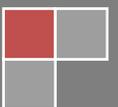


2015

**ELABORACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN  
PARTICULAR PARA MEZCLAS ASFALTICAS  
USANDO LA ASFALTITA DE PESCA- BOYACÁ -  
CANTERA SANTA TERESA.  
(PREPARATION OF A PARTICULAR SPECIFICATION  
FOR ASPHALT MIXTURES USING ASPHALTITE THE  
PESCA-BOYACÁ - SANTA TERESA QUARRY)**



**ELIANA CARMENZA SALAMANCA RODRÍGUEZ  
INGENIERO DE TRANSPORTE Y VÍAS  
ESPECIALISTA EN INGENERÍA DE PAVIMENTOS  
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
Ing.elianasalamanca@gmail.com**



# ELABORACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN PARTICULAR PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS USANDO LA ASFALTITA DE PESCA- BOYACÁ - CANTERA SANTA TERESA. (PREPARATION OF A PARTICULAR SPECIFICATION FOR ASPHALT MIXTURES USING ASPHALTITE THE PESCA- BOYACÁ - SANTA TERESA QUARRY)

ELIANA CARMENZA SALAMANCA RODRÍGUEZ  
INGENIERO DE TRANSPORTE Y VÍAS  
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS  
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
Ing.elianasalamanca@gmail.com

## RESUMEN

Se presenta la especificación particular para mezclas asfálticas usando como material principal la asfaltita. Se recopila la información del ajuste granulométrico y del ligante bituminoso de acuerdo con la normatividad del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, para la construcción de capas de rodadura en vías de bajos volúmenes de tránsito, además las partes principales de la especificación se plantean bajo la normatividad del mismo instituto.

Se pretende darle el uso adecuado y tecnificado de la asfaltita como recurso natural que abunda en el municipio de Pesca- Boyacá, lo cual ayudará a mejorar la capa de rodadura de la red vial local y regional donde la intensidad de tránsito y las cargas son bajas, lo cual trae como consecuencia un mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de las regiones, siendo una mezcla factible desde el punto de vista técnico y económico.

**Palabras clave:** Asfaltitas, Especificación Particular, mezclas asfálticas.

## ABSTRACT

The particular specification for asphalt mixtures is presented using as the main material asphaltite. Information sieve adjustment and bituminous binder according to the regulations of the Instituto Nacional de Vías - INVIAS, for the construction of surface course on the way to low traffic volumes, besides the main parts of the specification are raised under the regulations of the institute.

It is intended to give the proper use and modernized the asphaltite as a natural resource that is abundant in the town of Pesca-Boyacá- Colombia, which help improve the surfacing of local and regional road network where traffic intensity and loads are low , which results in an improved quality of life for the inhabitants of the regions, with a mixture feasible from a technical and economic standpoint.

**Keywords:** Asphaltites, Particular Specification, asphalt mixtures.

## INTRODUCCIÓN

La explotación de este valioso recurso natural, asfaltita, se hace de manera artesanal y las mezclas que se obtienen presentan deficiencia en su granulometría y en la cantidad de bitumen, lo cual trae como consecuencia que estas mezclas, una vez compactadas y puestas en servicio se deterioren rápidamente, especialmente presentando daños como deformaciones, fisuración, fatiga y desprendimiento, por esta razón se hace necesario tener una normatividad que permita tener valores de referencia para el uso de este material en las mezclas asfálticas puestas en las vías del país.

Teniendo como referencia Las asfaltitas del municipio de Pesca Boyacá-Colombia en donde se encuentran varias canteras de asfaltitas naturales, específicamente la cantera Santa Teresa, a la cual se le realizaron previamente ensayos de laboratorio para determinar las propiedades tanto en granulometría como en bitumen, valores que se tomarán como referencia para establecer los rangos en la especificación particular para las mezclas asfálticas usando la asfaltita como material principal.

Las investigaciones que se tuvieron en cuenta en la especificación han sido avalados previamente por el grupo de Investigación y Desarrollo en Infraestructura Vial – Grinfravial- de la Escuela de Transporte y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia con sede en Tunja – Boyacá, en donde se estudió la factibilidad de obtener mezclas densas en caliente (MDC-2) utilizando las metodologías de diseño Marshall y

Ramcodes, a fin de cumplir con las especificaciones del Instituto Nacional de Vías para este tipo de mezclas y poderlas utilizar en vías de bajos volúmenes de tránsito, estudios que demostraron que los resultados obtenidos demuestran que si es factible fabricar este tipo de mezclas a partir del conglomerado asfáltico o asfaltita, ajustando su gradación y su contenido de bitumen. Las mezclas obtenidas son de gran calidad y cumplen las especificaciones de diseño.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el diseño de la mezcla asfáltica se utilizaron los siguientes materiales: las asfaltitas ó conglomerados asfálticos naturales provienen de la cantera Santa Teresa del municipio de Pesca – Boyacá (Ver Figura 1), los agregados pétreos para el ajuste granulométrico de la mezcla provienen de la Planta de agregados de Colconcreto ubicada en el municipio de Tunja- Boyacá y el ligante asfáltico utilizado es penetración 60/70, Información recopilada de la Investigación principal sobre asfaltitas [1].



