indispensable que la armadura se coloque paralela a la superficie del pavimento, por lo

que las secciones de malla no se deben suministrar en rollos.

Las varillas transversales van encima de las longitudinales y el recubrimiento de estas, cuando se trate de la armadura superior, se debe encontrar entre sesenta y ochenta milímetros (60 mm – 80 mm).

500.2.3 Productos para el curado del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.2.3 del artículo 630.

500.2.4 Materiales de separación

En caso de que los documentos del proyecto lo dispongan, se emplean elementos de separación entre las losas y su capa de apoyo, cuya función es evitar la adherencia entre el concreto de las losas y el material de base o evitar el reflejo de fisuras de la base en las losas de concreto, o barreras de vapor para impedir la migración de vapor de agua o fluidos que puedan ser perjudiciales al concreto o al acero.

La implementación de estos elementos de separación es recomendable cuando las losas de concreto se apoyan sobre bases de concreto sin juntas o con juntas que no coincidan con las de las losas del pavimento.

Los materiales pueden ser:

- Plásticos
- Membranas
- Antiadherentes
- Emulsiones

- Mezclas asfálticas
- Papel
- Barreras de vapor
- Cualquier otro material que cumpla la finalidad de separar la losa de concreto de la superficie de apoyo

Sea cual sea el material escogido, este debe ser aprobado por el interventor.

500.2.5 Productos para juntas

500.2.5.1 Material de sello

El material de sello puede ser: sellos asfálticos aplicados en caliente, elastómeros (siliconas, poliuretanos o material equivalente), o sellos preformados. En los documentos del proyecto se debe especificar el tipo de material de sello por emplear en las juntas de las losas. Este debe cumplir con las especificaciones de la Tabla 500 — 3.

Tabla 500 — 3. Especificaciones para el material de sello de juntas en losas de concreto hidráulico

Tipo de sello	Especificación
Sellos elastoméricos	ASTM D5893 Tabla 500 — 4 para sellos de poliuretano EN 14188-2
Sellos asfálticos aplicados en caliente	ASTM D6690
Sellos preformados	ASTM D3575

Los sellos de poliuretano para juntas deben cumplir los requisitos establecidos en la EN 14188-2, o los requisitos de desempeño según la Tabla 500 — 4, y su cumplimiento debe ser verificado por el interventor.

Tabla 500 — 4. Requisitos para sellos de poliuretano

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito para sellos de poliuretano estándar (Nota 1)	Requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de 28 días de curado (Nota 2)
Contenido de sólidos (%)	-	mín. 98	mín. 98
Gravedad específica	-	mín. 1,30	mín. 1,30
Dureza (Escala durómetro A)	ASTM C661	40 ± 5	40 ± 5
Formación de piel <i>Skin Time</i> (horas)	ASTM C679	máx. 2	máx. 2
Adherencia al concreto (kN/m)	ASTM C794	mín. 5,4	mín. 5,4
Adherencia al concreto luego de inmersión (kN/m)	ASTM C794	N/A	mín. 4,9

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito para sellos de poliuretano estándar (Nota 1)	Requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de 28 días de curado (Nota 2)
Adherencia al concreto húmedo o verde (kN/m)	ASTM C794	N/A	> 2,6
Envejecimiento acelerado	ASTM C793	Pasa	Pasa
Resistencia a la tensión (kPa)	ASTM D412	mín. 1 720	mín. 1 720
Elongación (%)	ASTM D412	min 600	min 600
Inclinación permitida de aplicación (%)	-	máx. 5	máx. 5
Resistencia al rasgado (kPa)	ASTM D412	mín. 240	mín. 240
Capacidad de movimiento (%). (Nota 3)	ASTM C719	mín. ± 35	mín. ± 35

Nota 1: se deben cumplir estos requisitos cuando el concreto tenga una edad igual o mayor a veintiocho días (28 d) y se encuentre seco.

Nota 2: se deben cumplir estos requisitos cuando el concreto tenga una edad menor a veintiocho días (28 d) o se encuentre húmedo, pero suficientemente seco.

Nota 3: de acuerdo con los requerimientos del proyecto y con base en las directrices del diseñador del pavimento.

Los sellos preformados deben cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 500 — 5.

Tabla 500 — 5. Requisitos para sellos preformados

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Elongación a rotura (%)	ASTM D3575 Sufijo T	mín. 357
Resistencia a la tensión (kPa)	ASTM D3575 Sufijo T	mín. 372
Compresión Set (%)	ASTM D3575 Sufijo B 50 %, ½ hora	mín. 40
Compresión Set (%)	ASTM D3575 Sufijo B 50 %, 24 horas	mín. 13
Resistencia al desgarro (N/mm)	ASTM D3575 Sufijo G	mín. 2,2
Densidad (kg/m³)	ASTM D3575 Sufijo W	32
Absorción de agua, siete días (7 d)	DIN 53428	1 % en volumen máximo
Dureza Shore	ASTM D2240	00 – 48

500.2.5.2 Tirilla o cordón de respaldo

La tirilla de respaldo sirve de soporte para la colocación del material sellado y debe cumplir las siguientes características:

- El cordón de respaldo debe quedar comprimido en la cavidad en el sitio especificado en el diseño.
- Con el fin de mantener el factor de forma del elastómero y evitar su ingreso a la parte inferior de la cavidad, el diámetro del cordón debe ser superior por lo menos en un veinticinco por ciento (25 %) al ancho de la cavidad de sellado.
- El cordón de respaldo debe ser de un material que no se adhiera a las paredes de la cavidad de la junta y que durante la aplicación no se degrade con las temperaturas del material sellante. Este material del cordón debe cumplir la especificación ASTM D5249.

500.2.5.3 Material preformado para juntas de expansión

El material de relleno para juntas de expansión debe ser suministrado en piezas de la altura y el largo requeridos para la junta. Previa autorización del interventor, se pueden utilizar ocasionalmente dos piezas para completar el largo (nunca la altura), caso en el cual los dos extremos que se juntan deben quedar adecuadamente asegurados, para garantizar la conservación de la forma requerida, sin moverse. Los materiales por emplear deben cumplir alguna de las especificaciones ASTM D994 y ASTM D3575, junto con los requerimientos definidos en la Tabla 500 – 6.

Se permite el uso de materiales y nuevas tecnologías avaladas por la ASSHTO tales como espumas de poliuretano de alta densidad, para el sello para juntas de expansión que tengan certificaciones de departamentos de transporte de los Estados Unidos y que cumplan con:

Tabla 500 – 6. Requisitos para espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito
Elongación a rotura (%)	D3574	mín. 150
Resistencia a la tensión (MPa)	D3574	mín. 0,124 (18 psi)
Capacidad térmica de movimiento a quinientos (500) ciclos (%)	E1399	+ 60 y - 60

500.2.6 Resina polimérica y material para reparación parcial de pavimentos

Rige lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

500.2.7 Requisitos de durabilidad y resistencia

El diseño de la mezcla debe cumplir todos los requisitos de durabilidad y resistencia. Para ello, se deben tomar como requisitos límites

los parámetros más conservadores entre los obtenidos por:

- Durabilidad
- Resistencia

500.2.7.1 Durabilidad

Rige lo establecido en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

500.2.7.2 Resistencia

Se debe proveer la resistencia del concreto solicitada en los documentos y las especificaciones del proyecto. Esta no debe ser menor de veintiocho megapascales (28 MPa), y debe cumplir los especificado en la Tabla 500 – 8.

500.3 Equipo

El constructor debe poner al servicio de los trabajos contratados todo el equipo necesario para manejar los materiales y las mezclas, y para ejecutar todas las partes de la capa de rodadura de concreto hidráulico, conforme se establece en el presente artículo.

Para definir el equipo de construcción de la capa de rodadura, el constructor debe tener en cuenta todos los aspectos relacionados con la logística de producción, transporte y colocación y las condiciones del proyecto, tales como el perfil de la vía y el espacio disponible. La selección del equipo más adecuado en términos de calidad y rendimiento debe considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Perfil especificado para la vía.
- Ancho de calzada.

- Ancho de vaciado.
- Espesor de las losas de concreto.
- Condiciones del entorno.
- Rendimiento requerido.

Todo el equipo debe ser situado en el lugar de los trabajos con anticipación suficiente al inicio de las operaciones de pavimentación, con el fin de que el interventor lo pueda revisar con todo detalle y aprobar su utilización.

En todos los casos, el equipo se debe ajustar a lo dispuesto en la legislación vigente en las materias ambiental, de seguridad, de salud y de transporte, y se debe cumplir además lo establecido en la NSR en lo relacionado con calidad, mezclado y colocación, y con la normativa NTC 3318/ASTM C94.

500.3.1 Equipo para la elaboración de agregados y la producción del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.3.1 y 630.3.2 del artículo 630.

500.3.2 Equipo para el transporte del concreto al sitio de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.3.3 del artículo 630.

500.3.3 Equipos para la colocación del concreto

La mezcla de concreto se debe extender y consolidar por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, al tiempo que se evita la segregación y la aparición de vacíos, se alcanza el espesor y la densidad adecuados, así como el

contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre formaletas fijas, con equipos de formaletas deslizantes o equipos láser.

características del proyecto, el tipo de concreto, las condiciones logísticas del tramo a colocar, etc. Estos sistemas de colocación deben ser aprobados por el interventor.

El constructor debe proponer los equipos de colocación del concreto adecuados para las diferentes situaciones, teniendo en cuenta las

En ningún caso se permite el extendido y la nivelación manual del concreto mediante el uso de regla, codal o boquillera.

Tabla 500 – 7. Equipos mínimos propuestos para la colocación del concreto

Tipo de tránsito	Equipos
NT1	<p>Formaleta fija: la formaleta fija debe ser de un material capaz de soportar el empuje del concreto y el peso del equipo usado durante las operaciones de pavimentación sin deformarse ni pandearse.</p> <p>Flota motorizada de magnesio o de aleación equivalente.</p> <p>Regla vibratoria tipo cercha.</p> <p>Rodillo extendedor sencillo. Se debe garantizar que el diámetro del rodillo sea proporcional al ancho del carril para evitar el pandeo (flecha o catenaria).</p> <p>Rodillo extendedor de tres tubos con o sin juego de vibradores.</p> <p>En el caso de no contar con juego de vibradores externos o adosados al equipo, se debe garantizar la cantidad suficiente de vibradores manuales externos para asegurar la adecuada vibración del tramo a pavimentar.</p>
NT2	<p>Formaleta fija: la formaleta fija debe ser de un material capaz de soportar el empuje del concreto y el peso del equipo usado durante las operaciones de pavimentación, sin deformarse ni pandearse.</p> <p>Cercha con rodillo transversal que circula sobre rieles.</p> <p>Rodillo extendedor de tres tubos con o sin juego de vibradores.</p> <p>En el caso de no contar con juego de vibradores externos o adosados al equipo, se debe garantizar la cantidad suficiente de vibradores manuales externos para asegurar la adecuada vibración del tramo a pavimentar.</p>
NT3	<p>Pavimentadora de formaleta o cimbra deslizante.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con o sin sistema de instalación de dovelas de transferencia de carga (<i>Dowel Bar Insert – DBI</i>), como alternativa a la instalación manual de canastillas de transferencia de carga. - Con o sin sistema de instalación de barras de amarre. - Con o sin sistema de frotado automático (<i>fratasado automático</i>). <p>Regla vibratoria o rodillo extendedor de tres tubos con o sin juegos de vibradores cuando la construcción deba ser complementada en áreas pequeñas.</p> <p>Cercha con rodillo transversal que circula sobre rieles (en tramos planos).</p> <p>Texturizador automático como alternativa al texturizador manual.</p> <p>Equipo de aplicación de membrana de curado automático como alternativa a los aspersores motorizados.</p>

Tipo de tránsito	Equipos
NT1, NT2 y NT3	<p>Kit de pavimentación (para NT1, NT2 y NT3):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enrasador o regla articulada de chequeo con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación. La sección mínima de este elemento es de diez centímetros (10 cm) por cinco centímetros (5 cm) (4 pulgadas por 2 pulgadas), longitud o ancho mínimo de tres metros (3 m). <i>Super flat pavers straightedges o bump cutter.</i> - Flotador o flota de magnesio o de material equivalente, longitud o ancho mínimo 3 m, con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación. - Tela o costal de microtexturizado de fique, yute o material equivalente. Debe ser de una sola pieza continua sin costuras intermedias para abarcar el ancho de pavimentación. Se debe pasar húmedo y limpiar periódicamente durante el proceso. - Cepillo o peine de macrotexturizado (con extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación). La separación de los dientes puede ser continua o discontinua y la aplicación del macrotexturizado puede ser transversal o longitudinal dependiendo de las especificaciones del diseñador. - Aspersores motorizados para la aplicación del retardante de evaporación. - Aspersores motorizados para la aplicación de la membrana de curado. - Cortadora manual o autopropulsada con disco diamantado y refrigeración por agua. - Hidrolavadora para garantizar que en término de 3 horas después de realizado el corte inicial, la masilla generada por el corte sea retirada de la caja de corte. - Soplador o compresor para la limpieza de la caja de corte, previo a la aplicación de la tirilla de respaldo o soporte del elastómero del sello. - Aplicador para garantizar la profundidad de la tirilla de respaldo del sello. - Aplicador del elastómero (poliuretano o silicona).

El constructor debe garantizar la calibración periódica de los equipos, de acuerdo con el plan de mantenimiento y la calibración de estos, fijado en el plan de calidad del proyecto. Las calibraciones deben ser realizadas por laboratorios de calibración que cuenten con la acreditación por parte del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para la unidad de medida por verificar, garantizando que las mediciones realizadas por la empresa sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Estos equipos deben ser probados y aprobados en el tramo de prueba especificado en el numeral 500.4.5.

500.4 Ejecución de los trabajos

500.4.1 Consideraciones constructivas con relación al diseño de la capa de rodadura

El alcance de los diseños de la capa de rodadura de concreto hidráulico debe incluir los siguientes elementos, los cuales también deben ser verificados por el constructor, y aprobados por el interventor para poder iniciar la construcción de las losas de concreto:

- Método de diseño utilizado
 - Memoria de diseño
 - Criterios utilizados
 - Variables
 - Cálculos

- Tolerancias de los elementos terminados
 - Espesores
 - Dimensiones de las losas de acuerdo con los documentos del proyecto
 - Dimensiones de las cavidades
 - Ubicación de elementos de transferencia y amarre
 - Otras tolerancias
- Espesores de las capas del pavimento
 - Espesores de las capas de base o de estructuras existentes
 - Espesores de las losas de concreto
- Sistema de transferencia
 - Tipo y características del sistema de transferencia
 - Barras (acero, barras de polímero reforzado con fibras, otros materiales)
 - Dovelas diamantadas
 - Platinas
 - Resistencia de los elementos de transferencia
 - Calidad de los extremos de corte de las barras
 - Sin rebabas
 - Corte liso
 - Dimensiones
 - Barras (diámetro de las barras, longitud de las barras, separación entre barras, separación entre junta y primera barra)
 - Dovelas y platinas (espesor, dimensiones, separación entre dovela o platina, separación entre junta y primera dovela, elementos necesarios para la colocación y funcionamiento)
 - Ubicación en las losas
 - Sistema de antiadherencia y consideraciones para el uso
 - Longitud de engrase de la barra
- Consideraciones para la colocación
 - Uso de canastas
 - Uso de sistemas automáticos de inserción
- Sistemas especiales de transferencia
 - Uso de cápsulas y soportes
- Sistema de amarre
 - Tipo y características del sistema de amarre
 - Barras (acero, poliméricas, fibras de vidrio u otro material)
 - Resistencia de los elementos de amarre
 - Dimensiones
 - Diámetro de las barras
 - Longitud de las barras
 - Separación entre barras
 - Separación entre junta y primera barra
 - Ubicación en las losas
 - Consideraciones para la colocación
 - Inserción manual
 - Uso de canastas
 - Uso de sistemas automáticos de inserción
- Producción del concreto
 - Resistencia a la flexión
 - Resistencia a la compresión
 - Consideraciones
 - Módulo de elasticidad
 - Peso unitario
 - Requisitos de durabilidad
 - Valor máximo de contracción del concreto
 - Relaciones agua/material cementante
 - Diseños de mezclas
 - Consideraciones para el uso de cada diseño de mezcla
 - Consideraciones especiales para ajustes del diseño de mezcla
 - Ensayos que se deben realizar al concreto
 - En estado fresco (asentamiento, temperatura, peso unitario)
 - En estado endurecido (resistencia a la flexión, resistencia a la compresión,

- durabilidad, variaciones dimensionales, contracción durante el fraguado, contracción por secado de la mezcla endurecida)
 - Rangos de temperatura aceptables y consideraciones en caso de temperaturas por fuera del rango
- Transporte del concreto
 - Tipos de transportes y consideraciones para la selección
 - Características de cada sistema de transporte
 - Limitaciones
- Descarga del concreto
 - Distancia máxima de caída libre del concreto
 - Consideraciones en caso de distancias mayores
- Colocación
 - Consideraciones para la colocación del concreto
 - Secuencia recomendada de colocación
 - Consideraciones para la selección del equipo de colocación
 - Asentamientos asociados a cada diseño de mezcla de acuerdo con el sistema de colocación
- Acabado superficial
 - Procedimientos establecidos para el acabado superficial
 - Chequeo superficial (condiciones para el chequeo, equipos a utilizar, tolerancias)
 - Flotado superficial (sentido y secuencia de flotado, momento de flotado)
 - Microtextura (material a utilizar, sentido de paso del equipo, momento del paso del equipo)
- Rebordeo de juntas longitudinales (consideraciones para el rebordeo)
- Macrotextura
 - Tipo de cepillado a utilizar (material de las cerdas, ancho de la cerda, profundidad de cepillado)
 - Momento del cepillado
- Protección y curado del concreto
 - Sistemas de protección
 - Cubiertas
 - Barreras
 - Sistemas de curado (riegos de agua, membranas de curado, materiales absorbentes, plásticos, retardantes de evaporación)
 - Tiempos y características de protección
 - Previa (cubiertas, barreras, cambios en diseños de mezclas)
 - Durante (retardantes de evaporación)
 - Después (curado de zonas en el retiro de formaletas)
- Tipos de juntas
 - Ubicación y detalle de las juntas de contracción
 - Ubicación y detalle de las juntas de expansión
 - Detalle de las juntas de construcción y situaciones en que se deben utilizar
- Modulación de las losas
 - Criterios utilizados para la modulación
 - Longitud máxima
 - Radio relativo de rigidez
 - Factor de esbeltez
 - Indicación de losas regulares e irregulares
 - Condiciones para el refuerzo de losas
 - Situaciones especiales
 - Planos con ubicación, detalles de la distribución y tipos de juntas

- Corte de juntas
 - Diseño de la sección de la cavidad
 - Ancho de cortes
 - Profundidades de corte
 - Plano con la secuencia de corte de juntas
- Sello de juntas
 - Materiales por utilizar
 - Factores de forma
- Apertura al tránsito
 - Criterios de apertura
 - Tipo de tránsito considerado para la apertura
 - Consideraciones
 - Tiempo
 - Resistencia del concreto
 - Elementos asociados a la estructura del pavimento

500.4.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos, en lo referente a la explotación y el procesamiento de materiales.

500.4.3 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determina las proporciones en que se deben combinar los diferentes materiales componentes como son: agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, de tal modo que se obtenga un concreto que cumpla con la resistencia, el asentamiento, la manejabilidad, la durabilidad y demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto y las presentes especificaciones.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe suministrar al interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, material cementante, adiciones suplementarias y complementarias, agua y aditivos, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el interventor realice las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales con base en el cumplimiento de los requisitos de la presente especificación, el constructor debe diseñar la mezcla mediante un método validado por alguna institución técnica nacional o internacional, y definir una fórmula de trabajo, la cual debe someter a consideración del interventor.

Dicha fórmula debe señalar:

- El tipo de material cementante.
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta.
- Las dosificaciones de agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos, se deben hacer en peso por volumen unitario de concreto (usualmente un metro cúbico (1 m³) de concreto, o fracción de este). La cantidad de agua y los aditivos líquidos se puede dar por peso o por volumen. Para todo efecto se deben seguir los lineamientos de la NTC 3318.
- Módulo de finura del agregado fino.
- El contenido de aire (si se ha especificado).

- La resistencia a compresión de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen en el concreto a usar. Se mide según la norma INV E-410/NTC 673.
- Módulo de rotura de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen para el concreto a usar. Se mide según la norma INV E-414/NTC 2871.
- La consistencia se debe medir mediante el asentamiento INV E-404 o NTC 396. Cuando se requiera, se puede medir según el ensayo de flujo libre, norma NTC 5222 (aplicable para mezclas de más de 230 mm). Se pueden utilizar medios electrónicos para medir la consistencia del concreto siempre que se realicen correlaciones con los ensayos INV E-404/NTC 396 o NTC 5222, la que sea aplicable, y debe ser aprobado por el interventor. El constructor debe determinar la consistencia de cada concreto, teniendo en cuenta las condiciones específicas del proyecto (sistema de colocación, condiciones ambientales, tipo de estructura, materiales componentes, entre otras) y este debe ser aprobado por el interventor.

La fórmula de trabajo se debe reconsiderar cada vez que varíe alguno de los parámetros anteriormente mencionados de los siguientes factores:

- El tipo o clase del material cementante.
- El tipo, absorción y tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0,2).
- La gradación del agregado combinado en una magnitud tal, que ella se salga de la tolerancia fijada.

- La naturaleza y la proporción de los aditivos.
- El método de colocación del concreto.
- La procedencia del agua.
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 500 – 10.

En caso de variar cualquier otro parámetro, el interventor puede exigir la modificación de la fórmula de trabajo para que esta se ajuste a la variación de los parámetros realizada.

El constructor debe considerar que el concreto sea dosificado y elaborado para asegurar su resistencia promedio suficientemente superior a la especificada en los documentos del proyecto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor especificado. Para esto se deben cumplir los lineamientos de calidad, mezclado y colocación de la NSR. Con este fin, el constructor debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la especificada en el diseño depende de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado, a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Al efectuar las mezclas de prueba en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deben ser elaboradas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402/NTC 1377 y ensayadas, según la norma de ensayo INV E-410/NTC 673 e INV E-414/NTC 2871. Se deben elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el concreto usado) en función de la relación agua/material cementante (a/mc) y del contenido de material cementante.

Estas curvas se deben basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen mezclas de prueba que den lugar a resistencias por encima y por debajo de la requerida. Cada punto debe representar el promedio de, por lo menos, dos (2) cilindros estandarizados de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de diámetro por treientos milímetros (300 mm) de altura o dos (2) vigas estandarizadas de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de ancho por ciento cincuenta milímetros (150 mm) de alto y quinientos milímetros (500 mm) de longitud, ensayados a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el concreto usado).

