

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTÁ D.C.</b> <small>Instituto</small> <small>DESARROLLO URBANO</small>
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

## SECCIÓN 600-05

### PAVIMENTO DE LOSAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

#### 600.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y vibrado de una mezcla de concreto hidráulico, colocada formando losas como rodadura de la estructura de un pavimento, con o sin refuerzo; la ejecución de juntas entre losas, el acabado, el curado y demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto o determinados por el Interventor.

#### 600.2 MATERIALES

El concreto estará conformado por una mezcla homogénea de cemento, agua, agregados finos y gruesos y aditivos, cuando estos últimos se requieran, materiales que deberán cumplir los siguientes requisitos básicos:

##### 600.2.1 Agregados Pétreos

El Constructor es el responsable de los materiales que suministre para la ejecución de las mezclas de concreto hidráulico y deberá realizar todos los ensayos físicos, químicos, mecánicos y petrológicos que sean necesarios, para asegurar la calidad e inalterabilidad de los agregados que pretende utilizar, independiente y complementariamente de todos los que de manera taxativa se exigen en esta Sección.

##### 600.2.1.1 Agregado grueso

Para el objeto de la presente Sección, se denominará agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No.4). Dicho agregado deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla 600.1 y su gradación deberá ajustarse a alguna de las indicadas en la Tabla 600.2, en la cual también se indica la aplicación de las gradaciones en función del tipo de vía que se califica por su categoría de tránsito.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

**Tabla 600.1**  
**Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico**

Ensayo		Norma de Ensayo	Requisitos por Categoría de Tránsito		
			T0-T1	T2-T3	T4-T5
<b>Petrografía</b>					
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Reportar		
<b>Dureza</b>					
Desgaste Los Ángeles (Gradación B)	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	INV E-218	35	30	30
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo		7 (RO)	6 (RO)	6 (RO)
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1)		50 (RO)	50 (RO)	50
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo		2 (RO)	2 (RO)	2
Micro Deval, % máximo (FT)		ASTM D-6928	30	25	25
10% de finos (RO)	Valor en seco, kN mínimo	BS 812	60	75	75
	Relación húmedo/seco, % mínimo	PART 111	75	75	75
<b>Durabilidad</b>					
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220	18	18	18
<b>Limpieza</b>					
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		INV E-211	0.25	0.25	0.25
Partículas livianas, % máximo		INV E-221	1.0	1.0	1.0
<b>Geometría de las Partículas</b>					
Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo	- 1 cara	INVE-227	60	75	85
	- 2 caras		35	50	70
Índice de Aplanamiento, % máximo (2)		INV E-230	25	25	20
Índice de Alargamiento, % máximo (3)		INV E-230	25	25	20
<b>Características Químicas</b>					
Contenido de sulfatos expresado como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> , % máximo		INV E-233	1.0	1.0	1.0

NA = No Aplica

RO = Reporte obligatorio del resultado del ensayo a partir de la fecha de expedición de estas especificaciones. Los valores de la tabla son indicativos y el resultado del ensayo no será empleado inicialmente como criterio de aceptación o rechazo en los casos donde aparece esta sigla; el IDU fijará la fecha a partir de la cual será requisito obligatorio, previa revisión de los valores sugeridos con base en el análisis de los resultados reunidos a esa fecha.

FT = Reporte obligatorio del resultado del ensayo partir de enero de 2007. Los valores de la tabla son indicativos y el resultado del ensayo no será empleado inicialmente como criterio de aceptación o rechazo; el IDU fijará la fecha a partir de la cual será requisito obligatorio, previa revisión de los valores sugeridos con base en el análisis de los resultados reunidos a esa fecha.

(1) El ensayo de desgaste en la Máquina de los Ángeles después de 48 horas de inmersión se hará con el material en condición saturada y superficialmente seca. Para ello, el material se retirará del recipiente de inmersión, se hará rodar sobre una toalla para secar su superficie y se someterá inmediatamente al ensayo de desgaste.

(2) Partículas planas son aquellas cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTÁ D.C.</b> Instituto DESARROLLO URBANO
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

(3) *Partículas alargadas son aquellas cuya dimensión máxima (longitud) es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción.*

Cuando la fórmula de trabajo exija la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la Tabla 600.1 para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas se medirán sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

**TABLA 600.2**  
**Granulometría del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico**

Tamiz		Porcentaje que pasa			
mm	U.S. Standard	AG 1	AG 2	AG 3	AG 4
57	2 1/4"	100	-	-	-
50	2"	95 - 100	100	-	-
37.5	1 1/2"	-	95 - 100	100	-
25	1"	35 - 70	-	95 - 100	100
19	3/4"	-	30 - 70	-	95 - 100
12.5	1/2"	10 - 30	-	20 - 60	-
9.5	3/8"	-	10 - 30	-	20 - 55
4.75	No. 4	0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 5
<b>Aplicación de Gradaciones en función de la categoría de Tránsito</b>					
<b>Categoría de Tránsito</b>		T0 a T1	T0 a T3	T0 a T5	T0 a T5

#### 600.2.1.2 Agregado fino

Para el objeto de la presente Sección, se denominará agregado fino la fracción que pase el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que sea incluido en los documentos de licitación del proyecto.

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

El agregado fino deberá cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla 600.3 y su gradación deberá ajustarse a cualquiera de las indicadas en la Tabla 600.4.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTA D.C.</b> Instituto DESARROLLO URBANO
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

**TABLA 600.3**  
**Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico**

Ensayo		Norma de Ensayo	Requisito
<b>Petrografía</b>			
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Reportar
<b>Durabilidad</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220	15
<b>Limpieza</b>			
Límite Líquido, % máximo		INV E-125	No plástico
Índice de Plasticidad, % máximo		INV E-126	No plástico
Equivalente de Arena, % mínimo		INV E-133	50
Valor de Azul de Metileno, máximo		EN-933-9	5
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		INV E-211	1
Partículas livianas, % máximo		INV E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No.200) , % máximo		INV E-214	5
<b>Contenido de Material Orgánica</b>			
Color más oscuro permisible		INV E-212	Igual a Muestra patrón
<b>Características Químicas</b>			
Contenido de sulfatos expresado como SO <sub>4</sub> =, % máximo		INV E-233	1.2
<b>Absorción</b>			
Absorción de agua, % máximo		INV E-222	4

**TABLA 600.4**  
**Granulometría del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico**

Tamiz		Porcentaje que pasa	
mm	U.S. Standard	Arena Fina	Arena Gruesa
9.51	3/8	-	100
4.75	No. 4	100	85-100
2.36	No. 8	90-100	60-80
1.18	No. 16	85-90	45-65
0.600	No. 30	75-85	30-55
0.300	No. 50	30-50	15-35
0.150	No. 100	0-20	2-20
0.075	No. 200	0-5	0-5
Material retenido entre dos tamices consecutivos, % máximo		45	45
<b>Módulo de Finura</b>			
Módulo de Finura		1.6 – 1.9	2.8 – 3.2
Variación Máxima del Módulo de Finura durante construcción con respecto a la fórmula de trabajo		0.2	0.2

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

### 600.2.1.3 Reactividad

El análisis petrográfico requerido para los agregados mediante la norma de ensayo ASTM C-295 debe identificar y llamar la atención sobre la presencia de minerales que puedan potencialmente presentar reactividad (ver numeral 4.8 de la norma).

Los agregados, tanto gruesos como finos, no deberán presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO<sub>2</sub> y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma INV E-234, se obtienen los siguientes resultados:

$$\begin{array}{ll} \text{SiO}_2 > R & \text{cuando } R \geq 70 \\ \text{SiO}_2 > 35 + 0.5 R & \text{cuando } R < 70 \end{array}$$

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios anteriores, no debe ser utilizado en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto con base en evaluaciones complementarias, como las indicadas en el anexo informativo de la norma NTC-174. En particular, mediante las normas de la ASTM C-227 y C-1260.

Si se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

### 600.2.1.4 Cemento

#### 600.2.1.4.1 Tipo de Cemento

El cemento utilizado será del tipo Pórtland. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se podrán emplear los denominados Tipo I, 1M ó 3, de acuerdo con la nomenclatura establecida en la norma NTC-30. El Constructor deberá seleccionar y utilizar un mismo tipo de cemento, tanto en calidad como en marca. Cualquier cambio de estas condiciones exigirá un nuevo diseño de la mezcla.

Deberá cumplir lo especificado en la normas NTC 121 (especificaciones físicas y mecánicas) y NTC 321 (especificaciones químicas).

#### 600.2.1.4.2 Adiciones

El cemento podrá tener adiciones; en ese caso, las adiciones deberán ser incorporadas al cemento en la fábrica del mismo. El porcentaje de adiciones al cemento tales como escoria, cenizas volantes o puzolanas, no puede exceder de 15% para vías con categoría de tránsito T4 y T5, ni de 30% para vías con categoría de tránsito T0 a T3; los porcentajes indicados son en peso, con respecto al peso total del cemento con adiciones.

Los tipos de adiciones por emplear pueden ser:

- Cenizas volantes. Las cenizas volantes u otras puzolanas, utilizadas como aditivos o adiciones, deben cumplir la norma NTC 3502 (ASTM C618).

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

- Escoria molida. La escoria molida y granulada de alto horno, utilizada como adición, debe cumplir con la norma NTC 4018 (ASTM C618).
- Humo de sílice. El humo de sílice que se emplee como adición del concreto debe cumplir con la norma NTC 4637 (ASTM C1240).
- Otras adiciones. Se podrán aplicar otros tipos de adiciones diferentes a las aquí mencionadas, siempre y cuando se compruebe que favorecen las propiedades del concreto y que no comprometen su resistencia, durabilidad y estabilidad.

El Constructor deberá anexar el certificado de calidad del cemento e incluir todos los ensayos inherentes al mismo, como parte de su diseño de mezcla.

#### 600.2.1.5 Agua

El agua que se emplee para la mezcla o para el curado del pavimento deberá cumplir con los requisitos de la norma NTC 3459. En todos los casos, deberá ser limpia y libre de aceites, ácidos, azúcar, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial al pavimento terminado. En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano.

El pH medido según norma ASTM D-1293, no podrá ser inferior a cinco (5). En caso de agua reciclada, el contenido equivalente de álcalis expresado como  $\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$  no debe superar el 0.06%.

El contenido de sulfatos, expresado como  $\text{SO}_4^{=}$ , no podrá ser mayor de un gramo por litro (1g/l). Su determinación se hará de acuerdo con la norma ASTM D-516.

Su contenido de ión cloro, determinado según norma ASTM D-512, no podrá exceder de 500 miligramos por litro (500 mg/l).

Para aprobar el agua de la mezcla, se deben realizar dos series de ensayos sobre morteros, uno con agua proveniente de la obra y otro con agua destilada. Las resistencias promedio a la compresión a los 2 y 7 días del mortero con agua de la obra deben ser superiores al 92% de las obtenidas con agua destilada. En el caso de que el valor esté entre 90% y 92% deberán probarse morteros a 28 días y cumplir que la resistencia esté por encima del 90% de la obtenida con agua destilada. Los morteros deben ser preparados y ensayados de acuerdo a la norma NTC 220.

#### 600.2.1.6 Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad, para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares del pavimento por construir. Su empleo deberá definirse por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin que se perturben las propiedades restantes de la mezcla, ni representen peligro para la armadura que pueda tener el pavimento.

Los aditivos pueden ser los siguientes:

- Inclusiones de aire
- Plastificantes

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

- Reductores de agua
- Acelerantes de fraguado
- Retardantes de fraguado.

Deben cumplir con la norma NTC 1299 o NTC 4023. La utilización de acelerantes y retardantes debe evitarse en la medida de lo posible; podrán utilizarse únicamente en casos especiales, previa evaluación por parte del Constructor que permita definir las condiciones de empleo de los mismos. El documento con toda la sustentación respectiva, incluyendo los certificados de calidad de los productos propuestos, deberá ser presentado al Interventor para su aprobación sin la cual no se permitirá su uso en el proyecto.

#### **600.2.1.7 Acero**

En los documentos del proyecto se indicará el acero necesario para la construcción del pavimento, bien sea como elementos de enlace o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas. Las barras de acero deben cumplir con la norma NTC 248 (ASTM A615).

##### **600.2.1.7.1 Pasadores o barras pasajuntas**

En las juntas que muestran los documentos técnicos del proyecto y/o en los sitios en que indique el Interventor, se colocarán pasadores como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo liso con límite de fluencia ( $f_y$ ) mínimo de 280 MPa (2800 kg/cm<sup>2</sup>); ambos extremos de los pasadores deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. En general, las barras deben estar libres de cualquier imperfección o deformación que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto.

##### **600.2.1.7.2 Barras de amarre**

En las juntas que muestran los documentos técnicos del proyecto y/o en los sitios en que indique el Interventor, se colocarán barras de amarre con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas. Las barras serán corrugadas, con límite de fluencia ( $f_y$ ) según lo indicado en los documentos del proyecto, preferiblemente de 420 MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>), aunque podrán ser también de 280 MPa (2800 kg/cm<sup>2</sup>).