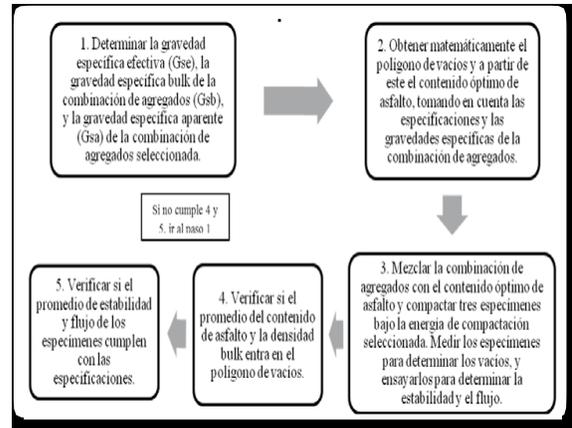
**Figura 1.** Cantera de asfaltita Santa Teresa, Pesca Boyacá-Colombia

Las metodologías que se usaron para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente (MDC-2) son: la metodología Marshall y la metodología Ramcodes. [2].

El método Marshall fue desarrollado por Bruce Marshall en 1940. Es uno de los más empleados en el diseño de mezclas asfálticas en caliente en los Estados Unidos, siendo estandarizado por la Sociedad Norteamericana de ensayos de materiales, en la norma ASTM D 1559 (1989), “Resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall”. En Colombia fue adoptado por el Instituto Nacional de Vías, mediante la aplicación de las normas INV–E–735,736, 745, 748 y 799 – 2007, tal y como lo define el artículo INV-C-450-2007 de las 19 Especificaciones generales de Construcción del INVIAS -2007. [3], [4] y [5].

El método Ramcodes fue desarrollada por F.J. Sánchez-Leal en el año 1998. También se denomina Marshall Acelerado por Ramcodes o RAM, y utiliza la metodología denominada polígono de vacíos para determinar el porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla asfáltica.

Se empleó el polígono de vacíos partiendo de una serie de pasos, el diseño Marshall tradicional acelerado por Ramcodes, el procedimiento se indica en la figura 2. [6] y [7].



**Figura 2.** Metodología Marshall acelerado por Ramcodes

Al obtener el diseño de la mezcla densa en Caliente (MDC-2) con el uso de asfaltita como componente principal, se procede a normativizar tal procedimiento por medio de una especificación particular tipo INVIAS, las cuales completan y detallan las Especificaciones Generales, las cuales deben cumplir los siguientes ítems:

- **Definición.** Se describe en forma concisa a que parte de la obra o estructura se refiere.
- **Materiales y herramientas,** utilizados para ejecutar la tarea específica.
- **Procedimiento de ejecución,** se describe la forma en que debe ejecutarse este rubro de la obra.
- **Medición,** Se describe con precisión como se efectuara la medición de este producto, una vez ejecutado para proceder al pago correspondiente.

- **Forma de pago**, Se detalla cómo será pagado y que se comprende exactamente en dicho pago. [8]

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A partir de la caracterización de los agregados (Tablas 1, 2 y 3), del conglomerado asfáltico o asfaltita y del asfalto, los cuales fueron usados en el diseño experimental de la mezcla asfáltica (Ver Figura 3) como elementos principales, se procede a realizar una especificación particular, con el objeto de establecer rangos para los cuales el uso de tales materiales en los diseños de tales

mezclas sea bajo una norma y no se realicen empíricamente, pues Una especificación técnica es un documento en el que se describen detalladamente las características o condiciones mínimas que debe cumplir un producto, con el fin de crearlo y usarlo de manera estandarizada, permitiendo la interoperabilidad entre los datos y maximizando la calidad de la información.

**Tabla 1.** Caracterización de los agregados

MATERIAL	NORMA	ENSAYO	RESULTADO	VALOR DE LA NORMA		DESCRIPCIÓN
GRAVA	INV E-227-07	Porcentaje de caras fracturadas (2 caras)	100%	60 % mín.		La muestra a ensayar presenta una textura rugosa, de color gris y amarillo, de olor orgánico, estas partículas presentan su forma angulosa ya que sus bordes son agudos lo cual no presenta pulimiento, es totalmente fracturada.
	INV E-230-07	Índice de aplanamiento	27.80%	≤35		
	INV E-230-07	Índice de alargamiento	26.27%	≤35		
	INV E-222-07	Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Gsa)	2.65	% ABSORCIÓN	1.69%	
	INV E-223-07	Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Gsb)	2.53	% ABSORCIÓN	1.69%	
	INV E-223-07	Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Gsb-sss)	2.58	% ABSORCIÓN	1.69%	
	INV E-218-07	Resistencia al desgaste de los agregados Máquina de los Angeles	21.43%	30%		
	INV-E-125-07	Limite líquido	16.43	≤40		
	INV-E-126-07	Limite plástico	13.51			
	INV-E-125-07	Índice plástico	2.92	4 a 9		
INV E - 220 - 07	Sanidad de los agregados frente a la acción	8%	≤12			

**Fuente.** SALAMANCA R, Eliana, SANTOS CH, Felipe. Caracterización y Diseño de una Mezcla en Caliente (MDC-2) con las asfaltitas de Pesca- Boyacá. UPTC. Tesis; 2012

