

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

CARRETERAS. HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE. COLOCACIÓN EN OBRA

Roads. Hot asphaltic concrete.
In site location

ICS: 91.100.30; 75.140

1. Edición

Marzo 2002

REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.
Teléf.: 830-0835 Fax: (537) 33-8048 E-mail: nc@ncnorma.cu

NC 160: 2002

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en evidencias de consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 21 de Carreteras, en el cual están representadas las siguientes instituciones:
 - Ministerio del Transporte
 - Oficina Nacional de Normalización
 - Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"
 - Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas
 - Ministerio de la Construcción
 - Empresa de Proyectos de Obras del Transporte
 - Centro Nacional de Vialidad (MITRANS)

© NC, 2002

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por alguna forma o medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias o microfilmes, sin el permiso previo escrito de:

**Oficina Nacional de Normalización (NC).
Calle E No. 261 Ciudad de La Habana, Habana 3. Cuba.**

Impreso en Cuba

Indice

1 Objeto 1

2 Referencias normativas 1

3 Términos y definiciones 1

4 Materiales 2

5 Equipos y herramientas 2

6 Procedimiento 4

7 Tramo de pruebas 13

8 Control de la calidad 13

9 Tolerancia 16

Bibliografía 17

CARRETERAS. HORMIGÓN ASFÁLTICO CALIENTE. COLOCACIÓN EN OBRA

1 Objeto

Esta norma establece el procedimiento para la colocación del hormigón asfáltico caliente en obra. Es aplicable a la preparación de la superficie de apoyo, el transporte, tendido y compactación del hormigón asfáltico en caliente que se coloque en obras nuevas, de reconstrucción, reforzamiento y reparación de pavimentos.

2 Referencias normativas

Las siguientes normas contienen disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen disposiciones de esta Norma Cubana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos sobre la base de ellas que analicen la conveniencia de usar ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente. La Oficina Nacional de Normalización posee en todo momento la información de las normas internacionales, regionales y cubanas en vigencia.

NC 33-30:1984 Petróleo y sus derivados. Asfaltos diluidos. Especificaciones de calidad.

NC 54-223:1985 Materiales y productos de la construcción. Hormigón asfáltico caliente. Especificaciones de calidad.

3 Términos y definiciones

3.1 Hormigón asfáltico caliente (HAC)

Mezcla en caliente bien controlada, de betún asfáltico y áridos de alta calidad bien graduados, que se compactan hasta formar una masa densa.

3.2 Banda

Capa que la pavimentadora extiende longitudinalmente de una sola vez, considerada en el sentido transversal.

3.3 Asfalto diluido o fluidificado (Cut - Back)

Betún asfáltico que ha sido fluidificado con disolventes, los que se evaporan en su mayor parte al ser expuestos a los agentes atmosféricos, quedando prácticamente sólo el asfalto base residual en condiciones de cumplir su cometido.

3.4 Emulsión asfáltica

Emulsión de betún asfáltico en agua que contiene pequeñas cantidades de agentes emulsificantes. El agua forma la fase continua y el asfalto la discontinua. Pueden ser directas o inversas, aniónicas, catiónicas, no iónicas, de reología modificada o alta flotación, etc. De acuerdo al tiempo de rotura se denominan de rotura rápida, media, lenta o superestable.

3.5 Junta caliente

Unión de dos bandas de carpeta asfáltica cuando la mezcla de ambas está aún sin compactar.

3.6 Junta fría

Unión de dos bandas de carpeta asfáltica que se produce cuando una de ellas ha sido previamente colocada y en el momento de extender la contigua la primera ya se ha compactado.

3.7 Cobertura de compactador

Recorrido del equipo cuando ejecuta sobre la mezcla que compacta una pasada en un sentido y otra en el sentido contrario.

3.8 Certificado de calidad

Documento que emite el productor donde certifica que el producto cumple con determinados requisitos.

4 Materiales

4.1 Asfaltos diluidos

Son del tipo MC-0 o MC-1 para los riegos de imprimación y del tipo RC-0 o RC-1 para los riegos de adherencia, estos productos aún cumpliendo con las especificaciones establecidas para ellos se sitúan como elementos contaminadores del medio ambiente, pues al curar pasa a la atmósfera aproximadamente un 45 % de disolventes hidrocarbonados. Véase NC 33-30.

4.2 Emulsión asfáltica

Serán de rotura rápida o media para riegos de adherencia y rotura media o lenta para riegos de imprimación. Son los productos menos contaminantes, más económicos y de menor consumo energético de todos los utilizados en trabajos viales.

4.3 Hormigón asfáltico en caliente

Será del tipo que se indique en el proyecto, de acuerdo a su función y espesor en la estructura del pavimento y cumplirá las especificaciones establecidas para estos materiales. Véase NC 54-223.

5 Equipos y herramientas

5.1 Regadora de asfalto

Las barras esparcidoras tendrán los grifos limpios y bien graduados para garantizar la uniformidad del riego, serán de fácil manipulación para regular su altura y la dosificación del riego. El equipo contará con tacómetro y un esparcidor manual para cubrir las zonas de difícil acceso o ejecutar riegos en áreas pequeñas.