Las barras de amarre no deberán ser en general dobladas y enderezadas; sin embargo, si por razones constructivas es absolutamente indispensable doblarlas y enderezarlas, con expresa autorización del Interventor, deberá utilizarse un acero con límite de fluencia ( $f_y$ ) de 280 MPa (2800 kg/cm<sup>2</sup>); en este caso, si los documentos del proyecto señalan un acero con límite de fluencia ( $f_y$ ) de 420 MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>), el Constructor deberá rediseñar el sistema de barras de amarre para acomodarlo a la nueva resistencia, rediseño que deberá ser aprobado por el Interventor.

##### **600.2.1.7.3 Refuerzo de las losas**

En los documentos del proyecto puede requerirse 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 de grietas. Como guía general, se requerirá la colocación de al menos una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTÁ D.C.</b> <small>Instituto</small> <b>DESARROLLO URBANO</b>
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma.
- Losas con relación largo/ancho mayor que 1.4.
- Losas de forma irregular (no rectangular)
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos como pozos de alcantarillado o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes.

El acero de refuerzo de las losas estará constituido por barras corrugadas con límite de fluencia ( $f_y$ ) de 420 MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deben ser definidos en los documentos técnicos del proyecto; si no están definidos, se debe consultar con el diseñador del proyecto.

#### **600.2.1.8 Productos de Curado**

El curado del concreto podrá llevarse a cabo por medio de:

- humedad
- productos químicos: compuestos líquidos que forman una película sobre la superficie del concreto
- láminas para cubrir el concreto.

En el caso de productos químicos, se empleará un producto de reconocida calidad que, aplicado mediante aspersión sobre la superficie del pavimento, genere una película que garantice el correcto curado de éste. Debe ser de un color claro para reflejar la luz y debe permitir la verificación de la homogeneidad del vaciado de la mezcla. La efectividad de los productos de curado debe demostrarse mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto. Debe cumplir con la norma ASTM C-309, tipo 2 clase B, o clase A solo si la base es de parafina.

Las membranas de curado pueden ser de polietileno blanco o de papel de curado que cumplan con la norma ASTM C171.

#### **600.2.1.9 Membranas para la separación del pavimento**

En caso de que los documentos del proyecto lo dispongan, se emplearán membranas 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. Estas membranas deben cumplir con la norma ASTM C-171.

Este tipo de membranas será en general de uso obligatorio 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.

#### **600.2.1.10 Productos para las Juntas**

Los productos para el llenado y sellado de las juntas deben cumplir con los siguientes criterios de funcionamiento:

- Impermeabilizar las juntas del pavimento de losas de concreto para evitar la entrada de agua a las capas inferiores y así minimizar los riesgos de degradación de las diferentes capas a mediano o largo plazo.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

- Prevenir la inserción de partículas.
- Proteger las esquinas de las juntas de su deportillamiento.
- Tener buena resistencia a la fatiga, al corte y a la tracción.
- Tener buena resistencia al envejecimiento (rayos ultravioletas, agua, etc.) y a algunos agentes químicos (hidrocarburos).
- En el caso de juntas de expansión, el material de relleno debe permitir el movimiento de la libre de la junta sin separarse de su caras, tanto al contraerse como al expandirse.

#### 600.2.1.10.1 Material de sello

El material de sello podrá ser de silicona o de aplicación en caliente. En los documentos técnicos del proyecto se especificará el tipo de sello por emplear en el proyecto.

##### 600.2.1.10.1.1 Sello de silicona

El material de sello deberá cumplir con los requisitos establecidos en los documentos del proyecto; en general, se debe cumplir con los requisitos y especificaciones de la Tabla 600.5.

**TABLA 600.5**  
**Requisitos mínimos material de sello de juntas en pavimentos de losas de concreto hidráulico**

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Esfuerzo de tensión a 150% de elongación (7 días de curado a 25° C ± 5° C, y 45% a 55% de humedad relativa).	ASTM D 412	310 kPa máximo
Flujo a 25°C ± 5° C	ASTM C 639 (15% Canal A)	No deberá fluir del canal.
Tasa de extrusión a 25°C ± 5° C	ASTM C 603 (1/8" @ 50 psi)	75-250 gm/min
Gravedad Específica	ASTM D 792 (método A)	1.01 a 1.51
Dureza a - 18°C (7 días de curado a 25°C ± 5°C)	ASTM C 2240	10 a 25
Resistencia al intemperismo después de 5,000 horas de exposición continua	ASTM C 793	Sin agrietamiento, pérdida de adherencia o superficies polvorientas por desintegración.
Superficie seca a 25°C ± 5°C, y 45% a 55% de humedad relativa.	ASTM C 679	Menor de 75 minutos.
Elongación a la rotura después de 21 días de curado a 25°C ± 5°C, y 45 % a 55% de humedad relativa.	ASTM D 412	750 % mínimo
Fraguado al tacto a 25°C ± 5°C, y 45% a 55% de humedad relativa.	ASTM D 1640	Menos de 75 minutos
Vida en el contenedor a partir del día de embarque.	--	6 meses mínimo
Adhesión a bloques de mortero	AASHTO T 132	345 kPa mínimo
Capacidad de movimiento y adhesión. Extensión de 100% a 18°C después de 7 días de curado al aire a 25°C ± 5°C, seguido por 7 días en agua a 25°C ± 5°C.	ASTM C 719	Ninguna falla por adhesión o cohesión después de 5 ciclos.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

#### 600.2.1.10.1.2 Sello de aplicación en caliente

El material de sello deberá cumplir con los requisitos establecidos en los documentos del proyecto; en general, debe cumplir con la especificación ASTM D-3405.

#### 600.2.1.10.2 Tirilla o cordón de respaldo

La tirilla o cordón de respaldo que se use, debe tener las siguientes condiciones:

- Impedir efectivamente la adhesión del sellador a la superficie inferior de la junta
- No presentar adhesión alguna con el sello.
- Tener las dimensiones indicadas en los documentos del proyecto.
- Ser compatible con el sello por emplear.

La tirilla de respaldo deberá ser de espuma de polietileno extruida de celda cerrada y de diámetro aproximadamente 25 % mayor al de la caja de junta, a la profundidad requerida para que cumpla con el factor de forma de la masilla en función de su utilización. Debe cumplir con la norma ASTM D-5249.

#### 600.2.1.10.3 Material de relleno para juntas de expansión

El material de relleno para juntas de expansión debe ser suministrado en pieza de la altura y largo requeridos para la junta. Previa autorización del Interventor se podría 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 con alguna de las normas AASHTO M-33, M-153 o M-213.

### 600.3 DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

Los estudios de materiales deberán hacerse con suficiente antelación a la iniciación de la puesta en obra. Igual deberá suceder con la formulación de la mezcla de concreto hidráulico.

Los distintos materiales enunciados en estas especificaciones, deberán dosificarse para producir una mezcla con la resistencia a la flexión fijada en estas especificaciones o en los diseños de la obra y que tenga una manejabilidad y una resistencia adecuadas para su colocación. Al mismo tiempo, deberá satisfacer los criterios de durabilidad del capítulo C4 de la Norma Sismo Resistente NSR-98.

#### 600.3.1 Informe de sustentación de la fórmula de trabajo

Realizadas las evaluaciones específicas, el Constructor elaborará un informe detallado, en el cual sustentará la mezcla que pretende colocar en la obra. En él se debe incluir:

- Localización de la fuente de materiales. Deberá ir acompañado de un plano que permita su ubicación respecto al Distrito Capital.
- Licencia de explotación actualizada.
- Clase de equipo utilizado para la fabricación de las mezclas de concreto y el registro de los requerimientos solicitados en estas especificaciones.
- Estudio petrográfico de los materiales existentes.
- Ensayos básicos especificados para los granulares.
- Ensayos básicos del cemento y su clasificación.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

- Certificados de calidad del cemento y aditivos.
- Ensayos básicos del agua y la comparación con las normas.
- Evaluación de homogeneidad de la fuente, mediante seguimiento en el tiempo o el muestreo aleatorio de la fuente, realizando los ensayos básicos descritos en estas especificaciones.
- La resistencia especificada.
- Definición de la fórmula de trabajo.

#### **600.3.2 Definición de la fórmula de trabajo**

La fórmula de trabajo que se presente en el informe citado en el numeral anterior debe contener por lo menos la siguiente información:

- Proporciones en que deben mezclarse los agregados disponibles y la granulometría de los agregados combinados.
- Franja de tolerancia donde es válida la fórmula, la cual es distinta a la banda granulométrica.
- Las dosificaciones de cemento, agua libre y eventuales aditivos, por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de concreto fresco.
- La consistencia del concreto y el rango de aceptación de la misma.
- Resultados de los ensayos de flexión, tracción indirecta y compresión a los 7 y 28 días.
- Definición de la ventana de corte (Tiempo después del vaciado)
- Recomendaciones para su colocación y curado.

#### **600.3.3 Validez de la fórmula de trabajo**

La fórmula deberá reconsiderarse, cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, clase o categoría del cemento y su marca.
- El tipo o tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0.2)
- Resultados de ensayos de geometría de las partículas o pesos específicos en más del 20%.
- La naturaleza o proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra.
- Gradaciones en tal magnitud que queden por fuera de la franja de tolerancia fijada.

#### **600.3.4 Diseño de la mezcla**

La mezcla se diseñará teniendo en cuenta los requisitos de resistencia a la flexión, así como de contenido de aire y de asentamiento, establecidos en los documentos técnicos del proyecto. Como control adicional, en especial para vías de tráfico T4 y T5 se deberán tener en cuenta también requisitos mínimos para la tracción indirecta.

Se deberán tratar de establecer correlaciones entre los valores de resistencia a la flexión y la resistencia a la tracción indirecta con el fin de facilitar el control en obra y poder evaluar la calidad del concreto colocado por medio de núcleos, en caso de obtención de bajos resultados de resistencia a la flexión o de presentarse dudas sobre los mismos.

A manera de guía, en la tabla 600.6 se presentan unos requisitos generales para los valores de resistencia y contenido de aire.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

Para el diseño de la mezcla, cada uno de los ensayos de resistencia se llevará a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, fabricando series de mínimo cuatro (4) vigas y ocho (8) cilindros por amasada para evaluar los diferentes parámetros de resistencia a 7 y 28 días; idealmente se deberían fabricar dos (2) vigas y cuatro (4) cilindros adicionales para tener datos de resistencia a los 14 días.

Todas las vigas se ensayarán a flexión; una mitad de los cilindros se ensayará a compresión y la otra a tracción indirecta, De cada serie (probetas de la misma amasada) se ensayarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, por tipo de ensayo; el promedio de la resistencia de las dos (2) probetas de la misma serie y de la misma edad se considera como un ensayo.

**Tabla 600.6**  
**Criterios de diseño de la mezcla de concreto hidráulico**

Característica	Norma de Ensayo	Requisitos por Clase de Tránsito		
		T0-T1	T2-T3	T4-T5
Contenido mínimo de cemento, kg/m <sup>3</sup>	-	300		
Relación ponderal agua/cemento, máximo	-	0.49		
Resistencia a la flexión (Módulo de rotura) promedio a los 28 días, MPa	INV E-414	4.0 – 4.5	4.2 – 4.5	4.5 – 4.8
Resistencia a la tracción indirecta a los 28 días, % mínimo de la resistencia a la flexión a los 28 días	INV E-411	50	50	55
Contenido de aire incluido, %	INV E-406	2 a 4	2 a 4	2 a 4

*Nota:* para algunos proyectos o para algunas partes de un proyecto, puede requerirse que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, que deberá estar definida en los documentos del proyecto o será acordada en obra con el Interventor. En estos casos, los criterios de la tabla 600.6 se aplicarán a la nueva edad establecida.

#### 600.3.4.1 Resistencia a la flexión

Se considerará como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor medio de resistencia a la flexión obtenido a veintiocho (28) días supere la resistencia especificada, con margen suficiente para que sea razonable esperar que con la dispersión que introduce la ejecución de la obra y la variabilidad propia de los ensayos de control, los resultados de resistencia real satisfagan durante la ejecución del proyecto los requisitos establecidos para el nivel de calidad de Aceptación a Satisfacción en el numeral 600.6.8.2.2, literal a. Para poder cumplir con estos requisitos de aceptación, el Constructor debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada dependerá de la desviación estándar de la producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Para ser consecuentes con lo anterior, el conjunto de resultados a 28 días de los ensayos a flexión obtenidos durante en diseño de la mezcla deberá como mínimo lograr esa calificación de Nivel de Aceptación a Satisfacción, al ser interpretados mediante el Análisis de Calidad descrito en el numeral 600.6.8.2.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

#### **600.3.4.2 Resistencia a la tracción indirecta**

Se verificará el cumplimiento de los requisitos establecidos para este parámetro como parte de los criterios de diseño de la fórmula de trabajo y se reportará el valor de tracción indirecta correspondiente a la mezcla que cumple con los requisitos establecidos en el numeral anterior para la resistencia a la flexión. Así mismo, se reportará la correlación que pueda existir para el concreto propuesto entre la resistencia a la tracción indirecta y la resistencia a la flexión, con los correspondientes soportes.