**Tabla 2.** Caracterización de la asfaltita (Cantera Santa Teresa –Pesca - Boyacá)

MATERIAL	NORMA	ENSAYO	RESULTADO	VALOR DE LA NORMA		DESCRIPCIÓN
ASFALTTA	INV E-133-07	Equivalente de arena de suelos y agregados finos (%)	66	50% min		
	INV E-222-07	Gravedad específica y absorción del agregado fino (Gsb)	2.44	% ABSORCIÓN	3.65%	
	INV E-222-07	Gravedad específica y absorción del agregado fino (Gsb-sss)	2.53	% ABSORCIÓN	3.65%	
	INV E-222-07	Gravedad específica y absorción del agregado fino (Gsa)	2.69	% ABSORCIÓN	3.65%	
	INV E - 707 - 07	Gravedad específica y absorción del agregado fino (Gb) - LIXIVIADO	1.09	N.A		
	INV-E-732-07	EXTRACCIÓN CUALITATIVA DE ASFALTO (%)	4.1	N.A		
	INV-E-125-07	Limite líquido	17.18	≤40		
	INV-E-126-07	Limite plástico	N.P	4 a 9		
	INV E - 706 - 07	Penetración	224.78	200 - 250		
	INV E - 723 - 07	Destilación	N.P	N.A		
INV E - 709 - 07	Punto de ignición y llama mediante la copa abierta de Cleveland °C	93	≥200°C			

**Fuente.** SALAMANCA R, Eliana, SANTOS CH, Felipe. Caracterización y Diseño de una Mezcla en Caliente (MDC-2) con las asfaltitas de Pesca- Boyacá. UPTC. Tesis; 2012

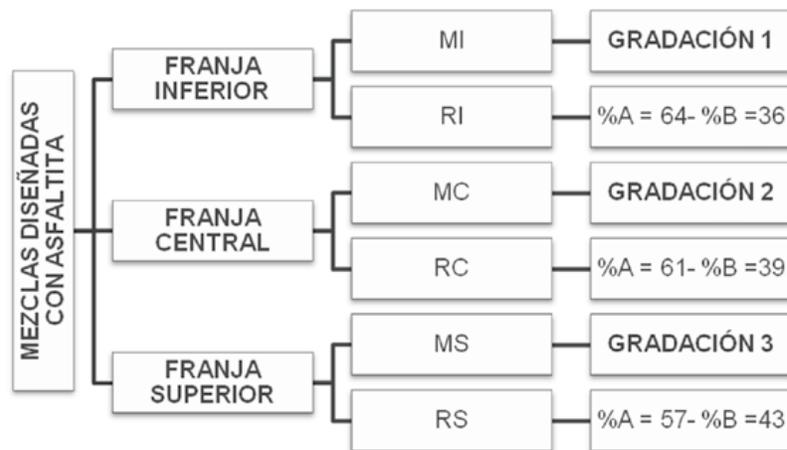
**Tabla 3.** Caracterización del asfalto

MATERIAL	NORMA	ENSAYO	RESULTADO	VALOR DE LA NORMA	DESCRIPCIÓN
ASFALTO	INV E - 706 - 07	Penetración (1/10) mm	78.67	70 -80	Sustancia negra, pegajosa, sólida a semisólida a la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad.
	INV E - 723 - 07	Destilación (%)	81	-	
	INV E - 707 - 07	Gbulk	1.131	N.A	
	INV-E-714/719-07	Viscosidad SAYBOLT FUROL (SSF)	61.0	60-120 SSF	
	INV E - 712 - 07	Punto de ablandamiento-anillo y bola (°C)	59.1	30 - 200 °C	

**Fuente.** SALAMANCA R, Eliana, SANTOS CH, Felipe. Caracterización y Diseño de una Mezcla en Caliente (MDC-2) con las asfaltitas de Pesca- Boyacá. UPTC. Tesis; 2012

**Diseño experimental.** En la Figura 3, se presenta el diseño experimental para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente utilizando las asfaltitas, en donde se establecen las tres alternativas, tanto para el diseño MARSHALL como en RAMCODES, y en cada una de ellas se relacionan los porcentajes a los cuales se someten los materiales, es decir que

para la franja inferior de la banda granulométrica le corresponde un porcentaje de 64% de A: Grava y de 36% de B: Asfaltita, y así respectivamente con las otras dos franjas, escogiendo finalmente para el diseño la franja central, debido a que es la que mejor se ajusta dentro de la banda.



Dónde:

M: MARSHALL

C: FRANJA CENTRAL

B: ASFALTITA

R: RAMCODES

S: FRANJA SUPERIOR

I: FRANJA INFERIOR

A: GRAVA

**Figura 3.** Diseño experimental para el diseño de mezclas asfálticas

**Fuente.** SALAMANCA R, Eliana, SANTOS CH, Felipe. Caracterización y Diseño de una Mezcla en Caliente (MDC-2) con las asfaltitas de Pesca- Boyacá. UPTC. Tesis; 2012

El diseño experimental consideró la franja granulométrica de la mezcla densa en caliente tipo 2 de INVIAS y se definieron tres (3) curvas granulométricas que se denominaron gradación superior (MS), gradación central (MC) y gradación inferior (MI). [5] y [8].