5.2 Pavimentadoras

Las pavimentadoras serán autopropulsadas y de dirección variable. Dispondrán de bastidor; tolva de recepción donde descarguen los camiones; cinta transportadora que conduzca el material a la parte trasera de la máquina; dos tornillos helicoidales que repartan la mezcla en anchura; una regla vibratoria destinada esencialmente a facilitar la extrusión de la mezcla bajo la viga; una viga alisadora flotante o enrasadora que estará provisto de sistema calefactor. El dispositivo enrasador será ajustable para permitir la distribución con distintos espesores especificados, al mismo tiempo que se ajuste a los perfiles transversales y pudiendo, en algunos casos, aumentar el ancho de banda según se requiera.

Las pavimentadoras deben ser capaces de extender las mezclas sin segregación, desde espesores de 2 cm y además asegurar con precisión todos los niveles requeridos ya sea de forma manual o con sistemas automáticos.

5.3 Compactadores.

Se utilizarán de llantas metálicas de tres ruedas, y del tipo tándem de dos o tres ruedas. Tendrán un peso de 10 t como mínimo cuando se trata de compactadores estáticos y su rueda trasera deberá ejercer una presión entre 25 kg/cm y 45 kg/cm de ancho. Preferiblemente estarán dotados de sistema de vibración con posibilidad de aplicar dos tipos de frecuencias y podrán disponer de aditamentos de contención y compactación de los bordes.

Los compactadores de gomas tendrán ruedas lisas y deberán ser tales que la presión de contacto no sea menor de 4,2 kg/cm², teniendo desfasados los neumáticos del eje delantero con respecto a las del eje trasero, de forma tal que las huellas de las ruedas de un eje se solapen con las dejadas por el otro.

Los compactadores dispondrán de mecanismos que permitan una reversión del movimiento de manera suave y estarán dotados de dispositivos de humedecimiento y limpieza para las ruedas.

5.4 Otros

- Barredoras;
- Camiones de volteo;
- Pipas de agua;
- Cortadora de pavimento;
- Rastrillos asfalteros;
- Escobillones;
- Palas cuadradas y vagones manuales;
- Bidón móvil con emulsión con aplicador manual (opcional);
- Medios de señalización, seguridad y alarma;
- Medios requeridos para el control de calidad.

6 Procedimiento

6.1 Trabajos preliminares

6.1.1 Replanteo

Se hará a partir de los ejes de referencia, siguiendo las alineaciones y niveles señalados en el proyecto y de acuerdo al espesor de la capa a pavimentar, estaquillando a ambos lados de la calzada. En alineaciones rectas el estaquillado se hará cada 20 m y en curvas cada 10 m o a menor distancia si es necesario. Las curvas serán replanteadas en todo su desarrollo. Se pondrán los puntos intermedios necesarios para garantizar el borde con el radio de curvatura señalado en el proyecto.

6.1.2 Plan de pavimentación

Antes de proceder a la colocación de material alguno es necesario elaborar un plan de pavimentación que considere los siguientes factores:

- tipo de juntas (frías o calientes);
- velocidad de pavimentación;
- ancho o combinación de anchos de las bandas;
- plan de riego de imprimación o de adherencia;
- cantidades de materiales a consumir;
- verificación del equipamiento disponible;
- realización de un tramo de prueba.

En la pavimentación de varias capas, las juntas que se ejecuten entre dos de ellas no deberán coincidir, debiendo quedar desplazadas unas de otras, para lo cual se tendrá en consideración al elaborar el plan de bandas los espaciamientos que se indican.

La junta longitudinal de una capa se desplazará por lo menos 15 cm de la junta longitudinal en vías de dos carriles y como mínimo 30 cm en el caso de calzadas, autovías y aeropuertos de la capa inmediata anterior y las juntas transversales en una capa se desplazarán por lo menos en 60 cm de las juntas transversales de la capa inferior. Las juntas transversales en sendas adyacentes se desplazarán una de otra por lo menos 3 metros.

Se preverán medios y formas de efectuar el control de las alineaciones, niveles y espesores durante la ejecución de los trabajos para garantizar las precisiones que se especifican en esta norma.

6.1.3 Plan de compactación

Se elaborará de acuerdo con las características y número de equipos compactadores con que se cuenta. En el se definirá el orden de operación de los cilindros, la temperatura mínima a que se inicia cada etapa de compactación y la cantidad de coberturas de cada compactador.

Este plan se determinará a partir de estudios previos (Tramo de Prueba) donde se correlacionen los espesores, la temperatura y la densidad obtenida de acuerdo con las pasadas de los equipos.

6.1.4 Preparación y/o aceptación de la superficie.

La base sobre la cual ejecutará la pavimentación estará debidamente certificada, limpia, perfectamente compactada y conformada transversal y longitudinalmente, de acuerdo a las cotas dadas en el proyecto dentro de las tolerancias establecidas en las normas o en el proyecto. De no cumplir con esos requisitos se ejecutarán los trabajos necesarios para lograrlo.

En el caso de vías a repavimentar se habrán ejecutado los trabajos previos necesarios tales como auscultación, bacheo, resanes, nivelación, levantamiento de registros en los recapes sin fresado, eliminación de salideros y vertimientos.