Los valores de la relación a/mc máxima y del contenido mínimo de material cementante admisibles por resistencia para el concreto a ser empleado en las losas de concreto, son los que permitan obtener una resistencia promedio por encima de la de diseño.

En todos los casos, la relación a/mc y el contenido de material cementante deben cumplir los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad correspondientes al concreto a usar definida en los documentos del proyecto. Cuando el diseño se realice por prescripción, este debe cumplir los requerimientos

establecidos en el artículo 630. Si se realiza por desempeño, tanto la relación a/mc como el contenido de material cementante no deben ser diferentes a los obtenidos en la mezcla de prueba, la cual debe cumplir los parámetros de diseño por desempeño.

El interventor debe aprobar el diseño de mezcla propuesto. Sin embargo, esto no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan con base en dicho diseño, ni exime al constructor de su responsabilidad de cumplir todos los requisitos de las especificaciones y de los documentos del proyecto. La aceptación de las obras para fines de pago depende de su correcta ejecución, de la obtención de la resistencia mínima especificada para el concreto, resistencia que debe ser comprobada con base en los ensayos realizados a las mezclas realmente incorporadas en tales obras, de los requisitos de durabilidad aplicables y demás parámetros definidos en el proyecto.

No se permite ningún cambio al diseño de la mezcla sin autorización del interventor.

En la Tabla 500 — 8 se presentan los requisitos mínimos que deben cumplir las mezclas de concreto para una capa de rodadura de concreto hidráulico.

Tabla 500 — 8. Criterios de diseño para la mezcla de concreto en pavimentos de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo	Valor sugerido
Módulo de rotura a veintiocho días (28 d), mínimo (MPa):		
- Tránsito NT1		3,8
- Tránsito NT2	INV E-414/NTC 2871	4,0
- Tránsito NT3		4,2
(Nota)		

Característica	Norma de ensayo	Valor sugerido
Asentamiento (mm):	INV E-404/NTC 396	0
- Formaleta deslizante		± 25
- Flota motorizada		± 25
- Regla vibratoria		0
- Rodillo vibratorio		0
- Cimbra de rodillo		± 25
- <i>Fast track</i>		

Nota: si el proyecto especifica el uso de concretos de fraguado rápido, los documentos deben definir la edad a la cual se debe alcanzar la resistencia de diseño.

Para cada dosificación ensayada, se controla el asentamiento bajo la norma INV E-404/NTC 396, el módulo de rotura bajo la norma INV E-414/NTC 2871 y resistencia a la compresión bajo la norma INV E-410/NTC 673 a las edades establecidas por el diseñador y, cuando se exija, el contenido de aire incluido bajo la norma INV E-406/NTC 1032.

Los ensayos de resistencia se deben llevar a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, elaborando series de seis (6) probetas por amasada. De cada serie se ensayan dos (2) probetas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados. Se considera como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor promedio obtenido a veintiocho días (28 d), o la edad de diseño definida para el concreto usado, supere la resistencia especificada con un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de la mezcla también sobrepase la especificada. Al efecto, el constructor debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia a la compresión de

la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño depende de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Es obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los veintiocho días (28 d), para la mezcla diseñada, según la norma de ensayo INV E-424/NTC 4025. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla debe ser diseñada para cumplir también con dicho requisito.

El constructor debe remitir al interventor el diseño completo de la mezcla, donde se muestren las proporciones y los resultados del módulo de rotura y resistencia a la compresión del concreto a siete días (7 d), veintiocho días (28 d) y los destinados como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), así como el módulo de elasticidad y la densidad del concreto endurecido, determinada según la norma de ensayo NTC 5653 (ASTM C642), igualmente la validación de los requisitos de durabilidad. El diseño debe agregar una copia de todos los resultados de

ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, donde se indique tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos. También, debe tener el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla. La producción industrial de la mezcla no puede comenzar hasta que el interventor apruebe el informe de diseño por escrito.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el desarrollo de la fórmula de trabajo de la mezcla, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.

- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

Durante el estudio de la fórmula de trabajo, se puede establecer una correlación entre la resistencia a la flexión (INV E-414/NTC 2871) y la resistencia a la compresión (norma INV E-410/NTC 673), con un mínimo de sesenta y cuatro (64) datos, con los materiales del proyecto, la cual debe ser verificada en el tramo de prueba. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión solo se pueden aceptar como herramienta de control si se ha establecido, a través de ensayos con los mismos ingredientes de la mezcla y para la misma edad, una correlación confiable entre ella y la resistencia a flexión ($R^2 \geq 0,90$).

500.4.4 Almacenamiento de materiales

Los agregados, el material cementante, las adiciones suplementarias, los aditivos y las adiciones complementarias se deben almacenar, de tal forma que se prevenga su deterioro o contaminación. Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado no se debe usar para la elaboración del concreto. Para prevenir esta situación, los materiales se deben almacenar de acuerdo con las siguientes indicaciones.

500.4.4.1 Almacenamiento de los agregados pétreos

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.1 del artículo 630.

500.4.4.2 Almacenamiento del material cementante y adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.2 del artículo 630.

500.4.4.3 Almacenamiento de aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.3 del artículo 630.

500.4.5 Tramo de prueba

Aceptados por el interventor la fórmula de trabajo y el informe con el diseño de la mezcla, se procede a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de colocación del concreto, procedimientos de protección y curado y espesor de las losas del pavimento que se van a utilizar en la obra.

500.4.5.1 Elementos que se deben probar

El tramo sirve para verificar las condiciones de elaboración de la mezcla y comprobar que la colocación es adecuada y que los medios de vibración disponibles son capaces de consolidar adecuadamente el concreto en todo el espesor de la capa de rodadura; que se cumplen las limitaciones sobre uniformidad y regularidad superficial establecidas por la presente especificación; que el proceso de curado y protección del concreto fresco es

adecuado y que las juntas se realizan correctamente.

El tramo de prueba sirve como patrón de verificación de los diferentes aspectos que se deben tener en cuenta y ser controlados en la construcción de las losas, tales como los siguientes:

- Calidad de la mezcla de concreto
- Sistemas de colocación del concreto
- Secuencia y calidad en la colocación del concreto
- Vibrado del concreto
- Tiempos entre actividades
- Chequeo superficial
- Flotado
- Texturizado
- Procedimientos de protección y curado
- Ventana de corte de juntas
- Corte de juntas
- Sistemas de sellado
- Tiempos de apertura al tránsito
- Procedimientos especiales o particulares de construcción

500.4.5.2 Extensión del tramo de prueba

La construcción del tramo de prueba debe ser mínimo de cien metros (100 m) de longitud en dos (2) carriles. Su obligatoriedad para cada uno de los niveles de tránsito (NT1, NT2 y NT3) debe ser establecida en los documentos del proyecto.

En el caso de que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, este se demuele por cuenta del constructor y se construyen cuantos tramos sean necesarios, introduciendo variaciones en los equipos, métodos

de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener una capa de rodadura con las condiciones exigidas. Logrado esto bajo la supervisión y posterior aprobación del interventor, se puede proceder a la construcción de la capa de rodadura contratada.

500.4.5.3 Calidad de la mezcla

Del trabajo satisfactorio se extraen dos (2) núcleos por zona, en cinco (5) zonas diferentes, para determinar en cada una la densidad del concreto endurecido (ASTM C642) y la resistencia a la compresión simple (INV E-410/NTC 673), para un total de cinco (5) muestras por ensayo. Estos diez (10) testigos se toman conforme lo indica la norma de ensayo INV E-418/NTC 3658, a los veintiséis días (26 d) de la puesta en obra, en sitios distantes entre sí no menos de siete metros (7 m) en sentido longitudinal y a no menos de quinientos milímetros (500 mm) de cualquier junta o borde.

La extracción de los testigos sirve, también, para observar la homogeneidad del concreto colocado, como verificación de los procesos de colocación y vibrado. La eventual presencia de hormigueros hace obligatoria la demolición de las losas afectadas y el replanteamiento completo de los procesos de colocación y vibrado del concreto.

Todos los orificios resultantes de la extracción de testigos del tramo de prueba aprobado, para determinar la resistencia y la densidad, deben ser rellenados, vibrados y curados por el constructor, a la mayor brevedad posible y sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), con un concreto de igual o mayor resistencia que el extraído.

500.4.5.3.1 Mezclas de concreto

Las mezclas de concreto por utilizar deben cumplir los requisitos descritos en el numeral 500.4.3 y las especificaciones dadas en el proyecto, y se deben producir de acuerdo con lo establecido en la NTC 3318.

500.4.5.3.2 Resistencia del concreto

La resistencia de la mezcla se evalúa en términos de su resistencia a la flexión, siguiendo los lineamientos de la NTC 2871/INV E-414. De manera excepcional, se puede evaluar la resistencia a la compresión según la NTC 673/INV E-410, siempre y cuando se haya construido una correlación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión para cada diseño de mezcla por utilizar. La correlación debe cumplir lo establecido en el numeral 500.4.5.3.2.1.

500.4.5.3.2.1 Correlaciones entre resistencias a flexión y compresión

La correlación se debe construir con al menos cuatro (4) diseños de mezcla diferentes, con mínimo dieciséis (16) datos por mezcla, con el objeto de cubrir un rango suficientemente amplio de valores de módulo de rotura y resistencia a la compresión. Los materiales con los que se construyan los diseños de mezclas para realizar la correlación deben ser los mismos a usar en la obra, además, el diseño de mezcla escogido debe ser alguno de los empleados en dicha correlación.

Las probetas cilíndricas deben ser elaboradas de acuerdo con la NTC 550/INV E-420 y ensayadas cumpliendo la NTC 673/INV E-410 y sus correspondientes muestras a flexión de vigas

elaboradas bajo la NTC 550/INV E-420 y ensayadas cumpliendo la NTC 2871/INV E-414. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión solo se pueden aceptar como herramienta de control si se ha establecido, a través de ensayos con los mismos ingredientes de la mezcla y para la misma edad, una correlación confiable entre ella y la resistencia a la flexión ($R^2 \geq 0,90$).

500.4.5.3.2.2 Contracción

En caso de que el proyecto así lo especifique, el diseño de mezcla se debe realizar para cumplir el valor de contracción especificado en el proyecto. Este ensayo se debe realizar aplicando la NTC 5640 (ASTM C157), y debe cumplir lo especificado en el proyecto a la edad definida.

500.4.6 Construcción de la capa de rodadura de concreto

500.4.6.1 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se debe extender hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente se deben corregir de acuerdo con lo establecido en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Cuando la superficie existente presente deficiencias en las cotas en relación con las definidas en los documentos del proyecto, la deficiencia se debe completar con material de

pavimento de concreto hidráulico. El volumen de concreto colocado para suplir estas deficiencias e imperfecciones no debe ser objeto de pago, si la capa de apoyo fue construida en desarrollo del mismo contrato.

Inmediatamente antes de colocar el concreto, se humedece la superficie de apoyo de la capa de rodadura para prevenir pérdidas rápidas en la humedad de la mezcla, sin que se alcance la saturación o se produzcan charcos en la superficie.

Se prohíbe circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y equipos indispensables para la ejecución de las losas de concreto hidráulico.

Los requisitos indicados en este numeral rigen, también, para el tramo de prueba al cual hace referencia el numeral precedente.

500.4.6.1.1 Requisitos para la superficie base

La superficie base sobre la cual se van a fundir las losas de concreto debe cumplir el artículo 330, Base granular, cuando se trate de bases granulares; el artículo 340, Base estabilizada con emulsión asfáltica, cuando se trate de bases estabilizadas con emulsión asfáltica o el artículo 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural, cuando la base es tratada con cemento. Se debe garantizar que se cumplen cada uno de los requisitos allí establecidos.

500.4.6.2 Elaboración de la mezcla

Rige lo establecido en el numeral 630.4.6 del artículo 630.

500.4.6.3 Transporte del concreto al sitio de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.4.7 del artículo 630.

500.4.6.4 Sistemas de colocación

Se deben tener en cuenta aspectos como perfil del pavimento, ancho de calzada, ancho de fundida, espesor de la capa de rodadura, condiciones de sitio de colocación y condiciones particulares del proyecto para escoger el sistema de colocación. Se puede hacer por medio de las bandas transportadoras con la incorporación de brazos giratorios, permitiendo una colocación bastante homogénea sobre toda la superficie. También pueden usarse camiones basculantes que depositan la mezcla en una sola pasada a lo ancho del pavimento delante de la pavimentadora.

500.4.6.4.1 Secuencia de colocación

La colocación debe empezar a lo largo del perímetro, en un extremo del área de trabajo, descargando cada amasada contra el concreto anteriormente colocado. No se permite verter el concreto en pilas separadas para luego nivelarlo y trabajarlo simultáneamente, ni tampoco se puede colocar el concreto en pilas grandes y moverlo horizontalmente a largas distancias para su posición final. Esto con el objetivo de evitar la segregación de la mezcla. La velocidad de colocación debe ser suficientemente rápida para que el concreto colocado previamente no haya fraguado cuando se coloque el siguiente amasado delante de esta, evitando así la generación de juntas frías en la estructura.

500.4.6.4.2 Tiempos máximos de colocación, vibrado y acabado

El concreto se debe colocar, vibrar y acabar antes de que transcurran noventa minutos (90 min) desde el momento de su mezclado, o lo que se defina en el tramo de prueba. Sin embargo, el interventor puede autorizar un aumento de este plazo, si ocurren condiciones favorables de humedad y temperatura, si se emplean camiones mezcladores o camiones provistos de agitadores o si se adoptan precauciones para retardar el fraguado del concreto.

500.4.6.5 Esquema de pavimentación

500.4.6.5.1 Colocación con el sistema de formaleta fijas

Cuando la puesta en obra se realice entre formaletas fijas, el concreto se distribuye uniformemente y, una vez extendido, se compacta por vibración y se enrasa con elementos adecuados, de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre de irregularidades, marcas y porosidades. Para este fin, se deben emplear reglas o rodillos vibratorios y, adicionalmente, vibradores de aguja, teniendo especial cuidado en la consolidación de los bordes de la losa.

En las capas de rodadura de tipo armado, el vaciado del concreto se debe hacer en dos (2) capas, vertiendo la segunda encima de la armadura, lo más rápido posible, antes de que comience el fraguado de la primera. El plazo para la puesta en obra de ambas capas no puede exceder de una hora (1 h), salvo que el interventor considere que se presentan condiciones favorables de humedad y temperatura.

500.4.6.5.1.1 Características de las formaletas

Cuando la obra se ejecute entre formaletas fijas, estas pueden constituir por sí mismas el camino de rodadura de las máquinas de construcción de las losas de concreto hidráulico, o tener un carril para atender esa función. Deben presentar rigidez y fijación a la superficie existente, para evitar deformaciones a la hora de la colocación del concreto.

Las caras interiores de las formaletas deben aparecer siempre limpias, sin restos de concreto u otras sustancias adheridas a ellas. Antes de verter el concreto, dichas caras se deben recubrir con un producto antiadherente, cuya composición y dosificación deben contar con la aprobación del interventor.

Se debe controlar que la altura libre de las formaletas corresponda, efectivamente, al espesor de diseño de las losas.

El alineamiento de las formaletas, tanto en planta como en perfil, debe ser correcto. No se pueden observar diferencias en la altura ni desviaciones en planta superiores a diez milímetros (10 mm), en relación con el alineamiento teórico. Además, en ningún punto se debe observar una flecha superior a tres milímetros (3 mm) bajo una regla de tres metros (3 m) puesta sobre el riel de las formaletas. Es conveniente revisar los niveles de las formaletas, por medio de mediciones topográficas después de colocadas para garantizar un buen perfil longitudinal del pavimento. Toda desviación en exceso se debe corregir inmediatamente.

Antes de colocar el concreto, debe estar disponible una longitud mínima colocada y

alineada de formaletas, garantizando avances significativos de fundida continua durante varias jornadas de trabajo.

Cuando la máquina utilice como formaleta un bordillo o una franja de pavimento rígido construido previamente, dicho elemento debe tener una edad de, por lo menos, tres días (3 d).

500.4.6.5.1.2 Equipos de colocación en formaleta fija

Para una correcta extensión y compactación del concreto se pueden usar reglas vibratorias, rodillos vibratorios, manualmente o por cualquier otro sistema; deben pasar sobre el material cuantas veces sea necesario para garantizar un correcto compactado y borrar cualquier imperfección apreciable. Se permite el uso de más de una unidad vibratoria siempre y cuando estas trabajen de manera sincronizada, y para facilitar la operación de compactación se pueden usar vibradores de inmersión con el objetivo de precompactar el concreto colocado en todo el ancho de la losa, teniendo especial cuidado en los bordes cerca de las formaletas.

500.4.6.5.1.2.1 Reglas vibratorias

Estas se desplazan a lo largo de la sección que se va a pavimentar, apoyándose sobre cada uno de los costados de las formaletas. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación.

500.4.6.5.1.2.2 Rodillos vibratorios

Está compuesto por uno o más rodillos lisos, los cuales giran en la dirección opuesta a su recorrido. Estos se apoyan a los extremos de

la formaleta desde donde se desplazan en sentido del tránsito, permitiendo una extensión, compactación y alisado eficiente del concreto. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación.

500.4.6.5.1.2.3 Método manual

Se pueden emplear mecanismos manuales para realizar la compactación. Una vez enrasado el concreto, este debe ser apisonado con una regla-pisón, la cual se extiende de manera longitudinal y transversal a lo largo de la losa cubriendo toda su superficie, apoyándose siempre sobre las formaletas. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación. Al finalizar la compactación, la superficie debe presentar la forma y los niveles indicados en los documentos del proyecto.

500.4.6.5.2 Colocación con el sistema de formaletas deslizantes

Cuando la puesta en obra del concreto se realice con pavimentadoras de formaletas deslizantes, la descarga y la extensión previa del concreto en todo el ancho de pavimentación se deben realizar de modo suficientemente uniforme, para no desequilibrar el avance de la pavimentadora. Esta precaución se debe extremar al pavimentar en pendientes.

Se debe cuidar que delante de la maestra enrasadora se mantenga, en todo momento, y en toda la anchura de pavimentación, un volumen suficiente de concreto fresco en forma de cordón, de unos diez centímetros (10 cm) de altura como máximo; delante de los fratases de acabado se debe mantener un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Este sistema debe contar con dos tipos de vibradores, internos para lograr una consolidación inicial, y externos, para una consolidación final mejorando el acabado. La velocidad escogida de vibrado depende del tamaño de las partículas, la gradación y el diseño de la mezcla, y debe ser tal que permita la eliminación de vacíos consolidando eficientemente la mezcla.

500.4.6.5.2.1 Sistemas de guía

500.4.6.5.2.1.1 Tendido de línea guía

Se debe establecer por medio de topografía la ubicación y las cotas de las barras de soporte de las líneas guías. Estas barras (peniques) deben estar marcadas con elementos de fácil reconocimiento, y clavadas lo suficientemente dentro de la base para garantizar la estabilidad de la línea guía.

El espaciamiento de los piquetes que sostienen el hilo guía no debe ser mayor de diez metros (10 m), distancia que se reduce a cinco metros (5 m) en curvas horizontales de radio menor de quinientos metros (500 m) y en curvas verticales. Los apoyos de hilo en los piquetes tienen la cota teórica y el hilo se debe tensar, de manera que la flecha entre dos piquetes consecutivos sea menor de un milímetro (1 mm). Estos hilos, pueden ser de nylon tejido, cuerda de poliestireno, alambre o cualquier otro material liviano y resistente a la tensión sometida, aprobado por el interventor. Una vez localizados los peniques, se debe proceder a la ubicación de los brazos que soportan las líneas guías. Deben ser metálicos y con la forma adecuada para no interrumpir el tránsito de los sensores de la pavimentadora sobre la línea guía. Deben contar con un

mecanismo que les permita ajustar la altura, la distancia respecto a los peniques, y a su vez, fijar la línea guía para evitar el desplazamiento de esta. Los hilos guías deben ser tensionados (distancias menores a doscientos metros (200 m)) antes de insertarlos sobre los brazos de soporte para garantizar un tensionamiento uniforme, y teniendo en cuenta las precauciones necesarias en caso del rompimiento de una de las líneas guías. Si esto ocurre, esta debe ser reemplazada por una nueva.

Donde se vacíe una franja de capa de rodadura junto a otra existente, se puede usar esta como guía de las máquinas. En este caso, debe haber alcanzado una edad mínima de tres días (3 d) y la superficie se debe proteger de la acción de las orugas interponiendo bandas de goma, chapas metálicas u otros materiales adecuados, a una distancia conveniente del borde. Si se observan daños estructurales o superficiales en los caminos de rodadura, se debe suspender el vaciado, y reanudarlos solamente cuando la franja vecina haya adquirido la resistencia necesaria o cuando se adopten las precauciones suficientes para que no se vuelvan a producir daños.

Los caminos de rodadura de las orugas se deben mantener limpios y, cuando correspondan a la capa de soporte de las losas, deben estar suficientemente compactados para permitir el paso de ellas sin deformaciones. En este último caso, no deben presentar irregularidades superiores a quince milímetros (15 mm), medidas con una regla de tres metros (3 m).

Independiente del sistema de colocación seleccionado (formaletas fijas o deslizantes), el interventor lo debe verificar y aprobar, junto con los mecanismos de vibración del concreto colocado.

500.4.6.6 Descarga del concreto

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo debe estar preparada, de acuerdo con lo descrito en el numeral 500.4.6.1. La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga es de un metro (1,0 m) para evitar segregación, y se debe procurar que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, con el fin de reducir al mínimo las posteriores manipulaciones.

Cuando el concreto se coloque contra un pavimento existente, la parte del equipo de colocación que repose sobre este debe estar equipada con cojines de protección en sus orugas o con llantas de caucho, que circulen a suficiente distancia del borde del pavimento, para evitar la rotura o el agrietamiento de este.

Donde la calzada tuviera dos (2) o más carriles en el mismo sentido de circulación, se vacían al menos dos (2) carriles al mismo tiempo, salvo que el interventor refiera otras indicaciones.

Se deben disponer pasarelas móviles, con el fin de facilitar la circulación del personal y evitar daños al concreto fresco. Los tajos de vaciado deben tener todos sus accesos bien señalizados y acondicionados para proteger el pavimento recién construido.

En los casos en que el interventor autorice la extensión y la compactación del concreto por medios manuales, se debe mantener siempre un volumen suficiente de mezcla delante de la regla vibratoria y se debe continuar compactando hasta que se haya conseguido la forma prevista y el mortero refluya ligeramente a la superficie.

En el caso de suspender la colocación del concreto por más de media hora (1/2 h), se debe proteger el frente del pavimento con telas de fique húmedas. Si el lapso de interrupción supera el plazo máximo admitido entre la mezcla y la terminación de la puesta en obra, se debe disponer una junta transversal de construcción, de acuerdo con lo que se indica en el numeral 500.4.6.13.

