

ARTÍCULO 440 – 07

MEZCLA DENSA EN FRÍO

440.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una mezcla asfáltica densa, preparada en frío, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

Para los efectos del presente Artículo, las capas de mezcla densa en frío se denominarán rodadura, intermedia y base, según la posición descendente que ocupen dentro de la estructura del pavimento.

Los documentos del proyecto establecerán los tipos y calidades de las capas asfálticas que componen la estructura. Si ésta tiene solamente una (1) capa asfáltica, ella será de rodadura; si tiene dos (2) capas asfálticas, serán rodadura e intermedia; y si tiene tres (3) o más capas asfálticas, la o las subyacentes a la intermedia recibirán el nombre de base.

440.2 MATERIALES

440.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

Los agregados pétreos y el llenante mineral para la elaboración de la mezcla densa en frío deberán cumplir los requisitos establecidos para ellos en el numeral 400.2.1 del Artículo 400.

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en estas especificaciones.

El equivalente de arena que se exige en la Tabla 400.1 será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la Tabla 400.1, el agregado se aceptará si su equivalente de arena es superior a 40 % y, simultáneamente, el índice de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E-235, es inferior a diez (10).

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción en masa de arena natural no podrá exceder de quince por ciento (15 %) de la masa total del agregado combinado, cuando el tránsito de diseño sea NT3, ni exceder de veinticinco por ciento (25 %) para tránsitos de menor

intensidad. En todo caso, la proporción en masa de agregado fino no triturado no podrá exceder la del agregado fino triturado.

El llenante mineral podrá proceder de la trituración de los agregados o aportarse como producto comercial o especialmente preparado para este fin. La proporción de llenante mineral de aporte se fijará en las especificaciones particulares del proyecto.

La mezcla de agregados grueso y fino y llenante mineral, se deberá ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 440.1. Las determinaciones se efectuarán de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

Tabla 440.1
Gradaciones para mezclas densas en frío

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
Normal	Alterno	MDF-1	MDF-2	MDF-3
7.5 mm	1 1/2"	100	-	-
25.0 mm	1"	80-95	100	-
19.0 mm	3/4"	-	80-95	100
12.5 mm	1/2"	62-77	-	80-95
9.5 mm	3/8"	-	60-75	-
4.75 mm	No.4	45-60	47-62	50-65
2.36 mm	No.8	35-50	35-50	35-50
300 µm	No.50	13-23	13-23	13-23
75 µm	No200	3-8	3-8	3-8

La franja por utilizar dependerá del tipo y del espesor que vaya a tener la capa compactada y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 440.2.

Tabla 440.2
Tipos de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	50-75 40-50	MDF-2 MDF-3
Intermedia	≥ 50	MDF-2
Base	≥ 75	MDF-1
Bacheo	50-75 ≥ 75	MDF-2 MDF-1

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

440.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, de los tipos CRL-1 o CRL-1h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en el numeral 400.2.4 del Artículo 400 y que sea compatible con los agregados pétreos por emplear.

440.2.3 Agua

El agua por emplear en la elaboración de mezclas densas en frío deberá ser limpia y libre de materia orgánica. Su pH, medido de conformidad con la norma ASTM D-1293, se deberá encontrar entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, y determinado según la norma ASTM D-516, no podrá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l). Si se emplea agua potable, no se requiere efectuar ensayos de control.

440.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, se deberán ajustar a lo descrito en el numeral 400.2.7 del Artículo 400 y en el Artículo 412 de las presentes especificaciones. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán tener la aprobación del Interventor.

440.3 EQUIPO

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 400.3 del Artículo 400. Los principales elementos requeridos para la ejecución de los trabajos, son los siguientes:

440.3.1 Equipo para la elaboración de agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria siempre que ésta última se requiera; deberá incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

440.3.2 Planta mezcladora

La mezcla densa en frío se deberá fabricar en plantas apropiadas, capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada. Dichas plantas deberán cumplir todas las reglamentaciones vigentes sobre control de polución y para su funcionamiento en la obra, se deberá presentar al Instituto Nacional de Vías la correspondiente autorización expedida por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.