En cualquiera de los tipos de superficie a pavimentar que se trate, estarán libres de polvo, materiales sueltos, agua, fango, basuras u otros materiales extraños. Se comprobará que cuando haya transcurrido el tiempo de curado, no queden vestigios de fluidificantes o de agua en la superficie, así mismo si ha transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará antes de extender la mezcla que no haya disminuido la capacidad de adherencia en forma perjudicial y si fuera necesario se ordenará la ejecución de un riego adicional de adherencia.

6.1.5 Riego de Imprimación

Cuando la mezcla sea colocada sobre una base no tratada (suelo granular, piedra, macadam hidráulico) se aplicará previamente un riego de imprimación.

Se emplearán asfaltos diluidos (Cut - Back), del tipo MC-0 o MC-1 o una emulsión de rotura media o lenta apropiada, dosificándolos entre 0,8 L/m² y 2,0 L/m², de acuerdo a la menor o mayor porosidad y capacidad absorbente de la base.

Se debe humedecer la superficie de la base, horas antes de la extensión del ligante para favorecer la imprimación. La cantidad de ligante necesaria se fija como la que es capaz de absorber la base en un período de 24 horas, tiempo mínimo necesario para permitir la penetración y curado. El riego será uniformemente distribuido, las zonas especialmente ricas en betún se cubrirán de arena o árido fino para absorber el exceso y las porosas o pobres se volverán a repasar con un nuevo riego.

6.1.6 Riego de adherencia

Cuando la mezcla sea tendida sobre superficies pavimentadas (asfálticas o de hormigón hidráulico) se aplicará previamente un riego de adherencia. Para ello se emplearán asfaltos fluidificados (Cut - Back) del tipo RC-0 o RC-1 o emulsiones aniónicas o catiónicas de rotura rápida. La dosificación recomendada oscilará entre 0,4L/m² a 1,0 L/m².

El riego deberá ser uniformemente distribuido y se garantizará que forme una película muy delgada de ligante ya que el incumplimiento de esta condición sería perjudicial para el proceso ejecutivo y posterior comportamiento de la mezcla, antes de iniciar el mismo se colocarán bandas de papel u otro material o se definirá el proceso de ejecución que asegure no exista acumulación excesiva de ligante o solape tanto en la junta transversal como en la longitudinal.

El riego de adherencia cuando se trate de asfalto diluido se efectuará con la antelación suficiente al tendido de la mezcla para permitir su tiempo de curado. Puede considerarse terminado el curado cuando la mayor parte del diluyente se ha evaporado y deja una película altamente viscosa y

pegajosa, lo cual tomará varias horas, recomendándose esperar como mínimo 24 horas. Se prohibirá el paso sobre el riego de adherencia, de vehículos no esenciales para la obra. Solamente se tratará la superficie que va a ser pavimentada en la jornada de trabajo.

Si el riego se produce con emulsión entonces deberá humedecerse la superficie antes de regar la misma. Para el tendido del H.A.C. hay que esperar que se produzca la rotura y curado con la eliminación total del agua.

6.1.7 Requisitos de control para ambos tipos de riegos

- La regadora deberá ser capaz de distribuir el ligante sin que la dosificación media exceda del 15 % en el sentido transversal y del 10 % en el longitudinal.
- La anchura de riego se chequeará cada 50 m y no se aplicará en una longitud mayor a la que se va a pavimentar.
- Se controlará que no existan solapes en la junta longitudinal, excesos de aplicación en los inicios o finales del tramo regado, así como lugares con ausencia o déficit de ligante dentro del área tratada.
- Se asegurará que cualquier deficiencia en uniformidad, exceso o defecto sea correctamente reparada y no se permitirá la circulación de vehículos sobre el riego, garantizándose los tiempos de curado o rotura requeridos.

6.2 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará al lugar de empleo en camiones de modo que, en el momento de descargarla en la extendidora su temperatura no sea inferior a la especificada; ésta deberá protegerse con lonas o cobertores adecuados durante el recorrido y la espera para ser descargada. La mezcla deberá llegar al punto de su empleo esencialmente en las mismas condiciones que tenía al salir del mezclador y con una temperatura en el rango en que pueda ser compactado, según 6.1.3 y preferiblemente entre 135 y 165°C, para lograr la densidad especificada. Sin perjuicio de que a la salida de la planta la mezcla se examine en todos sus aspectos (% de cubrición, exceso de asfalto, homogeneidad, temperatura, etc.) para aceptarla o rechazarla. A su llegada a la obra, el responsable por el control deberá aceptar la mezcla antes de ser descargada en la tolva de la pavimentadora. En ningún caso el material será extendido a una temperatura inferior a 120 °C (ver 6.1.3).

6.3 Extensión de la mezcla

Las mezclas calientes deberán tenderse cuando las condiciones del tiempo sean las adecuadas, sobre bases secas. Puede procederse al tendido algunas horas después de finalizada la lluvia, cuando sólo queden algunas trazas de humedad, pero no agua estancada. La extensión de la mezcla debe efectuarse con distribuidores mecánicos (pavimentadoras) siempre que las condiciones lo permitan y asegurando con los medios adecuados, la perfecta alineación de ambos bordes en toda la banda extendida.