En vías de dos carriles, el concreto se debe colocar por carriles de ancho constante, separados por juntas longitudinales de construcción. En los casos en que se deba colocar un ancho inferior al de un carril, se debe compactar y enrasar mecánicamente, con la ayuda de los métodos manuales mínimos que resulten necesarios.

El constructor debe ajustar los métodos y los equipos de colocación y compactación siempre que se observe segregación o vacíos en el concreto colocado y compactado.

Si el interventor considera que la compactación es deficiente, se requiere la ejecución de ensayos de verificación de densidad. Estos ensayos de verificación consisten en la toma de núcleos del concreto terminado después de, al menos, cuarenta y ocho horas (48 h) de curado. La densidad se debe determinar en la condición saturada y seca superficialmente, según la norma de ensayo ASTM C642. Los ensayos se toman por lo menos uno (1) cada trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m³) de concreto.

La densidad promedio de los núcleos debe ser comparada con la definida en el tramo de prueba y no puede ser menor de noventa y siete por ciento (97 %); así mismo, ningún

núcleo debe tener una densidad menor de noventa y seis por ciento (96 %). Si estas condiciones no se cumplen, se considera que la vibración es inadecuada y se debe mejorar, de manera que los requisitos anteriormente establecidos se logren en las posteriores verificaciones.

500.4.6.7 Recubrimiento de refuerzo

En caso de contemplar refuerzo en alguna de las losas, el recubrimiento debe cumplir lo establecido en el diseño de la losa de concreto, pero en ningún caso deben estar por debajo de los mínimos establecidos en la NSR (requisitos de recubrimiento del refuerzo convencional y de tendones de preesfuerzo no adheridos). La tolerancia del recubrimiento debe estar, de igual manera, de acuerdo con la NSR.

500.4.6.8 Acabado superficial de la capa de rodadura construida

Después de extendido y compactado, el concreto debe ser sometido a un proceso de acabado superficial para lograr una superficie plana y ajustada a las cotas del proyecto, dentro de las tolerancias permitidas.

El acabado de las losas construidas con pavimentadoras de formaletas deslizantes debe ser efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual debe disponer de los elementos necesarios para ello.

Terminadas las operaciones de acabado recién descritas y mientras el concreto aún esté fresco, se deben redondear cuidadosamente los bordes de las losas con una llana especial de doce milímetros (12 mm) de radio.

Las juntas transversales de construcción y las de dilatación se redondean del mismo modo, pero con una llana de seis milímetros (6 mm) de radio.

500.4.6.8.1 Chequeo superficial

500.4.6.8.1.1 Sistemas de chequeo temprano superficial

Una vez terminada esta operación y mientras el concreto se encuentre en estado plástico, se comprueba el acabado superficial por medio manual, con una regla de tres metros (3 m) colocada paralela o perpendicularmente al eje de la calzada en cualquier sector de ella que no esté afectado por cambios de pendiente, o por medio de mecanismos de control láser, verificando que las irregularidades no excedan de cinco milímetros (5 mm). En el caso de que se presenten diferencias mayores, ellas se deben eliminar, ya sea agregando concreto fresco que se vibra y termina del mismo modo que el resto de la capa de rodadura, o bien eliminando los excesos con los bordes de la llana. Se prohíbe el riego de agua o la extensión de mortero sobre la superficie, para facilitar el acabado y corregir irregularidades de la capa de rodadura.

500.4.6.8.1.2 Flotado superficial

El acabado de las losas construidas entre formaletas fijas se puede realizar por medio de herramientas manuales, como un flotador o un enrasador. También, se pueden utilizar equipos de terminado que se deslicen sobre las formaletas fijas. La disposición y el movimiento del elemento enrasador deben ser los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil, sin superar las tolerancias establecidas.

500.4.6.8.1.3 Microtexturizado superficial

La microtextura se realiza mediante el uso de la tela especificada en la Tabla 500 – 7.

La tela de yute debe estar humedecida y se debe pasar después de que el concreto se haya flotado y/o allanado, y que haya exudado. Si después de haber pasado la tela, el concreto exuda nuevamente, esta se debe pasar nuevamente y aplicarse a lo largo del tramo (longitudinalmente).

La aplicación del retardador de fraguado se debe hacer antes de transcurridos quince minutos (15 min) desde la puesta en obra, extendiendo a continuación una membrana impermeable, que se mantiene hasta la eliminación del mortero. Esta operación se realiza antes de transcurridas veinticuatro horas (24 h), salvo que un fraguado insuficiente del concreto requiera alargar este periodo.

Se debe contar con soportes que permiten subir o bajar la tela cuando se requiera, y ganchos para un mejor agarre. Se debe tener especial cuidado en que la tela no esté ni muy húmeda que pueda generar burbujas, ni muy seca que haya el riesgo de levantar el concreto. Se debe procurar que el tejido sea continuo, para evitar la adición de retazos ya que esto marca de manera notoria el concreto.

Se puede hacer uso de otros materiales en reemplazo de la tela de yute, como cuero o pasto sintético, pero deben ser aprobados por el interventor.

500.4.6.8.1.4 Macrottexturizado superficial

Una vez culminadas las operaciones de acabado superficial y antes de que comience a

fraguar el concreto, se le debe dar a la capa de rodadura una textura transversal y longitudinal homogénea, según se establezca en el diseño, en forma de estriado, mediante la aplicación manual o mecánica del peine de dientes metálicos citado en la Tabla 500 — 7, en forma sensiblemente perpendicular y longitudinal, según corresponda, al eje de la calzada, y de tal forma que las estrías tengan la profundidad adecuada. Este sistema permite la rápida evacuación del agua de la superficie, reduciendo la ocurrencia de hidropneumático. Debe contar con una profundidad de entre tres milímetros (3 mm) y seis milímetros (6 mm), teniendo especial cuidado de que el agregado no se perturbe en exceso.

Su aplicación debe ser en el tiempo que el constructor crea conveniente, evitando una aplicación tardía ya que se tendría que ejercer una mayor presión o profundidad generando una superficie irregular.

500.4.6.9 Protección y curado del concreto

Durante el tiempo de fraguado, el concreto debe ser protegido contra el lavado por lluvia, contra la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja. El constructor tiene la responsabilidad de medir las temperaturas del concreto y del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento en el sitio de extensión del concreto. Cuando la combinación de estos factores indique que la velocidad de evaporación excede quinientos gramos por metro cuadrado por hora ($500 \text{ g/m}^2/\text{h}$), debe tomar precauciones adicionales para limitar las pérdidas de humedad o, de lo contrario, suspender las operaciones de pavimentación mientras la tasa de evaporación exceda el valor citado.

En épocas lluviosas, el interventor puede exigir al constructor colocar un toldo sobre las máquinas de puesta en obra o un tren de tejadillos bajos, de color claro, cerrados y móviles, que cubran una longitud de construcción igual, al menos, a cincuenta metros (50 m). Alternativamente, puede autorizar la colocación de materiales impermeables sobre el concreto fresco, hasta que adquiera la resistencia suficiente de modo que el acabado superficial no se afecte por la lluvia. Si el constructor no atiende esta sugerencia y las losas sufren deslavado por tal efecto, debe someter la superficie a ranurado transversal mecánico, a sus expensas, y hasta contar con la aprobación del interventor.

Durante un periodo que, en general no debe ser inferior a tres días (3 d) a partir de la colocación del concreto, está prohibido cualquier tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierras mecánicas. Este periodo puede ser reducido por el interventor, cuando en la construcción de la capa de rodadura se aplique la técnica conocida como *fast track*.

La selección del tipo de curado, así como el momento adecuado para su aplicación, dependen de las características específicas del proyecto, tales como las condiciones ambientales y el tipo de mezcla. Es responsabilidad del constructor proponer, para aprobación del interventor, el sistema de curado, así como implementar los cambios, tanto en estos sistemas como en los equipos, en caso de que los resultados dejen de ser satisfactorios en algún momento.

En el caso de los concretos tipo *fast track*, normalmente se requiere un sistema de curado

doble: primero la aplicación de productos químicos que forman una película curadora y, sobre esta, la instalación de membranas de polietileno o de papel.

El curado se debe hacer inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial.

El curado del concreto se debe realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de las losas, por un periodo no inferior a siete días (7 d) y, de ser posible, se debe prolongar hasta diez días (10 d). Sin embargo, el interventor puede modificar dicho plazo, a la vista de los resultados obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción de la capa de rodadura.

500.4.6.9.1 Sistemas de protección y curado

500.4.6.9.1.1 Materiales de protección y curado de concreto

500.4.6.9.1.1.1 Humedad

Cuando se opte por este sistema de curado, el cual no es aceptable en proyectos de nivel de tránsito tres (NT3), la superficie del pavimento se debe cubrir con telas de fique o algodón, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad aprobados por el interventor, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que el acabado superficial de la capa de rodadura no se vea perjudicado por la colocación de estos elementos.

Dichos materiales no pueden estar impregnados ni contaminados por sustancias perjudiciales al concreto o que puedan ensuciar o decolorar la superficie del pavimento.

Mientras llega el momento de colocar el producto protector, la superficie del pavimento se debe mantener húmeda, aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro. Los materiales utilizados en el curado deben permanecer saturados todo el tiempo que dure este.

500.4.6.9.1.1.2 Cubrimiento con compuestos curadores que forman membrana

Cuando el curado se realice con productos de este tipo, estos se deben aplicar inmediatamente hayan concluido las labores de colocación y de acabado del concreto y el agua libre de la superficie haya desaparecido completamente. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos o lluvias, el producto se debe aplicar antes de que se cumpla dicho plazo.

El producto de curado que se emplee debe cumplir la norma ASTM C309 y la dosificación de estos productos se debe hacer siguiendo las instrucciones consignadas en su respectiva ficha técnica suministrada por el fabricante. Su aplicación se debe llevar a cabo con un equipo que asegure su aspersion como un rocío fino, de forma continua y uniforme, en la cantidad autorizada por el interventor, la cual no puede ser inferior a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m²). El equipo aspersor debe estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y contar con un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

También se pueden usar selladores o sellantes regidos por la norma ASTM C1315, que al entrar en contacto con el concreto forman una

película que endurece y sella, y poseen propiedades especiales como resistencia a los álcalis y a los ácidos, cualidades adhesivas y resistencia a la degradación por la luz ultravioleta. Estos compuestos ayudan al curado, protegen la estructura de daños causados por la penetración de líquidos perjudiciales para el concreto, brindan mayor durabilidad y minimizan la generación de polvo. Algunos mejoran la apariencia del concreto.

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplica el producto de curado sobre sus paredes. También, se aplica sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el periodo de curado.

Cuando el concreto se haya colocado entre formaletas fijas, al retiro de estas se deben proteger los lados expuestos de las losas, con un tratamiento igual al aplicado sobre la superficie.

No se permite la utilización de productos que formen películas cuyo color sea negro.

500.4.6.9.1.1.3 Cubrimiento con membranas

Si se adopta este método de curado, las membranas se deben colocar cuando la superficie de concreto tenga la suficiente resistencia para que la capa de rodadura no se vea afectada en su acabado. Durante el intervalo transcurrido mientras esto sucede, se debe aplicar agua en forma de rocío para mantener la superficie húmeda.

Se pueden emplear materiales como mantas de algodón, yute, alfombras o espuma, los cuales se deben mantener mojados durante

todo el periodo de curado, ya que, si se dejan secar el proceso se invierte. Antes de ser retirados se deben dejar secar para que el concreto se vaya secando paulatinamente, para evitar posibles golpes de calor.

Se debe asegurar la permanencia de las membranas durante todo el periodo previsto de curado, traslapando las fajas al menos doscientos milímetros (200 mm) y asegurando con pesos los bordes y los traslapos, con el fin de impedir el levantamiento de las membranas por acción del viento.

No se permite la utilización de membranas de color negro.

500.4.6.9.1.1.4 Retardantes de evaporación

Estos materiales forman una película delgada que retardan la rápida pérdida de humedad de la superficie del concreto. Es recomendable en zonas con temperaturas elevadas, baja humedad relativa y fuertes vientos. Su utilización debe ser aprobada por el interventor.

Cualquier sistema de curado escogido debe ser aprobado por el interventor y hacerse por lo menos durante los primeros siete días (7 d).

500.4.6.9.1.1.5 Barreras contra viento y sol

Se recomienda el uso de barreras contra viento y sol para lograr un correcto curado cuando la tasa de evaporación es elevada.

500.4.6.10 Remoción de formaletas

Cuando la capa de rodadura se construya entre formaletas fijas, el desformateado se debe efectuar luego de transcurridas dieciséis

horas (16 h) a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el interventor puede aumentar o reducir el tiempo, en función del correspondiente al fraguado y la resistencia alcanzada por el concreto.

500.4.6.11 Modulación y corte de juntas de las losas de concreto

Antes de proceder al aserrado, se deben trazar sobre la capa de rodadura, de acuerdo con el diseño y la localización de los pasadores y las barras de amarre, los ejes topográficos para los cortes de las juntas, los cuales deben ser continuos.

El diseñador debe definir la secuencia de corte y prever las juntas de construcción. El constructor debe proponerlo de acuerdo con la longitud del pavimento, planeado desde el diseño de los tramos a vaciar, y con base en esto, proponer la secuencia de modulación. El diseño debe contemplar los tipos de cavidades de corte con su ancho y longitud, y deben ser tales que no generen la aparición de fisuras por tiempos tardíos o que se presenten pérdidas de agregados en la junta o daños en los bordes de la losa o de la junta. Sin embargo, una vez comenzado el corte, este se debe continuar hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos de corte se debe definir mediante estudios previos, en los cuales se establezca el momento óptimo de corte, de acuerdo con las condiciones ambientales.

Si a causa de un aserrado prematuro se astillan los bordes de las juntas, estos se deben reparar con un mortero de una resina polimérica apropiada o un mortero cementicio de alta especificación para el restablecimiento

de los bordes de las juntas, de las características indicadas en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

500.4.6.12 Juntas transversales y longitudinales de contracción

Es importante realizar los cortes cuando el concreto haya alcanzado la resistencia suficiente, ni mucho tiempo antes que provoque la generación de desportillamientos de las losas, ni muy tarde, de manera que deje que en el concreto se empiecen a formar patrones de agrietamiento. Primero se deben realizar los cortes transversales y luego los longitudinales, para evitar que la separación entre juntas transversales sea mayor entre la menor medida de cinco metros (5 m) o veinticuatro (24) veces el espesor. Estas deben ser continuas, y al igual que en las juntas longitudinales, se debe realizar un corte inicial con un ancho de tres milímetros (3 mm) y a una profundidad de al menos un tercio (1/3) del espesor de la losa de concreto, con el fin de inducir la falla controlada. Si el concreto está fibrorreforzado, la profundidad de corte puede llegar hasta antes de encontrarse con la dovola de transferencia.

Para la formación de juntas, se deben utilizar cortadoras con discos diamantados, operadas por mano de obra calificada para dicho trabajo.

500.4.6.13 Juntas transversales de construcción

Estas juntas son las empleadas cuando ocurren interrupciones ya previstas, como el final de un día de pavimentación, unión con puentes o accesos, o en ocasiones que se presenten imprevistos que requieran la suspensión del

trabajo por un tiempo considerable. Estas se construyen en las ubicaciones normales de las juntas, por lo tanto, deben contemplar las barras pasajuntas. Cuando es necesaria la construcción de juntas transversales de construcción en los dos primeros tercios de la separación normal diseñada para las juntas, se deben insertar barras de amarre, para evitar la posible generación de grietas a la losa adyacente. Para esto, se debe hacer uso de una formaleta cabecera, la cual tiene la función de confinar la estructura hasta dar continuidad a la obra, y deben tener una serie de orificios por los cuales se colocan las barras pasajuntas.

500.4.6.14 Juntas de aislamiento y de expansión

Estas juntas se ejecutan cuando se requiere un aislamiento total en cuanto a movimiento vertical y horizontal entre la capa de rodadura y otras estructuras, con el objetivo de evitar daños en el pavimento o la estructura adyacente.

500.4.6.14.1 Juntas de aislamiento

Estas juntas disminuyen los esfuerzos a compresión que se presentan en el pavimento y una estructura, o entre dos secciones del pavimento. Estas juntas se emplean también cuando existen estructuras como pozos o alcantarillas. La profundidad es completa, hasta la capa base del pavimento, y a todo lo largo del contacto entre estructuras. Estas juntas no deben tener ni barras de amarre ni barras pasajuntas, ya que no se requiere una transferencia de carga, y se debe permitir el movimiento horizontal y vertical entre estructuras. Se recomienda un ancho de juntas

de entre doce coma cinco y veinticinco milímetros (12,5 mm – 25 mm) (½ pulgada – 1 pulgada), ya que con anchos mayores se pueden presentar desplazamientos excesivos.

500.4.6.14.2 Juntas de expansión

Bajo condiciones normales no son necesarias las juntas de expansión. Sin embargo, estas se recomiendan cuando la temperatura ambiente es menor a los cuatro grados Celsius (4 °C) o cuando los materiales usados para la fabricación de las losas han presentado características expansivas. La decisión de su implementación depende de la experiencia del constructor, junto con la aprobación del interventor.

500.4.6.15 Sellado de las juntas

Los materiales por utilizar deben cumplir lo descrito en el numeral 500.2.5 del presente artículo. Inmediatamente después del corte final, los excesos de cemento, lechadas, material de curado o cualquier otro elemento, deben ser completamente removidos de la junta mediante chorro de agua a presión de diez megapascales (10 MPa). Cuando finalice la limpieza de la junta, esta se debe soplar con un compresor de aire.

Si los documentos del proyecto exigen una limpieza adicional con chorro de arena, esta se debe realizar como se indica a continuación: cuando la superficie esté limpia y seca y justo antes de colocar la tirilla de respaldo y el sello, la junta se trata con dos pasadas de chorro de arena o hidroarenado como mecanismo de preparación de la superficie. Por ejemplo, una pasada en cada una de las caras de la junta. Luego, se debe utilizar aire

comprimido para remover de la junta todos los residuos de polvo. Los compresores de aire deben estar equipados con unas trampas adecuadas, capaces de remover toda el agua y toda la grasa presente en el aire comprimido.

Las ranuras aserradas y limpias se deben inspeccionar, para asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad especificada y se haya removido toda materia extraña.

Hasta el momento del sellado de las juntas, estas se deben proteger obligatoriamente con elementos sintéticos de sección en T, con el fin de evitar la introducción de elementos extraños y daños en los bordes. Las alas de la T se deben apoyar en la parte superior de la losa.

No se permite ningún almacenamiento de material sobre las losas recién construidas.

El sistema de sellado de juntas debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y la compresión, la resistencia al arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, de los solventes, de los rayos ultravioleta y a la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

500.4.6.15.1 Instante de aplicación del sello

Las juntas pueden ser selladas cuando el concreto tenga una edad menor a veintiocho días (28 d) o se encuentre húmedo, pero superficialmente seco, siempre que el sellante cumpla los requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de veintiocho

días (28 d) de curado indicados para sellos elastoméricos de poliuretano. Cuando el concreto tenga una edad mayor a veintiocho días (28 d) y se encuentre seco, el sello debe cumplir todas las propiedades de acuerdo con su naturaleza química, tal como indica el numeral 500.2.5.1. Para el caso de sellos elastoméricos de poliuretano debe cumplir los requisitos para sellos de poliuretanos estándar. En el momento de la aplicación del componente de sello, la temperatura ambiente debe estar por encima de cinco grados Celsius (5 °C) y no debe haber lluvia ni fundados temores de que ella pueda ocurrir.

Los requerimientos sobre temperatura ambiente se pueden obviar, si así lo autoriza el interventor. El sello se debe realizar, preferiblemente, en horas diurnas, cuando la junta esté en el intermedio de su movimiento esperado. En caso de que se requiera la aplicación del material de sello antes de la edad especificada, se deben utilizar imprimantes que creen una barrera de vapor y garanticen una total adherencia del material sellante a los bordes de la junta.

500.4.6.15.2 Instalación del sello

Antes de sellar las juntas, el constructor debe demostrar que el equipo y los procedimientos para preparar, mezclar y colocar el sello producen un sello de junta satisfactorio, de acuerdo con el tramo de prueba. El interventor debe verificar que los procedimientos de instalación propuestos estén de acuerdo con las indicaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante. Antes de iniciar esta tarea en forma masiva, se deben ejecutar dos pruebas de instalación en juntas, de cincuenta metros (50 m) cada

una, las cuales deben ser aprobadas por el interventor.

Para conservar un buen nivel de productividad y calidad, se deben mantener durante el periodo total de la obra, las personas y los equipos de trabajo usados para estas pruebas. Los cambios de personal, materiales o equipos deben ser notificados al interventor e implican la realización de nuevos tramos de prueba.

Las juntas deben ser verificadas en lo que corresponde a ancho, profundidad, alineamiento y preparación de la superficie de los bordes de junta, y el material de sello debe tener la aprobación del interventor, antes de que sea aplicado.

Previamente al vaciado del material de sello, se debe colocar una tirilla de respaldo, presionándola dentro de la junta con un instalador adecuado de rueda metálica, de manera que quede colocada a la profundidad requerida. La tirilla, que debe cumplir los requisitos citados en el numeral 500.2.5.2, no puede ser estirada ni torcida durante la operación de colocación. Durante la jornada de trabajo, se debe limitar la colocación de la tirilla de respaldo a las juntas que puedan ser selladas en el día.

Se debe enrasar el sello pasando una herramienta en ambas direcciones, para asegurar una aplicación libre de aire. La superficie del sello debe quedar tres milímetros (3 mm) por debajo de los bordes de la junta.

El sello que no adhiera a la superficie de la pared de la junta, que contenga huecos o falle

en su tiempo de curado, se debe rechazar y debe ser reemplazado por el constructor, sin costo adicional alguno para INVÍAS.

500.4.6.16 Apertura al tránsito

El paso de personas y de equipos para el aserrado y para la comprobación de la regularidad superficial, se puede autorizar cuando haya transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y se haya secado el producto químico de curado, si se emplea este método.

Al abrir el pavimento al tránsito público, todas las juntas deben estar selladas o protegidas contra daño y contra la intrusión de materiales extraños.

500.4.6.16.1 Requisitos para la apertura al tránsito

500.4.6.16.1.1 Resistencia

El tránsito de obra no puede circular sobre el pavimento, mientras este no haya alcanzado un módulo de rotura de por lo menos el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la exigida, a veintiocho días (28 d).

500.4.6.16.1.2 Tiempo

La apertura al tránsito automotor no se debe autorizar antes de cumplir el cien por ciento (100 %) de la resistencia especificada, además se debe haber cumplido con la culminación de la totalidad de la obra, con todos los elementos especificados en los documentos del proyecto.