#### **600.3.4.3 Resistencia a la compresión**

Se reportará el valor de compresión correspondiente a la mezcla que cumple con los requisitos establecidos para la resistencia a la flexión. Así mismo, se reportará la correlación que pueda existir para el concreto propuesto entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, con los correspondientes soportes.

Las pruebas de resistencia a la compresión no se exigirán como condición por cumplir en las mezclas de concreto hidráulico para pavimentos. Sin embargo, podrán usarse para realizar controles de homogeneidad de las mezclas, dada la facilidad de ejecución.

#### **600.3.4.4 Asentamiento**

La consistencia del concreto en términos de asentamiento con cono o manejabilidad (norma INV 404) debe seleccionarse en función de las máquinas de esparcimiento; el valor límite será indicado en los documentos específicos del Proyecto.

#### **600.3.5 Módulo de Elasticidad**

Será obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estático a los 28 días para la mezcla diseñada; este módulo podrá ser medido sobre cilindros fabricados y ensayados a compresión (norma INV 410). Las especificaciones particulares del proyecto podrán establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla deberá ser diseñada cumpliendo con dicho requisito.

#### **600.3.6 Ley de Fatiga**

Para vías de tránsito T4 y T5, o cuando los pliegos del proyecto así lo exijan, la mezcla diseñada de acuerdo con lo establecido en el numeral anterior deberá ser sometida a los ensayos de fatiga, según la norma de ensayo francesa AFNOR NFP 98-233-1.

### **600.4 EQUIPO**

En adición a lo descrito en la Sección 107.2 del Capítulo 1, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

#### **600.4.1 Generalidades**

El Constructor deberá mantener una atención muy especial a los equipos, particularmente a su aptitud para realizar los trabajos previstos y a su buen comportamiento en obra.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

El IDU puede establecer, en los documentos del proyecto, las condiciones para evaluar las características de los diferentes equipos utilizables y su aptitud para fabricar o colocar en obra los diferentes tipos de mezclas para estructuras de pavimentos. Cada tipo de proyecto podrá tener, por lo tanto, listas de aptitud o autorización de empleo de diferentes equipos.

Además de una adecuada selección de los equipos, el Constructor debe verificar su estado mecánico periódicamente, debe tener planes precisos de mantenimiento, de calibración y manuales actualizados de su modo de operación. Ciertos equipos pueden tener problemas debidos a las restricciones propias de su mantenimiento, del nivel de calificación del personal, y algunas veces no son aptos para funcionar en condiciones muy difíciles (como es el caso de las pendientes elevadas). Por esta razón, el Constructor deberá justificar plenamente la eventual utilización de maquinaria moderna diferente a la normalmente aceptada para cada tipo de proyecto.

#### **600.4.2 Criterios de selección de los equipos**

Para definir el equipo de construcción del pavimento, se deben tener en cuenta todos los aspectos relacionados con la logística de producción, transporte y colocación, y las especificaciones particulares tales como el perfil de la vía y el espacio disponible. La selección del equipo más adecuado en términos de calidad y rendimiento debe incluir entre otros los siguientes aspectos:

- Perfil especificado para la vía.
- Ancho de calzada.
- Ancho de fundida.
- Espesor del pavimento.
- Condiciones de construcción
- Rendimiento de construcción.

#### **600.4.3 Equipos de fabricación**

El concreto puede fabricarse en una planta de mezcla de concreto hidráulico. La selección del equipo será absoluta responsabilidad del Constructor, garantizando el cabal cumplimiento de los requisitos de calidad y uniformidad de la mezcla establecidos en esta Sección.

La planta de fabricación del concreto deberá efectuar una mezcla regular e íntima de los componentes, dando lugar a un concreto de aspecto y consistencia uniforme, dentro de las tolerancias establecidas en la presente Sección.

Los criterios mínimos para la aceptación de los equipos por parte del Interventor serán los siguientes:

- Un informe del Constructor referente a los equipos de fabricación que especifique su clasificación, la marca, el volumen, el nombre de la empresa que explota la central y en general las características de funcionamiento de la planta en relación con su aptitud para adelantar los trabajos requeridos.
- Un informe con la verificación de las calibraciones de todos los instrumentos y la verificación del buen estado de mantenimiento de los equipos de fabricación.
- Los equipos deben someterse a aprobación mediante una prueba en obra que demuestre la regularidad del concreto fabricado de conformidad con las especificaciones.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

- Los equipos propuestos serán aceptados de acuerdo con los términos de la oferta bajo la reserva de su buen estado de mantenimiento.

Las básculas para el pesaje de los materiales deben tener una precisión mínima de uno por ciento ( $\pm 1\%$ ). Se calibrarán cada vez que se considere necesario y, como mínimo, cada quince (15) días. El equipo de pesaje estará aislado contra vibraciones y movimientos de otros equipos de la planta de forma que, cuando la planta esté en funcionamiento, las lecturas no varíen en más de uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para los diferentes componentes.

#### **600.4.4 Equipos de transporte**

El transporte del concreto a la obra se realizará en camiones mezcladores provistos de tambor giratorio cerrado con paletas internas, los cuales estarán equipados con cuentarrevoluciones. Deberán ser capaces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

Para distancias de transporte cortas, se podrán usar, previa aceptación del Interventor, camiones abiertos tipo volquetas de descarga en el extremo, en el costado o en el fondo. Estos camiones deben cubrirse para evitar el secamiento o humedecimiento de la mezcla.

Ambos tipos de equipos de transporte deben cumplir con la norma ASTM C-94.

El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones vigentes sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio del Transporte (MT), la Secretaría de Tránsito y Transporte (STT) y el Departamento Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).

#### **600.4.5 Equipos de extendido y compactación**

El concreto se extenderá y se compactará por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, evitando la segregación, la aparición de vacíos y logrando alcanzar la densidad adecuada y el contenido de aire especificado. La colocación puede realizarse mediante extendido en formaletas fijas o extendido con formaletas deslizantes. La definición del equipo de extendido o colocación depende de muchos factores, entre los cuales están los siguientes:

- Proceso constructivo.
- Rendimiento de colocación esperado.
- Espesor y ancho de las losas de concreto.
- Ancho de extensión.
- Requerimientos de planidad.
- Restricciones impuestas por los planes de manejo de tráfico.
- Espacio disponible para trabajar sin interrupción.
- Espacio disponible para desplazar el equipo durante la pavimentación.

En general, el extendido con formaletas fijas sólo se recomienda para vías con tránsitos intermedios o bajos (categoría de tránsito  $\leq T3$ ), o para elementos especiales en vías de alto tráfico tales como intercambiadores, remates, áreas pequeñas y similares. Para vías con tránsitos altos (categoría de tránsito  $\geq T4$ ) se recomienda la utilización de extendido con formaletas deslizantes.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

El Constructor será el responsable de proveer los equipos necesarios que garanticen la calidad requerida en todos los aspectos especificados en esta Sección, con los rendimientos esperados. El concreto debe ser extendido, enrasado y compactado por uno o más equipos, que deben distribuir y compactar uniformemente el concreto, sin segregación, de forma que se obtenga la sección requerida con un mínimo de trabajo manual. El número y la capacidad de los equipos debe ser tal que se obtenga el rendimiento requerido de acuerdo con el cronograma del proyecto.

Los documentos técnicos del proyecto pueden establecer requisitos específicos para los equipos de extensión y colocación del concreto.

#### **600.4.5.1 Formaletas fijas**

Las formaletas o moldes deben ser metálicos, rígidos, rectos, sin torceduras, con bordes formando ángulos rectos y de altura mínima igual al espesor de la losa; deben tener secciones de no menos de 3 m de largo y una base cuyo ancho sea igual o mayor que el 80% del espesor del pavimento y no menor de 20 cm. La formaleta debe tener un sistema de aseguramiento a la base de manera que una vez colocados sean capaces de resistir la presión del concreto y la vibración del equipo sin movimiento visible. Para curvas de radio menor que 30m, se deben utilizar formaletas flexibles o formaletas curvas que tengan el mismo radio de la curva por construir.

Todas las formaletas deberán tener los orificios precisos para la colocación de las barras indicadas en los planos del proyecto.

El borde superior de la formaleta no podrá variar más de 3mm en 3m de largo con respecto a un plano verdadero. Las formaletas de madera podrán ser utilizadas en casos especiales, con autorización del Interventor.

#### **600.4.5.2 Reglas y rodillos vibratorios**

Estos equipos se utilizarán para extender y compactar el concreto cuando se construya con formaletas fijas. Se desplazan sobre las formaletas fijas y producen simultáneamente compactación y nivelación de la superficie del pavimento; deben tener el peso adecuado y contar con los sistemas de vibración en apropiado estado de funcionamiento.

Para lograr la compactación adecuada del concreto será indispensable añadir vibración interna por medio de vibradores de agujas. En todos los casos, el equipo de vibración debe garantizar una densificación uniforme en profundidad y en planta; el número, espaciamiento y frecuencia de los vibradores serán los necesarios para obtener un concreto homogéneo y denso, que cumpla con las recomendaciones de la norma ACI-309 relacionadas con la consolidación del concreto.

El Contratista debe proveer un sistema electrónico o mecánico para verificar las características de operación de los vibradores, las cuales deben ser controladas al menos 2 veces al día o cuando lo solicite el Interventor.

#### **600.4.5.3 Equipo de formaletas deslizantes**

Este equipo de colocación consistirá en una máquina autopropulsada con formaletas integradas a la misma, diseñada específicamente para la construcción de pavimentos de concreto, que pueda realizar las labores de extensión, compactación y nivelación en una sola pasada. Este equipo deberá contar con:

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

- Sensores electrónicos para controlar el alineamiento y el nivel en cualquiera de los dos lados de la máquina.
- Vibradores, para vibrar el concreto en todo el ancho y profundidad de la franja de pavimento que se extiende. El número, espaciado y frecuencia de los vibradores serán los necesarios para obtener un concreto homogéneo y denso, que cumpla con las recomendaciones de la norma ACI-309 relacionadas con la consolidación del concreto.
- Un control automático de detención en todos los elementos del sistema de vibración en caso de detención del avance de la máquina.

Este equipo podrá tener también la capacidad de insertar las barras de amarre para las juntas longitudinales en forma automática.

El Contratista debe proveer un sistema electrónico o mecánico para verificar las características de operación de los vibradores, las cuales deben ser controladas al menos 2 veces al día o cuando lo solicite el Interventor.

#### **600.4.6 Herramientas y elementos de acabado**

##### **600.4.6.1 Flotador o enrasador**

Esta herramienta manual de acabado superficial tendrá en una superficie metálica, lisa y rígida, provista de un mango largo articulado, que al ser rotado acciona un mecanismo de elevación, que le permite el deslizamiento planeando sobre la superficie del concreto. La longitud debe ser del orden de 3 m y su ancho de 150 mm; para áreas pequeñas, la longitud se puede reducir a 1.5 m. Debe tener sus bordes ligeramente curvos y chaflanados evitando que se hunda en el concreto dejando surcos, su sección transversal tiene forma de canal.

##### **600.4.6.2 Tela de fique o de yute**

Será tejido de fibra vegetal de fique o de yute que se pasa en sentido longitudinal a la vía luego de haber realizado el allanado. La tela no debe tener costuras internas que dejen marcas indeseables en la superficie del pavimento.

##### **600.4.6.3 Cepillo de texturizado**

Esta herramienta constará de un cuerpo principal en forma de rastrillo o peine, que debe medir aproximadamente 0.80 m de largo, con dientes metálicos flexibles y un mango. El peine metálico debe ser utilizado para dejar una textura estriada transversal en la superficie del concreto. En algunos casos, éste puede ir montado sobre una máquina que sigue a la máquina de extendido a una distancia determinada por la consistencia del concreto.

Los dientes del peine deben tener un ancho de cerda de  $3 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  y una separación entre cerdas de  $20 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ . La huella que se deja en el concreto debe estar entre 3 y 6 mm de profundidad.

Los dientes deben colocarse aproximadamente a  $45^\circ$  evitando así que éstos saquen los agregados a la superficie.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

#### **600.4.7 Equipos para curado**

En el caso de membranas de curado, su aplicación debe realizarse por medio de irrigadores mecánicos a presión o aspersores manuales que garanticen la perfecta aplicación de la membrana.

El equipo aspersor deberá estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y tendrá un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

#### **600.4.8 Equipos de corte**

Para el corte de las juntas se deberán usar equipos con disco de diamante o de algún otro elemento abrasivo que permita obtener resultados equivalentes; la calidad de los equipos y discos, así como la idoneidad del personal que los opera, debe garantizar que la labor se desarrolle sin generar desportillamientos o agrietamientos en las zonas de corte.

Se requerirán discos de diferentes diámetros y anchos para realizar los cortes iniciales y el ensanche de los mismos. Los equipos podrán ser de discos sencillos o múltiples. Los equipos de corte disponibles deben permitir cortar las juntas requeridas para un (1) día de trabajo (incluida la junta longitudinal) en menos de ocho (8) horas. Además, el Constructor debe contar con máquinas de reemplazo en caso de daño.