El tendido a mano se efectuará sólo en aquellas áreas donde la pavimentadora no pueda trabajar; en los refuerzos y reparaciones poco extensas; y en los cruces o pequeñas obras, en las superficies que requieran transversalmente varias bandas para su pavimentación, se comenzará desde la parte más alta hacia la parte más baja para evitar la acumulación de agua en caso de lluvia.

6.3.1 Extensión a mano

La colocación se hará mediante palas, para lo cual deberá voltearse la pala en vez de deslizar el material o "lanzarlo" y mediante el uso de rastrillos asfalteros se distribuirá y uniformará el espesor y perfil señalados en el proyecto.

En el tendido manual hay que prever un espesor no compactado ligeramente superior al que se hace con la pavimentadora. Como guía, y siempre que no se haya determinado el verdadero valor, la capa extendida de forma manual se dejará más alto que una capa adyacente tendida a máquina y no compactada en proporción de 1,15 veces el espesor de esta última. Si la capa adyacente está compactada, esta proporción será de 1,4 veces el espesor de esta última.

La operación de extendido se efectuará con palas y rastrillos calientes y muy rápidamente con el fin de poder compactar la capa antes de un enfriamiento excesivo, para lo cual es imprescindible que el material aportado esté en proporción a la velocidad de colocación y distribución, existiendo un balance adecuado de todos los factores. A espesores menores, será menor el tiempo de compactación disponible, el cual se hará más crítico según las condiciones climáticas propias del lugar. (bajas temperaturas, viento fuerte).

Si durante la operación con el rastrillo asfaltero se produjera alguna segregación en la superficie, los áridos más gruesos o los elementos aislados de los mismos serán retirados antes de proceder al cilindrado.

6.3.2 Extensión con pavimentadora

El tendido se efectuará en forma continua para lo cual se ajustará la velocidad de la extendedora en proporción al suministro de mezcla, teniendo en cuenta el tipo de H.A.C. y espesor de la capa asegurando que con esa velocidad el tendido sea satisfactorio. Los camiones descargarán en el centro de la tolva, evitando sobrecargarla, mientras son empujados por la pavimentadora que deberá recibir un flujo continuo y estable de mezcla, la cual se distribuirá uniformemente sobre las cadenas transportadoras.

En la tolva deberá mantenerse material suficiente para suministrar a los tornillos helicoidales extendedores la mezcla necesaria y cubrir al menos dos tercios de su profundidad hasta sus extremos. La cantidad de material transportada por los tornillos debe fluctuar lo menos posible.

La extendedora se regulará de tal forma que la superficie de la capa extendida quede lisa y con un espesor precompactado tal, que una vez totalmente compactada se ajuste a la sección transversal, rasante y perfiles incluidos en los planos, a menos que se oriente otra cosa, la colocación comenzará a partir del eje de la calzada en las zonas a pavimentar con sección bombeada o en el lado superior en las secciones con pendientes en un solo sentido.

La mezcla se colocará en bandas de ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en la operación de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección las características de la pavimentadora y la producción de la planta. Sobre la superficie donde se extenderá la mezcla se dispondrá de una línea de guía longitudinal, cuando sea posible se extenderá en todo el ancho a pavimentar trabajando con dos o más pavimentadoras desfasadas, o en caso contrario, después de haber extendido y compactado la primera banda se extenderá la lateral como segunda banda y siguiente.

La pavimentadora trabajará con la mayor continuidad posible, lo ideal es que no tenga que detenerse por falta de camiones, en caso de colocación intermitente se comprobará que la temperatura de la mezcla sin extender en el equipo, debajo de éste o colocada y no compactada justamente detrás de la pavimentadora no baje a temperaturas fuera de lo establecido, de suceder será necesario cortar la banda con una junta transversal hasta donde la franja fue correctamente compactada.

Se vigilará la superficie extendida para corregir algunas fallas; pero siempre se tendrá en cuenta que la superficie dejada por la extendidora debe tocarse lo menos posible, las acciones de boleo sobre la superficie quedan prohibidas en especial en capas de rodadura y mezclas con áridos mayores a 3/8" ó 10 mm. El material sobrante (grosso) de los trabajos de la junta no se admitirá que se incorpore a la superficie del paño y deberán ser eliminados o sacados fuera.

6.3.3 Requisitos de calidad

Tanto en la pavimentación manual como en la mecanizada, inmediatamente después del tendido y antes del inicio de la compactación se comprobará la superficie mediante regla y formaleta y cualquier irregularidad de nivel; planealidad de las juntas; segregación; flujo asfáltico u otra, serán rectificadas por remoción o adición de material. Igualmente se procederá con las irregularidades que puedan existir en la alineación y el perfil de los bordes. En los procesos de rectificación se manipulará la mezcla como se señala en 6.3.1.