500.4.6.17 Proceso constructivo para casos especiales

El constructor debe seguir las indicaciones de los documentos del proyecto para adelantar la construcción de las losas de concreto en todos los casos especiales, como losas irregulares, empates con estructuras fijas o con otros pavimentos de concreto, presencia de estructuras hidráulicas, tales como pozos de inspección y sumideros o empalmes con pavimentos asfálticos, entre otros.

500.4.6.18 Requerimientos de temperatura

Los trabajos de construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este.

El vaciado del concreto se interrumpe cuando llueva con una intensidad tal, que pudiera, a criterio del interventor y por instrucción de este, producir deformaciones en los bordes de las losas o la pérdida de textura superficial del concreto fresco.

En zonas calurosas, se deben extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30 °C), se debe contemplar el empleo de aditivos retardadores de fraguado aprobados por el interventor.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, no puede ser inferior a diez grados Celsius (10 °C) y no más allá de treinta y cinco grados Celsius (35 °C); se prohíbe la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0 °C) o cuando la temperatura ambiente sea inferior a cuatro grados Celsius (4 °C).

El sellado de juntas en caliente se suspende cuando la temperatura ambiente baje de cinco grados Celsius (5 °C), o en caso de lluvia o viento fuerte, salvo aprobación del interventor.

500.4.7 Conservación

Todo concreto defectuoso o deteriorado que no cumpla las características establecidas en el diseño, debe ser intervenido por el constructor para llevarlo a las condiciones de diseño, sin costo adicional para INVÍAS. En todo caso, los procedimientos deben ser aprobados por el interventor, cualquiera sea el tipo de intervención. Se deben dejar registrados en los documentos del proyecto las reparaciones realizadas y el método de reparación.

El pavimento de concreto hidráulico se debe mantener en perfectas condiciones por el constructor cumpliendo los requerimientos mínimos establecidos en el presente artículo, hasta el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para INVÍAS.

500.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan

los documentos de cada proyecto particular o la legislación ambiental vigente.

Todas las labores requeridas para la construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. En caso de contradicciones con lo indicado en el presente numeral deben prevalecer, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

Sea que los agregados los explote el constructor o le sean suministrados por terceros, el interventor debe verificar que se encuentren vigentes todas las licencias para su explotación.

Así mismo, se controla que todos los procesos de preparación de agregados, elaboración, transporte y colocación de la mezcla y el acabado de la capa de rodadura se realicen con un cabal cumplimiento de las normas y disposiciones ambientales vigentes.

Al término de los trabajos de construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico, el constructor debe limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales de la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer losas, los productos de la demolición son de propiedad del constructor, quien debe disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole a INVÍAS.

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

500.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración y el manejo de los agregados, así como en cuanto a la manufactura, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas de concreto que constituyen el pavimento.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Cuando sea posible, establecer una correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión para el concreto con el cual se construye la capa de rodadura.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la mezcla de concreto, durante el periodo de ejecución de las obras.
- Verificar permanentemente el asentamiento, así como el contenido de aire de la mezcla, si este último se encuentra especificado.

- Tomar cotidianamente muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia.
- Tomar núcleos para determinar el espesor de la capa de rodadura, su densidad y su resistencia a la compresión y vigas de concreto aserradas para determinar su resistencia a la flexión, cuando corresponda.
- Realizar medidas para levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la regularidad de la superficie del pavimento terminado.
- Generar una propuesta para el tramo de prueba y una extensión del proyecto para el uso de tomógrafo y FWD (para medir la transferencia de carga y deflexión) para vías NT3.
- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

Los laboratorios en donde se realizan los ensayos necesarios para el control de la calidad de los materiales del concreto y el control de la calidad del concreto, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI, mediante alguna de las siguientes alternativas:

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes de ensayos deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

Los orificios que dejen los núcleos para determinar el espesor de la capa de rodadura y otros controles a que haya lugar, deben ser rellenados por el constructor, sin costo alguno para INVÍAS, con una mezcla de iguales o mejores características que la empleada en la construcción de la capa de rodadura, la cual debe ser correctamente compactada, enrasada y curada.

500.5.1 Control de materiales

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1 del artículo 630.

500.5.1.1 Calidad del cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.1 del artículo 630.

500.5.1.2 Calidad de las adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.2 del artículo 630.

500.5.1.3 Calidad de los aditivos, de las adiciones complementarias y de los productos químicos de curado

El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del interventor.

500.5.1.4 Calidad del agua

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.3 del artículo 630.

500.5.1.5 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de concreto y para cualquier volumen previsto, se toman cuatro (4) muestras y se ejecutan los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 500.2.1.3. Los resultados de todas las pruebas deben satisfacer las exigencias citadas en dicho numeral. Los agregados que no las cumplan, no pueden ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar los acopios y ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de elementos vegetales, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenar acopiar por

separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación; partículas alargadas o aplanadas o plasticidad, y vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, sea que el constructor elabore la mezcla o tenga un proveedor que se la suministre, se verifica la calidad de los agregados mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 500 — 9, con la frecuencia indicada en ella.

Los resultados de los ensayos deben satisfacer todos los requisitos establecidos en el presente artículo y lo definido en la fórmula de trabajo. En caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos es rechazada y las losas vaciadas con el concreto cuestionado deben ser demolidas y construidas nuevamente, a expensas del constructor, y hasta contar con la aprobación del interventor.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se debe ajustar a la franja de tolerancia. Esta franja se construye a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 500 — 10.

En caso de que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida para la fórmula de trabajo, pero no se salgan de las franjas normativas, el proveedor o el constructor deben preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa, la cual se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el presente artículo. En el caso de que no cumpla todos los requerimientos, el constructor debe demoler y retirar, a sus expensas, las losas cuestionadas y las debe reponer, sin costo alguno para INVÍAS.

Tabla 500 — 9. Ensayos de verificación sobre los agregados para capas de rodadura de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	INV E-213	1 por jornada
Módulo de finura	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	INV E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Seco y húmedo	INV E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos (o magnesio)	INV E-220	1 por mes
Reactividad de los agregados	Ver numeral 630.5.1.4 del artículo 630	Tabla 630 — 17
Limpieza (F)		
Impurezas en agregado grueso	INV E-237	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznable	INV E-211	1 por semana
Partículas livianas	INV E-221	1 al inicio del proyecto, 1 cada cambio de fuente y 1 cada 2,5 meses
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	INV E-214	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente	INV E-227	1 por jornada
Índice de alargamiento y aplanamiento	INV E-230	1 por semana

Nota: se entiende como jornada, un día (1 d) de producción de agregados.

La reactividad potencial de un agregado, se debe evaluar a partir de los resultados obtenidos de acuerdo con lo indicado en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

El interventor puede modificar la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 500 — 9, siempre que considere que los

materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Las tolerancias granulométricas aplicables a la fórmula de trabajo se encuentran indicadas en la Tabla 500 — 10.

Tabla 500 — 10. Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo

Tolerancia	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Nro. 200
Puntos de porcentaje (%) sobre la masa seca de los agregados								
± 4			± 3				± 1	

500.5.1.6 Calidad del acero

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.5 del artículo 630.

500.5.1.7 Calidad de materiales de sellado de juntas

El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o proveedores de los productos por emplear en el sellado de las juntas, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del interventor.

El constructor debe garantizar el sello contra defectos de los materiales y de instalación, por un periodo mínimo de cinco (5) años.

500.5.2 Control del concreto

De cada elemento de transporte a la obra, se controla el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado, cuya envuelta no sea homogénea debe ser rechazado por el interventor, sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

500.5.2.1 Control de requisitos de durabilidad

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.1 del artículo 630.

500.5.2.2 Control de la dosificación

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.3 del artículo 630.

500.5.2.3 Control de la consistencia

Se debe controlar la consistencia de cada carga transportada, para lo cual se debe extraer una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento (INV E-404/NTC 396). El resultado obtenido se debe ajustar al establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 — 11. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en el numeral 500.4.3, se debe tomar una segunda muestra del mismo camión y se debe repetir el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y las tolerancias especificados, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se debe rechazar.

Tabla 500 — 11. Tolerancias en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la fórmula de trabajo

Característica	Construcción	Tolerancia
Asentamiento (mm)	Formaleta deslizante	0
	Flota motorizada	± 25
	Regla vibratoria	± 25
	Rodillo vibratorio	0
	Cimbra de rodillo	0
	<i>Fast track</i>	± 25
Contenido de aire (%), cuando esté especificado	Formaletas fijas	+ 1,8
	Formaletas deslizantes	+ 1,8

500.5.2.4 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se debe controlar en cada uno de los tres (3) primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y en los tres (3) primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de dicha jornada, según la norma de ensayo INV E-406/NTC 1032. Los resultados se deben ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 — 11. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia, se toma una segunda muestra del mismo camión y se repite el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se rechaza. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se suspende la producción de la mezcla y la construcción de las losas, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

500.5.2.5 Control de la densidad del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.6 del artículo 630.

500.5.2.6 Control de temperatura

Se controla la temperatura del concreto en estado fresco siguiendo la norma de ensayo ASTM C1064. Si la temperatura del concreto, medida en la entrega de este, no cumple los requisitos del numeral 500.4.6.18 del presente artículo, se debe realizar inmediatamente una medición adicional sobre una nueva muestra del mismo despacho. Si no se cumplen los requerimientos de temperatura, el concreto no se puede usar en obra.

500.5.2.7 Control del módulo elástico del concreto

Sobre los núcleos cilíndricos extraídos del pavimento para el control de espesores de la

capa de rodadura, numeral 500.5.3.2, se debe determinar el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-424/NTC 4025.

El valor promedio de cada lote debe ser reportado y emplearse, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales de la capa de rodadura.

500.5.2.8 Control de la resistencia del concreto

Se considera como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la obra ejecutada en una jornada de trabajo.

En lo relativo a integridad del pavimento, numeral 500.5.3.1, la unidad de valoración para aceptación o rechazo es la unidad de losa, y en lo relativo a regularidad superficial se aplica lo descrito en el numeral 500.5.3.6.

De cada lote definido para inspección se deben moldear aleatoriamente y de amasadas diferentes, un mínimo de cuatro (4) muestras, constituida cada una por seis (6) especímenes prismáticos y seis (6) cilíndricos de una misma amasada y cuyas dimensiones, preparación y curado deben estar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-420/NTC 550.

En la identificación de cada espécimen debe constar la fecha y la hora de elaboración, la identificación de la(s) losa(s) donde este fue vaciado y cualquier otra información que se considere necesaria.

Por cada muestra se elaboran las siguientes probetas:

- Seis (6) vigas prismáticas para ensayos de resistencia a flexión (INV E-414/NTC 2871), de las cuales se fallan dos (2) vigas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidas al curado normalizado.
- Seis (6) cilindros, para ensayos de compresión (INV E-410/NTC 673), de los cuales se fallan dos (2) probetas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidos al curado normalizado.

Nota: bajo condiciones excepcionales, se puede evaluar la posibilidad de usar cilindros de cien milímetros (100 mm) de diámetro por doscientos milímetros (200 mm) de altura, con una relación diámetro del cilindro/tamaño máximo nominal del agregado, no menor a tres (3). En caso de ser aprobado por el interventor, se deben usar como mínimo tres (3) probetas a siete días (7 d), tres (3) a veintiocho días (28 d) y tres (3) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidos al curado normalizado.

El promedio de la resistencia de las dos (2) probetas de la misma mezcla y de la misma edad se considera como el resultado de un ensayo. Los valores de resistencia a siete días (7 d) (o la edad definida) se deben emplear únicamente para controlar la regularidad de la calidad de la producción del concreto para dar el tramo al tránsito, mientras que los obtenidos

a veintiocho días (28 d) (o la edad especificada) se emplean en la comprobación de la resistencia del concreto para su aceptación.

En algunos proyectos o algunas partes de un proyecto, se puede requerir que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, la cual debe estar definida en los documentos del proyecto o acordada y aprobada por el interventor. En estos casos, se varían las edades de los ensayos, de manera consecuente y los criterios de aceptación se aplican a la nueva edad establecida.

Todos los ensayos de resistencia se reportan con la precisión indicada en las normas de ensayo respectivas, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

500.5.2.8.1 Criterios de aceptación y rechazo

Los criterios de aceptación y rechazo del concreto colocado en el sitio son los dos siguientes:

- El diseño de mezcla de concreto para la capa de rodadura se considera adecuado cuando el promedio de tres (3) resultados consecutivos de resistencia a la compresión es igual o excede la resistencia especificada f'_c . Así mismo, si el promedio de cinco (5) resultados consecutivos de resistencia a la flexión es igual o excede la resistencia especificada f'_r .
- Ningún resultado individual de resistencia puede estar por debajo de la resistencia especificada en:
 - 3,5 MPa para f'_c cuando f'_c sea ≤ 35 MPa,
 - $0,10 \cdot f'_c$ cuando f'_c sea > 35 MPa, o
 - 0,5 MPa para f'_r .

La mezcla debe ser rediseñada en caso de que la resistencia a la compresión o a la flexión no cumpla con estos criterios.

Si se confirma la posibilidad de que el concreto es de baja resistencia, se deben tomar tres núcleos, como lo indica la norma INV E-418/NTC 3658, por cada resultado del ensayo de resistencia que sea menor que los valores señalados. Los núcleos no deben ser ensayados antes de cuarenta y ocho horas (48 h) y no más tarde de siete días (7 d) de su extracción. El concreto representado por la zona de los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de los tres núcleos es mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada a la compresión y ningún núcleo individual presenta una resistencia menor del setenta y cinco por ciento (75 %) de la resistencia especificada a la compresión. Cuando los núcleos den valores erráticos, se deben extraer núcleos adicionales de la misma zona.

500.5.2.9 Control de curado

Todo vaciado de concreto que no sea correctamente curado, puede ser rechazado por el interventor. Si se trata de una superficie de contacto con vaciados subsecuentes de concreto, deficientemente curada, el interventor puede exigir la remoción de una capa hasta de cinco centímetros (5 cm) de espesor, por cuenta del constructor, y su consecuente reposición con una mezcla satisfactoria, curada correctamente.

Los especímenes curados en las mismas condiciones de la obra deben dar como mínimo el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia de los especímenes curados en agua

para control de calidad. El cumplimiento de este requisito es garantía de que se está realizando un curado efectivo en obra.

Solo para efectos de aceptación y rechazo de la capa de rodadura construida, se debe medir la resistencia del concreto tanto en especímenes de control de calidad de obra como en especímenes de control del desarrollo de resistencia del concreto ya instalado, mediante la disposición de cilindros de control de calidad al pie del elemento y/o extracción y ensayo de núcleos (NTC 3658 extracción de núcleos), lo anterior para determinar la efectividad de las labores de compactación y curado, si existe alguna incertidumbre con la estructura o con la resistencia en probetas.

500.5.3 Control de la capa de rodadura terminada

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y las pendientes establecidas en los documentos del proyecto o modificadas por situaciones que lo requieran con aprobación del interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no puede ser menor que la indicada en los documentos del proyecto, salvo que haya sido necesario efectuar modificaciones con la aprobación del interventor.

La cota de cualquier punto de la capa de rodadura del pavimento curado no debe variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera, no deben existir depresiones mayores a tres milímetros (3 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV

E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las losas que presenten anomalías por encima de estos límites deben ser demolidas y sus escombros transportados a los sitios aprobados para su recepción, todo a expensas del constructor, quien, además, las debe reemplazar con losas que cumplan todas las exigencias del presente artículo, sin que ello implique costo alguno para INVÍAS. El producto de la demolición es propiedad del constructor.

500.5.3.1 Integridad

Siempre que se presenten losas agrietadas o astilladas, se debe proceder como se indica en el numeral 500.5.4.

Si el interventor acepta losas agrietadas sin demoler, se debe dejar constancia de ello en el acta de recibo definitivo de las obras e INVÍAS puede exigir, durante el periodo de garantía de la estabilidad de la obra, la demolición total y la posterior reconstrucción de las losas agrietadas, si las grietas se han agravado o ramificado, o si han sido el origen de daños en las losas vecinas. Estas últimas también deben ser demolidas y reconstruidas con cargo a la garantía.

500.5.3.2 Control del espesor

Durante la construcción de la capa de rodadura se deben nivelar el eje y los bordes del pavimento cada veinte metros (20 m) a lo largo del eje, tanto sobre la superficie de soporte de la capa de rodadura, como en la superficie del pavimento de concreto hidráulico, después

de su ejecución y curado. Estas verificaciones de nivel se deben realizar exactamente en los mismos puntos. Así mismo, una vez retiradas las formaletas, se debe realizar las verificaciones de espesores en los costados de las losas. Estas mediciones de niveles se usan como guía para delimitar zonas cuyo espesor, evaluado como se indica en los párrafos siguientes de este numeral, resulte deficiente, o para determinar la toma de núcleos cuando los resultados de la nivelación muestren que existen posibles deficiencias de espesor.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se debe realizar por lotes. Se deben usar los mismos lotes establecidos para la verificación de la resistencia, numeral 500.5.2.8. Cada lote se subdivide en, al menos, tres (3) sublotes de máximo trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m²) cada uno, y se deben extraer de cada sublote dos (2) testigos cilíndricos o núcleos mediante equipos provistos de brocas rotativas (norma de ensayo INV E-418/NTC 3658). Los testigos se deben extraer luego de transcurridos quince días (15 d) desde la colocación del concreto. Los espesores de los núcleos se deben medir según la norma de ensayo INV E-419. Se pueden emplear ensayos no destructivos como escáneres y radares para la verificación del espesor.

Los agujeros dejados por los núcleos en el pavimento se deben rellenar a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad del concreto de las losas o superior, que no se contraiga. Antes de su colocación, se debe aplicar una resina en las paredes del agujero, según lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un (1) sublote resulta inferior al espesor de diseño (e_d) en más de diez milímetros (10 mm) el constructor debe demoler todo el sublote, retirar y disponer apropiadamente los escombros en un lugar aprobado y reconstruir el pavimento, todo ello a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se debe seguir cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al espesor de diseño (e_d). El material producto de la demolición es de propiedad del constructor.

Se considera como espesor promedio del lote (e_m), al promedio de las alturas de los testigos extraídos de él, redondeado al milímetro (mm). Cuando corresponda la demolición de un (1) sublote por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de los testigos tomados en el tramo objeto de demolición no se consideran en el cálculo del espesor promedio del lote (e_m).

Si el espesor promedio del lote (e_m) es inferior al espesor de diseño (e_d) en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), el pavimento se debe aceptar con descuento por deficiencia. El descuento se aplica al lote del cual se extrajeron los testigos, previa deducción de los sectores donde haya correspondido la demolición y la reconstrucción. El descuento (D), en tanto por uno, por aplicar en el pago por metro cúbico de la capa de rodadura de concreto hidráulico en el lote así afectado, se calcula con la expresión:

$$D = \left(1 - \frac{(e_m + 2)^2}{e_d^2} \right) \quad [500.1]$$

Donde:

e_d , espesor de diseño, en milímetros (mm).

e_m , espesor promedio del lote, en milímetros (mm).

El factor de ajuste de precio por espesor (*FAE*) (menor o igual que la unidad), que se aplica al precio unitario del contrato para el pago de los lotes correspondientes al lote analizado, es el resultado de restar el descuento (*D*) de la unidad.

$$FAE=1-D \quad [500.2]$$

Cuando el espesor promedio del lote (e_m) sea inferior al espesor de diseño (e_d) en más de siete milímetros (7 mm), el constructor debe demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir la capa de rodadura, a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. La capa de rodadura reconstruida se somete a las mismas valoraciones de calidad especificadas en este artículo para cualquier tramo de pavimento, para efectos de su aprobación o rechazo.

Si un lote califica para ser demolido, de acuerdo con el párrafo anterior, pero los resultados de alturas de núcleos y mediciones topográficas sugieren que la deficiencia no está generalizada en el lote, sino que está concentrada en algún sublote, la zona restante puede ser analizada nuevamente, tratándola como un lote. En este caso, puede ser necesario tomar testigos adicionales para cumplir el mínimo de tres (3) sublotos dentro de esta zona.

500.5.3.3 Control de ubicación de barras de transferencia

Se deben cumplir los desplazamientos máximos permitidos tanto en planta como en perfil establecidos en el numeral 500.2.2.1.1.

500.5.3.4 Control de la textura superficial

Al día siguiente de aquel en el cual se haya realizado el vaciado del concreto y el texturizado transversal, se determina, en sitios aleatorios (norma de ensayo INV E-730) que no coincidan con las juntas, la profundidad de textura por el método del círculo de arena, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos que se van a controlar por lote debe ser de tres (3), que se amplían a cinco (5) si la textura obtenida en uno (1) de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura del lote debe estar comprendida entre sesenta y cien centésimas de milímetro (0,6 mm – 1,0 mm), sin que ningún valor individual se encuentre por debajo de cuarenta centésimas de milímetro (0,4 mm).

Si al menos uno de estos requisitos se incumple, se rechaza el tramo representado por el lote, hasta que el constructor haga las correcciones necesarias para alcanzar los valores prescritos, las cuales deben correr de su exclusiva cuenta y costo. Si la solución que propone o implementa el constructor da lugar a disminuciones en el espesor de la capa de

rodadura, se usan los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de las losas para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.3.2.

500.5.3.5 Resistencia al deslizamiento

La resistencia al deslizamiento se mide el día previo al previsto para la puesta en servicio del tramo de pavimento representado por el lote respectivo, en sitios que no coincidan con las juntas del pavimento.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se eligen al azar, sino que son ubicados por el interventor, en aquellos lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular, en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizan por el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal, curva vertical, intersección, glorieta y zona de frenado frecuente, incluidas dentro del lote. Ninguna de las medidas puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 500 – 12, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección vial. En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área afectada, la cual debe ser corregida por el constructor, a sus expensas, mediante microfresado. Si esta operación afecta el espesor de la capa de rodadura, se deben usar los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de las losas para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.3.2.

Tabla 500 – 12. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

Tipo de sección	Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas, curvas con radios menores de doscientos metros (200 m), pendientes mayores o iguales a cinco por ciento ($\geq 5\%$) en longitudes de cien metros (100 m) o más, intersecciones, zonas de frenado frecuente	0,50	0,55	0,60
Otras secciones	0,45	0,50	0,50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (INV E-815). En tal caso, la especificación particular indica el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 500 – 12 para medidas con el péndulo.

500.5.3.6 Regularidad superficial

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se debe comprobar de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este artículo establece que la determinación del IRI se debe realizar, únicamente, con

procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se pueden adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de ensayo INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma de ensayo INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, este se debe validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se debe operar de acuerdo con la norma de ensayo ASTM E950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se realizan en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores de IRI se presentan en metro por kilómetro (m/km), en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción

que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituye un lote.