#### **600.4.9 Equipos de lavado, secado y sellado de juntas**

Todo el equipo necesario para la adecuada ejecución de este trabajo debe estar en excelentes condiciones; debe ser el recomendado por el fabricante del sello y aprobado por el Interventor antes de iniciar las labores correspondientes.

##### **600.4.9.1 Bombas de agua de bajo consumo y alta presión**

El Constructor debe garantizar la adecuada limpieza de la cavidad de corte. Para ello, debe proponer, para aprobación del Interventor, los equipos y metodologías más apropiados, dentro de las posibles restricciones ambientales que puedan existir.

Para el correcto lavado de las juntas se podrá utilizar bombas de agua de bajo consumo y de alta presión. La presión será mínimo de 10 MPa.

##### **600.4.9.2 Compresores de aire**

El Constructor debe garantizar el adecuado secado de la cavidad de corte. Para ello, debe proponer, para aprobación del Interventor, los equipos y metodologías más apropiados, dentro de las posibles restricciones ambientales que puedan existir.

Para el correcto secado de las juntas se podrán utilizar compresores de aire, de 1 MPa y 70 litros por segundo de caudal.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

### 600.4.9.3 Equipos de colocación de sello

Para la colocación del sello se podrán utilizar pistolas de calafateo o bombas para canecas con el producto sellante. En todo caso, los equipos deben ser los recomendados por los fabricantes del material de sello.

## 600.5 REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 600.5.1 Fase de experimentación

#### 600.5.1.1 Generalidades

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.11 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

La fase de experimentación servirá para:

- Verificar la calidad del concreto.
- Verificar la calidad de los equipos, su eficiencia y la idoneidad de las cuadrillas que se utilizarán en el proyecto.
- Verificar que los medios de vibración disponibles son capaces de compactar adecuadamente el concreto en todo el espesor del pavimento.
- Verificar que se cumplen las limitaciones de regularidad y rugosidad establecidas por las especificaciones del proyecto.
- Verificar que el proceso de curado y protección del concreto fresco es adecuado.
- Verificar que las juntas se realizan correctamente y que en ellas se logre el grado de transferencia de cargas establecido en los documentos del proyecto.

#### 600.5.1.2 Tramo de Prueba

#### 600.5.1.3 Verificación de la mezcla de concreto hidráulico

Para cada dosificación de posible aplicación en obra, determinada a partir de los ensayos previos de laboratorio, se efectuarán ensayos de resistencia a la flexión y a la tracción indirecta sobre probetas prismáticas y cilindros procedentes de seis (6) amasadas diferentes, confeccionando dos (4) probetas de cada tipo por amasada, las cuales se ensayarán por parejas a flexión y a tracción indirecta a siete (7) y veintiocho (28) días, obteniéndose el valor medio de los resultados de las roturas. Para cada serie de probetas se controlará la resistencia y, de ser necesario, el aire incluido, con los mismos métodos empleados para los ensayos previos efectuados durante el diseño de la mezcla.

Se deben implementar curvas de evolución de la resistencia con el tiempo, para poder estimar la resistencia probable a otras edades.

Si no se cumplen los requerimientos exigidos en el numeral 600.3.4, se harán los ajustes necesarios hasta conseguir un concreto que cumpla las exigencias de ese numeral.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTA D.C.</b> <small>Instituto</small> <small>DESARROLLO URBANO</small>
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

#### **600.5.1.4 Verificación de la compactación y la resistencia del concreto colocado**

Del trabajo satisfactorio se extraerán seis (6) testigos cilíndricos a los veintiséis (26) días de la puesta en obra, para la determinación de la densidad y la resistencia del concreto, cada uno de los cuales distará del más próximo cuando menos siete metros (7 m) en sentido longitudinal y estará separado más de quinientos milímetros (500 mm) de cualquier junta ó borde.

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

Estos testigos se ensayarán a tracción indirecta (INV E-411) a la edad de veintiocho (28) días, luego de ser sometidos a curado húmedo durante las cuarenta y ocho (48) horas previas al ensayo. Los resultados se compararán con el valor dado en estas especificaciones, y se analizarán a la luz de las correlaciones que puedan existir, para el concreto del proyecto, entre estos ensayos y los ensayos de flexión

##### **600.5.1.4.1 Otras verificaciones**

Sobre el tramo de pavimento construido en la fase de experimentación se deben verificar como mínimo los siguientes parámetros, de la misma forma en que se verificará la obra construida para su aceptación o rechazo.

- Rugosidad
- Textura superficial
- Transferencia de cargas, tanto en juntas transversales como en juntas longitudinales

#### **600.5.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento deberán garantizar el suministro de un producto de calidad uniforme.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras, deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor remodelará el terreno para recuperar las características superficiales de ellas.

Los agregados se suministrarán en fracciones granulométricas claramente diferenciadas que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y deberá poderse acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar inter-contaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los ciento cincuenta milímetros (150 mm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de algún agregado.

La carga de las tolvas se realizará de forma que éstas contengan más del cincuenta por ciento (50%) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación. El caudal total de esta mezcla deberá regularse de forma que permita mantener el nivel de llenado de las tolvas a la altura de calibración.

### **600.5.3 Elaboración de la mezcla**

#### **600.5.3.1 Manejo y almacenamiento de los agregados pétreos**

No se permitirá ningún método de manejo y almacenamiento de los agregados que pueda causar segregación, degradación, mezcla de distintos tamaños ó contaminación con el suelo u otros materiales.

La cantidad de los agregados almacenados al iniciar las obras, debe ser suficiente para quince (15) días de trabajo.

#### **600.5.3.2 Suministro y almacenamiento del cemento**

El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura.

Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad máxima de almacenamiento será como mínimo la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Para todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos ó tres (3) meses en silos, el Constructor deberá presentar el soporte técnico que demuestre que puede ser usado, lo cual será verificado por el Interventor. Sin la aprobación del Interventor, éste cemento no podrá ser utilizado.

#### **600.5.3.3 Almacenamiento de aditivos**

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos.

#### **600.5.3.4 Dosificación del concreto**

Los agregados y el cemento a granel para la fabricación del concreto se dosificarán por peso, por medio de equipos automáticos de dosificación, en el caso de vías con categoría de tránsito T3 a T5. En el caso de trabajos en vía, para vías con categoría de tránsito T0 a T2, se podrá hacer en básculas móviles perfectamente calibradas.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

En la fórmula de trabajo, las dosificaciones de los agregados se establecerán en peso de materiales secos, teniéndose en cuenta su humedad al ajustar los dispositivos de pesaje. En el momento de su dosificación, los agregados tendrán una humedad suficientemente baja para que no se produzca un escurrimiento visible de agua durante el transporte desde la planta de dosificación al dispositivo de mezclado. El cemento a granel deberá ser pesado en una báscula independiente de la utilizada para dosificar los agregados.

El mecanismo de descarga de la tolva de pesaje del cemento estará diseñado de tal manera, que permita la regulación de la salida del cemento sobre los agregados. Los aditivos en polvo se medirán en peso y los aditivos líquidos ó en pasta, se medirán en peso ó en volumen, con una precisión de tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) de la cantidad especificada.

#### **600.5.3.5 Mezcla de los componentes**

Los componentes de la mezcla se introducirán en la mezcladora de acuerdo con una secuencia previamente establecida por el Constructor.

Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua antes de su introducción en la mezcladora. Los aditivos en polvo se introducirán en la mezcla junto con el cemento ó los agregados, excepto cuando el aditivo contenga cloruro de calcio, en cuyo caso se añadirá en seco mezclado con los agregados, pero nunca en contacto con el cemento; no obstante, en este último caso se prefiere agregarlo en forma de disolución. Los materiales deberán mezclarse durante el tiempo necesario para lograr una mezcla íntima y homogénea de la masa, sin segregación.

La duración mínima de la operación de mezcla se establecerá en los procesos de diseño y como parte de los resultados de los tramos de prueba.

Cuando la mezcla se realice en mezcladora de tambor giratorio, su velocidad será superior a cuatro revoluciones por minuto (4 rpm); en el caso de mezcladores abiertos, la velocidad de funcionamiento de las paletas estará entre cuatro y dieciséis revoluciones por minuto (4-16 rpm). Cuando la mezcladora deje de emplearse por un lapso superior a treinta (30) minutos, se limpiará completamente antes de volverla a usar. Así mismo, se limpiará perfectamente antes de comenzar la fabricación de concretos con un tipo nuevo de cemento.

#### **600.5.3.6 Transporte del concreto**

El transporte entre la planta y la obra se efectuará de la manera más rápida posible; el lapso de tiempo transcurrido entre la finalización de la fabricación de la mezcla y su colocación en la obra no podrá ser mayor que 90 minutos, salvo casos en los cuales el Contratista demuestre en forma satisfactoria que los aditivos utilizados en la mezcla permiten un tiempo de transporte mayor sin detrimento en la calidad del concreto.

#### **600.5.4 Preparación de la superficie existente**

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente, se corregirán de acuerdo con lo establecido en ella.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

Cuando se emplee el método de construcción con formaletas fijas, se controlará que su altura libre corresponda efectivamente al espesor de diseño de las losas. Previo a los vaciados y una vez colocadas las formaletas, el Constructor tomará secciones topográficas en las que muestre la homogeneidad de la capa de apoyo y la adecuada ubicación de las formaletas, que permita garantizar el espesor de diseño.

En el caso de formaletas deslizantes, se deberá realizar una revisión detallada de los controles topográficos antes de proceder al vaciado.

En ningún caso se permitirá que existan valores de desnivel que causen reducciones en el espesor con respecto al espesor de diseño.

Antes de verter el concreto, se saturará la superficie de apoyo de las losas sin que se presenten charcos o, si el proyecto lo contempla, se cubrirá con papel especial ó material plástico con traslapos no inferiores a ciento cincuenta milímetros (150 mm) y plegándose lateralmente contra las formaletas, cuando éstas se utilicen. El traslapo se hará teniendo en cuenta la pendiente longitudinal y transversal, para asegurar la impermeabilidad.

En todos los casos, se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y equipos indispensables para la ejecución del pavimento.

#### **600.5.5 Colocación de formaletas fijas**

Cada elemento de la formaleta debe tener una longitud de por lo menos 3 m y debe ser fijado a la base a distancias no mayores de 1m. La rigidez vertical y transversal debe ser suficiente para que, bajo el peso de los equipos cargados, no se produzca ninguna deflexión perjudicial, que dañe, a su vez, el concreto fresco.

El alineamiento de las formaletas tanto en planta como en perfil, debe ser correcto. No se deben observar diferencias en la altura, ni desviaciones en planta superiores a 10 mm con relación al alineamiento teórico. Además en ningún punto, se debe observar una flecha superior a 3 mm bajo una regla de 3 m puesta sobre el riel de las formaletas. Toda desviación en exceso se debe corregir inmediatamente.

Antes de colocar el concreto debe estar disponible una longitud mínima colocada y alineada de formaletas. Esta longitud debe ser la necesaria para tener al menos una hora de trabajo. Las formaletas se deben aceitar antes de cualquier colocación de concreto.

Se debe verificar que la superficie de la capa de soporte se encuentre a una distancia del nivel superior de la losa, al menos igual al espesor determinado para la losa.

El ajuste de espesores por cualquier motivo se deberá hacer con elementos específicos adecuadamente soldados. No se permitirá el uso de elementos de madera para realizar los ajustes indicados. Las formaletas deben ser limpiadas y aceitadas después de cada uso.

El retiro de las formaletas se puede realizar cuando el concreto esté suficientemente duro y los riesgos de destrucción estén descartados.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

#### **600.5.6 Colocación elementos guía para pavimentadoras de formaletas deslizantes**

Para la ubicación en el sitio de las estacas de soporte de los hilos de guía, debe verificarse lo siguiente:

- La ubicación en el terreno de las estacas
- El espaciamiento entre estacas el cual debe ser del orden de 10 metros.
- La cota exacta de referencia por estaca

Para la colocación del hilo de guía para el control del avance de la máquina de colocación, se verificará que ninguna estaca se mueva.

Para las obras de rehabilitación, es deseable que las estacas sean puestas en el sitio y niveladas al menos 24 horas antes del paso de la máquina para verificar con la ayuda de un hilo transversal a la vía, el espesor mínimo de la losa y rectificar el perfil longitudinal.

En caso de curvas con radio inferior a 500 metros o en los cambios de pendiente, las estacas deben estar más cerca (del orden de 5 metros) para lograr una transición menos fuerte.

#### **600.5.7 Colocación de los pasadores o barras pasajuntas**

Salvo que los pasadores se introduzcan en el pavimento mediante máquinas adecuadas para ello, deberán disponerse con anterioridad al vaciado del concreto mediante canastas metálicas de sujeción, suficientemente sólidas y con uniones soldadas que se fijarán a la base de un modo firme. Las canastas de sujeción deben conservar los pasadores en la posición correcta, como se indica en el proyecto, durante la colocación y acabado del concreto, mas no deben impedir el movimiento longitudinal de los mismos.