Si se utiliza una planta fija para la fabricación de una mezcla densa en frío, ésta podrá ser de tipo continuo o discontinuo y dispondrá del número necesario de tolvas, con sus dosificadores, que le permita manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados disponibles para obtener la granulometría seleccionada para la elaboración de la mezcla.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes, con bocas de anchura suficiente para que la alimentación se pueda realizar correctamente. La separación entre ellas debe garantizar que

no se produzcan intercontaminaciones. Además, sus dispositivos de salida deben permitir ajustes exactos para mantenerlos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear.

Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior al medio por ciento (0.5%). Los dispositivos de dosificación de agua y ligante tendrán una exactitud, como mínimo, de tres por mil (0.3%). El ligante, que deberá tener un sistema idóneo de almacenamiento y alimentación, deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

Si se emplea una instalación de tipo continuo, un sistema de bandas transportará los agregados desde las tolvas hasta el mezclador, que será del tipo de ejes gemelos, donde se incorporarán el agua y el ligante bituminoso. Los dosificadores de agua y ligante deberán estar sincronizados con los dosificadores de los agregados, de manera que se pueda reproducir la fórmula de trabajo. La planta deberá disponer, además, de dispositivos para su calibración a la presión de trabajo, así como para la toma de muestras. En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de ellos.

Las mezclas densas en frío podrán ser elaboradas también en plantas ambulantes montadas sobre bastidores autopropulsados, las cuales actuarán al mismo tiempo como extendedoras. Constarán de tolva de recepción de agregados ya mezclados y con la gradación adecuada, depósitos de agua y emulsión y eventuales aditivos, y dispositivos de alimentación de todos los materiales a la mezcladora. Dispondrán, además, de una extendedora que regule el espesor y proporcione el perfil transversal y un buen acabado superficial.

Se permite el empleo de instalaciones de diferente concepción a las descritas en el presente numeral, siempre que cuenten con el visto bueno del Interventor y previos los ensayos que demuestren la calidad de la mezcla fabricada con ellas.

440.3.3 Equipo para el transporte de agregados y mezclas

Tanto los agregados como las mezclas elaboradas en plantas fijas, se transportarán en volquetas debidamente acondicionadas para tal fin. Cuando vaya a transportar mezcla, la superficie interna del platón deberá ser tratada con un producto cuya composición y cantidad deberán ser aprobados por el Interventor, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla a ella. La forma y la altura del platón serán tales, que durante el vertido en la pavimentadora, la volqueta sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello.

Durante el transporte, tanto los agregados como las mezclas se deberán cubrir con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería, tanto para protegerlos como para prevenir emisiones contaminantes.

En relación con las volquetas, el Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

440.3.4 Equipo para transferencia de la mezcla (Shuttle buggy)

Este equipo, cuyo empleo es de carácter opcional, tiene por finalidad reducir la segregación y transferir la mezcla de las volquetas a la tolva de la máquina pavimentadora, sin que aquellas entren en contacto con ésta, ni circulen sobre superficies con riegos de imprimación o liga.

440.3.5 Equipo para la extensión de la mezcla

La extensión de las mezclas densas en frío se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de precompactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deberán ser adecuadas para el tipo de trabajo que deba desarrollar. La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar. La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formaletas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada en el diseño u ordenada por el Interventor.

Si se determina que durante su operación el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables que no sean fácilmente corregibles durante la construcción, el Interventor exigirá su inmediata reparación o cambio.

Cuando la mezcla se realice en planta ambulante, la misma planta realizará su extensión sobre la superficie.

440.3.6 Equipo de compactación

Se deberán utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, triciclos o tándem y de neumáticos. El equipo de compactación será aprobado por el Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

Todos los compactadores estarán dotados de dispositivos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario, así como inversores de marcha suaves.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras.

Las presiones lineales, estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos tipos de compactadores, serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir rotura del agregado.

440.3.7 Equipo accesorio

En caso de que la mezcla se elabore en plantas ambulantes, se deberá disponer de vehículos adecuados para el suministro permanente de agregados, agua y emulsión a las plantas.

Se requieren, además, elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica siempre que las autoridades ambientales lo permitan; así mismo, herramientas menores para efectuar distribuciones, compactación y correcciones manuales localizadas durante la extensión de la mezcla.

440.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

440.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 400.4.1 del Artículo 400.

440.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.