En cuanto a la fórmula de trabajo que se tuvo en cuenta en la especificación, se estableció: el 61% de agregados y el 39% de asfaltita, con un porcentaje óptimo de asfalto de 6.5%, peso específico de 2.215 gr/cm<sup>3</sup>, estabilidad de 603 kg, flujo de 3.74 mm, vacíos de 4.0%, vacíos en los agregados minerales de 15.4% y vacíos llenos de asfalto de 74.1%.

El coeficiente estructural de la mezcla asfáltica, según la metodología AASHTO-98, es de 0.36/pulg y el módulo dinámico estimado de la mezcla es de 20737 kg/cm<sup>2</sup>.

**Cumplimiento de especificaciones:**

Los resultados obtenidos de las

mezclas asfálticas diseñadas mediante la metodología Marshall y Ramcodes se muestran en la Tabla 4 clasificados por tipo de mezcla según la ubicación en la franja granulométrica especificada MDC-2.

**Tabla 4.** Resultados óptimos obtenidos para Marshall y Ramcodes

PARAMETRO	MI	RI	MC	RC	MS	RS	Especificación INVIAS - NT1
% ASFALTO	6.00	6.09	6.63	6.91	6.90	7.20	
Gmb (gr/cm <sup>3</sup> )	2.196	2.198	2.215	2.211	2.215	2.210	
ESTABILIDAD (Kg)	421	446	603	638	604	625	500
FLUJO (mm)	3.70	3.82	3.74	3.92	3.62	3.70	2 - 4
%Vv	4.00	3.866	4.00	3.898	4.00	3.88	3 - 5
%VAM	15.78	15.784	15.40	15.819	15.35	15.81	≥ 15
%VAF	75.00	75.507	74.10	75.36	73.70	75.402	65 - 80

**Fuente.** SALAMANCA R, Eliana, SANTOS CH, Felipe. Caracterización y Diseño de una Mezcla en Caliente (MDC-2) con las asfaltitas de Pesca- Boyacá. UPTC. Tesis; 2012

**MI, MC y MS** = Metodología Marshall con la gradación Inferior, Central y Superior.

**RI, RC y RS** = Metodología Ramcodes con la gradación Inferior, central y Superior.

Según los resultados obtenidos en la investigación y con base las especificaciones INVIAS, se encontró que las mezclas asfálticas elaboradas con sus respectivas franjas cumplen con las especificaciones a excepción de la estabilidad de la mezcla Marshall y Ramcodes con la gradación inferior MI y RI, ya que se encuentra por debajo de la especificación que es 500 kg para un nivel de tránsito bajo (NT1), aunque se debe tener en cuenta que la mayoría de parámetros cumplen e incluso para un nivel de tránsito

medio (NT2). Además, las propiedades volumétricas de las mezclas responden a las exigidas por el INVÍAS en el artículo 450-07.

Estos resultados son de vital importancia para realizar la especificación particular donde se establecen los parámetros exigidos para el recibo de las mezclas densas en caliente usando la asfaltita como elemento principal, y además, siguiendo un procedimiento eficiente en lo que se refiere a la construcción de estructuras de pavimento con este tipo de materiales.

La caracterización y diseño de la mezcla densa en caliente (MDC-2), usando como elemento principal la asfaltita de Pesca – Boyacá, y basada en las metodologías Marshall y Ramcodes han sido fundamentales para la elaboración de la especificación particular, debido al cumplimiento de los parámetros establecidos por el Instituto Nacional de Vías, siendo un diseño factible técnica y económicamente para vías de bajos volúmenes de tránsito, utilizando las asfaltitas.

En el apéndice del presente artículo se anexa la especificación particular basada en los resultados obtenidos en la tesis denominada: Caracterización y Diseño de una Mezcla en Caliente (MDC-2) con las Asfaltitas de Pesca- Boyacá, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia de Tunja-Boyacá, 2012.

## REFERENCIAS

- [1] SALAMANCA R, Eliana y SANTOS CH, Felipe. Caracterización y Diseño de una Mezcla en Caliente (MDC-2) con las asfaltitas de Pesca-Boyacá. UPTC. Tesis; 2012.
- [2] HUANG, Yang H. Pavement analysis and design. Pearson. Prentice Hall. Second edition. 2004.
- [3] SANCHEZ LEAL, Freddy J, et al. RA- MCODES: Metodología racional para el análisis de densificación y resistencia de geomateriales compactados. Descripción de la metodología y campo de aplicación. Publicación Técnica 200 ed. Sanfandila, Querétaro, México. 2002.
- [4] SÁNCHEZ-LEAL, Freddy. J.. Metodología racional para el diseño de mezclas asfálticas. Cartagena: 4tas jornadas internacionales del asfalto, 2004.
- [5] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras. Norma INV E-748-07.2007.
- [6] SÁNCHEZ-LEAL, F. J. Manual de aplicación RAMCODES. Venezuela: Solestudios C.A. 2008.
- [7] AGUIRRE B, Siervo y GÚISA, Rubén. Evaluación del comportamiento de mezclas bituminosas MDC con agregados pétreos, escoria granulada, colombianas para diseño de mezclas asfálticas. UPTC. Tesis; 2011.
- [8] DELGADO ALAMILLA, Horacio, et al. Influencia de la granulometría en las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica. Metodología RAMCODES en las mezclas asfálticas. Publicación Técnica 299 ed. Sanfandila, Querétaro, México. 2006. ISSN 0188-7297. Citado SÁNCHEZ-LEAL, F. J. Manual de aplicación RAMCODES. Venezuela: Solestudios C.A. 2008.