Inmediatamente antes de su instalación, los pasadores deben ser recubiertos al menos en una de sus mitades con material lubricante, previamente aprobado por el Interventor, para que impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto; el recubrimiento debe ser colocado de manera que se forme una película de lubricación delgada y uniforme, sin que se presenten acumulaciones.

Los pasadores deben ser instalados a mitad de la altura de la losa, con una mitad a cada lado de la junta, y se colocarán 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 planos del proyecto. Se deberá dejar una referencia precisa que defina dicha posición a la hora de completar la junta.

#### **600.5.8 Colocación de barras de amarre**

Cuando el proyecto contemple la colocación de varillas de amarre o unión, éstas se deben instalar en forma perpendicular a la junta, con la separación mostrada en los planos. Deben quedar a mitad del espesor de la losa y en forma paralela a la superficie del pavimento, con una mitad a cada lado de la junta.

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

Si la obra se realiza con pavimentadora de formaletas deslizantes, las varillas se introducirán manualmente en la mitad del espesor del pavimento fresco, a las separaciones previstas en los planos del proyecto.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

#### 600.5.9 Colocación de armaduras

En los pavimentos de tipo armado con juntas, las armaduras, que se encontrarán libres de suciedad y oxido no adherente, se colocarán en los sitios y forma establecidos en los planos, sujetándolas de ser preciso, para impedir todo movimiento durante la colocación del concreto; las armaduras se interrumpirán a cien milímetros (100 mm) de las juntas.

Es indispensable que la armadura se coloque paralela a la superficie del pavimento, por lo que las mallas se deben suministrar en forma individual y plana para cada losa y no en rollos. Las varillas transversales irán debajo de las longitudinales y el recubrimiento de éstas deberá encontrarse entre sesenta y noventa milímetros (60 - 90 mm).

#### 600.5.10 Colocación del concreto

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo se deberá encontrar preparada. La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga, será de un metro y medio (1.50 m), procurándose que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, para reducir al mínimo las posteriores manipulaciones.

El concreto se deberá colocar, vibrar y acabar antes de que transcurra el tiempo de manejabilidad definido en la fase de experimentación. Sin embargo, se podrá autorizar un aumento de este plazo si ocurren condiciones favorables de humedad y temperatura o si se adoptan precauciones para retardar el fraguado del concreto.

Cuando la puesta en obra se realice entre formaleas fijas, el concreto se distribuirá uniformemente y una vez extendido se compactará por vibración y enrasará con elementos adecuados, de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre de irregularidades, marcas y porosidades; se utilizarán para tal fin reglas ó rodillos vibratorios. Se deberán emplear adicionalmente vibradores de aguja, dos (2) como mínimo en cada vaciado, teniendo especial cuidado con la densificación de los bordes de la placa.

Cuando la puesta en obra se realice con equipos de formaleas deslizantes, el equipo se debe operar en forma continua y coordinada con el suministro de la mezcla, de manera que se eviten detenciones o cambios de velocidad en lo posible. La repartición del concreto debe asegurarse ya sea por un carro repartidor, por un tornillo doble sin fin, o por una plancha distribuidora. La máquina debe conducirse de manera que la pasta no se escurra nunca por delante del concreto suministrado.

En el caso de suspender la colocación del concreto por más de 45 minutos, se protegerá el frente del pavimento con telas de fique húmedas. Si el lapso de interrupción supera el del tiempo de manejabilidad establecido en el tramo de prueba, se dispondrá una junta transversal de construcción que garantice la capacidad mecánica de la losa y no induzca grietas transmisoras sobre las calzadas contiguas.

Para áreas irregulares o aisladas, se podrán emplear métodos manuales de colocación y compactación, aprobados por el Interventor, siempre garantizando el terminado y compactación adecuados, de acuerdo con los requisitos de esta Sección.

El Constructor debe ajustar los métodos y equipos de colocación y compactación si se llega a observar segregación o vacíos en el concreto,

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTÁ D.C.</b> <small>Instituto</small> <b>DESARROLLO URBANO</b>
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

Si el Interventor sospecha que la compactación es deficiente, se requerirá la ejecución de ensayos de verificación. Estos ensayos de verificación consistirán en la toma de núcleos del concreto terminado después de al menos 24 horas de curado. Las pruebas de densidad se ejecutarán con base en el contenido de agua que tengan las muestras tal como se toman.

La densidad se determinará en la condición saturada y seca superficialmente, según al norma de ensayo ASTM C-642. Los ensayos se tomarán por lo menos 1 cada 350 m<sup>3</sup> de concreto.

La densidad promedio de los núcleos no será menor que 97% y ningún núcleo tendrá una densidad menor que 96%, con respecto a la densidad de la fórmula de trabajo. Si estas condiciones no se cumplen, se considerará que la vibración es inadecuada y deberá mejorarse, de manera que se logren los requisitos anteriormente establecidos en las siguientes verificaciones.

#### **600.5.11 Ejecución de las juntas de construcción**

Las juntas transversales de construcción, se dispondrán al fin de la jornada de trabajo ó cuando se presente una interrupción que haga temer el comienzo del fraguado. En general, se harán coincidir estas juntas con una de contracción o de dilatación y, de no ser así, se dispondrá de una junta de construcción entre un tercio (1/3) y los dos tercios (2/3) de la longitud efectiva de la losa. Si las losas resultantes quedan con una relación largo/ancho (L/B) menor al máximo permisible para pavimentos sin refuerzo (usualmente 1.4), las losas se reforzarán. Así mismo, será indispensable reforzar las losas adyacentes para evitar la aparición de fisuras en ellas por reflejo de esta junta no prevista; si las losas adyacentes ya están fundidas y no tienen refuerzo, no se permitirá la ejecución de la junta de construcción en un sitio diferente al previsto, y el concreto colocado en forma parcial en la losa, deberá ser removido.

#### **600.5.12 Acabado superficial**

Después de extendido y compactado, el concreto será 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 pavimentos construidos entre formaletas fijas podrá realizarse por medio de herramientas manuales, como el flotador o enrasador. También podrán utilizarse equipos de terminado que se deslicen sobre las formaletas fijas. La disposición y movimiento del elemento enrasador serán los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil, sin superar las tolerancias establecidas.

El acabado de pavimentos construidos con pavimentadoras de formaletas deslizantes deberá ser en lo posible efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual deberá disponer de los elementos y mecanismos necesarios para ello.

Una vez terminada esta operación, y mientras el concreto se encuentre en estado plástico, se comprobará el acabado superficial con una regla de tres metros colocada en cualquier sector de la calzada no afectado por cambios de pendiente, verificando que las irregularidades no excedan de cinco milímetros (5 mm).

En el caso de que se presenten diferencias mayores, ellas deberán eliminarse, ya sea agregando concreto fresco que se vibrará y terminará del mismo modo que el resto del pavimento, ó bien eliminando los excesos con los bordes de la llana. Se prohibirá el riego de agua ó la extensión de mortero sobre la superficie para facilitar el acabado y corregir irregularidades del pavimento.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

### 600.5.13 **Textura superficial**

Después de comprobar el acabado superficial y hacer las correcciones necesarias y cuando el brillo producido por el agua haya desaparecido, se le dará al pavimento la textura superficial adecuada para garantizar la resistencia al deslizamiento requerida.

Esta labor consistirá inicialmente en el paso de una tela de yute sobre toda la superficie del pavimento en el sentido longitudinal; la tela deberá encontrarse húmeda para garantizar que por su peso deje el microtexturizado que se requiere.

Posteriormente, se le dará al pavimento una textura transversal homogénea en forma de estriado, por medio de la aplicación manual ó mecánica de un cepillo de texturizado, en forma sensiblemente perpendicular al eje de la calzada, de tal forma que las estrías tengan entre 3 y 6 mm de profundidad, unos 3mm de ancho y unos 20mm de separación.

### 600.5.14 **Protección del concreto fresco**

Durante el tiempo de fraguado, el concreto deberá ser protegido contra el lavado por lluvia, la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja.

En épocas lluviosas el Constructor colocará materiales impermeables sobre el concreto fresco, hasta que adquiera la resistencia suficiente para que el acabado superficial no sea afectado por la lluvia. Si no se realiza esta protección y las losas sufren deslavado por tal efecto, deberá someter la superficie a ranurado transversal mecánico, a costa del Constructor.

Durante el período de protección, que en general no será inferior a tres (3) días a partir de la colocación del concreto, estará prohibido todo tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierras mecánicas.

### 600.5.15 **Curado del concreto**

El curado busca evitar la pérdida de agua de la mezcla; la selección del tipo de curado o protección, así como el momento adecuado para su aplicación, dependen de las condiciones específicas del proyecto, como las condiciones ambientales y el tipo de mezcla. Es responsabilidad del Constructor proponer, para aprobación del Interventor, el sistema de curado de cada proyecto, así como implementar los cambios, tanto en sistemas como en equipos de curado, en caso de que los resultados en algún momento dejen de ser satisfactorios.

El curado deberá hacerse inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial. El curado del concreto se deberá realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de las losas, por un período no inferior a siete (7) días y, de ser posible, se deberá prolongar hasta diez (10) días. Sin embargo, el Interventor podrá modificar dicho plazo, de acuerdo con los resultados de resistencia obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción del pavimento.

#### 600.5.15.1 **Curado con productos químicos que forman película impermeable**

Cuando el curado se realice con productos de este tipo, ellos se deberán aplicar inmediatamente hayan concluido las labores de colocación y acabado del concreto y el agua libre de la superficie haya

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

desaparecido completamente. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos ó lluvias, el producto deberá aplicarse antes de cumplirse dicho plazo.

El producto de curado que se emplee deberá cumplir las especificaciones dadas por el fabricante y la dosificación de estos productos se hará siguiendo las instrucciones del mismo. Su aplicación se llevará a cabo con equipos que aseguren su aspersion como un rocío fino, de forma continua y uniforme.

En general, esta operación debe efectuarse aplicando en la superficie una membrana de curado a razón de un litro por metro cuadrado (1 lt/m<sup>2</sup>), para obtener un espesor uniforme de aproximadamente un milímetro (1 mm), que deje una membrana impermeable y consistente de color claro que impida la evaporación del agua que contiene la mezcla del concreto fresco.

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplicará el producto de curado sobre las paredes de ellas. Se verificará con el fabricante ó proveedor del sello lo referente a la adherencia del material.

También se aplicará sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el período de curado, excepto en las proximidades de las juntas cuando ellas ya hayan sido selladas con un producto bituminoso.

#### **600.5.15.2 Curado por humedad**

Cuando se opte por este sistema de curado, la superficie del pavimento se cubrirá con telas de fique o algodón, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que no se vea afectado el acabado superficial del pavimento.

Mientras llega el momento de colocar el producto protector, la superficie del pavimento se mantendrá húmeda aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro.

Los materiales utilizados en el curado se mantendrán saturados todo el tiempo que dure el curado. No se permite el empleo de productos que ataquen ó decoloren el concreto.

#### **600.5.15.3 Curado mediante membranas de polietileno ó de papel**

Cuando se adopte este método de curado, las membranas, se colocarán cuando la superficie de concreto tenga la suficiente resistencia para que el pavimento no se vea afectado en su acabado. Durante el intervalo transcurrido mientras esto sucede, se aplicará agua en forma de rocío para mantener la superficie húmeda.

Se deberá asegurar la permanencia de las membranas durante todo el período previsto de curado, teniendo en cuenta traslapar las fajas al menos doscientos milímetros (200 mm) y asegurando con pesos los bordes y traslapos para impedir el levantamiento de las membranas por acción del viento. No se permitirán membranas de color negro.

#### **600.5.16 Retiro de formaletas**

Cuando el pavimento se construya entre formaletas fijas, el retiro de éstas se efectuará luego de transcurridas dieciséis (16) horas a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el Interventor podrá aumentar o reducir el tiempo, en función de la resistencia alcanzada por el concreto y del aspecto de los bordes del pavimento.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

#### **600.5.17 Aserrado de juntas**

Después del procedimiento de curado de las losas se procederá al corte de las juntas transversales y longitudinales con discos abrasivos si se realizan los cortes en seco, ó con discos de diamante que se enfrían con agua.

Inicialmente deberá trazarse sobre el pavimento y de acuerdo con el diseño y la localización de las barras, los ejes topográficos para los cortes, éstos deberán ser continuos.

El corte de las juntas deberá comenzar por las transversales de contracción, e inmediatamente después continuar con las longitudinales. Este corte deberá iniciarse cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución (no se presenten desportillamientos) y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados.

El momento propicio para efectuar la actividad de corte será definido en la fase de experimentación y deberá ser tal que no genere la aparición de fisuras por tiempos tardíos o que se presente pérdida de agregado en la junta o daños en los bordes de la losa o de la junta. Sin embargo una vez comenzado el corte deberá continuarse hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos de corte deberá definirse mediante estudios previos al concreto en el cual se defina el momento óptimo de corte de acuerdo a las condiciones ambientales.

En caso de urgencia, por ejemplo cuando se presenta un daño grave en una máquina o cuando se presenta un cambio rápido de humedad, se puede cortar una de cada tres juntas y luego, lo más pronto posible, se pueden cortar las juntas faltantes (nunca después de 24 horas de colocado el concreto).