Se aplica al respecto, todo lo que resulte pertinente del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Los contenidos de agua de preenvuelta y de ligante se deberán fijar a la vista de los materiales por emplear, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. Se hará, ante todo, una determinación de la humedad de compactación mediante el ensayo modificado de compactación (INV E-142) y del contenido óptimo teórico del ligante, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados; y luego, con proporciones variables de ligante por encima y por debajo de este óptimo teórico, se elaborarán mezclas para someterlas al ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738), aplicando el siguiente criterio para la determinación del contenido óptimo del ligante:

- Resistencia seca (R_s) $\geq 25 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia húmeda (R_h) $\geq 20 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia conservada $R_c = (R_h/R_s) \times 100 \geq 75\%$

Para capas de rodadura en vías de tránsito NT3, la mezcla definida como óptima al efectuar el diseño por el método de inmersión-compresión deberá ser verificada con la medida de su resistencia a la deformación plástica, mediante la pista de ensayo de laboratorio, según la norma de ensayo INV E-756, modificada de manera que se permita el curado de la mezcla compactada antes de proceder al ensayo.

La velocidad de deformación en el intervalo comprendido entre ciento cinco (105) y ciento veinte (120) minutos, no podrá ser mayor de $15 \mu\text{m}/\text{minuto}$ para mezclas que se vayan a emplear en pavimentos sometidos a temperaturas medias anuales superiores a veinticuatro grados Celsius (24°C), ni mayor de $20 \mu\text{m}/\text{minuto}$ para pavimentos en régimen con temperaturas medias hasta de veinticuatro grados Celsius (24°C). Si este requisito no se cumple, se deberán efectuar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla.

La mezcla densa en frío no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de

los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en este Artículo, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

440.4.3 Preparación de la superficie existente

La mezcla densa en frío 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 o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla requiere riegos previos de imprimación o de liga, ellos se realizarán conforme lo establecen los Artículos correspondientes de estas especificaciones.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego adicional de adherencia, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo a su costa.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460 de estas especificaciones.

440.4.4 Fase de experimentación

En relación con la fase de experimentación, rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

440.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Cuando la mezcla se elabore en instalaciones fijas, los agregados se suministrarán fraccionados. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias aceptadas 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 intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de ellos. 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.

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 un agregado.

La carga de las tolvas se realizará de forma que éstas contengan entre cincuenta por ciento (50%) y cien por ciento (100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizará en dos (2) tolvas, así éste sea de un tipo único.

440.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

Las aberturas de salida de las tolvas se regularán de forma que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de alimentación en frío.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, se pesarán o medirán exactamente; y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, una vez que los agregados se encuentren en el mezclador, se introducirá el agua de preenvuelta necesaria de acuerdo con la humedad de aquéllos y, más adelante, la cantidad de emulsión requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado.

La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla al camión.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido los agregados en el mezclador, se añadirá el agua necesaria de preenvuelta de acuerdo con la humedad de aquéllos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo de los agregados, se añadirá automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En los mezcladores de ejes gemelos, el volumen total de los agregados, agua y asfalto no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical.

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente a la volqueta, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte a la volqueta o directamente a una pila de almacenamiento. En el caso de que se emplee una banda, se deberá regular su velocidad, verificar el buen funcionamiento del raspador y lubricarla con una pequeña cantidad de agua, con el fin de evitar segregaciones de la mezcla.

Cuando la mezcla se elabore en plantas ambulantes, la dosificación de los agregados se deberá efectuar en una instalación ubicada fuera de la obra, donde las volquetas serán cargadas y transportarán la mezcla de agregados a la tolva receptora de la planta ambulante, la cual estará provista de dispositivos dosificadores similares a los de las plantas continuas, los cuales deberán ser sincronizados para obtener las proporciones deseadas de agregados, agua y emulsión. Los ingredientes serán conducidos a una mezcladora continua que verterá la mezcla en la carretera. La distribución de la mezcla se hará por medio de dos tornillos sinfín delante de una viga maestra niveladora, que extiende y perfila la capa.

En todos los casos en que se empleen aditivos, éstos se unirán a los agregados antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

En caso de que se utilicen métodos de fabricación especiales, el Interventor deberá aprobar previamente los procedimientos de elaboración.