## **APENDICE**

**ESPECIFICACIÓN No. 450F**

**USO DE LA ASFALTITA EN MEZCLAS  
ASFÁLTICAS EN CALIENTE (MDC-2) PARA  
VÍAS DE BAJO TRANSITO- NT1.**

**1. UNIDAD DE MEDIDA**

**m<sup>3</sup> Metro cúbico.**

**2. DESCRIPCIÓN**

Este trabajo presenta las disposiciones particulares para el proceso de elaboración, transporte, colocación y compactación de una o más capas de mezcla asfáltica (MDC-2), usando como elemento principal la asphaltita, preparada y colocada, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

A efectos de aplicación de esta especificación se define como mezcla asfáltica en caliente tipo 2, para su empleo en capa de base asfáltica.

La ejecución de la mezcla asfáltica en caliente (MDC-2), con el uso de asphaltita, incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Preparación de la superficie que va a recibir la mezcla.
- Extensión y compactación de la mezcla.

**3. MATERIALES**

**3.1. AGREGADOS PÉTREOS Y ASFALTITA**

Los agregados pétreos y asphaltita para la elaboración de mezclas asfálticas (MDC-2), deberán satisfacer los requisitos de calidad presentados en las Tablas 3.1.1 y 3.1.2.

Para el objeto de esta especificación, se denominará agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4); agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 micrones (No. 200) y llenante mineral la que pase el tamiz de 75 micrones (No. 200).

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente puedan darse 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 a 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 a utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en esta especificación.

**TABLA 3.1.1****REQUISITOS DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO ASFALTITAS.**

PROPIEDAD	NORMA INV	VALOR
Partículas fracturadas mecánicamente (agregado grueso)	E-227	100% mín
Absorción del agregado Grueso (Gsa)	E-222	1.7% max
Desgaste los Ángeles	E-218	22% máx
	E-219	
Pérdida en ensayo de solidez	E-220	8% máx
Índices de aplanamiento y alargamiento	E-230	20% máx
Índice de plasticidad	E-125	3 max
	E-126	

**TABLA 3.1.2****REQUISITOS DE LA ASFALTITA PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA**

PROPIEDAD	NORMA INV	VALOR
Equivalente de arena de suelos y agregados Finos	E-133	66% max
Absorción del agregado Grueso (Gsa)	E-222	3.7% max
Índice de plasticidad	E-125	N.P
	E-126	

El equivalente de arena según la norma I.N.V.E – 133, será ejecutado al agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluida la asfaltita), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta. En el caso en que no se cumpla el valor mínimo señalado en ésta tabla, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40. El agregado fino es la asfaltita.

Este último no podrá exceder el dos por ciento (2%) de la masa de la mezcla, salvo que el Interventor confirme que cumple las mismas condiciones que el exigido como aporte.

El conjunto de agregado grueso y agregado fino para la elaboración de la mezcla asfáltica (MDC-2) deberá ajustarse a la siguiente gradación:

**TABLA 3.1.3**

**FRANJA GRANULOMÉTRICA DE LA MEZCLA ASFALTICA (MDC-2)**

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMA – mm	ALTERNO	MEZCLA ASFALTICA (MDC-2) CON ASFALTITA
19.0	¾"	100
12.5	½"	86-88
9.5	3/8"	73-81
4.75	No. 4	48-60
2.0	No. 10	33-42
0.425	No. 40	16-24
0.180	No. 80	9-15
0.075	No. 200	5-9

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 para la mezcla asfáltica (MDC-2), sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

**3.2 CEMENTO ASFÁLTICO**

El material bituminoso para elaborar la mezcla de densa en Caliente MDC-2, usando asfaltita, será seleccionado en función de las características climáticas de la zona y las condiciones de operación de la vía. El asfalto especificado es modificado de alta calidad, baja penetración para aplicaciones viales en caliente que requieran alta sollicitación a la deformación plástica y un buen desempeño a la fatiga. Son cementos asfálticos seleccionados formulados con polímeros termoplásticos de alta calidad, que deberá cumplir lo establecido en la siguiente tabla:

**TABLA 3.2.**

**PROPIEDADES DEL CEMENTO ASFÁLTICO**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>NORMA DE ENSAYO</b>	<b>VALORES</b>
Penetración, 25°C, 5s, 100g (mm/10)	E-706	75-80
Punto de Ablandamiento (°C)	E-712	60
Viscosidad SAYBOLT FUROLT (SSF)	E-714/719	61 Min
Destilación	E-723	81

#### **4. EQUIPOS**

Se aplica lo indicado en el numeral 400.3 del Artículo 400 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007.

Con relación al detalle del equipo necesario para la ejecución de los trabajos, se tendrá en cuenta lo siguiente:

##### **4.1 EQUIPO PARA LA ELABORACIÓN DE LOS AGREGADOS TRUTURADOS.**

Rige lo indicado en el aparte 440.3.1 del Artículo 440 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007.