Se realiza un corte inicial con un ancho de 3 mm y a una profundidad de 1/3 del espesor h de la losa de concreto con el fin de inducir la falla controlada. Posteriormente, se realiza un ensanchamiento del corte para poder alojar el material de sello, de acuerdo con los planos del proyecto.

El segundo corte deberá realizarse antes de 48 horas de la colocación del sello.

#### **600.5.18 Preparación de las Juntas**

Inmediatamente después del corte final, los excesos de cemento, lechadas, componente curador y otros materiales deben ser completamente removidos de la junta con chorro de agua a presión de 10 MPa. Cuando finalice la limpieza la junta debe ser soplada con un compresor de aire, de 1 MPa de presión y 70 litros por segundo de caudal.

Si los documentos técnicos del proyecto exigen una limpieza adicional con chorro de arena, ésta se realizará como se indica a continuación: cuando la superficie esté limpia y seca y justo antes de colocar el fondo de la junta y el sello, la junta debe ser tratada con dos pases de chorro de arena o hidroarenado como mecanismo de preparación de superficie; por ejemplo un pase en cada una de las caras de la junta. Luego, el aire comprimido debe ser utilizado para remover de la junta todos los residuos de polvo.

Los compresores de aire deben estar equipados con unas trampas adecuadas capaces de remover todo el agua y grasa presente en el aire comprimido.

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

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

Hasta el momento de sellado de las juntas, éstas se protegerán obligatoriamente con elementos sintéticos de sección en T, con el objeto de evitar la introducción de elementos extraños y los daños en los bordes. Las alas de la T deberán apoyarse en la parte superior de la losa.

No podrá presentarse ningún almacenamiento de material sobre las losas recién construidas.

#### **600.5.19 Sellado de las juntas**

El sistema de sellado de juntas para pavimentos de Concreto 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 compresión, el arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, los solventes, los rayos ultravioletas, la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos (mínimo 5 años).

##### **600.5.19.1 Tiempo de Aplicación**

Las juntas deben ser selladas pasados 21 a 28 días de edad del concreto y tan pronto como las condiciones climáticas lo permitan y antes de que el pavimento sea abierto al tránsito, incluyendo tránsito de construcción. En el momento de la aplicación del componente de sello, la temperatura debe estar por encima de 10° C y el clima no debe estar ni lluvioso ni toldado. Los requerimientos de temperatura pueden no tenerse en cuenta, solo cuando sean aprobados por el Interventor. El sello se debe realizar preferiblemente en las horas del día, cuando la junta este en el intermedio de su movimiento esperado. En caso de requerirse aplicar el 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 o labios de la junta.

##### **600.5.19.2 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 producirán un sello de junta satisfactorio. El Interventor debe verificar que los procedimientos de instalación propuestos están de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Previa a al iniciación de esta tarea en forma masiva, se ejecutarán dos prueba de instalación en juntas de 200 metros lineales que deberán ser aprobados 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 del 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 debe ser aprobado por el interventor antes que el sello sea aplicado.

Para sellar las juntas se emplean llenantes elastoméricas autonivelantes a base de poliuretano o siliconas vaciadas en frío que cumplan con los requisitos y especificaciones de la Sección 600.2.1.10.1.

Previamente al vaciado del material de sello, se coloca 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 de respaldo no debe 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.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

Se debe enrasar el sello pasando una herramienta en ambas direcciones para asegurar una aplicación libre de aire. La superficie del sello debe quedar 3 mm por debajo del borde de la junta.

El sello que no pegue a la superficie de la pared de junta, contenga huecos o falle en su tiempo de curado será rechazado y debe ser reemplazado por el constructor sin costo adicional.

#### **600.5.20 Apertura al tránsito**

El pavimento no se dará al servicio antes de que el concreto haya alcanzado una resistencia a la flexión del ochenta por ciento (80%) de la especificada a veintiocho (28) días, indistintamente se trate de concretos convencionales o especiales de resistencias tempranas altas.

#### **600.5.21 Defectos a edades tempranas**

Si se presenta fisuras tempranas, se deberá realizar una revisión detallada de las mezclas utilizadas, de los asentamientos medidos, del manejo de las películas o del procedimiento de curado, del tiempo de ejecución de los cortes, de la temperatura ambiente y del concreto, y en fin, todos los elementos que puedan haber incidido para que ocurriera el fenómeno.

En aquellos paneles donde se presente fisuración, debe ordenarse la demolición de la losa. Sin embargo, si se presenta fisuración por retracción cuya profundidad no supere los 10cm, ésta se podrá reparar utilizando resina epóxica inyectada a presión, previa limpieza de las fisuras, teniendo cuidado de no ensanchar las fisuras durante el proceso de inyección. La resina epóxica debe ser del tipo IV grado 1, según la especificación ASTM C-881, y debe aplicarse según procedimiento previamente aprobado por el Interventor.

Si a causa de un aserrado prematuro se presentan descascaramientos en las juntas, éstos deberán ser reparados por el Constructor, a su costa, con un concreto o mortero de resina epóxica, dependiendo de su tamaño. Antes de la colocación del producto de reparación, la junta debe ser preparada mediante el corte de una cavidad apropiada que remueva todo concreto afectado y provea el espacio en tamaño y forma adecuados para la reparación; se debe aplicar un imprimante en la cavidad, del tipo III grado 1, según la especificación ASTM C-881.

En todos estos casos el Constructor deberá presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas, que incluya materiales, dimensiones y procedimientos que se utilizarán en la reparación del pavimento.

#### **600.5.22 Procesos constructivos para casos especiales**

El Contratista deberá seguir las indicaciones de los documentos técnicos 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 los pozos de inspección, sumideros o empalmes con pavimentos asfálticos, entre otros.

#### **600.5.23 Conservación**

El pavimento de concreto hidráulico deberá ser mantenido en perfectas condiciones por el Constructor, hasta el recibo definitivo de los trabajos o hasta que los documentos del contrato lo indiquen.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTA D.C.</b> <small>Instituto</small> <b>DESARROLLO URBANO</b>
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

## 600.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

### 600.6.1 Controles generales

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

- Verificar el buen estado y correcto funcionamiento de los equipos y herramientas empleados por el Constructor; el Interventor ordenará el reemplazo inmediato de aquellos que, a su juicio, no permitan la correcta ejecución de los trabajos a que hace referencia esta Sección.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos en el numeral 600.2 de esta sección.
- Observar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como 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.
- Establecer correlaciones entre la resistencia a flexo-tracción y la resistencia a tracción indirecta para el concreto con el cual se construye el pavimento.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y la mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras.
- Tomar cotidianamente las muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia a flexión.
- Tomar cotidianamente núcleos del pavimento para verificar su espesor, densidad y resistencia a la tracción indirecta.
- Levantar los perfiles y medir la textura superficial, comprobando la uniformidad de la superficie.

### 600.6.2 Controles de producción de agregados

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas de los diferentes agregados a los acopios y se ordenará el retiro de aquellos agregados que, a simple vista, presenten trazas de tierra vegetal, materia orgánica, sustancias deletéreas o tamaños superiores al máximo especificado. También, se deberán acopiar por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad

Indistintamente si el Constructor elabora la mezcla o tiene un proveedor que la suministra deberá verificar la calidad de los agregados mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la tabla 600.7.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTÁ D.C.</b> Instituto DESARROLLO URBANO
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

**Tabla 600.7**

**Ensayos de verificación sobre los agregados para pavimentos de concreto hidráulico**

<b>Ensayo</b>		<b>Norma de Ensayo</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Composición</b>			
Granulometría		INVE-213	1 por jornada
Módulo de Finura		INVE-213	1 por jornada
<b>Dureza</b>			
Desgaste Los Ángeles	- En seco, 500 revoluciones - En seco, 100 revoluciones - Después de 48 horas de inmersión 500 revoluciones	INV E-218	1 por mes
Micro Deval	- Agregado Grueso (FT)	EN 1097-1	1 por mes
10% de finos	- Seco y Húmedo	BS 812 PART 111	1 por mes
<b>Durabilidad</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos		INV E-220	1 por mes
<b>Limpieza</b>			
Límite Líquido		INV E-125	1 por jornada
Índice de Plasticidad		INV E-126	1 por jornada
Equivalente de Arena		EN 933-8	1 por semana
Azul de Metileno		EN 933-9	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznable		INV E-211	1 por semana
Partículas livianas		INV E-221	1 por semana
<b>Geometría de las Partículas</b>			
Partículas Fracturadas Mecánicamente		INVE-227	1 por jornada
Índice de Aplanamiento		INV E-230	1 por semana
Índice de Alargamiento		INV E-230	1 por semana
<b>Pesos Específicos</b>			
Peso Específico y Absorción		INVE-222 y 223	1 por mes

*FT = Reporte obligatorio del resultado del ensayo a partir de enero de 2007.*

Los resultados de los ensayos deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en la presente especificación; en caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos será rechazada y las losas vaciadas con el concreto cuestionado deberán ser demolidas y construidas nuevamente a costa del Constructor.

Adicionalmente, y aparte de las consideraciones especiales sobre la granulometría que se dan en el numeral 600.6.3, para que la fórmula de trabajo siga siendo válida no se pueden presentar variaciones mayores del 20% con relación a los valores reportados en la fórmula de trabajo para los ensayos de geometría de las partículas y pesos específicos. Si estas condiciones no se cumplen, pero los valores se encuentran dentro de los límites generales de la especificación, el Contratista deberá parar la producción de concreto y elaborar una nueva fórmula de trabajo, la cual debe ser aprobada por el Interventor antes de reiniciar la producción de concreto.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

### 600.6.3 Granulometría de los agregados

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ajustarse a la franja de tolerancia. La franja de tolerancia se construirá a partir de la granulometría de diseño de la mezcla y los límites fijados en la tabla 600.8:

**Tabla 600.8  
Tolerancias Granulométricas**

Porcentaje que pasa el Tamiz	Tolerancia en Puntos de % sobre el peso seco de los Agregados
4.75 mm (No.4) y mayores	± 4
2.36 mm (No.8) 1.18 mm (No. 16) 0.600 mm (No. 30) 0.300mm (No. 50) 0.150 mm (No.100)	± 3
0.075 μm (No.200)	± 1

En el caso que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida en la fórmula de trabajo, pero no se salgan de las franjas normativas, el Proveedor deberá preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se someterá a las pruebas de valoración descritas en la presente Sección. En el caso de que no cumplan los requerimientos, el Constructor demolerá a su costa la o las losas cuestionadas.

### 600.6.4 Control de calidad del cemento

Por cada 1000 m<sup>3</sup> vaciados de mezcla de concreto hidráulico, el Constructor realizará todos los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento (ensayos físicos, mecánicos y químicos, numeral 600.2.1.4.1), presentándolos a la Interventoría, conjuntamente con los resultados de resistencia del concreto, para la aprobación del tramo. En el caso de que el Constructor tenga un proveedor de la mezcla, deberá presentar al IDU o a la Interventoría los certificados de calidad remitidos; en este último caso, el Constructor deberá tomar muestras en la planta del proveedor, y realizar los ensayos especificados, por lo menos una vez al mes.

### 600.6.5 Control de calidad del agua

Para la misma cantidad de mezcla indicada en el numeral anterior, el Constructor determinará los parámetros básicos de caracterización como lo son su PH, el contenido de sulfatos, cloruros, y sólidos totales. Como pruebas adicionales se verificará, cuando aplique, un ensayo de tiempos de fraguado.

### 600.6.6 Control de Calidad de los productos químicos para curado y membranas de separación

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes ó proveedores de estos productos, que garanticen la calidad y conveniencia en su utilización, para la autorización por parte de la Interventoría del proyecto.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

### 600.6.7 Control de Calidad del sellado de juntas

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes ó proveedores de los productos por emplear en el sellado de las juntas, que garanticen la calidad y conveniencia en su utilización, para la autorización por parte de la Interventoría del proyecto.

El proyecto debe contemplar un sistema de control como criterio de aceptación de los sellos de junta y todo su proceso constructivo.

El constructor debe garantizar el sello para defectos de los materiales e instalación por un periodo mínimo de 5 años.

### 600.6.8 Control de calidad de la mezcla

#### 600.6.8.1 Consistencia

Se controlará la consistencia de cada carga transportada, para lo cual se extraerá una muestra en el momento de la colocación del concreto para someterla al ensayo de asentamiento (INVE-404), cuyo resultado deberá encontrarse dentro de los límites indicados en la fórmula de trabajo.

Si el resultado del primer ensayo está por debajo del límite y por fuera del intervalo especificado en la fórmula de trabajo para la recepción del concreto, deberá realizarse un segundo ensayo utilizando concreto del mismo camión. Si el segundo ensayo está dentro del intervalo de asentamiento se acepta el concreto; de lo contrario, se debe proceder de la siguiente manera:

- Si la muestra se encuentra por debajo del límite especificado de diseño en un valor no mayor de 12 mm (1/2”), se podrán adicionar aditivos aprobados por el proveedor del concreto, siempre y cuando se demuestre que dicha adición no afecta las demás propiedades requeridas y diseñadas para el concreto. De esta mezcla adicionada con aditivos se tomarán muestras para ensayos de flexión y tracción indirecta.
- Si la baja magnitud del asentamiento es originado por un avanzado fraguado del material, el concreto será totalmente rechazado.