6.3.4 Espesores de capa

Los espesores de capa de mezcla compactada serán los especificados en el proyecto: para las capas superficiales los mismos estarán comprendidos entre 1,8 y 2 veces el diámetro del tamaño mayor del árido de la mezcla, respetando un espesor mínimo de 20 mm. Para mezclas intermedias y de base los espesores compactados podrán estar comprendidos entre 1,5 y 1,6 veces el tamaño máximo del árido utilizado (aproximadamente 2/3 del espesor de capa compactada). Para compensar el efecto de densificación por compactación, el espesor de la mezcla suelta será superior al del espesor deseado, dependiendo del tipo y características de la mezcla y precompactación aplicada por la pavimentadora. Este valor será calculado previamente y como guía inicial se extenderá un espesor igual a 1,2 veces el espesor deseado. Este se ajustará tan pronto sea iniciado el trabajo controlando el resultado el cual podrá ser ejecutado mediante calibradores manuales o calas de espesores variables.

6.4 Compactación

La mezcla se compactará para obtener una densidad no menor del 98% de la obtenida para la misma que ha sido ensayada en el laboratorio según el método Marshall. El número, peso y tipos de compactadores y número de pasadas será aquel capaz de asegurar ese valor, según el plan de compactación.

La operación de compactación se realiza en tres fases consecutivas:

- a) Compactación Inicial
- b) Compactación Intermedia
- c) Compactación de terminación

La compactación inicial se realiza con cilindros de tres ruedas o del tipo tándem de dos ruedas, de llanta de acero. La compactación intermedia se realiza con compactadores de ruedas de goma; y la compactación de terminación se realiza con cilindros de dos o tres ruedas de acero tipo tándem.

Se definirá el plan de compactación según el tipo de compactadores: (estáticos, vibratorios, neumáticos, mixtos). Las dos últimas fases pueden ser realizadas en una operación única continua con cilindro tándem de dos ruedas.

El compactador en la fase inicial compacta el material para obtener prácticamente toda la densidad que va a recibir, en la segunda fase lo densifica y sella la superficie. La densificación debe ser completada con independencia del tipo de compactador utilizado. El cilindrado final elimina las marcas y otras pequeñas deficiencias dejadas en la fase anterior.

El operador del compactador o la persona que se responsabiliza por ello, revisará cada compactador para asegurar que las ruedas y los dispositivos de humedecimiento estén limpios y operan adecuadamente al igual que otros dispositivos de operación. A los compactadores neumáticos se les comprobará periódicamente si la presión de inflado es la adecuada. Los compactadores de ruedas de acero operarán con la rueda guía hacia atrás, excepto donde esta operación sea impracticable satisfactoriamente, las ruedas motrices quedarán del lado de la pavimentadora. Se moverán a baja velocidad y de manera uniforme desplazándose paralelamente al eje de la vía.

Se observarán los siguiente requisitos:

- a) Los compactadores se mantendrán en movimiento mientras estén sobre material caliente y no podrán parar sobre el extremo no protegido de una mezcla fresca excepto cuando vaya a ejecutar una junta transversal.
- b) Cuando sea necesario parar el compactador por cualquier razón se llevará sobre pavimentos firmes, y de modo que no forme estrías o acanaladuras bajo la acción inicial.
- c) La reversión de movimientos se realizará suavemente y sin demora, fundamentalmente en la compactación inicial.
- d) El humedecimiento debe ser sólo el necesario para evitar que la mezcla se adhiera a las ruedas. Cualquier exceso de agua para este propósito debe ser rápidamente eliminado por ser perjudicial al proceso constructivo.
- e) La temperatura de la mezcla debe ser suficiente para que el material se compacte pero no tan elevada que produzca arrollamiento, agrietamiento y desplazamientos laterales de la misma. El compactador se acercará lo más posible a la pavimentadora, respetando lo anterior y debe aparecer en la primera pasada una desnivelación con respecto a la zona de compactación, pero no ondulaciones en el cambio de marcha ni durante ella.

6.4.1. Cilindrado inicial

El cilindrado inicial constituye la fase más importante y crítica pues si la mezcla se enfría mucho antes del cilindrado, será prácticamente imposible obtener la densidad adecuada.

La mezcla debe ser cilindrada tan pronto como dicha operación sea practicable, la temperatura de compactación de la mezcla se detalla en el plan de compactación y es la mejor guía para determinar el inicio del cilindrado. Se determinará desde la etapa inicial del trabajo mediante pruebas, donde se verifica cantidad de pasadas contra temperatura y densidad de compactación. Es a partir de ahí que se controlará el proceso que asegure la densidad especificada de la mezcla, así como la aproximación máxima del compactador a la extendedora utilizando en las determinaciones termómetros apropiados.

El cilindrado se efectuará longitudinalmente. Se cilindrará primero los bordes, sobresaliendo el tambor del cilindro de 5 a 10 cm fuera de los mismos en el caso de compactadores estáticos, cuando sean vibratorios dejarán una faja de 10 cm como mínimo sin compactar al lado del borde, la cual se densificará en la segunda cobertura. El cilindrado continuará para el resto del pavimento, desplazándose gradualmente desde el borde inferior hacia el centro del pavimento en zonas donde exista bombeo transversal y desde el borde inferior hacia el borde superior en las zonas con peralte o pendiente única. Cada dos pasadas sucesivas se solaparán al menos en 10 cm del ancho de los rodillos del tipo tándem.