##### **4.2 PLANTA MEZCLADORA TIPO DISCONTINUO**

Las plantas deberán estar dotadas de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres (3) y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar intercontaminaciones. Dichas tolvas en caliente deberán tener un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; de un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva baje del que proporcione la cantidad calibrada y de un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas.

La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados, situados a la salida del secador y en las tolvas en caliente.

La precisión de los dispositivos de dosificación por peso de los agregados en caliente deberá ser

superior al medio por ciento ( $\pm 0.5\%$ ). Los dispositivos de dosificación ponderal del llenante y del ligante deberán tener una precisión superior al tres por mil ( $\pm 0.3\%$ ).

El ligante asfáltico se distribuirá uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no permitirán fugas ni goteos. El sistema dosificador del ligante deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo.

Si se previera la incorporación de aditivos a la mezcla, la planta deberá poder dosificarlos con precisión suficiente, a juicio del Interventor.

La operación de la planta deberá ser totalmente automática.

En el calentamiento de asfalto se emplearán, preferiblemente, serpentines de aceite o vapor, evitándose en todo caso el contacto del ligante con elementos metálicos que se encuentren a temperatura muy superior a la de almacenamiento. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de dispositivos calefactores o aislamientos. La descarga del retorno de ligante a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros en lugares convenientes, para asegurar el control de la temperatura del ligante, especialmente en la boca de salida de este dispositivo donde se realiza la mezcla y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de una toma para el muestreo y comprobación de la calibración del dispositivo de dosificación.

#### **4.3 EQUIPO PARA EL TRANSPORTE**

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

Las volquetas deberán estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para disminuir la pérdida de temperatura y para prevenir emisiones contaminantes.

#### **4.4 EQUIPO DE COMPACTACIÓN**

Se deberán emplear compactadores vibratorios autopropulsados. El equipo de compactación será aprobado por el Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves; además, estarán dotados de dispositivos para la limpieza de los rodillos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de rodillos metálicos 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.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores,

serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

#### 4.5 EQUIPO ACCESORIO

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, si su empleo es aceptado por las Autoridades Ambientales. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la mezcla.

### 5. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 5.1 EXPLOTACIÓN DE MATERIALES Y ELABORACIÓN DE AGREGADOS

Rige lo indicado en el aparte 400.4.1 del Artículo 400 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007.

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

Rige todo lo aplicable del aparte 400.4.2 del Artículo 400 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007.

La mezcla densa en caliente MDC-2 usando asfaltita, se diseñará en el laboratorio con el método de diseño de mezclas Marshall de acuerdo con las características consignadas en la tabla 4.1:

TABLA 4.1

PROPIEDADES DE DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MDC-2 USANDO ASFALTITAS PARA TRANSITO BAJO-NT1

PROPIEDAD	VALOR EXIGIDO
Compactación, golpes/cara	50
Estabilidad mínima {Kg}	600
Flujo (mm)	2--4
Vacios con aire (%) (*)	3--5
Vacios en los agregados Minerales VAM {%	15 Min
Vacios llenos de asfalto {%	65 - 80

(\*) Medido por comparación con la densidad máxima – RICE.

La mezcla óptima diseñada con el método Marshall deberá ser verificada con la medida de su módulo resiliente (norma de ensayo I.N.V. E-749) y su ley de fatiga (norma de ensayo pr EN 12697-24 parte E), ensayos que se realizarán sobre probetas compactadas con la técnica Marshall, con 50 golpes/cara.

Al establecer la ley de fatiga por esfuerzo controlado y 10hz, también a veinte grados Celsius (20°C), el valor de  $\epsilon_6$  deberá ser mayor de ochenta (80) microdeformaciones y el parámetro b deberá estar

comprendido entre 0.20 y 0.25, en valor absoluto.

En caso de que los resultados de estos dos ensayos presenten diferencias con respecto a lo establecido en ésta especificación, la Consultoría determinará si se requieren ajustes en la fórmula de trabajo o se permiten incrementos en las tolerancias, teniendo en cuenta que el programa de trabajo y/o calidad de los trabajos no se vean afectados de manera inconveniente.

En todos los casos, se deberá comprobar la adhesividad entre el agregado y el ligante, caracterizando la mezcla en presencia de agua. La pérdida de resistencia de la mezcla en el ensayo de inmersión – compresión, según la norma de ensayo INV E-738, no podrá exceder de veinticinco por ciento (25%). Si se supera este valor, se deberá mejorar la adhesivita mediante un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

La resistencia seca será la obtenida de la óptima de diseño.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante 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 continua las tolerancias granulométricas establecidas en esta Especificación, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

### **5.3 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE EXISTENTE**

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

La extensión de mezcla necesita riegos previos de imprimación sobre la base granular o de liga entre capas de concreto asfáltico con emulsión de rotura rápida de asfalto modificado con polímeros, los cuales se realizarán conforme lo establecen los Artículos 420 y 421 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007.

En la adecuación de superficies asfálticas se podrá analizar la posibilidad de incorporar el geotextil de repavimentación entre la superficie existente y la capa asfáltica. En caso de que se opte por esta alternativa, el precio unitario para el suministro y colocación del geotextil será objeto de pago por aparte.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua 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 efectuarlo a su costa.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones para relleno con los materiales adecuados para reestablecer el nivel actual, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 413 (para la

excavación) y los Artículos que correspondan a materiales empleados en el relleno de la excavación de acuerdo con las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV 2007.