440.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con la luz solar. El trabajo en horas de la noche sólo se permitirá bajo las condiciones mencionadas en el numeral 440.4.15 del presente Artículo.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de humedad, así como para prevenir la segregación de la mezcla.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales deberán encontrarse dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

440.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el Constructor dispone de una máquina para transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta descargará la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se encargarán de alimentar la pavimentadora, sin que ésta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

440.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla densa en frío se extenderá con la máquina pavimentadora, de modo que se cumpla con los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que se ordene otra cosa, la extensión comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior de las secciones peraltadas. La mezcla se colocará en franjas del 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 y las pendientes de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas, con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de materiales. Si ocurre, la extensión de la mezcla deberá ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada

que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

Tras la pavimentadora se deberá disponer un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones indicadas en esta especificación.

En el caso de que la mezcla se elabore y extienda con la planta ambulante, serán igualmente aplicables todas estas instrucciones.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras o plantas ambulantes, en especial en trabajos de bacheo, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o a las instrucciones del Interventor, dentro de las tolerancias establecidas en la presente especificación.

440.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase de experimentación.

La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindro avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aceptada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si es preciso, húmedos.

En los lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, el proceso se efectuará mediante máquinas de tamaño y diseño adecuado para la labor por realizar.

Cuando la mezcla tenga por objeto servir como capa de rodadura, la textura del pavimento terminado deberá ser uniforme y permitir una adecuada adherencia con las llantas de los vehículos en condición de superficie húmeda.

440.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas presentarán la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deberán cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les aplicará una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

El borde de la capa extendida con anterioridad se cortará verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, que se pintará como se ha indicado en el párrafo anterior. La nueva mezcla se extenderá contra la junta y se compactará y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se compactarán transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deberán cortar para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Interventor lo considere necesario, se añadirá mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se compactará mecánicamente.

Se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

440.4.12 Pavimento sobre puentes y viaductos

Las losas de los puentes y viaductos se pavimentarán con mezcla densa en frío de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa la aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 440.4.3, “Preparación de la superficie existente” de esta especificación.

Durante la ejecución del riego y de la pavimentación, el Constructor deberá proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y viaductos que puedan ser afectadas por el ligante bituminoso. El Constructor será responsable por todo daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza correrán de su cuenta.

440.4.13 Bacheos

Al rellenar toda excavación para reparación del pavimento existente cuya profundidad haya sido superior a ciento cincuenta milímetros (150 mm), los últimos setenta y cinco milímetros (75 mm) hasta alcanzar el nivel de la rasante existente se deberán rellenar con mezcla asfáltica, la cual se deberá compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad especificada. El resto de la excavación se rellenará como se establece en los numerales 320.4.11 del Artículo 320 y 330.4.10 del Artículo 330.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), se rellenará en su totalidad con mezcla asfáltica en capas de espesor compactado comprendido entre cincuenta y setenta y cinco milímetros (50-75 mm), hasta alcanzar la rasante existente.

Estos espesores podrán variar si así lo establecen los documentos del proyecto o lo autoriza el Interventor, en particular cuando se trate de labores de conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos antiguos con estructuras complejas.

Tanto la superficie que recibirá las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, deberán ser pintadas con un riego de liga, conforme a las instrucciones del Interventor.

440.4.14 Apertura al tránsito

No se permitirá el tránsito público hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, se deberá limitar la velocidad a veinte kilómetros por hora (20 km/h) para impedir que sobre la capa se produzcan aceleraciones, frenadas o giros bruscos.

440.4.15 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán la extensión y la compactación de mezclas densas en frío cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5°C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el Constructor deberá, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector afectado, a satisfacción del Interventor.

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica densa en frío se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquél. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

440.4.16 Manejo ambiental

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400 de estas especificaciones.

440.4.17 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

440.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

440.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

440.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

440.5.2.1 Calidad de la emulsión

A la llegada de cada carrotanque con emulsión para mezcla densa en frío al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en el numeral 400.2.4 del Artículo 400 de las presentes especificaciones.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del Artículo 411 de estas especificaciones. En todos los casos, guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, cuando el Constructor o el fabricante manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 400.5 del Artículo 400 de las presentes especificaciones.

440.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada en la mezcla, verificará su pH y su contenido de sulfatos, cuyos valores deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 440.2.3, para permitir su empleo.

Si alguna mezcla ha sido elaborada con un agua calificada de inapropiada, se pondrá en observación hasta el recibo definitivo de los trabajos y, en caso de que presente deterioros, se deberá remover y reconstruir por cuenta exclusiva del Constructor y a satisfacción del Interventor. La mezcla removida será de propiedad del Constructor.