Cuando se utilicen cilindros triciclos y tándem simultáneamente, el tipo de tándem debe trabajar detrás del triciclo y éste más próximo a la extendedora. Viajes sucesivos del cilindro deberán terminar en pasadas distintas, aproximadamente 1 metro de la pasada anterior y no se cilindrará una faja de 15 cm de ancho en correspondencia con el borde a continuación del cual se extenderá más mezcla en caso de "junta caliente".

En el cilindrado inicial se asegurarán las pasadas previstas en el plan de compactación, si la extendedora no precompacta la mezcla, entonces deberá comenzarse con el cilindro tándem de menos peso de que se disponga, asegurando un rápido acomodo previo de la mezcla antes de comenzar con el cilindrado inicial propiamente dicho.

Cuando se trabaje con equipo vibratorio se ajustará la frecuencia a aplicar en función del espesor de capa y de la densidad progresiva que se va alcanzando, un mejor efecto compactador se produce cuando en función de la velocidad de desplazamiento se trabaja en "concordancia". (velocidad en la cual la vibración reflejada llega a la superficie justo debajo del rolo compactador).

6.4.2. Cilindrado intermedio

El proceso de compactación se comenzará inmediatamente después del cilindrado inicial, hasta lograr la total compactación, preferiblemente se ha de aplicar en esta fase un efecto de amasado. No deben efectuarse sobre la mezcla en compactación maniobras del compactador y giros que puedan causar desplazamientos indebidos de la misma.

Un equipo de neumáticos es apropiado para esta fase y podría utilizarse desde la compactación inicial si se pone a "compactar en caliente" y trabaja con diferentes presiones de inflado que se irán incrementando gradualmente según aumenta la densidad de la mezcla.

6.4.3. Cilindrado de terminación

Se realiza con el propósito de cerrar la superficie de la mezcla y eliminar las huellas del proceso anterior, se efectuarán pasadas con un cilindro tándem, hasta lograr esos objetivos, su forma de

compactación será estática. Esta operación se realizará estando la mezcla generalmente a una temperatura de 80 °C como mínimo.

6.5 Construcción de juntas

Debe prestarse atención cuidadosa a la construcción de juntas, tanto las longitudinales como las transversales y según se trabajen en caliente o en frío.

6.5.1 Juntas calientes

Este tipo de juntas si son realizadas antes de que la mezcla haya sido compactada a ambos lados de la misma, se efectúan con facilidad siempre que la pavimentadora se haya desplazado en una línea recta bien controlada y otra se desplace en paralelo con ésta o a unos metros detrás de la primera y en la banda contigua, por su parte las juntas frías realizadas adyacentes a pavimentos previamente compactados, requieren una atención muy cuidadosa en todos los detalles para que queden bien hechas.

6.5.2 Juntas frías

Longitudinales. El primer requerimiento fundamental para realizar una junta longitudinal es mantener la pavimentadora desplazándose en una línea recta predeterminada. Al tender la primera banda puede utilizarse un cordel, contén u otro medio que sirva de guía de referencia para mantener la pavimentadora en la alineación correcta. Los bordes de la banda tendida no deben apartarse en ningún punto en más de 50 mm de la línea de referencia correcta y la variación con relación a tramos rectos de 3 m de longitud no será superior a 25 mm.

Cuando la alineación y la verticalidad de la capa extendida no están aseguradas, será necesario cortar la junta según 6.5.3.1 dependiendo del tiempo de ejecutado que lleve la banda y las características del material, el cortado longitudinal de la misma y unos 100 mm superficiales a lo largo del borde, serán tratados para asegurar la adherencia.

Después que la primera banda ha sido colocada y compactada, la segunda banda deberá colocarse de modo que cubra uniformemente la primera capa con un solape de ancho uniforme que puede ser entre 25 y 75 mm, prefiriendo el valor mínimo de acuerdo a las condiciones de alineación del borde, el estado de la pavimentadora y la destreza del operador.

Cuando el solape producido es de 50 mm o menos, el material podrá ser removido, empujándolo uniformemente hacia la banda recién tendida (banda caliente) de modo que el compactador pueda forzar este pequeño exceso en el lado caliente de la junta.

Si en el proceso de empujar el material ocurre una segregación importante, las piedras sueltas deberán ser movidas mediante un rastrillo plano hacia la faja fría, después de lo cual serán retiradas.

Cuando el solape utilizado excede a 50 mm, el procedimiento anterior es difícil de realizar en forma aceptable. La mejor forma en estos casos, es remover completamente el solape, lo cual debe ser realizado con una pala de punta cuadrada u otro medio adecuado, actuando en el sentido longitudinal de la junta. El material extraído debe ser retirado del área de pavimentación. Esta operación se realiza mejor siguiendo detrás de la pavimentadora.

La junta debe ser compactada con un cilindro de llanta de acero tan pronto se complete el rastrilleo. En el método tradicional la mayor parte del tambor debe descansar sobre la banda fría y proyectarse sólo en la parte de la mezcla caliente lo necesario para cilindrar la banda trabajada a lo largo de la junta, generalmente menos de 20 cm. En el caso de las mezclas precompactadas colocadas con pavimentadoras que poseen dispositivos de alta compactación, la mayor parte del tambor descansa en la banda caliente y sólo se apoya en la fría entre los 20 y 30 cm.