No hay exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiéndose por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales deben ser definidos por el interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación de IRI.

Se entiende que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 500 – 13.

Tabla 500 – 13. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

Porcentaje (%) de hectómetros	Tipo de tránsito		
	NT1	NT2	NT3
40	2,4	1,9	1,4
80	3,0	2,5	2,0
100	3,5	3,0	2,5

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados, no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el interventor debe delimitar los subsectores relevantes en el incumplimiento y puede autorizar su corrección mediante fresado, siempre y cuando dicha operación dé lugar a un acabado superficial semejante al conjunto de la obra y no origine disminuciones de espesor que conduzcan al rechazo de lotes

de obra, en los términos definidos en el numeral 500.5.3.2. Si el acabado es incorrecto y/o la reducción de espesor conduce al rechazo, el constructor debe demoler, retirar y reconstruir los lotes afectados. Tanto la corrección de defectos como la demolición y el retiro al sitio de disposición de sobrantes y la posterior reconstrucción de la capa de rodadura, con la calidad exigida por el presente artículo, deben ser a expensas del constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor a veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de este debe ser demolida y reconstruida. La demolición, el traslado y la disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa de rodadura, con la calidad exigida por el presente artículo, deben ser a expensas del constructor.

En ambos casos, el material demolido es de propiedad del constructor. Este, a su vez, no puede invocar las reparaciones o las reconstrucciones derivadas de deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

500.5.3.7 Eficiencia en la transferencia de carga en las juntas

Se debe comprobar la transferencia de carga, tanto en las juntas longitudinales como en las transversales, siguiendo las indicaciones de los documentos del proyecto. En ellos se deben fijar, también, los valores mínimos admisibles y los procedimientos que se debe seguir en caso de incumplimiento.

500.5.4 Defectos e imperfecciones a edades tempranas

Si se presentan fisuras tempranas, se debe realizar una revisión detallada de las mezclas utilizadas, de los asentamientos medidos, del manejo de las películas o del procedimiento de protección y curado, del tiempo de ejecución de los cortes, de la temperatura ambiente y del concreto y, en general, de todos los elementos que puedan haber incidido en la ocurrencia del fenómeno.

Las losas no pueden presentar grietas. El interventor puede aceptar pequeñas fisuras de retracción plástica, de corta longitud y que no afecten más que de forma limitada a la superficie del pavimento, y debe exigir su sellado.

Si una losa presenta una grieta única no ramificada, sensiblemente paralela a una junta, el interventor la puede aceptar si el constructor efectúa, a sus expensas, las operaciones indicadas a continuación:

- Si la junta más próxima a la grieta no se hubiera construido aún, se instalan en la grieta pasadores o barras de unión, con disposición similar a los existentes en la junta. La grieta se sella, previa regularización y cajeo de sus bordes.
- Si la junta más próxima a la grieta ya se hubiera construido, la grieta se inyecta, tan pronto como sea posible, con resina epóxica para mantener unidos sus bordes y restablecer la continuidad de la losa.

En losas con otros tipos de grietas, como las de esquina, el interventor las puede aceptar u ordenar la demolición parcial de la zona afectada y su posterior reconstrucción. En el primer caso, la grieta se inyecta tan pronto como sea posible, con resina epóxica que mantenga unidos sus bordes y restablezca la continuidad de la losa. Ninguno de los elementos de la losa, después de su reconstrucción, puede tener una (1) de sus dimensiones de menos de treinta centímetros (0,30 m). La reposición se ancla mediante grapas al resto de la losa.

La resina polimérica debe cumplir lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630 y se debe aplicar de acuerdo con un

procedimiento previamente aprobado por el interventor.

Si a causa del aserrado prematuro se presentan astilladuras en las juntas, estas deben ser reparadas por el constructor, a sus expensas, usando un concreto o mortero de resina epóxica apropiado de la misma calidad del concreto de las losas o superior. Antes de la colocación del producto de reparación, la junta debe ser preparada mediante el corte de una cavidad apropiada que permita remover todo el concreto afectado y provea el espacio en tamaño y forma adecuados para la reparación y, a continuación, se debe aplicar un imprimante en la cavidad cumpliendo lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

En todos los casos, el constructor debe presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas propuestas, incluyendo materiales, dimensiones y procedimientos que pretende utilizar para la reparación de la capa de rodadura.

500.5.5 Conservación de la capa de rodadura de concreto hidráulico

La capa de rodadura de concreto hidráulico se debe mantener en perfectas condiciones, de acuerdo con lo establecido en el numeral 500.4.7 del presente artículo.

500.6 Medida

La unidad de medida de la capa de rodadura de concreto hidráulico debe ser el metro cúbico (m³), aproximado a la décima (0,1), de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aceptado por el interventor, de acuerdo con lo exigido en este artículo.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

El volumen se determina multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor mostrados en los documentos del proyecto. En aquellos lotes aceptados cuyo espesor promedio resulte inferior al de diseño, el volumen se determina usando el espesor promedio del lote en lugar del espesor mostrado en los documentos del proyecto. No se mide, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

Cuando en el proyecto se establezca la construcción de losas reforzadas, como se indica en el numeral 500.2.2.3, el acero de refuerzo correspondiente se debe medir como se indica en el artículo 640, Acero de refuerzo.

El acero correspondiente a pasadores y barras de amarre no se debe medir para efectos de pago independiente.

500.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, multiplicado por el FAE, definido anteriormente, por toda obra ejecutada, de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de adquisición, obtención de licencias ambientales, permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales y el descapote y la preparación de las zonas por explotar. Debe cubrir, también, todos los

costos de explotación de las fuentes de materiales; la selección, la trituración, el eventual lavado y la clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y la mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla de concreto, cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; la obtención, el transporte, el suministro y la aplicación del agua requerida para el humedecimiento de la superficie de apoyo del pavimento o el suministro y la colocación del papel especial o el material plástico para aislar la capa de rodadura de la capa de soporte; el costo de la definición de la fórmula de trabajo; el suministro, la colocación y el retiro de las formaletas fijas cuando ellas se utilicen; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y la colocación de los pasadores y de sus dispositivos de soporte, de las barras de unión, de los elementos para separación de la capa de rodadura y el suministro y la aplicación de los materiales de curado y de los materiales para el sello de todas las juntas, según lo contemple el proyecto y su instalación; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado; la ejecución de juntas en fresco o por aserrado; el acabado superficial y el curado requerido; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación; el tramo de prueba; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito público durante la realización de

las obras y durante el periodo de curado; la limpieza final del sitio de los trabajos al término satisfactorio de estos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

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

La preparación de la superficie existente, salvo el humedecimiento o el suministro y colocación del papel especial o el material plástico previos a la colocación del concreto, se considera incluida en el ítem referente a la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por tanto, no hay lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está contemplado en el contrato, el constructor debe incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario de la capa de rodadura de concreto hidráulico.

El acero necesario para la construcción de losas reforzadas se paga con cargo al artículo 640.

500.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
500.1	Pavimento de concreto hidráulico	Metro cúbico (m ³)
500.2	Pavimento de concreto hidráulico de fraguado rápido (<i>fast track</i>)	Metro cúbico (m ³)

Nota: en el caso de pavimentos de concreto hidráulico de fraguado rápido (*fast track*), los documentos del proyecto deben definir la edad a la cual se debe alcanzar la resistencia de diseño.

500.9 Glosario

500.9.1 Definiciones tipos de pavimentos de concreto hidráulico

500.9.1.1 Pavimento de concreto convencional con juntas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, moduladas en forma rectangular o cuadradas, sin ningún tipo de malla de refuerzo con barras corrugadas al interior de las losas, con juntas transversales de contracción, con o sin barras de transferencia, y con juntas longitudinales con o sin la presencia de barras de transferencia, y con o sin la presencia de barras de amarre.

500.9.1.2 Pavimento con juntas y losas reforzadas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, moduladas de acuerdo con los criterios establecidos en esta especificación, pero que, por consideraciones de esfuerzos en el concreto, tamaño de las losas, presencia de elementos fijos dentro de las losas, o todas ellas, se requiere la colocación de una o dos mallas de barras de acero de refuerzo corrugado, ubicadas en el sitio establecido en los documentos del proyecto.

500.9.1.3 Sobrelosas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, convencional con juntas, reforzado o no, colocadas sobre un pavimento existente, que recibe un tratamiento previo. Las sobrelosas se clasifican, de acuerdo con el tipo de estructura existente sobre la cual se coloca de la siguiente manera.

500.9.1.3.1 Sobre pavimento de concreto, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento de concreto existente y en el diseño se considera la adherencia entre estos. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

500.9.1.3.2 Sobre pavimento de concreto, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento de concreto existente. En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el existente. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

500.9.1.3.3 Sobre pavimento asfáltico, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento asfáltico existente y en el diseño se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el asfalto. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

500.9.1.3.4 Sobre pavimento asfáltico, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento asfáltico existente. En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre concreto nuevo y el asfalto. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción, ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

500.9.1.3.5 Sobre pavimento compuesto, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento compuesto existente (pavimento de concreto antiguo y sobrecapa asfáltica antigua), y en el diseño se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el asfalto. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

500.9.1.3.6 Sobre pavimento compuesto, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento compuesto existente (pavimento de concreto antiguo y sobrecapa asfáltica antigua). En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre concreto nuevo y el asfalto. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción, ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

500.9.1.4 Pavimento continuamente reforzado (con limitaciones)

Es un pavimento que está compuesto de una losa de concreto hidráulico, sin juntas de contracción, pero que por consideraciones de esfuerzos en el concreto se requiere la colocación de un sistema de refuerzo corrugado, tanto en sentido longitudinal como transversal, ubicado en el sitio establecido en los documentos del proyecto.

Para este tipo de pavimento son aplicables los procedimientos establecidos en este artículo, con excepción de los capítulos de modulación, corte y sellado de juntas, y lo relacionado con los sistemas de transferencia de carga y amarre.

500.9.2 Otras de incisiones

500.9.2.1 Material cementante

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuada. Los principales cementantes son los cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el grado de poder cementante y los requisitos específicos de las aplicaciones, estos cementantes se pueden utilizar en forma individual o combinados entre sí.

500.9.2.2 Adiciones suplementarias

Son materiales inorgánicos de origen natural o artificial que al ser incorporados en las mezclas cementicias (lechadas, morteros o concretos) o directamente durante la creación del cemento, permiten alcanzar mejoras tecnológicas de desempeño, ya sea en su estado fresco, durante su fraguado y/o en su estado endurecido (propiedades resistentes y durables).

Las adiciones suplementarias son materiales cementantes que tienen propiedades puzolánicas, hidráulicas, o ambas. Algunos ejemplos son las cenizas volantes (clases C y F según la NTC 3493/ASTM C618), el humo de sílice, las puzolanas naturales o calcinadas, las escorias cementantes (granulada y molida), metacaolín (arcilla calcinada), entre otros.

De acuerdo con la disponibilidad de materiales, las propiedades finales deseadas y las capacidades tecnológicas, se puede utilizar más de un tipo de adición suplementaria, en

forma combinada con los demás materiales. Los cementos «ternarios» son aquellos que contienen dos adiciones suplementarias diferentes en su composición, además del clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan). Los cementos «cuaternarios» son los que contienen tres adiciones principales

más clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan).

Dependiendo de la naturaleza de la adición, estas pueden no solo contribuir con las propiedades de ganancia de resistencia del cemento, sino también con otras propiedades de las mezclas.

Tabla 500 – 14. Naturaleza de las adiciones suplementarias

Material	Naturaleza cementante o tipo de reacción
Puzolana natural (clase N) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante sílicea (clase F) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante de alta cal (clase C) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland, pero también ligeramente hidráulica
Escoria de alto horno granulada y molida	Potencialmente hidráulica
Humo de sílice (Nota 2)	Puzolánico con cemento Portland
Relleno calcáreo	Llenante con acción hidráulica ligera con cemento Portland
Metacaolín (arcilla calcinada)	Puzolánica con cemento Portland

Nota 1: clasificación de acuerdo con la NTC 3493 (ASTM C618).

Nota 2: debe cumplir lo establecido en la norma técnica ASTM C1240.

500.9.2.3 Adiciones complementarias

Son materiales que se incorporan a las mezclas de concreto para mejorar o modificar otras prestaciones del concreto diferentes a las características cementantes o de actividad hidráulica que sí ofrecen las adiciones suplementarias.

Las adiciones complementarias pueden ser fibras, pigmentos, llenantes, polímeros, entre otras.

- Las fibras para el concreto consisten en elementos de corta longitud y pequeña

sección que son incorporados a su masa con el objetivo de mejorar algunas de sus prestaciones, tanto en estado fresco como una vez endurecido. Estas fibras generalmente son de acero, sintética, vidrio (protegida al álcalis), o su combinación, disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños y espesores.

- La utilización de fibras contribuye a modificar el comportamiento del concreto, ya sea para disminuir la fisuración, modificar la resistencia, conceder ductilidad, reemplazar parcialmente el refuerzo o aumentar la durabilidad, las que sean aplicables según el diseño. Es conveniente que se determinen

la dosificación y el tipo de fibras por utilizar, dependiendo de las normas que las estipulan, para que de este modo se logre proporcionar la funcionalidad del material en los diferentes espacios y a su vez se garantice un adecuado desempeño de la estructura.

- Los pigmentos son partículas de polvo más fino que el cemento, químicamente inertes, insolubles en agua y resistentes a la alcalinidad del cemento; crean un color en el concreto, y pueden ser naturales o sintéticos. Un buen color depende de la pureza del pigmento, del porcentaje de la sustancia colorante, de su finura y su granulometría. Se recomienda no pasar del diez por ciento (10 %) de pigmentos en la mezcla para no tener exceso de partículas finas.

- Los llenantes son materiales inertes químicamente conocidos como rellenos que fomentan la densificación de la pasta de cemento o pueden tener un efecto físico, contribuyendo a la dispersión de los granos de cemento, a la vez que actúan como centros de nucleación, facilitando mejores condiciones para la hidratación y el desarrollo de resistencia a edad temprana.

500.9.2.4 Norma sismo resistente (NSR)

Es el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones, con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

Suministro de cemento hidráulico

Artículo 501 – 22

501.1 Descripción

Esta especificación establece las condiciones para el suministro de cemento hidráulico para la elaboración de las estabilizaciones, las mezclas, los morteros y las lechadas que se requieran para ejecutar las unidades de obra que incluyan cemento hidráulico como uno de sus componentes y consideren el pago separado del producto.

501.2 Materiales

501.2.1 Requisitos del cemento hidráulico

El cemento hidráulico debe cumplir alguna de las normas de la Tabla 501 – 1, o los requisitos particulares que establezcan los documentos del proyecto. Se deben presentar las pruebas de laboratorios que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y

la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante alguna de las siguientes alternativas, con el fin de garantizar la calidad del cemento hidráulico:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

Tabla 501 — 1. Especificaciones de cementos hidráulicos

Denominación	Norma	Tipo de requisitos que establece la norma
Cemento hidráulico especificado por desempeño	NTC 121	- Propiedades de desempeño - No hay restricciones sobre la composición del cemento o sus ingredientes.
Cemento Portland	ASTM C150	- Ingredientes - Proporciones
Cemento hidráulico adicionado (Nota)	ASTM C595	- Composición química - Requisitos físicos

Nota: se excluyen los cementos tipo IS (> 70).

En caso de usar material cementante blanco, este debe cumplir lo indicado en la NTC 1362.

Cementos fabricados bajo las normas ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157 se pueden usar cuando se demuestre mediante ensayos de laboratorio que el desempeño es similar o superior que el especificado en la NTC 121.

501.3 Equipo

501.3.1 Vehículos de transporte

El cemento hidráulico puede ser transportado a granel, por medio de vehículos que posean la capacidad de transporte del material, sin ninguna alteración en este, o por medio de sacos u otros mecanismos. En cualquier caso, se debe garantizar que el producto no esté expuesto a humedecimiento, ya sea por lluvia o por la humedad del ambiente. Si el cemento suministrado llega a presentar hidratación, el interventor puede rechazar el material.

Si el cemento se transporta en sacos, los vehículos deben tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida un eventual vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.

501.3.2 Almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento hidráulico transportado a granel se debe realizar en silos adecuados para tal fin, los cuales deben tener los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento. Para mitigar las emisiones de polvo del cemento presentadas por las descargas y mantener despejados y en buen estado los ductos de ventilación y desfog, los silos deben contar con un sistema de filtros que garantice un almacenamiento óptimo y la no alteración de las propiedades del cemento. Así mismo, deben disponer de dispositivos adecuados para la toma de muestras y ser herméticos para evitar que el cemento se humedezca.

Cuando el transporte se realice por medio de sacos, estos se deben almacenar sobre superficies totalmente secas (sobre estibas), apilados de tal manera que los primeros sean también los primeros en ser utilizados. Se deben cubrir con un material impermeable, reduciendo la exposición a humedades relativas elevadas y a la circulación de aire. Se recomienda un almacenamiento máximo de sesenta días (60 d) donde solo se deben

superponer máximo doce (12) sacos. Si se prevé un periodo de almacenamiento mayor, no se deben superponer más de siete (7) sacos, con el objetivo de evitar que el cemento sufra compactaciones por cargas elevadas.

501.4 Ejecución de los trabajos

501.4.1 Aspectos generales

El constructor debe suministrar cemento hidráulico que cumpla todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y los pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental de estos.

A la llegada de cada vehículo al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento hidráulico, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en las especificaciones de la Tabla 501 — 1. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de cemento hidráulico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Se deben comprobar, con la frecuencia que el interventor considere pertinente, los sistemas de transporte y trasvase si la entrega es a granel, y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material. El interventor puede ordenar la suspensión de la utilización del producto,

mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del cemento hidráulico.

El empleo del cemento hidráulico en la elaboración de las distintas unidades de obra de las que forma parte se debe hacer conforme lo establece el artículo correspondiente.

501.4.2 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, el suministro de cemento hidráulico se debe realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

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

501.5 Condiciones para el recibo del producto

501.5.1 Controles generales

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del cemento hidráulico se cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.

- Verificar el estado y el funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento hidráulico.

501.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se deben ejecutar las siguientes actividades:

- Para cementos fabricados bajo la norma NTC 121 se debe demostrar experimentalmente que se cumplen los requisitos de desempeño enunciados dentro de esta. Para cementos fabricados bajo las normas ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157, además de cumplir su norma de fabricación, también se debe demostrar mediante ensayos de laboratorio que el desempeño es igual o superior al especificado en la NTC 121. Los ensayos requeridos se deben efectuar con la siguiente periodicidad:
 - Una vez (1) por cada mes de ejecución de las obras y, como mínimo, tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses.
 - Cada vez que se modifique el material suministrado.
 - Cada vez que el interventor lo solicite.
- La toma de las muestras se debe hacer siguiendo la norma INV E-301 y los ensayos se deben realizar en un laboratorio que cumpla lo indicado en el numeral 501.2.1 del presente artículo. No se debe admitir tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en las normas enunciadas en la Tabla 501 — 1 o con los establecidos en la especificación particular del proyecto, si fuese el caso. Por tanto, el incumplimiento del resultado de alguno

de los ensayos implica el rechazo del producto.

- Efectuar los controles necesarios para determinar la cantidad de cemento hidráulico incorporado en las mezclas que el interventor haya aprobado.

501.6 Medida

Para efectos de pago, el cemento hidráulico se debe medir, solamente en aquellas unidades de obra en las que los artículos correspondientes o los documentos del proyecto indiquen que el cemento hidráulico se paga por aparte. En estos casos, la unidad de medida del cemento hidráulico debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la unidad de obra correspondiente debidamente aprobada por el interventor.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, mediante el método de redondeo de la norma INV E-823. Para determinar la cantidad de cemento hidráulico por pagar, se debe calcular el peso de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de cemento promedio que resulte de los ensayos realizados sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

501.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del respectivo contrato, por el cemento hidráulico efectivamente suministrado y recibido, aprobado por el interventor. En caso de requerir la incorporación de adiciones suplementarias,

su precio debe estar incluido dentro del material suministrado.

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

501.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
501.1	Cemento Portland, norma ASTM C150, tipo ____	Kilogramo (kg)
501.10	Cemento hidráulico adicionado, norma ASTM C595, tipo ____	Kilogramo (kg)
501.20	Cemento hidráulico especificado por desempeño, norma NTC 121, tipo ____	Kilogramo (kg)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada tipo de cemento que se especifique en los documentos del proyecto.

501.9 Glosario

Las siguientes definiciones son aplicables a esta especificación:

501.9.1 Material cementante

Es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuada. Los principales cementantes son los cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el grado de poder cementante y los requerimientos específicos de las aplicaciones, estos cementantes se pueden utilizar en forma individual o combinados entre sí.

501.9.2 Cemento hidráulico

Cemento que fragua y endurece por reacción química con el agua, incluso bajo esta.

501.9.3 Clínker Portland

Componente del cemento en forma granulada, constituido principalmente por silicatos, aluminatos y ferroaluminatos de calcio y que se obtiene por la cocción, hasta fusión parcial (clinkerización), de una mezcla convenientemente proporcionada y homogenizada de materiales, debidamente seleccionados.

501.9.4 Cemento Portland

Cemento hidráulico que se obtiene de la pulverización del clínker Portland. Consiste esencialmente en silicatos de calcio hidratados.

501.9.5 Cemento hidráulico adicionado

Cemento hidráulico que consta de dos o más componentes inorgánicos (por lo menos uno de los cuales no es cemento Portland o clínker Portland) que, por separado o en conjunto, contribuyen a las propiedades de incremento de resistencia del cemento, elaborado con o sin otros componentes, adiciones de proceso y adiciones funcionales, por molienda conjunta u otro proceso de mezcla.

501.9.6 Adiciones suplementarias

Son materiales cementantes inorgánicos de origen natural o artificial que tienen propiedades puzolánicas, hidráulicas, o ambas, y que, al ser incorporadas directamente durante la creación del cemento, permiten alcanzar en la mezcla de concreto mejoras tecnológicas de desempeño, ya sea en su estado fresco,

durante su fraguado y/o en su estado endurecido (propiedades resistentes y durables). Algunos ejemplos son las cenizas volantes (clases C y F según la NTC 3493/ASTM C618), el humo de sílice, las puzolanas naturales o

calcinadas, las escorias cementantes (granulada y molida), metacaolín (arcilla calcinada), entre otros. La Tabla 501 — 2 resume la naturaleza de las adiciones suplementarias más empleadas.