#### **5.4 APROVISIONAMIENTO DE LOS AGREGADOS Y ELABORACIÓN DE LA MEZCLA.**

Los agregados se suministrarán fraccionados. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y deberá poderse acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se describen 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 (15 cm.) centímetros inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas de 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.

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Si el polvo recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, deberá eliminarse. El tiro de aire en el secador se deberá regular en forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría de la asfaltita sean uniformes. La dosificación de la asfaltita de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente a los agregados entre sí.

En las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, deberá comprobarse que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad. Las tolvas en caliente de las plantas continuas deberán mantenerse por encima de su nivel mínimo de calibración, sin rebosar.

La instalación es del tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los agregados y la asfaltita, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual deberá encontrarse a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15° C) a la temperatura del asfalto.

En el momento de la mezcla, la temperatura del asfalto deberá ser tal, que su viscosidad cinemática se encuentre entre ciento cincuenta y trescientos centiStokes (150 cSt – 300 cSt), verificándose que no se produzcan escurrimientos a dicha temperatura. Cuando el ligante deba ser calentado a más de ciento cincuenta grados Celsius (150° C), la cantidad de ligante que se caliente y la duración del calentamiento deberán ser las mínimas necesarias.

En mezcladores de ejes gemelos, el volumen de materiales no será tan grande que sobrepase los extremos de la paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios (2/3) de su altura.

A la descarga del mezclador, todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar aditivos al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También se rechazarán aquellas mezclas en las cuales la envoltura del bitumen sobre los agregados no sea perfecta.

### **5.5 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 luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de forma adecuada.

Durante el transporte de la mezcla deberán tomarse las precauciones necesarias para que al descargar sobre la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

### **5.6 EXTENSIÓN DE LA MEZCLA**

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

A menos que se ordene otra cosa, la extensión se realizará en franjas longitudinales y 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 de ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales para conseguir mayor continuidad de las operaciones de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. 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 la 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.

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. En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada; de lo contrario, deberá ejecutarse una junta transversal. Tras la pavimentadora se deberá disponer un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla caliente y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada se ajuste enteramente a las condiciones impuestas en esta especificación.

En los sitios que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla podrá extenderse 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 calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajusta a las rasantes de la vía existente, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

No se permitirá la extensión y compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor que ella ocurra, o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C).

## **5.7 COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA**

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. 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 aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm.) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos en que autorice el Interventor. Y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán sin embargo, excesos de agua.

Se tendrá cuidado en el cilindrado para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes del pavimento terminado, serán chaflanados ligeramente.

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.

La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada hasta alcanzar la densidad especificada y se concluirá con un adecuado apisonado final con un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

### **5.8 JUNTAS DE TRABAJO**

Resulta aplicable lo indicado en el aparte 440.4.9 del Artículo 440 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007.

### **5.9 APERTURA AL TRANSITO**

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado podrá abrirse al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente en todo su espesor, sin dejar expuesta la capa más de una semana.

De todas maneras, el tiempo que la mezcla densa en caliente MDC-2, usando asfaltita, quede expuesta directamente al tránsito será ajustado por el Interventor, dependiendo de la afectación del pavimento. En este evento, el Contratista procederá de inmediato a construir la capa de rodadura.

### **5.10 REPARACIONES**

Rige lo especificado en el aparte 440.4.13 del Artículo 440 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007.

## **6. CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA EL RECIBO Y TOLERANCIAS**

### **6.1 CONTROLES**

En adición a lo que resulte aplicable del aparte 400.5.1 del Artículo 400 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007, el Interventor adelantará los siguientes controles:

Medirá la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el numeral 4.7 de ésta Especificación.

Antes de verter la mezcla del elemento de transporte a la tolva de la máquina pavimentadora, comprobará su aspecto y medirá su temperatura.

Comprobará frecuentemente el espesor extendido, mediante un punzón graduado.

Comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- ✓ Que el número y tipo de compactadores sean los aprobados.
- ✓ El funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
- ✓ El lastre, peso total y, en su caso, presión de inflado de los compactadores.
- ✓ La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios.
- ✓ El número de pasadas de cada compactador.

Al terminar la compactación, medirá la temperatura en la superficie de la capa.

## **6.2 CEMENTO ASFÁLTICO, AGREGADOS Y ASFALTITA.**

### **6.2.1 Calidad del cemento asfáltico**

A la llegada de cada carro tanque con cemento asfáltico para la mezcla de densa en Caliente MDC-2, base al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados básicos de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas anteriormente.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico para la mezcla densa en Caliente MDC-2, que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, mediante muestras representativas de cada entrega, efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 414.5.2 del Artículo 414 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007.

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 2.2 de esta especificación.

### **6.2.2 Calidad de los agregados pétreos y la asfaltita.**

Deberán aplicarse todas las exigencias de la Tabla 2.1.1 de esta especificación y del aparte 440.5.2.3 del Artículo 440 de las Especificaciones Generales de Construcción del INV de 2007.