6.5.3 Juntas frías transversales

Se producen cuando la operación de pavimentación es discontinuada al final de la jornada o por un período prolongado de tiempo. En cuyo caso el cilindrado debe extenderse más allá del borde extremo de la banda pavimentada para formar una rampa. (Otro procedimiento válido con la finalidad de lograr el mismo objetivo podrá aplicarse).

Al colocar la nueva banda que prolongará la anterior, se procederá de acuerdo con método expuesto en 6.5.3.1, para construir la junta fría.

6.5.3.1 Juntas transversales cortadas

Consiste en cortar y remover la faja de la rampa, lo cual se realiza, con sierras especiales o martillos neumáticos. El corte debe ser vertical y dejar una superficie uniforme.

La superficie cortada debe ser tratada con una película adhesiva de asfalto diluido o emulsión de curado de rotura rápida. Al reiniciar el tendido de la mezcla a partir de la junta, debe asegurarse que la viga alisadora de la pavimentadora esté a la altura requerida. Tan pronto la pavimentadora avance, el solape debe ser acondicionado cuidadosamente, empujándolo hasta hacerlo coincidir con la línea de corte.

La mejor forma de cilindrar esta junta es mediante compactación transversal. Pudieran permitirse, si los resultados son satisfactorios, desplazamientos cortos y revertidos efectuados en forma diagonal; manteniendo la mayor parte del peso del tambor delantero en la banda fría.

Cuando no pueda realizarse así, el compactador trabajará frontalmente, cilindrando despacio hacia el material caliente, la inversión del movimiento se realizará siempre suavemente.

6.6 Limpieza del área

No se deben manchar las obras de fábrica, contenes, aceras, etc. con material asfáltico, ni dejar residuos de mezcla asfáltica en los paseos, cunetas, aceras, etc.

6.7 Movimiento de vehículos

No se permitirá tránsito ninguno en el tramo recién terminado hasta que el pavimento se enfríe y adquiera la temperatura ambiente, la señalización y los controles han de ser efectivos para facilitar con total seguridad las maniobras de los vehículos en la zona de trabajo.

6.8 Medidas de protección

Se tomarán las medidas de protección ambiental y de seguridad e higiene establecidas para las operaciones de las máquinas de construcción, materiales y obreros que intervienen en el proceso de transporte, colocación y compactación de las mezclas.

7 Tramo de pruebas

En un tramo de prueba se comprobará previamente:

- a) las características del equipo de riego a utilizar,
- b) su capacidad para aplicar la dosificación prescrita con la adecuada uniformidad transversal y longitudinal,
- c) la presión de la bomba impulsora del ligante,
- d) la velocidad de marcha apropiada,
- e) limpieza de las boquillas,
- f) la altura de la barra de riego y ancho de aplicación.
- g) el funcionamiento de los aditamentos fundamentales de la pavimentadora.
- h) la presión de inflado del compactador de neumáticos.

Además en el tramo se precisará el número de pasadas, la temperatura de inicio de la compactación y el factor de contracción de acuerdo con la compactación que debe lograrse

8 Control de la calidad

8.1 Registro de Resultados

Se efectuará el registro de todas las muestras y mediciones realizadas, así como también de los resultados de los ensayos y controles de modo que se pueda hacer referencia a ellos en la fase de pruebas de aceptación, encontrando con seguridad y precisión sobre la pavimentación, los puntos de extracción o comprobación relativos y registro de la ubicación de la mezcla recibida.

8.2 Controles a ejecutar

Se realizarán los siguientes controles:

- a) Análisis visual de las características de la mezcla recibida de la planta en cada camión antes de ser descargado en la pavimentadora.
- b) La temperatura de recepción del material sobre camión y de la capa tendida en las diferentes fases de la compactación.
- c) Los espesores compactados, periódicamente y la densidad alcanzada.
- d) Comprobación del cumplimiento de los planes de compactación y pavimentación.
- e) Ensayo de estabilidad y fluencia Marshall sobre probetas elaboradas con la mezcla en el momento del tendido, al menos una vez por día de control y verificación total de todas las temperaturas (planta y tramo).

- f) Determinación de la composición granulométrica y del contenido de asfalto de la mezcla cuando se noten irregularidades en los resultados de los ensayos Marshall o cambio en el color de la mezcla.
- g) Determinación de la densidad y nivel de compactación de la mezcla compactada, cada vez que se produzcan cambios en las dosificaciones y de todas las veces que lo considere la Dirección de la obra para su mejor control.
- h) Valoración opcional de los espesores compactados y verificación de los puntos de control establecidos en 8.3.