Tabla 501 — 2. Naturaleza de las adiciones suplementarias

Material	Naturaleza cementante o tipo de reacción
Puzolana natural (clase N) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante silíceas (clase F) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland
Ceniza volante de alta cal (clase C) (Nota 1)	Puzolánica con cemento Portland, pero también ligeramente hidráulica
Escoria de alto horno granulada y molida	Potencialmente hidráulica
Humo de sílice (Nota 2)	Puzolánico con cemento Portland
Relleno calcáreo	Llenante con acción hidráulica ligera con cemento Portland
Metacaolín (arcilla calcinada)	Puzolánica con cemento Portland

Nota 1: clasificación de acuerdo con la NTC 3493 (ASTM C618).

Nota 2: debe cumplir lo establecido en la norma técnica ASTM C1240.

De acuerdo con la disponibilidad de materiales, las propiedades finales deseadas y las capacidades tecnológicas, se puede utilizar más de un tipo de adición suplementaria, en forma combinada con los demás materiales. Los cementos «ternarios» son aquellos que contienen dos adiciones suplementarias diferentes en su composición, además de clínker,

yeso y aditivos de proceso (si se usan). Los cementos «cuaternarios» son los que contienen tres adiciones principales más clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan).

Dependiendo de la naturaleza de la adición, estas pueden no solo contribuir con las propiedades de ganancia de resistencia del cemento, sino también con otras propiedades de las mezclas.

Base de concreto hidráulico

Artículo 505 – 22

505.1 Descripción

Este artículo establece las condiciones para la construcción de una capa de base en concreto hidráulico, donde se incluye la producción de materiales, el diseño, la elaboración y el transporte de la mezcla de concreto, el procedimiento de acabado, protección y curado del concreto, el corte y sellado de juntas, la apertura al tránsito y los demás procedimientos necesarios para su correcta construcción. Se incluyen los respectivos procedimientos de control de materiales, construcción y terminado. La base de concreto hidráulico se debe construir, de acuerdo con los alineamientos, las cotas, las secciones, los espesores y demás parámetros indicados en el diseño de la capa base y en los documentos del proyecto.

505.2 Materiales

505.2.1 Concreto

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

505.2.1.1 Cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.1 del artículo 630, Concreto estructural.

505.2.1.2 Adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.2 del artículo 630.

505.2.1.3 Agregados

505.2.1.3.1 Agregado fino

Se considera como tal, la fracción que pasa el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Proviene de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo con los documentos del proyecto.

El porcentaje de arena de trituración no puede constituir más de treinta por ciento (30 %) de la masa del agregado fino.

El agregado fino debe cumplir los requisitos de calidad indicados en la Tabla 505 – 1.

Tabla 505 — 1. Requisitos del agregado fino para bases de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%):		
- Sulfato de sodio	E-220	10
- Sulfato de magnesio		15
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0,5
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), máximo (%).	E-214	3
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual al color de referencia o de la placa orgánica nro. 3
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, máximo (%)	E-233	1,2
Absorción		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla 505 — 1 para el contenido de materia orgánica, se puede aceptar si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a siete días (7 d) no menor de noventa y cinco por ciento (95 %), calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma ASTM C87.

505.2.1.3.2 Agregado grueso

Se denomina agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Dicho agregado debe estar compuesto de grava, grava triturada, roca triturada o concreto

triturado fabricado con cemento hidráulico que cumpla lo especificado en el numeral 630.2.1.3 del artículo 630. Sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. No se permite la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno. Debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla.

Además, el agregado grueso debe cumplir los requisitos de calidad señalados en la Tabla 505 — 2.

Tabla 505 — 2. Requisitos del agregado grueso para bases de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	50 75
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%).	E-221	0,5
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mínimo (%).	E-227	60
Índice de alargamiento, máximo (%).	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%).	E-230	25
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^{=}$, máximo (%).	E-233	1,0

505.2.1.3.3 Gradación combinada

La combinación de los agregados grueso y fino, lista para elaborar la mezcla de concreto,

debe satisfacer el requisito granulométrico indicado en la Tabla 505 — 3.

Tabla 505 — 3. Granulometría del agregado combinado para bases de concreto hidráulico

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)					
	50	25	19,0	4,75	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	Nro. 4	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)						
Única	100	55 – 85	50 – 80	30 – 60	10 – 30	0 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	-	4 %		3 %		2 %

505.2.1.4 Agua

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.4 del artículo 630.

505.2.1.5 Aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.5 del artículo 630.

505.2.2 Productos para el curado

Rige lo establecido en el numeral 630.2.3 del artículo 630.

505.2.3 Resina polimérica y material de reparación parcial de bases de concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

505.2.4 Desempeño de la mezcla de concreto

El diseño de la mezcla debe cumplir todos los requisitos de durabilidad y resistencia. Para ello, se deben tomar como requisitos límites

los parámetros más conservadores entre los obtenidos por:

- Durabilidad
- Resistencia

505.2.4.1 Durabilidad

Rige lo establecido en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

505.2.4.2 Resistencia

Rige lo establecido en el numeral 500.2.7.2 del artículo 500, Pavimento de concreto hidráulico.

505.3 Equipo

El constructor debe poner al servicio de los trabajos contratados todo el equipo necesario para manejar los materiales y las mezclas y ejecutar todas las partes de la base de concreto hidráulico, conforme se establece en el presente artículo.

Para definir el equipo de construcción del pavimento, el constructor debe tener en cuenta todos los aspectos relacionados con

la logística de producción, transporte y colocación, y las condiciones del proyecto, tales como el perfil de la vía y el espacio disponible. La selección del equipo más adecuado en términos de calidad y rendimiento debe considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Perfil especificado para la vía.
- Ancho de calzada.
- Ancho de vaciado.
- Espesor de la capa base de concreto hidráulico.
- Condiciones del entorno.
- Rendimiento requerido.

Todo el equipo debe ser situado en el sitio de los trabajos con anticipación suficiente al inicio de las operaciones de pavimentación, con el fin de que el interventor lo pueda revisar con todo detalle y aprobar su utilización.

En todos los casos, el equipo se debe ajustar a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad, de salud y de transporte, y se debe cumplir además lo establecido en la NSR en lo relacionado con calidad, mezclado y colocación, y con la normativa NTC 3318/ASTM C94.

505.3.1 Equipo para la elaboración de agregados y la producción del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.3.1 y 630.3.2 del artículo 630.

505.3.2 Equipo para el transporte del concreto al sitio de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.3.3 del artículo 630.

505.3.3 Equipos para la colocación del concreto

La mezcla de concreto se debe extender y consolidar por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, y se debe evitar la segregación y la aparición de vacíos, con el fin de alcanzar el espesor y la densidad adecuados, así como el contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre formaletas fijas, con equipos de formaletas deslizantes o equipos láser.

El constructor debe proponer los equipos de colocación del concreto adecuados para las diferentes situaciones, teniendo en cuenta las características del proyecto, el tipo de concreto, las condiciones logísticas del tramo por colocar, etc. Estos sistemas de colocación deben ser aprobados por el interventor.

En ningún caso se permite el extendido y la nivelación manual del concreto mediante el uso de regla, codal o boquillera.

505.3.3.1 Equipos mínimos propuestos para la colocación del concreto

- Formaleta fija: debe ser de un material capaz de soportar el empuje del concreto y el peso del equipo usado durante las operaciones de construcción sin deformarse ni pandearse.
- Pavimentadora de formaleta o cimbra deslizante, con o sin sistema de frotado automático (fratasado automático).
- Flota motorizada de magnesio o de aleación equivalente.
- Texturizador automático como alternativa al texturizador manual.

- Cercha con rodillo transversal que circula sobre rieles.
- Regla vibratoria tipo cercha.
- Rodillo extendedor de tres tubos con o sin juego de vibradores.
- En el caso de no contar con juego de vibradores externos o adosados al equipo, se debe garantizar la cantidad suficiente de vibradores manuales externos para asegurar la adecuada vibración del tramo a pavimentar.
- Equipo de aplicación de membrana de curado automático como alternativa a los aspersores motorizados.
- Hidrolavadora para garantizar que en el término de tres horas después de realizado el corte inicial, la masilla generada por este sea retirada de la caja de corte.
- Aplicador del elastómero (poliuretano o silicona).

El constructor debe garantizar la calibración periódica de los equipos, de acuerdo con el plan de mantenimiento y la calibración de estos, fijado en el plan de calidad del proyecto. Las calibraciones deben ser realizadas por laboratorios de calibración que cuenten con la acreditación por parte del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para la unidad de medida que se va a verificar, garantizando que las mediciones realizadas por la empresa sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Estos equipos deben ser probados y aprobados en el tramo de prueba especificado en el numeral 500.4.5. del artículo 500.

505.3.3.1.1 Kit de pavimentación

- Enrasador o regla articulada de chequeo con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de la base. La sección mínima de este elemento es diez centímetros por cinco centímetros (10 cm x 5 cm), longitud o ancho mínimo tres metros (3 m). *Super flat pavers straightedges o bump cutter.*
- Flotador o flota de magnesio o de material equivalente, longitud o ancho mínimo tres metros (3 m), con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación.
- Tela o costal de microtexturizado de fique, yute o material equivalente. Debe ser de una sola pieza continua sin costuras intermedias para abarcar el ancho de pavimentación. Se debe pasar húmedo y limpiar periódicamente durante el proceso.
- Aspersores motorizados para la aplicación del retardante de evaporación.
- Aspersores motorizados para la aplicación de la membrana de curado.
- Cortadora manual o autopropulsada con disco diamantado y refrigeración por agua.

505.4 Ejecución de los trabajos

505.4.1 Consideraciones constructivas en relación con el diseño del pavimento

El alcance de los diseños de la base en concreto hidráulico debe incluir los siguientes elementos, los cuales también deben ser verificados por el constructor y aprobados por el interventor, para poder iniciar la construcción del pavimento de concreto:

- Método de diseño utilizado
 - Memoria de diseño
 - Criterios utilizados
 - Variables
 - Cálculos

- Tolerancias de los elementos terminados
 - Espesores
 - Ubicación de las juntas cuando estas sean contempladas en el proyecto
 - Dimensiones de las cavidades
 - Otras tolerancias
- Espesor de la capa base de concreto hidráulico
- Producción del concreto
 - Resistencia a la flexión
 - Resistencia a la compresión
 - Consideraciones
 - Módulo de elasticidad
 - Peso unitario
 - Requisitos de durabilidad
 - Valor máximo de contracción del concreto
 - Relaciones agua/material cementante (a/mc)
 - Diseños de mezclas
 - Consideraciones para el uso de cada diseño de mezcla
 - Consideraciones especiales para ajustes del diseño de mezcla
 - Ensayos que se deben realizar al concreto
 - En estado fresco (asentamiento, temperatura, peso unitario)
 - En estado endurecido (resistencia a la flexión, resistencia a la compresión, durabilidad, variaciones dimensionales, contracción durante el fraguado, contracción por secado de la mezcla endurecida)
 - Rangos de temperatura aceptables y consideraciones en caso de temperaturas por fuera del rango
- Transporte del concreto
 - Tipos de transportes y consideraciones para la selección
 - Características de cada sistema de transporte
 - Limitaciones
- Descarga del concreto
 - Distancia máxima de caída libre del concreto
 - Consideraciones en caso de distancias mayores
 - Colocación
 - Consideraciones para la colocación del concreto
 - Secuencia recomendada de colocación
 - Consideraciones para la selección del equipo de colocación
 - Asentamientos asociados a cada diseño de mezcla de acuerdo con el sistema de colocación
- Acabado superficial
 - Procedimientos establecidos para el acabado superficial
 - Chequeo superficial (condiciones para el chequeo, equipos a utilizar, tolerancias)
 - Flotado superficial (sentido y secuencia de flotado, momento de flotado)
- Protección y curado del concreto
 - Sistemas de protección
 - Cubiertas
 - Barreras
 - Sistemas de curado (riegos de agua, membranas de curado, materiales absorbentes, plásticos)
 - Tiempos y características de protección
 - Previa (cubiertas, barreras, cambios en diseños de mezclas)
 - Durante (retardantes de evaporación)
 - Después (curado de zonas en el retiro de formaletas)
- Corte de juntas
 - Diseño de la sección de la cavidad
 - Ancho de cortes
 - Profundidades de corte
 - Plano con la secuencia de corte de juntas

- Sello de juntas
 - Materiales por utilizar
 - Factores de forma
- Apertura al tránsito
 - Criterios de apertura
 - Tipo de tránsito considerado para la apertura
 - Consideraciones
 - Tiempo
 - Resistencia del concreto
 - Elementos asociados a la estructura del pavimento

505.4.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos, en lo referente a la explotación y el procesamiento de materiales.

505.4.3 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determina las proporciones en que se deben combinar los diferentes materiales componentes: agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, de modo de obtener un concreto que cumpla la resistencia, el asentamiento, la manejabilidad, la durabilidad y demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto y las presentes especificaciones.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe suministrar al interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, material cementante, adiciones suplementarias y complementarias, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados

de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el interventor realice las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales, con base en el cumplimiento de los requisitos de la presente especificación, el constructor debe diseñar la mezcla, mediante un método validado por alguna institución técnica nacional o internacional, y debe definir una fórmula de trabajo, la cual debe someter a consideración del interventor. Dicha fórmula debe señalar:

- El tipo de material cementante.
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta.
- Las dosificaciones de agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos, se deben hacer en peso por volumen unitario de concreto (usualmente un metro cúbico (1 m³) de concreto, o fracción de este). La cantidad de agua y los aditivos líquidos se pueden dar por peso o por volumen. Para todo efecto se deben seguir los lineamientos de la NTC 3318.
- Módulo de finura del agregado fino.
- El contenido de aire (si se ha especificado).
- La resistencia a compresión de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen en el concreto a usar, se mide según la norma INV E-410/NTC 673.
- Módulo de rotura de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades

adicionales que se especifiquen para el concreto a usar, se mide según la norma INV E-414/NTC 2871.

- La consistencia se debe medir mediante el asentamiento INV E-404 o NTC 396. Cuando se requiera, se puede medir según el ensayo de flujo libre, norma NTC 5222 (aplicable para mezclas de más de 230 mm). Se pueden utilizar medios electrónicos para medir la consistencia del concreto siempre que se realicen correlaciones con los ensayos INV E-404/NTC 396 o NTC 5222, la que sea aplicable, y debe ser aprobado por el interventor. El constructor debe determinar la consistencia de cada concreto, teniendo en cuenta las condiciones específicas del proyecto (sistema de colocación, condiciones ambientales, tipo de estructura, materiales componentes, entre otras) y este debe ser aprobado por el interventor.

La fórmula de trabajo se debe reconsiderar cada vez que varíe alguno de los parámetros anteriormente mencionados de los siguientes factores:

- El tipo o la clase del material cementante.
- El tipo, la absorción y el tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0,2).
- La gradación del agregado combinado en una magnitud tal, que ella se salga de la tolerancia fijada.
- La naturaleza y la proporción de los aditivos.
- El método de colocación del concreto.
- La procedencia del agua.
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 505 — 3.

En caso de variar cualquier otro parámetro, el interventor puede exigir la modificación de la fórmula de trabajo para que esta se ajuste a la variación de los parámetros realizada.

El constructor debe considerar que el concreto sea dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a la compresión y a la flexión promedio suficientemente superior a la especificada en los documentos del proyecto, según la clase de concreto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor especificado. Para esto se deben cumplir los lineamientos de la NSR. Con este fin, el constructor debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño depende de la desviación estándar de la resistencia, durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado, a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Al efectuar las mezclas de prueba en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deben ser elaboradas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402/NTC 1377 y ensayadas según la norma de ensayo INV E-410/NTC 673 e INV E-414/NTC 2871. Se deben elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para la clase de concreto) en función de la relación agua/material cementante (a/mc) y del contenido de material cementante. Estas curvas se deben basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen mezclas de prueba que den lugar a resistencias por encima y por debajo de la requerida. Cada punto debe representar

el promedio de, por lo menos, dos (2) cilindros estandarizados de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de diámetro por treientos milímetros (300 mm) de altura o dos (2) vigas estandarizadas de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de ancho por ciento cincuenta milímetros (150 mm) de alto y quinientos milímetros (500 mm) de longitud, ensayados a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para la clase de concreto).

Los valores de la relación a/mc máxima y del contenido mínimo de material cementante admisibles por resistencia para el concreto a ser empleado en la base, deben ser los que permitan obtener una resistencia promedio por encima de la resistencia de diseño.

En todos los casos, la relación a/mc y el contenido de material cementante deben cumplir los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad correspondientes

a la clase de concreto definida en los documentos del proyecto.

El interventor debe aprobar el diseño de mezcla propuesto; sin embargo, esto no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan con base en dicho diseño, ni exime al constructor de su responsabilidad de cumplir todos los requisitos de las especificaciones y de los documentos del proyecto. La aceptación de las obras para fines de pago depende de su correcta ejecución y de la obtención de la resistencia mínima especificada para la respectiva clase de concreto, resistencia que debe ser comprobada con base en los ensayos realizados a las mezclas realmente incorporadas en tales obras.

No se permite ningún cambio al diseño de la mezcla sin autorización del interventor. En la Tabla 505 – 4 se presentan los criterios de diseño de la mezcla.

Tabla 505 – 4. Criterios de diseño de la mezcla para la base de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Resistencia a la compresión a veintiocho días (28 d) (MPa).	E-410	(Nota)
Resistencia a la compresión a siete días (7 d), mínimo (MPa).	E-410	(Nota)
Resistencia a la flexión a la edad de diseño (MPa).	E-414	(Nota)
Contenido de aire, máximo (%).	E-406	3,5
Asentamiento (mm):	E-404	0
- Formaleta deslizante		75 ± 25
- Flota motorizada		75 ± 25
- Regla vibratoria		75 – 100
- Rodillo vibratorio		100 – 125
- Cimbra de rodillo		175 ± 25
- <i>Fast track</i>		

Nota: los requisitos de resistencia a la flexión y a la compresión, deben ser definidos por el diseñador, o deben estar establecidos en los documentos del proyecto, de acuerdo con las necesidades de la estructura.

El requisito sobre resistencia máxima a los veintiocho días (28 d) se puede obviar, si se diseñan y construyen juntas en la capa de base de concreto hidráulico. Esto debe ser aprobado por el interventor.

Para cada dosificación ensayada, se controla el asentamiento bajo la norma INV E-404/NTC 396, el módulo de rotura bajo la norma INV E-414/NTC 2871 y resistencia a la compresión bajo la norma INV E-410/NTC 673 a las edades establecidas por el diseñador y, cuando se exija, el contenido de aire incluido bajo la norma INV E-406/NTC 1032.

Los ensayos de resistencia se deben llevar a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, confeccionando series de seis (6) probetas por amasada.

De cada serie se deben ensayar dos (2) probetas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), y se obtienen valores promedio de cada grupo de resultados. Se considera como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor promedio obtenido a veintiocho días (28 d), o la edad de diseño definida para la clase de concreto, supere la resistencia especificada con un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de la mezcla también sobrepase la especificada. Al efecto, el constructor debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia a la compresión de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño depende de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de

producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Es obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los veintiocho días (28 d), para la mezcla diseñada, según la norma de ensayo INV E-424/NTC 4025. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla debe ser diseñada para cumplir también con dicho requisito.

El constructor debe remitir al interventor el diseño completo de la mezcla, mostrando las proporciones y los resultados del módulo de rotura y resistencia a la compresión del concreto a siete días (7 d), veintiocho días (28 d) y los destinados como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), así como el módulo de elasticidad y la densidad del concreto endurecido, determinada según la norma de ensayo NTC 5653 (ASTM C642). El diseño debe incluir una copia de todos los resultados de ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, donde se indique tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos. También, debe incluir el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla, este último, cuando el diseño lo contemple. El diseño no puede tener una edad superior a noventa días (90 d) y la producción industrial de la mezcla no puede comenzar hasta que el interventor apruebe el informe de diseño por escrito.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el desarrollo de la fórmula de trabajo de la mezcla, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

505.4.4 Almacenamiento de materiales

Los agregados, el material cementante, las adiciones suplementarias, los aditivos y las adiciones complementarias se deben almacenar de tal forma que se prevenga su deterioro o contaminación. Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado no se debe usar para la elaboración del concreto. Para prevenir esta situación, los materiales se deben almacenar de acuerdo con las siguientes indicaciones:

505.4.4.1 Almacenamiento de los agregados pétreos

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.1 del artículo 630.

505.4.4.2 Almacenamiento del material cementante y adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.2 del artículo 630.

505.4.4.3 Almacenamiento de aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.3 del artículo 630.

505.4.5 Tramo de prueba

Rige lo establecido en el numeral 500.4.5 del artículo 500.

505.4.6 Construcción de la base en concreto hidráulico

505.4.6.1 Preparación de la superficie existente

Rige lo establecido en el numeral 500.4.6.1 del artículo 500.

505.4.6.2 Elaboración de la mezcla

Rige lo establecido en el numeral 630.4.6 del artículo 630.

505.4.6.3 Transporte del concreto al sitio de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.4.7 del artículo 630.

505.4.6.4 Sistemas de colocación

Rige lo establecido en el numeral 500.4.6.4 del artículo 500.

505.4.6.5 Esquema de pavimentación

Rige lo establecido en el numeral 500.4.6.5 del artículo 500.

505.4.6.6 Descarga del concreto

Rige lo establecido en el numeral 500.4.6.6 del artículo 500.

505.4.6.7 Acabado superficial

Rige lo establecido en el numeral 500.4.6.8 del artículo 500, exceptuando el macrotexturizado.

505.4.6.8 Protección y curado del concreto

Rige lo establecido en el numeral 500.4.6.9 del artículo 500.

505.4.6.9 Remoción de formaletas

Cuando la base se construya entre formaletas fijas, el desformaleteado se debe efectuar luego de transcurridas dieciséis horas (16 h), a

partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el interventor puede aumentar o reducir el tiempo, en función de la consistencia alcanzada por el concreto.

505.4.6.10 Ejecución de juntas

Los documentos del proyecto pueden hacer necesaria la construcción de juntas en la base de concreto.

Se debe cuidar que las juntas longitudinales de la base no coincidan en ubicación con las previstas para las losas de la capa de rodadura. El desplazamiento debe ser, cuando menos, de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

En las juntas longitudinales resultantes de colocar una franja de concreto contra otra ya construida, se aplica al canto de esta un producto que evite la adhesión del concreto nuevo con el antiguo.

Se debe tener especial cuidado de que el concreto nuevo que se coloque a lo largo de la junta sea homogéneo y quede perfectamente compactado, especialmente cuando la junta sea del tipo machihembrado. Si se observan desperfectos en el borde construido, se deben corregir antes de aplicar el producto antiadherente.

Las juntas transversales de construcción se deben disponer al fin de la jornada de trabajo o cuando se presente una interrupción que haga temer el comienzo del fraguado.