Si se encuentra por encima del límite especificado de diseño, se deberá realizar un segundo ensayo utilizando concreto del mismo camión. Si el segundo ensayo está dentro del intervalo de asentamiento se acepta el concreto; si está por encima del límite especificado, procederá de inmediato a rechazar el concreto.

#### 600.6.8.2 Resistencia de la mezcla

La resistencia de la mezcla se evaluará en términos de su resistencia a la flexión (norma INV E-414). La resistencia a la flexión se evaluará y aceptará por lotes usando un análisis de Nivel de Calidad (*NQ*); este análisis *NQ* calcula el grado de cumplimiento de la resistencia especificada en términos del Porcentaje Estimado de la Resistencia dentro de los Límites de la Especificación (*PDL*) por un método estadístico que tiene en cuenta el promedio de los resultados de los ensayos del lote y su dispersión (desviación estándar) debida a la variabilidad tanto del material como de los procedimientos de muestreo y ensayo. El análisis *NQ* se hará como se indica en el numeral 600.6.8.2.1; los resultados de este análisis se

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

calificarán, para efectos de aceptación, aceptación con sanción (o reducción de precio) o rechazo según se indica en el numeral 600.6.8.2.2.

Se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, la menor cantidad de pavimento construida con el mismo tipo de mezcla que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- Trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m<sup>3</sup>) de concreto colocado.

Cada lote se dividirá en al menos cuatro (4) sub-lotes con aproximadamente la misma área de pavimento. Para proyectos con baja producción diaria de concreto para un tipo dado de mezcla (menos de 100 m<sup>3</sup> por día), se podrá combinar la producción del día con la producción del siguiente o siguientes días del mismo tipo de mezcla hasta completar los 100 m<sup>3</sup> de concreto colocado para su tratamiento como un lote.

Por cada sub-lote se tomará una muestra, escogida de manera aleatoria, para elaborar las siguientes probetas:

- Cuatro (4) vigas prismáticas para ensayos de resistencia a flexión (INVE-414), de las cuales se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de ser sometidas al curado normalizado.
- Cuatro (4) cilindros, para ensayos de tracción indirecta (INV E-411), de los cuales se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, 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 un ensayo. Los valores de resistencia a siete (7) días se emplearán únicamente para controlar la regularidad de la calidad de la producción del concreto y para dar el tramo al tránsito, mientras que los obtenidos a veintiocho (28) días se emplearán en la comprobación de la resistencia del concreto para su aceptación.

*Nota:* para algunos proyectos o para algunas partes de un proyecto, puede requerirse que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, que deberá estar definida en los documentos del proyecto o será acordada en obra con el Interventor. En estos casos, se variarán las edades de los ensayos de manera consecuente y los criterios de aceptación se aplicarán a la nueva edad establecida.

#### **600.6.8.2.1 Cálculo del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los Límites de la Especificación (PDL)**

Este cálculo se hará con base en el promedio de los resultados de resistencia de cada lote, su desviación estándar y su índice de calidad inferior *IQI*. Los pasos a seguir son los siguientes:

(a) Cálculo del promedio aritmético ( $\bar{x}$ ) de los resultados de los ensayos:  $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$

Donde:  $\sum x$  = sumatoria de los resultados individuales de los ensayos  
 $n$  = número de ensayos

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

(b) Cálculo de la desviación estándar de los ensayos (s):

$$s = \sqrt{\frac{n \sum(x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

Donde:  $\sum(x^2)$  = sumatoria de los cuadrados de los resultados individuales

$(\sum x)^2$  = sumatoria de los resultados de los ensayos, elevada al cuadrado

(c) Cálculo del Índice de Calidad Inferior (IQI):  $IQI = \frac{\bar{x} - LIE}{s}$

Donde: *LIE* = límite inferior de la especificación o valor mínimo especificado para la resistencia del concreto.

*Nota:* Si los documentos técnicos del proyecto no definen expresamente el límite inferior de la especificación (*LIE*) para la resistencia del concreto (valor que puede ser también nombrado como “resistencia característica”), se entenderá que el valor señalado en los documentos es el valor promedio; en este caso, el valor mínimo o límite inferior especificado (*LIE*) será igual al valor promedio menos 2 décimas de Megapascal (0.2 MPa).

(e) Determinación del Porcentaje Estimado de la Resistencia dentro de los Límites de la Especificación (*PDL*) con la tabla 600.9, utilizando el Índice de Calidad Inferior (*IQI*) y el número de ensayos (*n*); el término *IQI* se denomina Índice de Calidad Inferior porque califica la calidad de la producción con base en el cumplimiento de un valor mínimo o inferior establecido como requisito, en este caso el *LIE*. Se leerá el valor de *PDL* correspondiente al *IQI* de la tabla que resulte más cercano por defecto al valor *IQI* calculado para el lote. Si el valor de *IQI* es negativo, se reportará como Porcentaje Estimado de la Resistencia dentro de los Límites de la Especificación (*PDL*) el resultado de restar de 100 el valor de *PDE* leído de la tabla para el valor absoluto de *IQI*.

**Tabla 600.9**  
**Porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL)**

PDL, %	Índice de calidad inferior, IQI					
	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8
100	1.16	1.49	1.72	1.88	1.99	2.07
99	-	1.46	1.64	1.75	1.82	1.88
98	-	1.43	1.58	1.66	1.72	1.75
97	1.15	1.40	1.52	1.59	1.63	1.66
96	-	1.37	1.47	1.52	1.56	1.58
95	1.14	1.34	1.42	1.47	1.49	1.51
94	-	1.31	1.38	1.41	1.43	1.45
93	1.13	1.28	1.33	1.36	1.38	1.39
92	1.12	1.25	1.29	1.31	1.33	1.33
91	1.11	1.22	1.25	1.27	1.28	1.28
90	1.10	1.19	1.21	1.23	1.23	1.24
89	1.09	1.16	1.18	1.18	1.19	1.19
88	1.07	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15
87	1.06	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
86	1.04	1.07	1.07	1.07	1.07	1.06
85	1.03	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03

PDL, %	Índice de calidad inferior, IQI					
	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8
84	1.01	1.01	1.00	0.99	0.99	0.99
83	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95
82	0.97	0.95	0.93	0.92	0.92	0.92
81	0.95	0.92	0.90	0.89	0.88	0.88
80	0.93	0.89	0.87	0.86	0.85	0.85
79	0.91	0.86	0.84	0.82	0.82	0.81
78	0.88	0.83	0.81	0.79	0.79	0.78
77	0.86	0.80	0.77	0.76	0.75	0.75
76	0.83	0.77	0.74	0.73	0.72	0.72
75	0.81	0.74	0.71	0.70	0.69	0.69
74	0.78	0.71	0.68	0.67	0.67	0.65
73	0.75	0.68	0.65	0.64	0.63	0.62
72	0.73	0.65	0.62	0.61	0.60	0.59
71	0.70	0.62	0.59	0.58	0.57	0.57
70	0.67	0.59	0.56	0.55	0.54	0.54
69	0.64	0.56	0.53	0.52	0.51	0.51
68	0.61	0.53	0.50	0.49	0.48	0.48
67	0.58	0.50	0.47	0.46	0.45	0.45
66	0.55	0.47	0.45	0.43	0.43	0.42
65	0.51	0.44	0.42	0.40	0.40	0.39
64	0.48	0.41	0.39	0.38	0.37	0.37
63	0.45	0.38	0.36	0.35	0.34	0.34
62	0.41	0.35	0.33	0.32	0.32	0.31
61	0.38	0.30	0.30	0.30	0.29	0.28
60	0.34	0.28	0.28	0.25	0.25	0.25
59	0.31	0.27	0.25	0.23	0.23	0.23
58	0.30	0.25	0.23	0.20	0.20	0.20
57	0.25	0.20	0.18	0.18	0.18	0.18
56	0.20	0.18	0.16	0.15	0.15	0.15
55	0.18	0.15	0.13	0.13	0.13	0.13
54	0.15	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10
53	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08
52	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
51	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

#### 600.6.8.2.2 Criterio de aceptación de la resistencia a la flexión del concreto

Para la aceptación o rechazo del lote de pavimento de concreto, se definen 3 niveles de calidad en función del Porcentaje Estimado de la Resistencia dentro de los Límites de la Especificación (*PDL*):

**(a)** Nivel de Aceptación a Satisfacción: si el valor de *PDL* del lote es igual a superior a 90%, el lote de pavimento se acepta y se paga al precio unitario del contrato.

**(b)** Nivel de Aceptación con Sanción: si el valor de *PDL* del lote está entre 40% y 89%, el lote de pavimento se podrá aceptar con sanción, consistente en la aplicación de una reducción al precio unitario del contrato para el pago del lote por medio de un factor de ajuste de precio. El factor de ajuste de precio por resistencia *FAR* (menor que la unidad), que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago del lote, se definirá para cada lote mediante la tabla 600.10.

**(c)** Nivel de Rechazo: si el valor de *PDL* del lote es inferior 40%, se demolerá lote de pavimento objeto de la controversia y transportará a los sitios aprobados para la recepción de escombros, a expensas del

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

Constructor, quien lo reemplazará a su costa, con otro de calidad satisfactoria. Ocasionalmente, el IDU podría permitir que no se demuela un lote de pavimento rechazado; en este caso, el pavimento rechazado podrá permanecer en el sitio pero será pagado al cincuenta por ciento (50%) del precio del contrato ( $FAR = 0.5$ ).

**Tabla 600.10**  
**Factor de ajuste por resistencia *FAR* del precio unitario del contrato**

PDL	Factor de ajuste de precio unitario
90 a 100	1.000
89	0.995
88	0.990
87	0.985
86	0.980
85	0.975
84	0.970
83	0.965
82	0.960
81	0.955
80	0.950
79	0.945
78	0.940
77	0.935
76	0.930
75	0.925
74	0.920
73	0.915
72	0.910
71	0.905
70	0.900
69	0.893
68	0.885
67	0.878
66	0.870
65	0.863
64	0.855
63	0.848
62	0.840
61	0.833
60	0.825
59	0.818
58	0.810
57	0.803
56	0.795
55	0.788

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTA D.C.</b> Instituto DESARROLLO URBANO
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

54	0.780
53	0.773
52	0.765
51	0.758
50	0.750
49	0.743
48	0.735
47	0.728
46	0.720
45	0.713
44	0.705
43	0.698
42	0.690
41	0.683
40	0.675

#### 600.6.8.2.3 Resistencia a la tracción indirecta

En principio, los resultados de los ensayos de tracción indirecta (probetas elaboradas en moldes cilíndricos o núcleos) no se utilizarán como criterio de aceptación o rechazo del concreto colocado. Podrán servir como elemento de juicio en aquellos casos en que dentro de un mismo lote se registren valores individuales de resistencia a la flexión excesivamente bajos con respecto a los demás valores del lote, o que el Interventor tenga dudas sobre los ensayos de flexión correspondientes.

Sin embargo, si para el mismo diseño de mezcla de concreto con el que se construye el pavimento, se ha establecido o se logra establecer en la obra una correlación con un coeficiente de correlación ( $r^2$ ) mayor de nueve décimas (0.9) entre los resultados de módulo de rotura y de tracción indirecta (preferiblemente de núcleos), en un muestreo por lo menos de 30 especímenes, el Interventor podrá aceptar el control de la resistencia por medio de probetas cilíndricas sometidas a la prueba de tracción indirecta, en lugar de ensayar vigas prismáticas a flexión.

La correlación por aplicar, que deberá ser aprobada por el Interventor, corresponderá no a la línea promedio de correlación sino a la línea ajustada de correlación que represente un nivel de confianza mínimo del 85% en la estimación de la resistencia a la flexión con base en un valor dado de tracción indirecta.

En dicho caso, no será necesario elaborar las cuatro (4) vigas de cada sub-lote mencionadas en el numeral 600.6.8.2; Sin embargo, al menos en vías de tráfico T4 o T5, será necesario seguir tomando vigas con alguna frecuencia para verificar que la correlación se sigue cumpliendo; el Interventor decidirá, con base en los resultados que se van obteniendo, la frecuencia de toma de vigas.

En este caso, los resultados de tracción indirecta serán sometidos al mismo análisis estadístico de Nivel de Calidad ( $NQ$ ) establecido para los resultados de los ensayos a flexión (numerales 600.6.8.2 y 600.6.8.2.1) y se aplicarán los mismos criterios de aceptación (numeral 600.6.8.2.2). Se utilizará como Límite Inferior de la Especificación *LIE* el valor de tracción indirecta que corresponda al *LIE* para el ensayo de flexión que se haya establecido en los documentos del proyecto, o se haya definido según las indicaciones del numeral 600.6.8.2.1; la correspondencia con la correlación aprobada para el proyecto,

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTA D.C.</b> <small>Instituto</small> <small>DESARROLLO URBANO</small>
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

será la que represente un nivel de confianza mínimo del 85% en la estimación de la resistencia a la flexión con base en un valor dado de tracción indirecta.