8.3 Puntos de Control

El constructor verificará si en cada etapa de la ejecución y antes de ejecutar la siguiente, se ha cumplido con lo establecido en esta norma, para lo cual efectuará los controles que se indican:

1. Replanteo. (Referencias, líneas guía)
2. Superficie de apoyo. (Condiciones de acabado)
3. Riego de imprimación o adherencia. (Uniformidad y dosificación).
4. Tiempo de rotura o curado. (Emulsión bituminosa o asfalto fluidificado)
5. Recepción y tendido de mezcla. (Homogeneidad y temperatura)
6. Continuidad en el ciclo de transporte y extendido. (Continuidad del proceso)
7. Compactación. (Temperatura, compactadores y # de pasadas)
8. Control de calidad. (Densidad, espesor, lisura).

8.4 Control técnico

Para el control de terminación y espesores se referirá a lo establecido en los apartados (8.1; 8.2 y 9.1; 9.2).

8.4.1 Control de la densidad.

Muestras del pavimento para las comprobaciones de compactación y análisis de la mezcla podrán ser obtenidas de trozos de 25 cm por 25 cm, por auscultaciones de tipo nuclear o por dos testigos próximos, de 100 mm de diámetro y con los que se conformará una muestra donde la media equivale a un único resultado. Se obtendrá por lo menos una muestra de cada 1500 m² de pavimento por capa extendida, pares adicionales de testigos adyacentes a la junta longitudinal (o de auscultaciones) serán tomadas con intervalos no mayores de 250 m(en la junta transversal se podrá tomar de forma opcional).

Se calcula la densidad promedio de cada par de testigos y no más de 5 valores promedio de veinte consecutivos podrán estar por debajo del 98% del valor correspondiente a la densidad de la mezcla de la fórmula de trabajo.

Si el promedio del conjunto no supera el valor de 94%, los resultados que se registren con valores inferiores al 90% harán inaceptable el tramo.

8.4.2 Método de muestreo

Se comprobará la densidad tanto en el área interna del paño como en la junta, para ello los testigos que se correspondan con el área interna se extraerán a más de 30 cm de los bordes, las mismas se tomarán siguiendo una línea teórica diagonal o se ubicarán si se desea siguiendo un determinado procedimiento aleatorio. Para la valoración se analizarán 20 valores consecutivos.

8.4.3 Control de la superficie

La capa final o de rodadura de la superficie terminada no variará en más de 3 mm con la regla de 3 m colocada paralela y en ángulo recto con el eje de la vía. Podrá emplearse también regla móvil de 3 m u otro dispositivo más tecnificado para la detección de las irregularidades de la superficie.

Deberá extremarse la medición de control en las zonas donde coincida una pendiente longitudinal inferior al 2 % con una pendiente transversal también inferior al 2 % (Ejemplo: En zonas de transición de peralte) para comprobar que no queden en la superficie zonas con desagüe insuficiente.

8.4.4 Espesor de las capas compactadas

El espesor de la capa en cualquier punto no deberá variar en más de 5 mm con el espesor especificado, el espesor promedio de la mezcla compactada se obtendrá con respecto al valor medio que resulte de analizar 6 perforaciones consecutivas tomadas aleatoriamente por kilómetro de capa en forma alterna

8.4.5 Control topográfico

En obra de nueva ejecución la superficie terminada no variará en más de 10 mm de la rasante y de las elevaciones y secciones transversales mostradas en los planos. Se comprobará la cota de replanteo del eje con miras cada 10 m; incluyendo además los puntos singulares, colocando para ello las referencias adecuadas o clavos en sus estacas hasta el mm, chequeándose también la anchura y la pendiente transversal con relación a puntos de referencia previamente ubicados.

NOTA: Podrá definirse la localización de los lugares de control topográfico aplicando un procedimiento aleatorio para efectuar las mediciones, similar al realizado para la verificación de las densidades pero incluyendo en este caso además los puntos singulares.

9 Tolerancia

9.1 Nivelación

En la ejecución de recapes, refuerzos y trabajos de conservación con bacheos, se asegurarán los niveles de acabado y espesores de la capa de rodadura mediante la previa realización de la capa de nivelación correspondiente en caso de ser necesaria.

9.2 Acabado

Los niveles de acabado se controlarán mediante reglas de 3 m o formaletas para el caso de secciones no planas, comprobándose que no existan depresiones mayores que las que se indican a continuación:

- Capa de base: 10 mm
- Capa intermedia o nivelación: 8 mm
- Capa de rodadura: 5 mm

Bibliografía

España, MOPU. Instrucciones para el control de fabricación y puesta en Obra de Mezclas Bituminosa.

España, Manual del Asfalto. The Asphalt Institute. Traducción Manuel Velásquez, 1982.

Cuba, NC 54-79:86 Materiales y Productos de la Construcción. Asfaltos. Determinación del peso específico

Cuba, NC 54-194:85 Materiales y Productos de la Construcción. Hormigón asfáltico. Toma de muestras.

Cuba, NC 54-196:85 Materiales y Productos de la Construcción. Hormigón asfáltico determinación del contenido de asfalto.

Cuba, NC 54-264:84 Materiales y Productos de la Construcción. Polvo de piedras. Especificaciones de calidad.

Cuba, RC 3181:87 Ejecución de obras. Pavimentación. Ejecución de pavimentación de hormigón asfáltico caliente con compactadores vibratorios

Cuba, RC 8005:01 Protección del medio ambiente. Requisitos para la producción de materiales asfálticos, su colocación y mantenimiento.