Las juntas transversales de contracción se deben ubicar en posición coincidente con las previstas para las losas del pavimento. Su ejecución se hace en fresco.

505.4.6.11 Apertura al tránsito

Rige lo establecido en el numeral 500.4.6.16 del artículo 500.

505.4.6.12 Requisitos de temperatura

No se permite la extensión de la mezcla para la construcción de la base de concreto hidráulico, mientras no hayan sido realizadas la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente.

Los trabajos de construcción de la base de concreto hidráulico se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, si el constructor garantiza el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este.

El vaciado del concreto se debe interrumpir siempre que llueva con una intensidad tal que pudiera producir, a criterio del interventor y por instrucción de este, el lavado del concreto o la pérdida del acabado de la base.

En zonas calurosas, se deben extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30 °C), se debe contemplar el empleo de aditivos retardadores de fraguado y/o de agua fría en la elaboración de la mezcla, lo que debe ser aprobado por el interventor. La temperatura de la mezcla no puede exceder de treinta y ocho grados Celsius (38 °C) en el instante de su colocación.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, tampoco puede ser inferior a cinco grados Celsius (5 °C) y se prohíbe la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0 °C) o cuando la temperatura ambiente sea inferior a cuatro grados Celsius (4 °C).

505.4.7 Conservación

Todo concreto defectuoso o deteriorado que no cumpla las características establecidas en el diseño, debe ser intervenido por el constructor para llevarlo a las condiciones de diseño, sin costo adicional para INVÍAS. En todo caso, los procedimientos deben ser aprobados por el interventor. Se debe dejar registrado en los documentos del proyecto las reparaciones realizadas y el método de reparación.

El constructor debe mantener en perfectas condiciones la base de concreto hidráulico, de manera que se cumplan los requisitos mínimos establecidos en el presente artículo, hasta el instante de colocación de la capa superior y el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para INVÍAS.

505.4.8 Manejo ambiental

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

Sea que los agregados los explote el constructor o le sean suministrados por terceros, el interventor debe verificar que se encuentren vigentes todas las licencias para su explotación. Así mismo, se debe controlar que todos los procesos de preparación de agregados, elaboración, transporte y colocación de la mezcla, y el acabado de la base se realicen cumpliendo cabalmente las normas y disposiciones ambientales vigentes.

Al término de los trabajos de construcción de la base de concreto hidráulico, el constructor debe limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales de la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer tramos de base de concreto hidráulico, los productos de la demolición son de propiedad del constructor, quien debe disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole a INVÍAS.

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

505.5 Condiciones para el recibido de los trabajos

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración y el manejo de los agregados, así como en cuanto a la manufactura, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas de concreto.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la mezcla de concreto, durante el periodo de ejecución de las obras.
- Verificar permanentemente el asentamiento y el contenido de aire de la mezcla, si este se ha especificado.
- Tomar cotidianamente muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia.
- Tomar núcleos para determinar el espesor de la base, su densidad y su resistencia a la compresión.
- Realizar medidas para levantar perfiles y comprobar la regularidad de la superficie de la base terminada.

Los laboratorios en donde se realizan los ensayos necesarios para el control de la calidad de los materiales del concreto y el control de la calidad del concreto, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resulta-

dos informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI, mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes de ensayos deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

Los orificios que dejen los núcleos para determinar el espesor de la base y otros controles a que haya lugar, deben ser rellenados por el constructor, sin costo alguno para INVÍAS, con una mezcla de iguales características que la empleada en la construcción de la base, la cual debe ser correctamente compactada, enrasada y curada.

505.5.1 Control de materiales

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1 del artículo 630.

505.5.1.1 Calidad del cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.1 del artículo 630.

505.5.1.2 Calidad de las adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.2 del artículo 630.

505.5.1.3 Calidad de los aditivos, de las adiciones complementarias y de los productos químicos de curado

El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del interventor.

505.5.1.4 Calidad del agua

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.3 del artículo 630.

505.5.1.5 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de concreto y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y se deben ejecutar los ensayos que permitan verificar el cumplimiento

de los requisitos establecidos en el numeral 505.2.1.3. También, se debe evaluar su reactividad, según las indicaciones del numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

Los resultados de todas estas pruebas deben satisfacer las exigencias de los numerales anteriormente citados. Los agregados que no las cumplan, no pueden ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar los acopios y ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos vegetales, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También ordena acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación, partículas alargadas o aplanadas o plasticidad, y vigila la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, sea que el constructor elabore la mezcla o tenga un proveedor que se la suministre, se debe verificar la calidad de los agregados, mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 505 —5, con la frecuencia indicada en ella.

Los resultados de los ensayos deben satisfacer todos los requisitos establecidos en el presente artículo y lo definido en la fórmula de trabajo. En caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos debe ser rechazada y los tramos vaciados con el concreto cuestionado deben ser demolidos y contruidos nuevamente, a expensas del constructor y hasta contar con la aprobación del interventor.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se debe ajustar a la franja de tolerancia. Esta se construye a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 505 — 3.

Tabla 505 — 5. Ensayos de verificación sobre los agregados para bases de concreto hidráulico

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	INV E-213	1 por jornada
Módulo de finura	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro- Deval	INV E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: Seco y húmedo	INV E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	INV E-220	1 por mes
Reactividad de los agregados	Ver numeral 630.5.1.4 del artículo 630	Tabla 630 — 17

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Limpieza (F)		
Impurezas en agregado grueso	INV E-237	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznable	INV E-211	1 por semana
Partículas livianas	INV E-221	1 al inicio del proyecto, 1 cada cambio de fuente y 1 cada 2,5 meses
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	INV E-214	1 por semana
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	INV E-212	1 por semana
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, máximo (%)	INV E-233	1 por semana
Absorción		
Absorción de agua, máximo (%)	INV E-222	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente	INV E-227	1 por jornada
Partículas planas y alargadas	INV E-230	1 por semana

En el caso de que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida para la fórmula de trabajo, pero no se salgan de las franjas normativas, el proveedor o el constructor deben preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa, que se somete a todas las pruebas de valoración descritas en el presente artículo. En el caso de que no cumpla todos los requisitos, el constructor debe demoler y retirar, a sus expensas, las losas cuestionadas y reponerlas, sin costo alguno para INVÍAS.

505.5.1.6 Calidad de los aditivos y de los productos químicos para curado

El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que garanticen la

calidad y la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del interventor.

505.5.2 Control del concreto

De cada elemento de transporte a la obra, se debe controlar el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado cuya envuelta no sea homogénea es rechazado por el interventor, sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

505.5.2.1 Control de la dosificación

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.3 del artículo 630.

505.5.2.2 Control de la consistencia

Se debe controlar la consistencia de cada carga transportada, para lo cual se debe extraer una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento (INV E-404/NTC 396). El resultado obtenido se debe ajustar al establecido al definir la fórmula de trabajo, con las

tolerancias que muestra la Tabla 505 – 6. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en la Tabla 505 – 4, se debe tomar una segunda muestra del mismo camión y se debe repetir el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y las tolerancias especificados, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se debe rechazar.

Tabla 505 – 6. Tolerancias en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la fórmula de trabajo

Característica	Construcción	Tolerancia
Asentamiento (mm)	Formaleta deslizante	Ver Tabla 505 – 4
	Flota motorizada	
	Regla vibratoria	
	Rodillo vibratorio	
	Cimbra de rodillo	
	<i>Fast track</i>	
Contenido de aire (%), cuando esté especificado	Formaletas fijas	+ 1,8
	Formaletas deslizantes	+ 1,8

505.5.2.3 Control del contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se debe controlar según la norma de ensayo INV E-406/NTC 1032 en cada uno de los tres (3) primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y en los tres (3) primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de dicha jornada. Los resultados se deben ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 505 – 6. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia establecidos en la Tabla 505 – 6, se debe tomar una segunda

muestra del mismo camión y se debe repetir el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se debe rechazar. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se debe suspender la producción de la mezcla y la construcción de la base, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

505.5.2.4 Control de la densidad del concreto

Se debe controlar el peso unitario del concreto en estado fresco siguiendo la norma de ensayo INV E-405.

A los testigos extraídos de la base terminada se les debe determinar su densidad, según la norma de ensayo ASTM C642.

En principio, los resultados deben ser reportados, pero no se debe emplear como criterio para aceptación o el rechazo de la base construida, salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular así lo indiquen y establezcan un criterio para su calificación. Sin embargo, si la densidad promedio de los núcleos de un lote es menor de noventa y siete por ciento (97 %) o algún núcleo presenta densidad menor de noventa y seis por ciento (96 %), con respecto a la densidad del concreto elaborado al definir la fórmula de trabajo, es indispensable que el constructor mejore el vibrado del concreto, de manera que los requisitos establecidos anteriormente se logren en las posteriores verificaciones. Si la situación persiste, el interventor debe ordenar la suspensión de la construcción del pavimento de concreto hasta que el constructor demuestre, mediante la ejecución de un nuevo tramo de prueba y su verificación, aprobado por el interventor, que puede colocar el concreto, dado que cumple tales requisitos.

En cualquier caso, la presencia de hormigueros en los núcleos hace obligatoria la demolición de las losas afectadas y su reconstrucción con otras que cumplan todos los requisitos de esta especificación.

505.5.2.5 Control de temperatura

Se debe controlar la temperatura del concreto en estado fresco, para cumplir la norma de ensayo ASTM C1064. Si la temperatura del concreto, medida en la entrega de este, no

cumple los requisitos del numeral 505.4.6.12 del presente artículo, se debe realizar inmediatamente una medición adicional sobre una nueva muestra del mismo despacho. Si no se cumplen los requisitos de temperatura, el concreto no se puede usar en obra.

505.5.2.6 Control del módulo elástico del concreto

Sobre los núcleos cilíndricos extraídos de la capa base para el control de espesores, numeral 500.5.3.2 del artículo 500, se debe determinar el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-424.

El valor promedio de cada lote debe ser reportado y se debe emplear, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales del pavimento.

505.5.2.7 Control de la resistencia del concreto

Rige lo establecido en el numeral 500.5.2.8 del artículo 500.

505.5.3 Control del curado

Todo vaciado de concreto que no sea correctamente curado, puede ser rechazado por el interventor. Si se trata de una superficie de contacto con vaciados subsecuentes de concreto, deficientemente curada, el interventor puede exigir la remoción de una capa hasta de cinco centímetros (5 cm) de espesor, por cuenta del constructor, y su consecuente reposición con una mezcla satisfactoria, correctamente curada.

Los especímenes curados en las mismas condiciones de la obra deben dar como mínimo el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia de los curados en agua para control de calidad. El cumplimiento de este requisito es garantía de que se está realizando un curado efectivo en obra.

Solo para efectos de aceptación y rechazo de la capa base de concreto hidráulico, se debe medir la resistencia del concreto, tanto en especímenes de control de calidad de obra como en especímenes de control del desarrollo de resistencia del concreto ya instalado, mediante la disposición de cilindros de control de la calidad al pie del elemento y/o extracción y ensayo de núcleos (NTC 3658 extracción de núcleos). Lo anterior para determinar la efectividad de las labores de compactación y curado, si existe alguna incertidumbre con la estructura o con la resistencia en probetas.

505.5.4 Calidad del producto terminado

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y las pendientes establecidas en los documentos del proyecto o modificadas con autorización del interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no puede ser menor que la indicada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la base curada no debe variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera, no deben existir depresiones mayores a diez milímetros (10 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma

de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las áreas donde las depresiones excedan el valor admisible deben ser delimitadas por el interventor y deben ser corregidas por el constructor, a sus expensas, mediante algún procedimiento aprobado por el interventor, que garantice que no se van a producir pérdidas de resistencia ni de espesor en el conjunto de la capa.

Además, se deben efectuar las siguientes verificaciones:

505.5.4.1 Espesor de la base

Durante la construcción de la base se deben nivelar el eje y los bordes de la base, cada veinte metros (20 m) a lo largo del eje, tanto sobre la superficie de soporte de esta, como en la superficie de la base de concreto hidráulico, después de su ejecución y curado. Estas verificaciones de nivel se deben realizar exactamente en los mismos puntos. Estas mediciones de niveles se deben usar como guía para delimitar zonas cuyo espesor, evaluado como se indica en los párrafos siguientes de este numeral, resulte deficiente, o para determinar la toma de núcleos adicionales cuando los resultados de la nivelación muestren que existen posibles deficiencias de espesor.

Así mismo, una vez retiradas las formaletas, se deben realizar las verificaciones de espesor en los costados de las losas.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se debe realizar por lotes. Se

deben usar los mismos lotes establecidos para la verificación de la resistencia, numeral 500.5.2.8 del artículo 500. Cada lote se debe subdividir en, al menos, tres sublotes de máximo trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m²) cada uno. De cada sublote se deben extraer dos (2) testigos cilíndricos o núcleos, mediante equipos provistos de brocas rotativas (norma de ensayo INV E-418/NTC 3658). Los testigos se deben extraer luego de transcurridos quince días (15 d) desde la colocación del concreto. Los espesores de los núcleos se deben medir, según la norma de ensayo INV E-419.

Los agujeros dejados por los núcleos en la base se deben rellenar, a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad de la base o superior, que no se contraiga. Antes de su colocación, es necesario aplicar una resina en las paredes del agujero, según lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un sublote resulta inferior al espesor de diseño (e_d) en más de diez milímetros (10 mm), el constructor debe demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir la base a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se sigue cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al espesor de diseño (e_d). El material producto de la demolición es de propiedad del constructor.

Se considera como espesor promedio del lote (e_m), el promedio de las alturas de los testigos extraídos de él, redondeado al milímetro (mm). Cuando corresponda la demolición de

un sector por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de sus testigos no se deben considerar en el cálculo del espesor promedio del lote (e_m).

Si el espesor promedio del lote (e_m) es inferior al espesor de diseño (e_d) en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), la base, en cuanto hace a su espesor, se debe aceptar con descuento por deficiencia de espesor. El descuento se debe aplicar al lote del cual se extrajeron los testigos, previa deducción de los sectores donde haya correspondido la demolición y la reconstrucción. El descuento (D), en tanto por uno, por aplicar en el pago por metro cúbico de base de concreto en el lote así afectado, se calcula con la expresión:

$$D = \left(1 - \frac{(e_m + 2)^2}{e_d^2} \right) \quad [505.1]$$

Donde:

e_d , espesor de diseño, en milímetros (mm).

e_m , espesor promedio del lote, en milímetros (mm).

El factor de ajuste de precio por espesor (FAE) (menor o igual que la unidad), que se aplica al precio unitario del contrato para el pago de los lotes correspondientes al lote analizado, es el resultado de restar el descuento (D) de la unidad.

$$FAE = 1 - D \quad [505.2]$$

Cuando el espesor promedio del lote (e_m) sea inferior al espesor de diseño (e_d) en más de siete milímetros (7 mm), el constructor debe demoler, retirar y disponer escombros y

reconstruir la base, a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. La base reconstruida se debe someter a las mismas valoraciones de calidad especificadas en este artículo, en cualquier tramo de base, para efectos de su aprobación o rechazo.

Si un lote califica para ser demolido, de acuerdo con el párrafo anterior, pero los resultados de alturas de núcleos y mediciones topográficas sugieren que la deficiencia no es generalizada, sino que está concentrada en algún sublote, la zona restante puede ser analizada nuevamente, tratándola como un lote. En este caso, puede ser necesario tomar núcleos adicionales para cumplir el mínimo de tres (3) sublotes dentro de este.

Todos los núcleos extraídos para la medida del espesor deben ser sometidos, sucesivamente, a ensayos de densidad, módulo de elasticidad y resistencia a la compresión.

505.5.4.2 Defectos a edades tempranas

Si se presentan fisuras tempranas, se debe realizar una revisión detallada de las mezclas utilizadas, de los asentamientos medidos, del manejo de las películas o del procedimiento de protección y curado, del tiempo de ejecución de los cortes, de la temperatura ambiente y del concreto y, en general, de todos los elementos que puedan haber incidido en la ocurrencia del fenómeno.

La base no debe presentar grietas. El interventor puede aceptar pequeñas fisuras de retracción plástica, de corta longitud y que

de manera manifiesta no afecten más que de forma limitada a la superficie del pavimento, y exigir su sellado.

La resina polimérica debe cumplir lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630, y se debe aplicar de acuerdo con un procedimiento previamente aprobado por el interventor.

En todos los casos, el constructor debe presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas propuestas, incluyendo materiales, dimensiones y procedimientos que pretende utilizar para la reparación del pavimento.

505.6 Medida

La unidad de medida de la base de concreto hidráulico debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aceptado por el interventor, de acuerdo con lo exigido en este artículo. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se debe determinar multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor mostrados en los documentos del proyecto. En aquellos lotes aceptados cuyo espesor promedio resulte inferior al de diseño, el volumen se debe determinar usando el espesor promedio del lote, en lugar del espesor mostrado en los documentos del proyecto. No se debe medir, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

505.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, multiplicado por el factor de ajuste total (*FAT*). Este es el mismo *FAE*, definido anteriormente, por toda obra ejecutada de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El *FAT*, se calcula para cada lote individual y tiene un valor máximo de la unidad (1).

$$FAT=FAE \quad [505.3]$$

El precio unitario debe cubrir todos los costos de adquisición, obtención de licencias ambientales, permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales y el descapote y la preparación de las zonas por explotar. Debe cubrir, también, todos los costos de explotación de las fuentes de materiales. La selección, la trituración, el eventual lavado y la clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, los cargues, los transportes, los descargues y la mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla de concreto cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; la obtención, el transporte, el suministro y la aplicación del agua requerida para el humedecimiento de la superficie de apoyo de la base; el costo de la definición de la fórmula de trabajo; el suministro, la colocación y el retiro de las formaletas fijas cuando ellas se utilicen; el suministro y la aplicación de los materiales de curado; el transporte del concreto al sitio de los trabajos,

su colocación y vibrado; la ejecución de juntas en fresco o por aserrado; el acabado superficial y el curado requerido; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación; el tramo de prueba; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito público durante la realización de las obras y durante el periodo de curado; la limpieza final del sitio de los trabajos al término satisfactorio de estos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

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

La preparación de la superficie existente, salvo el humedecimiento, se considera incluida en el ítem referente a la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por tanto, no hay lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está incluido en el contrato, el constructor debe incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario de la base de concreto hidráulico.

505.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
505.1	Base de concreto hidráulico	Metro cúbico (m ³)

Pavimento de adoquines de concreto

Artículo 510 – 22

510.1 Descripción

Este artículo se refiere a la construcción de una capa de rodadura de adoquines de concreto para tránsito peatonal y vehicular sobre llanta neumática y cargas estáticas distribuidas. Aquí se especifican los procedimientos de colocación de una capa de arena, la colocación, la compactación y el confinamiento de adoquines de concreto y el sello de juntas, de acuerdo con los alineamientos indicados en los documentos del proyecto.

510.2 Materiales

510.2.1 Adoquines

Los adoquines de concreto deben cumplir todos los requisitos establecidos en la NTC 2017, junto con los requisitos de calidad que se presentan en la Tabla 510 – 1. Estos requisitos reemplazan los establecidos en la

NTC 2017 para porcentaje máximo de absorción de agua y resistencia a la abrasión.

Cuando en los documentos del proyecto no se especifique las dimensiones de los adoquines, estos deben ser rectangulares biselados de veinte centímetros (20 cm) de largo, diez centímetros (10 cm) de ancho, incluyendo separadores y ocho centímetros (8 cm) de espesor.

Para los niveles de tránsito NT1, NT2 y NT3 (clasificación según el artículo 100, Ámbito de aplicación, términos y definiciones), y según la NTC 2017, el espesor mínimo puede ser de seis centímetros (6 cm). Para tránsito peatonal, se pueden emplear adoquines con espesores de cuatro centímetros (4 cm) como medida mínima. Sin embargo, se debe garantizar que no haya ningún tipo de tránsito vehicular que pueda deteriorar el pavimento. El interventor debe aprobar esta dimensión, de acuerdo con las características del proyecto.

Tabla 510 – 1. Requisitos de calidad para adoquines de concreto

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Valor promedio de 5 elementos	Valor individual
Resistencia a la compresión a veintiocho días (28 d), mínimo (MPa)	E-426	55 MPa (Ver nota)	50 MPa (Ver nota)
Absorción, máximo (%)	E-427	5	7

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Valor promedio de 5 elementos	Valor individual
Resistencia a la abrasión mediante chorro de arena: - Coeficiente de pérdida de volumen por abrasión, máximo (cm ³ /cm ²) - Pérdida promedio de espesor, máximo (mm)	E-425	15/50	-
		3	-

Nota: Requisito exigible sólo para vías NT2 y NT3

510.2.2 Arena para la capa de soporte

La arena utilizada para la capa de soporte de los adoquines debe ser de origen aluvial, sin trituración, libre de polvo, materia orgánica y de cualquier sustancia contaminante. Esta debe ser aprobada por el interventor y debe,

además, satisfacer los siguientes requisitos granulométricos y de calidad:

510.2.2.1 Granulometría

La arena por emplear se debe ajustar a la gradación que se indica a la Tabla 510 – 2:

Tabla 510 – 2. Granulometría de la arena para soporte de los adoquines

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

510.2.2.2 Calidad

La arena para la capa de soporte de los adoquines debe cumplir los requisitos de calidad especificados en la Tabla 510 – 3.

sin trituración, libre de polvo, materia orgánica y de cualquier sustancia contaminante. Esta debe ser aprobada por el interventor y además debe cumplir los rangos granulométricos establecidos en la Tabla 510 – 4.

510.2.3 Arena para el sello

La arena utilizada para el sello de las juntas entre los adoquines debe ser de origen aluvial,

En cuanto a calidad, la arena para sello debe cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 510 – 3:

Tabla 510 – 3. Requisitos de calidad de la arena para la capa de soporte y para el sello de juntas de los adoquines

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-245	8
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio, máximo (%).	E-220	7
Geometría de las partículas (F)		
Partículas subangulares y subredondeadas combinadas, mínimo (%).	E-102	60
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad.	E-125 y E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	60

Tabla 510 – 4. Granulometría de la arena para el sellado de juntas

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)					
	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100	Nro. 200
Pasa tamiz (%)						
Única	100	90 – 100	60 – 90	30 – 60	5 – 30	0 – 15

510.2.4 Confinamiento y drenaje

Para evitar el daño de la capa de rodadura, el pavimento debe contar con un confinamiento tanto externo (elementos que rodean el pavimento) como interno (elementos que rodean las estructuras que se encuentran dentro del pavimento), para impedir su desplazamiento a causa del empuje del tránsito vehicular. Estos elementos de confinamiento deben ser construidos antes de la colocación de la arena de soporte y los adoquines.