440.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que sean pertinentes de aquellos que se encuentran indicados en la Tabla 400.1 del Artículo 400 de estas Especificaciones.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad aparente, según la norma INV E-225.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 400.2.1 del Artículo 400, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas

alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, efectuará las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 440.3 para los agregados grueso y fino.

Si existe incorporación independiente de llenante mineral, sobre él se efectuarán las siguientes determinaciones:

- Densidad aparente (Norma de ensayo INV E-225), al menos una (1) vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante.
- Granulometría (Norma de ensayo INV E-123), una (1) prueba por suministro.

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 440.3, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 440.2.1 del presente Artículo. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

440.5.2.4 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Interventor controlará el aspecto de la mezcla. Rechazará todas las mezclas segregadas, así como aquellas cuya envuelta no sea homogénea.

Cuantitativamente, realizará los siguientes controles:

a. Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 440.5.2.6, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3%), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF %).

$$ARF \% - 0.3 \% \leq ART \% \leq ARF \% + 0.3 \%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor promedio (ART%) en más de medio por ciento (0.5%), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART \% - 0.5 \% \leq ARI \% \leq ART \% + 0.5 \%$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

Tabla 440.3
Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas densas en frío

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición		
Granulometría	E-213	1 por jornada
Dureza		
Desgaste Los Ángeles (Gradación A)	E-218	1 por mes
Micro-Deval	E-238	1 por mes
10% de Finos	E-224	1 por mes
Durabilidad		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno	E-235	Nota 1
Contenido de impurezas	E-237	1 por semana
Geometría de las partículas		
Partículas fracturadas mecánicamente	E-227	1 por jornada
Angularidad del agregado fino	E-239	1 por jornada
Partículas planas y alargadas	E-240	1 por semana
Gravedad específica		
Gravedad específica y absorción	E-222 y E-223	1 por mes
Resistencia al pulimento		
Coefficiente de pulimento acelerado (capa de rodadura)	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados

Nota 1 :Si el resultado de la prueba de equivalente de arena no satisface la exigencia de la Tabla 400.1 del Artículo 400 de estas especificaciones, pero es igual o superior a 40%, se deberá determinar el valor de azul de metileno y este resultado deberá ser menor o igual a diez (10).

b. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 440.4, pero sin permitir que la curva se salga de los límites de la franja.

Tabla 440.4
Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas densas en frío

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) 300 μm (No.50)	± 3%
75 μm (No.200)	± 1%

En caso de que los valores obtenidos incumplan estos requisitos, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 440.4.2 de esta especificación. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazará el lote.

440.5.2.5 Calidad de la mezcla

a. Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738). Tres de las probetas se curarán en seco y tres bajo condición húmeda.

Tanto la resistencia media tras curado seco como tras curado húmedo de las probetas elaboradas, (R_m), deberá superar o al menos igualar al noventa por ciento (90%) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t):

$$R_m \geq 0.9 R_t$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio de su respectivo grupo, admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0.8 R_m$$

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se acepte ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote representado por estas muestras.

El incumplimiento de este requisito en dos (2) lotes consecutivos, implicará la suspensión de los trabajos hasta que se estudie y apruebe una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 440.4.2 del presente Artículo.

440.5.2.6 Calidad del producto terminado

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500m) de mezcla densa en frío colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla densa en frío colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para la determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), la definición de "lote" será como se indica en el inciso e. del presente numeral.

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, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la mezcla densa compactada en capas de base, intermedia o rodadura, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, el Interventor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

a. Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote, las cuales se efectuarán por alguno de los métodos descritos en las normas INV E-733, E-734 y E-746. Sólo se aceptará la determinación de la densidad de la capa compactada por medio del densímetro nuclear (INV E-746), si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando. Los sitios para las determinaciones de la densidad de cada capa se elegirán al azar, según la norma INV E-730, "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

- Si $D_m - (k \times s) \geq 0.95 \times D_e$ Se acepta el lote
- Si $D_m - (k \times s) < 0.95 \times D_e$ Se rechaza el lote

Siendo:

D_m : Valor promedio de los resultados de los ensayos de densidad de la capa compactada, que integran la muestra que representa al lote.

$$D_m = \frac{\sum D_i}{n}$$

D_i : Resultado de un ensayo de densidad de la capa compactada.

n : Número de ensayos que integran la muestra.

k : Factor que establece el límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de 90%, se encuentra la densidad de la capa compactada. Este factor depende del número de ensayos (n) que integran la muestra y su valor se indica en la Tabla 440.5

Tabla 440.5
Valores del factor k

n	5	6	7	8	9	10
k	0.685	0.602	0.544	0.500	0.465	0.437

s : Desviación estándar de la muestra.