### 600.6.8.3 Verificación de los agregados en la mezcla

Simultáneamente con la toma de muestras para resistencia, se tomarán muestras representativas para verificar la granulometría, el módulo de finura y las características geométricas de los agregados (partículas fracturadas mecánicamente, índice de aplanamiento, índice de alargamiento). La mezcla será lavada inmediatamente para remover el cemento, con lo cual se pueden perder los finos; por lo tanto, el contenido de finos no será tenido en cuenta como criterio de evaluación.

Los resultados de estos ensayos serán utilizados como parámetros de aceptación o rechazo siguiendo los criterios establecidos en los numerales 600.6.2 y 600.6.3.

*Nota: Inicialmente, desde la fecha de expedición de estas especificaciones y hasta diciembre la fecha fijada por el IDU, se permitirán unas tolerancias adicionales 2 puntos (2%) con respecto a los requisitos de la Tabla 600.8 de para definir la aceptación o el rechazo de los lotes a partir de los resultados de verificación contemplados en este numeral 600.6.8.3.*

*En la fecha fijada por el IDU se suprimirán las tolerancias adicionales, previa revisión de los valores de la tabla con base en el análisis de los resultados reunidos a esa fecha.*

### 600.6.9 Control de calidad del producto terminado

La capa terminada deberá 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 podrá ser menor que la indicada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto del pavimento curado no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera no deberán existir depresiones mayores a 3 mm, controlados con regla de 3.00 m. Las losas que presenten anomalías por encima de los límites especificados deberán ser demolidas y los escombros deberán ser transportados a los sitios aprobados para la recepción de ellos, todo a expensas del Constructor, quien las reemplazará a su costa.

Además, se deberán efectuar las siguientes verificaciones:

#### 600.6.9.1 Espesor

Luego del fraguado de las losas, el Constructor tomará secciones topográficas para verificar los niveles de la superficie y los espesores colocados. Así mismo, una vez retiradas las formaletas, se realizarán las verificaciones de espesores en los costados de las losas.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se realizará subdividiendo la superficie del pavimento en zonas con un área de tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) cada una. Cada

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTÁ D.C.</b> <small>Instituto</small> <small>DESARROLLO URBANO</small>
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

zona se subdividirá en sectores de trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m<sup>2</sup>) cada uno, debiendo extraerse de cada sector dos (2) testigos cilíndricos o núcleos mediante equipos provistos de brocas rotativas. Los testigos se extraerán luego de transcurridos quince (15) días desde la colocación del concreto.

Los agujeros dejados por los núcleos en el pavimento deberá rellenarse a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad del concreto del pavimento, que no se contraiga; antes de su colocación, se debe aplicar una resina en las paredes del hueco, del tipo V, según la especificación ASTM C-811.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un sector resulta inferior al espesor teórico de diseño (ed) en más de diez milímetros (10 mm), el Constructor deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir el pavimento a su costa, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se seguirá cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al teórico del diseño.

Se considerará como espesor promedio de la zona (em), al promedio de las alturas de los testigos extraídos de ella, 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 considerarán en el cálculo del espesor promedio de la zona.

Si el espesor promedio de la zona es inferior al teórico de diseño en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), el pavimento, en cuanto hace a su espesor, se aceptará con descuento por deficiencia de espesor. El descuento se aplicará a la zona de la 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 pavimento en la zona así afectada (Z), se calculará con la expresión:

$$D = \left[ 1 - \frac{(em + 2)^2}{ed^2} \right]$$

Estando los espesores (ed) y (em) en milímetros (mm). Si D da negativo, se toma como cero (0).

El factor de ajuste de precio por espesor *FAE* (menor o igual que la unidad), que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago de los lotes correspondientes a la zona analizada, será el resultado de restar el descuento D de la unidad.

$$FAE = 1 - D$$

Cuando el espesor promedio de la zona (em) sea inferior al teórico de diseño (ed) en más de siete milímetros (7 mm), el Constructor deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir el pavimento a su costa, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación.

Todos los núcleos serán sometidos a ensayos de densidad y tracción indirecta. La densidad se determinará en la condición saturada y seca superficialmente, según la norma de ensayo ASTM C-642.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

La tracción indirecta se medirá a los 28 días (INV E-411), luego de ser sometidos a curado húmedo durante las cuarenta y ocho (48) horas previas al ensayo.

#### **600.6.9.2 Densidad del concreto**

La densidad promedio de los núcleos no será menor que 97% y ningún núcleo tendrá una densidad menor que 96% con respecto a la densidad promedio de las probetas cilíndricas elaboradas de los lotes correspondientes.

La densidad promedio de los núcleos será de reporte obligatorio a partir de la fecha de expedición de estas especificaciones. El IDU fijará la fecha a partir de la cual los requisitos de densidad serán criterio de aceptación o rechazo, previa revisión de los valores indicados en el párrafo anterior con base en el análisis de los resultados reunidos a esa fecha.

#### **600.6.9.3 Textura y resistencia al deslizamiento**

Al día siguiente de ejecutados los trabajos de esta especificación, se determinará la profundidad de textura por medio del círculo de arena (INV E-791), al menos en diez (10) puntos elegidos aleatoriamente por día de trabajo, debiendo obtenerse una profundidad media no menor a ocho décimas de milímetro (0.8 mm), con valores individuales no inferiores a seis décimas de milímetro (0.6 mm). Estas mediciones no se deberán hacer donde haya juntas. Después de 10 lotes aceptados, el Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia del ensayo.

Además, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (INV E-792) deberá ser, cuando menos, de cuarenta y cinco centésimas (0.45).

Si no se cumplen estas dos exigencias, se rechazará el tramo hasta que el Constructor haga las correcciones necesarias para alcanzar los valores indicados, cuya implementación será a su exclusivo costo. En todos los casos la solución que proponga no puede disminuir el espesor de diseño de la losa.

#### **600.6.9.4 Rugosidad**

El índice internacional de rugosidad (IRI) se comprobará 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 de esta Sección, su determinación se deberá realizar únicamente con un equipo de medida de precisión o por medio de un sistema de referencia inercial, en tramos de un hectómetro (1hm).

En general, se podrán utilizar equipos para medir rugosidad de clase I o II, según las definiciones de la FHWA, así:

- Clase I: Incluye perfilógrafos manuales de precisión, como el Dipstick; el método de mira y nivel clasifica dentro de esta clase.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTA D.C.</b> Instituto DESARROLLO URBANO
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

- Clase II: Incluye perfilógrafos de medición directa. Este grupo también incluye mecanismos sin contacto con la vía como el láser, viga de luces o técnicas acústicas, las cuales deben ser mantenidas con la respectiva calibración, de acuerdo con las especificaciones del fabricante

En esta evaluación se excluirán las interferencias y sus longitudes aferentes, entendiendo por interferencias las alteraciones locales del perfil longitudinal que incrementan el valor del IRI y que no son debidas a defectos constructivos; son afectaciones definidas por diseño geométrico (perfiles, secciones, detalles) y se relacionan principalmente con intersecciones, cruces de vías, puentes, pozos de alcantarillado, sumideros y similares. La longitud aferente a cada interferencia que debe ser excluida de la evaluación dependerá de las características del equipo de medición y de los detalles del diseño geométrico del sitio.

En los documentos técnicos del proyecto se darán indicaciones con respecto al tipo de equipos por utilizar, a las exclusiones por interferencias y a los valores máximos de rugosidad que se deben cumplir.

Los requisitos por cumplir, salvo que los documentos técnicos del proyecto establezcan otra cosa, son los indicados en la Tabla 600.11.

**Tabla 600.11**  
**Valores máximos admisibles de IRI**

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	Valor máximo
50	2.5
80	3.0
100	3.5

Si los resultados de rugosidad exceden estos límites, el Constructor deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir el correspondiente tramo de pavimento a su costa, de modo que se logre el cumplimiento todas las exigencias de la presente Sección.

#### **600.6.9.5 Transferencia de cargas en las juntas**

Se deberá comprobar la transferencia de cargas, tanto en las juntas longitudinales como transversales, siguiendo las indicaciones de los documentos técnicos del proyecto. En ellos se fijarán también los valores mínimos admisibles y los procedimientos a seguir en caso de incumplimiento.

### **600.7 MEDIDA**

#### **600.7.1 Pavimento de losas de concreto hidráulico**

La unidad de medida del pavimento de losas de concreto hidráulico será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico (0.1 m<sup>3</sup>), de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente por el Interventor, de acuerdo con lo exigido en esta Sección. Cuando el cómputo de la fracción centesimal de la obra aceptada resulte igual o superior a cinco centésimas de metro cúbico ( $\geq 0.05 \text{ m}^3$ ) la aproximación a la décima se realizará por exceso y cuando sea menor de cinco centésimas de metro cúbico ( $< 0.05 \text{ m}^3$ ) la aproximación se realizará por defecto.

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		 <b>ALCALDIA MAYOR</b> <b>BOGOTA D.C.</b> <small>Instituto</small> <small>DESARROLLO URBANO</small>
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

El volumen se determinará multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y espesor mostrados en los documentos del proyecto o ajustados según los cambios ordenados por el Interventor. No se medirá, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

#### **600.7.2 Acero de refuerzo**

Cuando en el proyecto se establezca la construcción de losas reforzadas, como se indica en el numeral 600.2.1.7.3, se medirá por aparte el acero de refuerzo correspondiente. La unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al décimo de kilogramo, de acero de refuerzo para losas de pavimento, realmente suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por el Interventor.; la medida no incluye el peso de soportes, separadores, silletas o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio, ni los empalmes adicionales a los indicados en los planos, que sean autorizados por el Interventor para conveniencia del Constructor. Si se sustituyen barras a solicitud del Constructor como resultado de ello se usa más acero del que se ha especificado, no se medirá la cantidad adicional.

No se medirá el acero de enlace o transferencia de las juntas, como pasadores o barras de amarre, cuyo costo debe estar incluido en el precio de pavimento de losas de concreto hidráulico.

#### **600.8 FORMA DE PAGO**

##### **600.8.1 Pavimento de losas de concreto hidráulico**

El pago de los pavimentos de losas de concreto hidráulico se hará al respectivo precio del contrato, multiplicado por el factor de ajuste *FAT* según se indica a continuación, por metro cúbico (m<sup>3</sup>), por toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección y aceptada por el Interventor.

El pago de cada lote se hará al precio unitario de pavimento de losas de concreto hidráulico del contrato multiplicado por el factor de ajuste total *FAT* correspondiente al lote.

El factor de ajuste total *FAT*, que se calculará para cada lote individual y que tiene un valor máximo de la unidad (1), será el resultado de multiplicar el factor de ajuste por resistencia *FAR* (numeral 600.6.8.2.2) por el factor de ajuste por espesor *FAE* (numeral 600.6.9.1), determinados para ese lote.

$$FAT = FAR \times FAE$$

El precio unitario deberá incluir todos los costos correspondientes a administración, imprevistos y utilidades del Constructor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos relacionados con la adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de licencias ambientales para la explotación de los agregados y la elaboración de las mezclas; las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar; los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales y ambientales al terminar su explotación.

El precio unitario deberá incluir todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos; el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargues, transportes, descargues y mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya

<b>INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005</b>		
<b>Versión: 1.0</b>	<b>Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006</b>	

fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargues, transportes, descargues y colocación de los aceros de las juntas (pasadores, varillas de unión o amarre), de todos los aceros constructivos, de los elementos para separación del pavimento o curado y materiales para el sello y el llenado de todas las juntas según lo contemple el proyecto; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado, la ejecución de juntas, el acabado superficial y el curado requerido; la demolición, retiro y disposición de las losas rechazadas y, en general todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de la definición de la fórmula de trabajo, los costos de la fase de experimentación y los costos de todos los muestreos y ensayos de caracterización, diseño y control con excepción de aquellos ensayos de control considerados especiales para los cuales se establecen ítems de pago específicos en el numeral 600.9 de la presente Sección o en las especificaciones particulares del proyecto; 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 capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está incluido en el contrato, el Constructor deberá incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario del pavimento de losas de concreto hidráulico.

#### **600.8.2 Acero de refuerzo**

En el caso de losas reforzadas, el pago del refuerzo se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, ensayos, transportes, almacenamiento, corte, desperdicios, doblamiento, limpieza, colocación y fijación del refuerzo y por toda mano de obra, materiales, patentes, equipos e imprevistos necesarios para terminar correctamente el trabajo, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor. El precio unitario deberá incluir, también, todos los costos por concepto de elaboración de listas de despiece y diagramas de doblado; por suministro e instalación de abrazaderas, separadores, silletas o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el refuerzo en su sitio; y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

#### **600.9 ÍTEM DE PAGO**

600.1. Pavimento de losas de concreto hidráulico	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
600.2. Acero de Refuerzo para losas de concreto hidráulico	Kilogramo (kg)
600.E Ensayos y pruebas especiales para pavimentos de losas de concreto hidráulico	
600.E.1 Ley de Fatiga (4 puntos)	Unidad