### **6.2.3 Composición de la mezcla**

A la salida del mezclador o silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Interventor controlará el aspecto de la mezcla y medirá su temperatura. Rechazará todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad. En este último caso y cuando la planta no sea del tipo tambor mezclador, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, el Interventor realizará los siguientes controles:

- a. Contenido de asfalto

Al respecto, se aplicará los mismo criterios establecidos en el aparte 440.5.2.4.a. del Artículo 440 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INV de 2007.

Para efectos de control, se considerará como lote el volumen de material que resulte aplicar el criterio del

aparte 5.2.5.

b. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja consignada en la Tabla 2.1.2 de esta especificación, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican a continuación, pero sin permitir que la curva salga de la franja:

Porcentaje que pasa el tamiz

4.75 mm (No. 4) y mayores.  $\pm 4\%$  sobre el peso seco de los agregados.

Porcentaje que pasa por tamices de

2 mm (No 10), 425  $\mu\text{m}$  (No. 40) y de  $\pm 3\%$  sobre el peso seco de los agregados.  
180  $\mu\text{m}$  (No. 80).

Porcentaje que pasa el tamiz

De 75  $\mu\text{m}$  (No. 200).  $\pm 1\%$  sobre el peso seco de los agregados.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medido de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Esta mezcla se someterá a las pruebas de valoración descritas en la presente especificación. Si los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechazará el lote.

#### 6.2.4 Calidad de fabricación de la mezcla

a. Resistencia

Como control del diseño de la mezcla densa en Caliente MDC-2, usando asfaltita, se deberán determinar los módulos resilientes dinámicos de probetas Marshall de Planta, por el ensayo de tracción indirecta (norma I.N.V. E-749) ensayadas a temperatura de veinte grados Celsius (20°C) y frecuencias de 2.5 Hz y 10 Hz, y resistencia a la fatiga según norma prEN 12697-24 parte E, con la salvedad de que las probetas de ensayo serán compactadas mediante la técnica Marshall a razón de 75 golpes por cara. El módulo resiliente se realizará por cada 150 m<sup>3</sup> de mezcla producida y la resistencia a la fatiga por cada 250 m<sup>3</sup> de mezcla producida.

El control rutinario de resistencia e la mezcla densa en Caliente MDC-2, se realizara, con un mínimo de 2 muestras por lote de mezcla elaboradas, moldeando probetas (2 por muestra), para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo Marshall (INV E-748). La estabilidad media (Em) de las 4

probetas deberá ser como mínimo igual al noventa por ciento (90%) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo ( $E_t$ ).

$$E_m \geq 0.9 E_t$$

Además la estabilidad de cada probeta ( $E_i$ ) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio de estabilidad, admitiéndose solo un valor individual por debajo de ese límite.

$$E_i \geq 0.8 E_m$$

Adicionalmente, con un mínimo de dos (2) muestras por lote, de mezcla elaborada, cada que el interventor lo estime necesario, se moldearán probetas (tres por muestra), para verificar en el laboratorio la resistencia de la mezcla ante la acción del agua mediante el ensayo de inmersión-compresión (INV E-738). Tres de las probetas se curarán en seco y tres bajo condición húmeda y se determinará la resistencia promedio de cada grupo.

La pérdida de resistencia a compresión por efecto de la inmersión, no podrá exceder del veinticinco por ciento (< 25%).

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras.

#### 6.2.5 Calidad del producto terminado

Se considera como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la obra ejecutada en una jornada de trabajo por estación.

##### a. Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán sobre testigos extraídos en punto aleatoriamente situados, en número no inferior a tres (3) por lote, según la norma I.N.V. E-736.

La densidad promedio ( $D_m$ ) deberá ser cuando menos, el noventa y cuatro por ciento (94%) de la densidad máxima medida ( $R_{ice}$ ) ( $D_e$ ) para el contenido de asfalto del lote.

$$D_i \geq 0.95 D_m$$

La toma de muestras testigo se hará de acuerdo con la norma INV E-758 y las densidades se determinarán por alguno de los métodos indicados en las normas INV E-733, E-734 y E-746.

##### b. Espesor

Al respecto rige lo exigido en el inciso b del numeral 440.5.2.6 de las Especificaciones Generales de Construcción de INVIAS de 2007.

##### c. Terminación

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes de

la vía existente o proyectada. La cota de cualquier punto de la mezcla densa en Caliente MDC-2 compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

El incumplimiento de alguno de estos tres requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en Caliente MDC-2, correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y respuesta a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor.

#### 6. DESPERDICIOS

Incluidos  Sí  No

#### 9. MANO DE OBRA

Incluida  Sí   
No

#### 7. REFERENCIAS Y OTRAS ESPECIFICACIONES

##### Referencias.

Especificaciones INVIAS 2007 Art. 300 y 341.

#### 8. MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla suministrada y compactada en obra a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en esta especificación.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor especificados en los planos u ordenados por el Interventor.

No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico (m<sup>3</sup>) para toda obra ejecutada de acuerdo con lo establecido en el pliego de condiciones, el contrato y esta especificación.

##### ITEM DE PAGO

Mezcla Asfáltica MDC-2 usando asfaltita

Metro Cúbico (m<sup>3</sup>)

#### 12. NO CONFORMIDAD

En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución ó a su terminación, las

obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor deberá reconstruirlas a su costo y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.