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

D_e : Valor promedio de los valores de densidad de las seis (6) probetas por lote, elaboradas en el laboratorio, según la metodología de ensayo inmersión-compresión, como se indica en el inciso “a” del numeral 440.5.2.5, de esta especificación.

Las comprobaciones de la compactación se realizarán en todo el espesor de la capa que se controla, cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación. La toma de testigos se hará de acuerdo con lo que establece la norma de ensayo INV E-758.

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

b. Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite; siempre y cuando este valor sea igual a mayor al ochenta y cinco por ciento (85%) del valor de diseño.

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote procediéndose como en el caso de rechazo por deficiencias de compactación, salvo que, tratándose de una capa de base o intermedia sobre la cual se va a colocar otra capa de mezcla densa en frío, el Constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa de rodadura, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Si el Constructor no asume este compromiso por escrito o el defecto se ha producido en una capa de rodadura, para la corrección se procederá como en el caso de las deficiencias de compactación o, a opción del Constructor y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, a la colocación de una capa adicional de mezcla densa en frío del mismo tipo, a su costa, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421 de estas especificaciones.

c. Lisura

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3m), colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, a su costa, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

d. Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en frío construidas para servir como capas de rodadura.

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

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E – 792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 440.6, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, a su costa. Para ello, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, todo a cargo y costa del Constructor, quedando el material fresado de propiedad de éste. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, a su costa, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421 de estas especificaciones.

Tabla 440.6

Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE SECCIÓN	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.	0.50	0.55	0.60
Otras secciones	0.45	0.50	0.50

Se permite el empleo de otros dispositivos para verificar la resistencia al deslizamiento. En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 440.6 para el péndulo británico.

e. Regularidad superficial (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 del pavimento terminado, este Artículo establece que la determinación del IRI se deberá realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un Face-Dipstick, empleando el procedimiento descrito en el Apéndice C del documento FHWA-RD-03-31 (Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program) de la Federal Highway Administration.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiéndose por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, los reductores de velocidad mencionados en el numeral 5.2 del Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte, etc., los cuales serán definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del índice internacional de rugosidad (IRI).

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 440.7.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de la regularidad superficial (IRI) exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20%) del total del lote, el Interventor delimitará los sectores relevantes en el incumplimiento y ordenará su corrección mediante fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. Los espesores por fresar y reponer en cada tramo serán establecidos por el Interventor y todos los costos que impliquen estas correcciones, deberán ser asumidos por el Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor a veinte por ciento (20%) del total del lote, toda la longitud de éste deberá ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán de cargo del Constructor. El material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no podrá invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Tabla 440.7
Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	PAVIMENTOS DE CONSTRUCCIÓN NUEVA Y REHABILITADOS EN ESPESOR > 100 mm			PAVIMENTOS REHABILITADOS EN ESPESOR ≤ 100 mm		
	NT1	NT2	NT3	NT1	NT2	NT3
40	2.4	1.9	1.4	2.9	2.4	1.9
80	3.0	2.5	2.0	3.5	3.0	2.5
100	3.5	3.0	2.5	4.0	3.5	3.0

f. Construcción de capas de renivelación

Cuando la mezcla densa en frío se emplee en la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente, deberá cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, deberá cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

g. Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de mezcla densa en frío por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

h. Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla densa en frío, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas de mezcla densa en frío colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

440.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el numeral 400.6.2 del Artículo 400. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

440.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400.7.2 del Artículo 400.

ÍTEM DE PAGO

440.1 Mezcla densa en frío tipo MDF-1	Metro cúbico (m ³)
440.2 Mezcla densa en frío tipo MDF-2	Metro cúbico (m ³)
440.3 Mezcla densa en frío tipo MDF-3	Metro cúbico (m ³)
440.4 Mezcla densa en frío para bacheo	Metro cúbico (m ³)