510.2.4.1 Confinamiento externo

El confinamiento externo para un pavimento de adoquines en concreto debe estar con-

formado por bordillos o concreto fundido in situ. Estos deben cumplir las especificaciones detalladas en el artículo 672, Bordillos en concreto, para garantizar buena capacidad mecánica y la estabilidad de la estructura.

Cuando se requiera el empalme de un pavimento de adoquines con un pavimento de concreto, asfalto o sin capa de rodadura, que presenten bordes irregulares o fracturados, se deben construir bordillos en concreto, para el correcto confinamiento y para marcar la transición entre estructuras.

El sistema de confinamiento debe rodear completamente el área pavimentada y debe penetrar, por lo menos, quince centímetros

(15 cm) en la capa de base que se encuentre bajo la capa de arena y su nivel superior debe cubrir, como mínimo, la mitad del espesor del adoquín, después de compactado.

510.2.4.1.1 Drenaje de confinamiento externo

Para evitar la acumulación de agua y el deterioro de la base o la subbase, la capa de arena de soporte se debe drenar, por medio de la construcción de un sistema que conduzca el agua por fuera de la estructura de pavimento, a través de tubos verticales. Se recomienda que el diámetro sea de al menos dos coma cincuenta y cuatro centímetros (2,54 cm) (1 pulgada). Los drenajes se deben ubicar donde se prevea concentración de aguas. Este debe atravesar la estructura desde la base hasta la parte baja de la arena de capa de soporte y se deben llenar de un material granular de igual tamaño. La entrada del sistema de drenaje debe ser cubierto con un parche de geotextil no tejido para evitar la migración de la arena.

De manera alternativa, se pueden utilizar drenajes horizontales que atraviesen el confinamiento de uno coma veintisiete centímetros (1,27 cm) (1/2 pulgada) de diámetro, ubicados en la parte inferior de la capa de soporte, con el objetivo de evacuar el agua del pavimento. De igual manera, se debe cubrir la entrada del tubo con un parche de geotextil no tejido, para evitar la migración de la arena. Cualquier diseño propuesto se debe llevar a evaluación y se debe comprobar su eficiencia. Para la implementación, el interventor debe aprobar el sistema.

510.2.4.2 Confinamiento interno

Cuando existan estructuras dentro del pavimento como sumideros, cámaras de inspección

o cualquiera que interfiera con una sección continua de la capa de rodadura de adoquines de concreto, se debe construir un recubrimiento de concreto (prefabricado o vaciado en obra) alrededor de estas estructuras. Se debe colocar confinamiento transversal en el sentido del flujo (peatonal o vehicular) cada cierta distancia. El interventor debe aprobar esta distancia.

510.2.4.2.1 Drenaje de confinamiento interno

El confinamiento interno debe contar con drenajes horizontales que atraviesen el confinamiento, de uno coma veintisiete centímetros (1,27 cm) (1/2 pulgada) de diámetro y alineados con la parte inferior de la capa de arena de soporte cada cuarenta centímetros (40 cm). Un parche de geotextil no tejido debe cubrir la entrada del tubo, para evitar la migración de la arena y para garantizar un flujo eficiente del agua a través de la estructura, evitando así el estancamiento del agua. Se puede usar de otro sistema para drenar, por medio del confinamiento interno. Este se debe evaluar y se debe comprobar su eficiencia. Para su implementación, el interventor debe aprobar el sistema.

510.2.5 Drenaje subterráneo

Para evitar acumulaciones de agua y el deterioro de la base o subbase, se pueden implementar geotextiles que permitan la impermeabilización entre la capa de arena de soporte y la capa base de la estructura, de manera que se permita dirigir, de manera más eficiente, el agua hacia los drenajes en el confinamiento interno y externo. El interventor debe aprobar este geotextil.

510.2.6 Drenaje superficial

Para evacuar el agua superficial, reducir su penetración por las juntas y conducirla hacia a las estructuras de drenaje, el pavimento debe contar con las pendientes y los mecanismos de recolección adecuados. El constructor debe proponer este sistema de drenaje, que, además debe cumplir la normativa correspondiente para cada estructura de drenaje escogida y pendientes para un correcto bombeo.

510.3 Equipo

El equipo necesario para la construcción de una capa de rodadura de adoquines en concreto consiste en herramientas para el transporte ordenado de los adoquines que impidan la alteración de la calidad de las piezas, equipos de corte de adoquines, vehículos para el transporte de la arena, una vibrocompactadora y herramientas manuales como rieles, reglas, enrasadores, palas, llanas, escobas, etc. La vibrocompactadora debe ser de placa con un área entre cero coma veinte y cero coma cincuenta metros cuadrados ($0,20 \text{ m}^2 - 0,50 \text{ m}^2$). No se recomienda utilizar placas más grandes, ya que pueden llegar a fisurar los adoquines, especialmente los adoquines de seis centímetros (6 cm) de espesor.

Para la instalación se pueden utilizar, también, equipos mecánicos adecuados para este propósito. Se debe demostrar su correcto funcionamiento, antes de su uso en obra y el interventor los debe aprobar.

510.4 Ejecución de los trabajos

510.4.1 Preparación de la superficie existente

La capa de arena de soporte de los adoquines no se debe extender hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada, las cotas indicadas en los documentos del proyecto y sea aprobada por el interventor. Todas las irregularidades que excedan los límites de aceptación (artículo 330, Base granular, cuando se trate de bases granulares; artículo 340, Base estabilizada con emulsión asfáltica, cuando se trate de bases estabilizadas con emulsión asfáltica; y artículo 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural, cuando la base es tratada con cemento), se deben corregir de acuerdo con lo establecido en cada una de ellas, hasta contar con la aprobación del interventor.

510.4.2 Colocación y nivelación de la capa de arena de soporte

La arena se debe colocar con una humedad de seis más o menos dos por ciento ($6 \% \pm 2 \%$) y en un espesor uniforme tal que, una vez compactado el pavimento, la capa tenga un espesor entre treinta milímetros (30 mm) y cuarenta milímetros (40 mm). No se debe colocar en condiciones de lluvia o fundados temores de que esta ocurra, para evitar su saturación. En caso de que lo anterior suceda, se debe retirar y se debe homogenizar con arena más seca, para alcanzar la humedad requerida.

Para la colocación y la nivelación de la capa de arena de soporte, se debe hacer uso de tres (3) reglas totalmente rectas, de las cuales

dos (2) deben servir como guías totalmente paralelas que cubran el ancho del pavimento y la tercera como niveladora. Se debe regar suficiente arena tal que, al pasar la regla niveladora, esta pueda ser arrastrada, obteniendo así una superficie constante y uniforme. Esta capa se debe extender coordinadamente con la colocación de los adoquines, de manera que ella no quede expuesta al término de la jornada de trabajo.

Si la arena ya colocada sufre algún tipo de compactación antes de colocar los adoquines, se debe someter a la acción repetida de un rastrillo para devolverla a su carácter suelto y se debe enrasar de nuevo.

510.4.3 Colocación de los adoquines

Para iniciar la colocación de los adoquines se debe verificar que los confinamientos cumplan lo indicado en el numeral 510.2.4. Se deben colocar directamente sobre la capa de arena nivelada, al tope de unos con otros, de manera que generen juntas que no excedan tres milímetros (3 mm).

Los adoquines no se deben nivelar individualmente, pero sí se pueden ajustar horizontalmente para conservar su alineamiento.

Para zonas en pendiente, la colocación de los adoquines se debe hacer preferiblemente de abajo hacia arriba.

La colocación debe seguir un patrón uniforme, el cual se debe controlar con hilos, para asegurar su alineamiento transversal y longitudinal.

Su instalación se debe hacer según un patrón de colocación y un alineamiento escogido a

juicio del constructor, controlado con hilos para asegurar tanto su alineamiento transversal como longitudinal. El patrón de colocación que finalmente se proponga debe contar con la aprobación del interventor. Si estos no son definidos, se pueden usar las siguientes guías para su definición en obra:

510.4.3.1 Adoquines rectangulares de relación largo/ancho de 2/1

El patrón de colocación debe ser preferiblemente de espina de pescado, dispuesto en cualquier ángulo sobre la superficie, patrón que se debe seguir de manera continua, sin necesidad de alterar su rumbo al doblar esquinas o seguir trazados curvos.

Si los adoquines se colocan en hileras, deben cambiar de orientación, para respetar la perpendicularidad a la dirección preferencial de circulación.

510.4.3.2 Adoquines de otras formas

Los adoquines de otras formas se deben tratar de colocar en hileras perpendiculares a la dirección preferencial de circulación, pero sin cambiar el sentido al doblar las esquinas o seguir trazados curvos.

510.4.4 Ajustes

Una vez colocados los adoquines que quepan enteros dentro de la zona de trabajo, se deben colocar ajustes en las áreas que hayan quedado libres contra las estructuras de drenaje o de confinamiento.

Estos ajustes se deben hacer, preferiblemente, partiendo adoquines en piezas con la forma necesaria. Los ajustes cuya área sea inferior

a la cuarta parte del tamaño de un adoquín, se deben hacer después de la compactación final, empleando un mortero compuesto, en volumen, por una (1) parte de cemento, cuatro (4) partes de arena y una cantidad limitada de agua.

510.4.5 Compactación inicial

Una vez terminados los ajustes con piezas partidas, se debe proceder a la compactación inicial de la capa de adoquines, mediante la pasada de una vibrocompactadora de placa, cuando menos dos (2) veces en direcciones perpendiculares.

El área adoquinada se debe compactar hasta un metro (1 m) del borde del avance de la obra o de cualquier borde no confinado. Al terminar la jornada de trabajo, los adoquines deben haber recibido, al menos, la compactación inicial, excepto en la franja de un metro (1 m) recién descrita.

Todos los adoquines que resulten partidos durante este proceso deben ser extraídos y reemplazados por el constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

510.4.6 Sello de juntas y compactación final

Inmediatamente después de la compactación inicial, se debe aplicar la arena de sello sobre la superficie, en una cantidad equivalente a una capa de tres milímetros (3 mm) de espesor y se debe barrer repetidamente y en distintas direcciones, con una escoba o cepillo de cerdas largas y duras. En el momento de su aplicación, la arena se debe encontrar lo suficientemente seca para penetrar con facilidad por las juntas.

Simultáneamente, se debe aplicar la compactación final, durante la cual cada punto de la capa de rodadura debe recibir al menos cuatro (4) pasadas de la vibrocompactadora de placa, preferiblemente desde distintas direcciones. Se debe verificar que no se acumule arena sobre los adoquines y que no se formen protuberancias que provoquen una mala compactación por el hundimiento de tales adoquines.

Si el interventor lo considera conveniente, la compactación se debe completar con el paso de un rodillo neumático o uno liso de rodillos pequeños, con el fin de reducir las deformaciones posteriores del pavimento.

510.4.7 Tramo de prueba

En caso de ser requerido por el interventor, antes de la construcción de la capa de rodadura de adoquines de concreto y una vez propuestos por parte del constructor los sistemas de colocación de la capa de arena de soporte, el patrón de colocación y alineamiento, el sistema de vibración inicial y final, y el sellado de juntas, se puede realizar un tramo de prueba de dos o tres metros (2 m o 3 m) de extensión, con el fin de comprobar estos parámetros, además de verificar los requerimientos mínimos de calidad de los adoquines, la arena de soporte y la arena de sello descritos en las Tablas 510 — 1 y 510 — 3. Se debe comprobar también la eficiencia de los confinamientos, tanto internos como externos y el sistema de drenaje escogido.

510.4.8 Apertura al tránsito

No se debe permitir el tránsito automotor, hasta que el pavimento haya recibido la

compactación final y esté completamente confinado.

510.4.9 Limitaciones en la ejecución

Ninguna de las operaciones que forman parte de la construcción de una capa de rodadura de adoquines de concreto se deben realizar en momento de lluvia o fundados temores de que esta ocurra. Si la capa de arena que sirve de apoyo a los adoquines ha soportado lluvia o agua de escorrentía, se debe levantar y reemplazar por arena suelta de humedad baja y uniforme.

Si se tenían adoquines colocados sin compactar ni sellar, el interventor debe investigar si el agua ha producido erosión de la arena por debajo de las juntas y, en caso de que ello haya sucedido, el constructor debe retirar los adoquines y la capa de arena y repetir el trabajo, sin costo adicional para INVÍAS.

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

510.4.10 Manejo ambiental

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

Al término de los trabajos de construcción del pavimento de adoquines, el constructor debe limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales de la jurisdicción respectiva.

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

510.4.11 Conservación

Durante un lapso de al menos dos (2) semanas, se debe dejar un sobrante de arena esparcido sobre el pavimento terminado, de manera que el tránsito y las posibles lluvias ayuden a acomodar la arena en las juntas.

No se permite lavar el pavimento con chorro de agua a presión, ni recién terminada su construcción, ni posteriormente.

510.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

510.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben efectuar los siguientes controles principales.

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo adoptado y aprobado.
- Llevar a cabo medidas para levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

510.5.2 Condiciones específicas para el recibo y las tolerancias

510.5.2.1 Calidad de la arena

De cada procedencia de las arenas empleadas en la capa de soporte y en el sello y para cualquier volumen previsto, el interventor debe tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deben realizar los ensayos indicados en la Tabla 510 — 3.

Durante la etapa de producción, se deben realizar las verificaciones periódicas de calidad indicadas en la Tabla 510 — 5.

Además, se deben adelantar las pruebas adicionales que le permitan al interventor tener certeza de la calidad de las arenas utilizadas, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer los requisitos indicados en este artículo o, de lo contrario, el interventor debe rechazar aquellos materiales que resulten inadecuados.

Tabla 510 — 5. Verificaciones periódicas sobre las arenas de soporte y sello

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Dureza (O)		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-245	1 por mes
Composición (F)		
Granulometría	E-213	1 por jornada
Geometría de las partículas (F)		
Partículas subangulares y subredondeadas combinadas	E-102	1 por jornada
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana

510.5.2.2 Calidad de los adoquines

Los adoquines deben cumplir las condiciones generales (requisitos físicos, geométricos, apariencia), que se establecen en la NTC 2017 y los requisitos de calidad (resistencia a la compresión, la absorción y la resistencia a la abrasión) indicados en la Tabla 510 – 1.

El constructor debe entregar la certificación expedida por el fabricante, donde conste el cumplimiento de los requisitos mencionados en el párrafo anterior. No se debe aceptar el uso de adoquines que no cuenten con esta certificación.

La certificación no evita la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. Para la comprobación de la calidad de los adoquines, se deben seguir los lineamientos de la NTC 2017, en cuanto al muestreo y a la frecuencia de los ensayos.

510.5.2.3 Calidad del producto terminado

La capa de rodadura terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no puede ser menor que la indicada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la capa de rodadura terminada no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, la superficie de la capa de rodadura terminada no puede presentar irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm), cuando

se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

510.6 Medida

La unidad de medida de una capa de adoquines de concreto debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al metro cuadrado entero, de pavimento colocado y terminado, de acuerdo con esta especificación y aprobado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El área se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del proyecto por el ancho especificado en los documentos del proyecto. No se debe incluir en la medida ningún área por fuera de estos límites.

510.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato y por toda obra ejecutada, de acuerdo con esta especificación y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales, así como los costos de explotación, clasificación, cargues, transportes, descargues, desperdicios, almacenamiento y colocación de la arena conforme lo exige esta especificación.

El precio unitario también debe cubrir todos los costos de adquisición de los materiales para elaborar los adoquines, su fabricación, cargues, transportes, descargues, desperdicios, almacenamiento, colocación, elaboración de ajustes y compactación, así como las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la señalización de la vía y el ordenamiento del tránsito durante el período de realización de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por tanto, no hay lugar a pago separado por dicho concepto. Si dicho ítem no está incluido en el contrato, el constructor debe incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario de la capa de rodadura de adoquines de concreto.

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

Las obras de confinamiento de la capa de rodadura de adoquines se deben ejecutar y pagar, según el ítem correspondiente contemplado en los documentos del proyecto. En el caso de bordillos de concreto, se aplica lo establecido en el artículo 672, Bordillos en concreto.

510.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
510.1	Pavimento de adoquines de concreto	Metro cuadrado (m ²)

510.9 Glosario

510.9.1 Pavimentos de adoquines de concreto

Pavimento de uso peatonal o vehicular cuya capa de rodadura está conformada por adoquines de concreto, una capa de arena como capa de soporte sobre la cual van colocados los mismos y un sello de arena en las juntas entre adoquines, ver Figura 510 – 1.

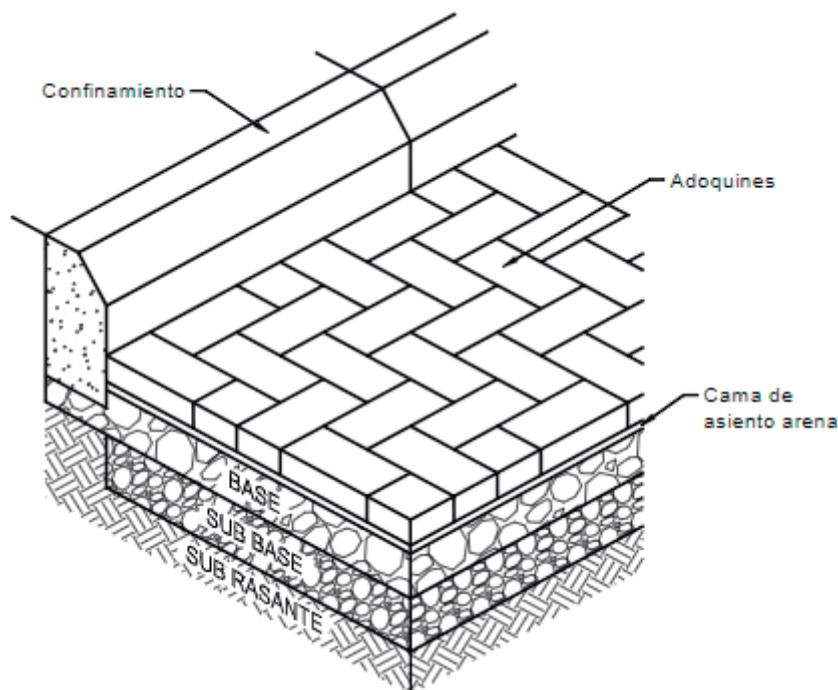


Figura 510 — 1. Estructura de un pavimento de adoquines en concreto

Fuente: Tomado de la NTC 6008.

510.9.2 Tipos de adoquines en concreto

510.9.2.1 Adoquines convencionales de concreto

Elemento macizo de concreto, prefabricado, prismático recto, cuyas bases son poligonales que, en conjunto, permiten conformar una superficie utilizada como capa de rodadura vehicular o peatonal, regidos por la NTC 2017.

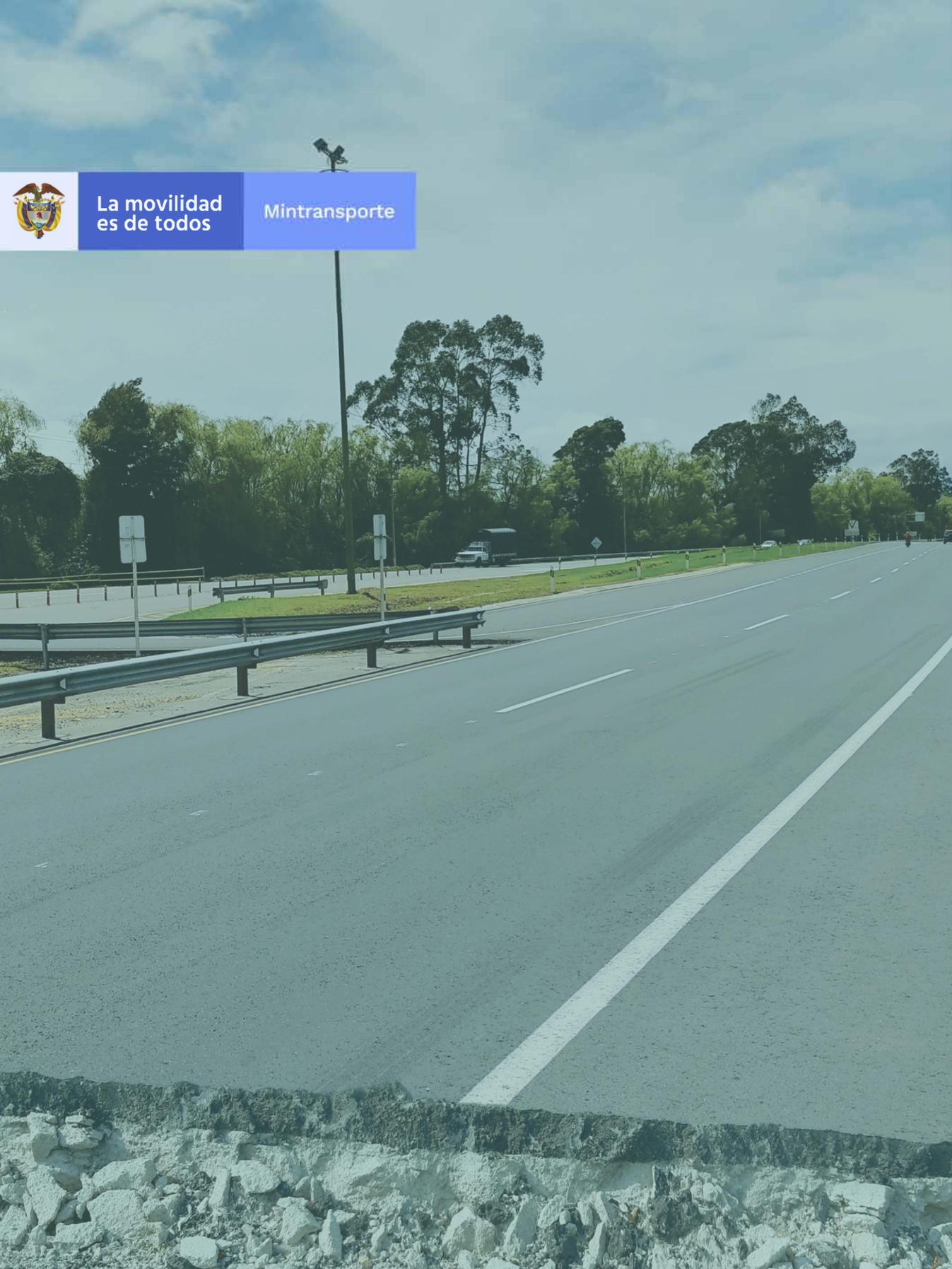
510.9.2.2 Adoquines especiales de concreto

Elementos definidos entre el cliente y el productor, en los cuales su aspecto dimensional, forma, acabados, texturas y condiciones especiales de funcionalidad son diferentes a los adoquines convencionales, que, al igual, deben cumplir los requisitos mínimos exigidos en esta especificación.



La movilidad
es de todos

Mintransporte



UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS