



Dirección de  
Aeropuertos  
Ministerio de Obras  
Públicas

Gobierno de Chile

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN  
DIRECCIÓN DE AEROPUERTOS  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

ETG N° 1  
JULIO 2024  
VERSION 1

## ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GENERAL N° 1

### PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

(Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018)  
(Ítem P-401)

<b>DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DIRECCIÓN DE AEROPUERTOS MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS</b>		<b>VERSIÓN:</b> 01	<b>REF.:</b> ETG N° 1	<b>N° DE PÁGINAS:</b> 87
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>	<b>DESTINATARIO:</b>	
Rodrigo Martínez P. Analista Unidad de Control de Obras	Sebastián Sepúlveda A. Jefe Unidad de Control de Obras	Edgardo Muñoz V. Jefe División Infraestructura Aeroportuaria	<b>DIRECCIÓN DE AEROPUERTOS</b>	
<b>FECHA :</b> 26/ 06/ 2024	<b>FECHA :</b> 27/ 06/ 2024	<b>FECHA :</b> 09/ 07/ 2024	<b>FECHA :</b> 09/ 07/ 2024	

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		VERSION 1

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES**  
**TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**  
**(REF. AC 150/5370-10H 12/21/2018)**  
**(Ítem P-401)**

**ÍNDICE**

1	DESCRIPCIÓN Y ALCANCES .....	3
2	REFERENCIAS .....	3
3	MATERIALES .....	3
3.1	AGREGADO .....	4
3.2	CEMENTO ASFÁLTICO .....	7
3.3	ADITIVOS MEJORADORES DE ADHERENCIA .....	12
3.4	ACEPTACIÓN PRELIMINAR DEL MATERIAL .....	12
4	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA .....	13
4.1	COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA .....	13
4.2	LABORATORIO QUE DESARROLLA LA MEZCLA DE TRABAJO .....	13
4.3	FORMULA DE MEZCLA DE TRABAJO (DOSIFICACIÓN) .....	14
4.4	PISTA O CANCHA DE PRUEBA .....	18
5	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN .....	24
5.1	LIMITACIONES METEOROLÓGICAS .....	24
5.2	PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA .....	24
5.3	ACOPIO DE AGREGADOS .....	28
5.4	EQUIPOS DE TRANSPORTE .....	28
5.5	PAVIMENTADORAS .....	28
5.6	RODILLOS .....	29
5.7	DISPOSITIVO MEDICIÓN DE DENSIDAD .....	29
5.8	PREPARACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO .....	30
5.9	PREPARACIÓN DE AGREGADO MINERAL .....	31
5.10	PREPARACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA .....	31
5.11	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE SUBYACENTE .....	31
5.12	PLAN DE TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y TERMINACIÓN .....	32
5.13	COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA .....	34
5.14	JUNTAS .....	35
5.15	RANURADO DEL PAVIMENTO (GROOVING) .....	36
5.16	CEPILLADO DEL PAVIMENTO (MEJORAMIENTO SUPERFICIAL – DIAMOND GRINDING) .....	36
6	CONTROL DE CALIDAD DEL CONTRATISTA .....	37
6.1	GENERALIDADES .....	37
6.2	LABORATORIO DE ENSAYO .....	39
6.3	ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE .....	40
6.4	ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRA .....	43
6.5	MUESTREO .....	54
6.6	GRÁFICOS DE CONTROL .....	54
6.7	INFORMES DE CONTROL DE CALIDAD .....	56
7	ACEPTACIÓN DEL MATERIAL .....	57
7.1	TAMAÑO DEL LOTE .....	57
7.2	MUESTREO Y ENSAYOS DE ACEPTACIÓN .....	57
7.3	ENSAYOS, CONTROLES Y CRITERIOS PARA LA ACEPTACIÓN DEL MATERIAL .....	57
7.4	PORCENTAJE DE MATERIAL DENTRO DE LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN (PDL) .....	69
7.5	REMUESTREO DEL PAVIMENTO PARA DENSIDAD DEL MATERIAL .....	70
7.6	CAPA DE NIVELACIÓN .....	72
8	BASES DE PAGO .....	73
8.1	PAGO .....	73
9	NORMAS Y METODOLOGÍA DE ENSAYO APLICABLES A ESTA ESPECIFICACIÓN .....	75
	ANEXO 1: MÉTODO DE ESTIMACIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL QUE SE ENCUENTRA DENTRO DE LOS LÍMITES DE LAS ESPECIFICACIONES (PDL) .....	78
	ANEXO 2: PROCEDIMIENTO MEDICIÓN LISURA EN PAVIMENTOS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MEDIANTE REGLA DE 5 M .....	85

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## 1 DESCRIPCION Y ALCANCES

Este ítem comprende las capas de pavimento compuesto por agregado mineral y ligante bituminoso, mezclados en caliente en una planta, y que son colocadas sobre una base de acuerdo con estas especificaciones. Cada capa será ejecutada de acuerdo con el espesor, la sección típica y a la cota requerida por los planos y, será compactada, terminada y aprobada antes de colocar la próxima capa.

En el texto se hace referencia al “Inspector Fiscal” (IF) y/o la “Inspección Fiscal o Asesoría a la Inspección Fiscal”, en función de la relevancia de la decisión que se le asigna en la especificación y buscando no entorpecer el desarrollo de las obras. Si la referencia se hace para el IF, sólo esta persona, o su subrogante designado por el acto administrativo respectivo, podrá aprobar por escrito lo indicado en la especificación. En el otro caso, la verificación o aprobación la podrá realizar la persona designada a cargo de la Asesoría a la Inspección Fiscal.

## 2 REFERENCIAS

- *AC 150/5370-10H. Standard Specifications for Construction of Airports.* Federal Aviation Administration. U.S. Department of Transportation. Fecha: 21/12/2018.
- *AC 150/5320-6F. Airport Pavement Design and Evaluation.* Federal Aviation Administration. U.S. Department of Transportation. Fecha: 11/10/2016.
- *Manual de Carreteras. Volumen N° 8. Especificaciones y métodos de muestreo, ensaye y control.* Edición 2023. Dirección de Vialidad (DV). Ministerio de Obras Públicas
- *Manual de Carreteras. Volumen N° 5. Especificaciones Técnicas generales de construcción.* Edición 2023. Dirección de Vialidad (DV). Ministerio de Obras Públicas.
- *Grados PG para Estaciones Climáticas en Chile.* Versión B. Comité de Asfaltos de Chile.
- *MS-2. Asphalt Mix Design Methods.* 7ma Edición (2014). Asphalt Institute.
- *NCh 2440 Edición 2023: Asfaltos para pavimentos – Clasificación y requisitos.* Instituto Nacional de Normalización (INN), Chile.

## 3 MATERIALES

Los materiales con los que se fabricará la mezcla asfáltica en caliente serán evaluados para verificar el cumplimiento de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, respecto a los requisitos establecidos en los puntos a continuación. Todos los ensayos que deba realizar el Contratista para asegurar que los materiales cumplen con esta especificación son a su costo y no representarán un coste para la Dirección de Aeropuertos.

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

### 3.1 AGREGADO

Los agregados consistirán en piedra chancada, grava chancada, con o sin arena u otro agregado mineral inerte finamente dividido. La porción de material combinado y retenido en el tamiz de 2,36 mm (N° 8) será denominado agregado grueso. La porción que pasa el tamiz 2,36 mm (N° 8) y no pasa por el tamiz de 0,075 mm (N° 200), corresponde al agregado fino, y la porción que pasa el tamiz 0,075 mm (N° 200) se denomina filler mineral.

#### a) Agregado Grueso.

El agregado grueso consistirá en partículas resistentes, libres de películas adheridas que dificulten el recubrimiento con el material bituminoso, y de materia orgánica u otras sustancias dañinas.

Los requisitos exigidos para este material son los siguientes:

- El porcentaje de desgaste (resistencia a la abrasión) no será mayor de 25% cuando esté ensayado de acuerdo con el estándar MC 8.202.11 (Manual de Carreteras).
- La desintegración por sulfato de sodio no excederá el 12%, o alternativamente, la desintegración por sulfato del magnesio no excederá el 18%. En ambos casos después de cinco ciclos de inmersión y cuando esté ensayada de acuerdo con la metodología MC 8.202.17.
- El máximo valor para las partículas desmenuzables evaluadas según la metodología MC 8.202.16 será de un 1%.
- Para pavimentos diseñados para aeronaves con un peso bruto mayor o igual a 27.200 kg (60.000 libras), el agregado tendrá por lo menos el 90% en peso con dos caras fracturadas (partículas chancadas). En tanto, para pavimentos diseñados para aeronaves con un peso bruto menor a 27.200 kg (60.000 libras), el agregado tendrá por lo menos el 75% en peso con dos caras fracturadas. Este parámetro se evalúa según la metodología MC 8.202.6.
- El agregado no contendrá más del 8% en peso de partículas lajeadas o planas y alargadas (donde la razón de la dimensión máxima con la dimensión mínima de la partícula, referida a un prisma rectangular circunscrito es 5:1), según la metodología MC 8.202.6.

A continuación, se presenta un resumen de los requisitos para los agregados gruesos:

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (item P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 3.1 – Requisitos y métodos de ensayo para el agregado grueso**

ENSAYO	REQUERIMIENTO	METODOLOGÍA
Desgaste los Ángeles	Máximo 25%	MC 8.202.11.
Desintegración por sulfatos: Sulfato de sodio Sulfato de magnesio	Máximo 12% Máximo 18%	MC 8.202.17
Partículas desmenuzables	Máximo 1%	MC 8.202.16
Caras fracturadas	Para pavimentos diseñados para aeronaves cuyo peso bruto es como mínimo 27.200 kg:  Mínimo 90% del peso de partículas con al menos dos caras fracturadas  Para pavimentos diseñados para aeronaves cuyo peso bruto es menor que 27.200 kg:  Mínimo 75% del peso de partículas con al menos dos caras fracturadas	MC 8.202.6
Partículas lajeadas o planas y alargadas <sup>(1)</sup> .	Máximo 8% en peso de partículas lajeadas.	MC 8.202.6

Notas:

(1) Partículas planas y alargadas o lajeadas, donde la proporción entre la dimensión máxima y la dimensión mínima de la partícula, referida a un prisma rectangular circunscrito, es 5:1.

**b) Agregado Fino.**

El agregado fino consistirá en partículas limpias, duras, producidas por un proceso de chancado. Estará libre de capas superficiales de arcilla, limo o de otro material indeseable que pueda reducir la adherencia con el cemento, y no contendrán ningún terrón de arcilla. Los requisitos para esta fracción del árido son los siguientes:

- El índice de plasticidad será menor o igual a 4 y el límite líquido máximo de 25 cuando estos ensayos se realicen de acuerdo con MC 8.102.3 o NCh 1517/1 y MC 8.102.4 o NCh 1517/2.
- La desintegración por sulfato de sodio no excederá el 10%, o alternativamente, la desintegración por sulfato del magnesio no excederá el 15%. En ambos casos, después de cinco ciclos de inmersión y según la metodología MC 8.202.17.
- El máximo valor para las partículas desmenuzables evaluadas según la metodología MC 8.202.16 será de un 1%.
- La adición de arena natural a una mezcla que contiene agregados finos y gruesos triturados normalmente aumentará su trabajabilidad. No obstante, tiende a disminuir la estabilidad de la mezcla, por lo que si se usa, el agregado fino no

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

contendrá arena natural en una cantidad superior al 15% en peso de los agregados totales.

- El agregado tendrá valores de equivalente de arena de 35% o superior cuando esté ensayado de acuerdo con la metodología MC 8.202.9.

A continuación, se presenta un resumen de los requisitos para los agregados finos:

**Tabla 3.2 – Requisitos y métodos de ensayo para el agregado fino**

ENSAYO	REQUERIMIENTO	METODOLOGÍA
Límite líquido	Máximo 25	MC 8.102.3 o NCh 1517/1
Índice Plasticidad	Máximo 4	MC 8.102.4 o NCh 1517/2
Desintegración por sulfatos: Sulfato de sodio Sulfato de magnesio	Máximo 10% Máximo 15%	MC 8.202.17
Partículas desmenuzables	Máximo 1%	MC 8.202.16
Equivalente de arena	Mínimo 35%	MC 8.202.9
Arena natural (en caso de su uso)	Máximo 15% en peso del agregado total	ASTM D1073

**c) Agregado filler mineral.**

El material tipo filler mineral (material fino que pasa el tamiz 0,075 mm (N° 200)) presente en los áridos y/o adicionado a los agregados, es necesario que cumpla los requisitos de granulometría e IP presentados a continuación.

**Tabla 3.3 – Requisitos y métodos de ensayo para el filler mineral**

ENSAYO	REQUERIMIENTO	METODOLOGÍA
Granulometría	Tabla 3.4	MC 8.202.5
Índice Plasticidad	Máximo 4	MC 8.102.4

**Tabla 3.4 – Requisitos granulometría filler mineral**

Tamiz	Porcentaje que pasa por tamices
N° 30 - 0,60 mm	100
N° 50 - 0,30 mm	95 - 100
N° 200 - 0,075 mm	70 - 100

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

#### d) Muestreo.

La metodología MC 8.202.1 será utilizada para el agregado grueso y fino, y la norma ASTM C183 para el filler mineral.

### 3.2 CEMENTO ASFÁLTICO

El cemento asfáltico utilizado en la mezcla deberá definirse según la ubicación geográfica del proyecto, de acuerdo con la clasificación por grado de desempeño PG con MSCR. El grado a utilizar deberá ser establecido en la memoria de cálculo del proyecto; para definir el grado PG se deberá guiar por lo establecido en el documento “Grados PG para Estaciones Climáticas en Chile”, desarrollado por el Comité de Asfaltos de Chile<sup>1</sup> junto con las indicaciones de la Inspección Fiscal. En este documento se presenta una zonificación para cada región del país con las alternativas de selección de cementos asfálticos basadas en la disponibilidad internacional de cementos asfálticos convencionales (sin modificación). No obstante, se podrá utilizar un cemento asfáltico (ya sea convencional o modificado según corresponda) cuyas propiedades cumplan con las tres temperaturas críticas indicadas en cada tabla (alta, baja e intermedia).

En caso de que para la zona de proyecto no se disponga de una base de datos de temperaturas diarias del aire máximas y mínimas de 20 años, será responsabilidad del proyectista definir en el diseño de la mezcla el o los grados PG más adecuados para el pavimento a construir, considerando como condición de aceptación del tipo de asfalto los requisitos de diseño definidos en el punto 4.3.

Los cementos asfálticos graduados según su desempeño se categorizan usando el ensayo Multiple Stress Creep Recovery (MSCR), según MC 8.302.64 o AASHTO T350. Este ensayo se utiliza para identificar la presencia de una respuesta elástica en el cemento asfáltico. El ensayo evalúa un factor denominado  $J_{nr}$ , denominado “flexibilidad en fluencia no recuperable”, que ha demostrado ser un indicador de la resistencia de un cemento asfáltico a la deformación permanente bajo carga repetida (ahuellamiento). Este parámetro mide la deformación residual (no recuperable) de una probeta después de 10 ciclos de carga-descarga dividida por la tensión aplicada, que para el ensayo se definen dos niveles de tensión: 0,1 kPa y 3,2 kPa, con el fin de evaluar la diferencia de comportamiento del cemento asfáltico en su región de comportamiento lineal y no lineal.

Las designaciones de los grados del cemento asfáltico están referidas a las temperaturas extremas de pavimento (temperaturas máximas del pavimento - promedio móvil de siete días y temperatura mínima de pavimento) y las cargas solicitantes, donde se definen cuatro

<sup>1</sup> El documento se puede revisar en la siguiente dirección web: <https://comiteasfaltos.cl/recursos/>

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

distintas condiciones de solicitud: S = Estándar, H = Alta, V = Muy Alta y E = Extremadamente Alta.

La clasificación por Grado de Desempeño (PG) usando el ensayo MSCR, para cementos asfálticos convencionales y modificados, se realiza de acuerdo con la siguiente codificación general:

PG XX T – YY

Donde,

PG : Grado de Desempeño.

XX : Temperatura máxima de diseño a 20 mm debajo de la superficie del pavimento (°C), calculada mediante la temperatura máxima promedio del aire de los 7 días consecutivos más cálidos registrados, de los últimos 20 años en la zona.

T : Características de la solicitud de tránsito, S= Estándar, H= Alta, V= Muy Alta y E= Extremadamente Alta.

YY : Temperatura mínima en la superficie del pavimento, °C, de los últimos 20 años en la zona.

Para seleccionar el cemento asfáltico apropiado, se debe seguir el procedimiento siguiente:

- a) Consultar el documento “Grados PG para Estaciones Climáticas en Chile” del Comité de Asfaltos de Chile y determinar la estación meteorológica más cercana o representativa de las temperaturas del sector donde se va a ubicar el pavimento, y luego definir el grado de desempeño (PG).
- b) Determinar la característica de solicitud del pavimento del aeropuerto o aeródromo, según la masa de la aeronave más pesada que operará sobre este:
 

Masa aeronave $\geq$ 27.000 kg	: Solicitud extremadamente pesada “E”.
Masa aeronave $<$ 27.000 kg	: Solicitud muy pesada “V”.

Nota: Para proyectos nuevos siempre prevalecerán los tipos de solicitud “E” y “V”. No obstante, en proyectos existentes donde a juicio del proyectista la solicitud sobre la carpeta asfáltica sea menor, se podrá definir otra categoría de solicitud (S o H) siempre que se justifique la decisión mediante una Memoria de cálculo y esta sea aprobada por el IF.

- c) Definido el grado del cemento asfáltico se debe verificar que el material cumpla con los requisitos establecidos en la tabla siguiente:

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 3.4 – Requisitos y métodos de ensayo para clasificación de cementos  
asfálticos por grado de desempeño usando MSCR<sup>(a)</sup>**

Grado de desempeño	PG 52							PG 58					PG 64					
	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Temperatura máxima de diseño del pavimento, promedio 7 días. °C <sup>(b)</sup>	< 52							< 58					< 64					
Temperatura mínima de diseño del pavimento. °C <sup>(b)</sup>	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	> -46	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40
<b>Ligante asfáltico original</b>																		
Punto de inflamación, NCh 2338 min °C								230										
Viscosidad, AASHTO T316: Máx. 3 Pa·s, temperatura de ensaye, °C								135										
Corte dinámico, NCh 3740: G <sup>+</sup> /seno δ, min 1,00 kPa a 10 rad/s, temperatura de ensaye °C.	52							58					64					
<b>Horno rotatorio de película delgada RTFOT (NCh 2346)</b>																		
Cambio de masa, máximo., porcentaje <sup>(c)</sup>								1,0										
MSCR, ASSHTO T350 <sup>(d)</sup> : Tráfico estándar "S" J <sub>Nr3,2</sub> , máx. 4,5 kPa <sup>-1</sup> , J <sub>Nrdiff</sub> , máx. 75%, Temperatura de ensaye, °C	52							58					64					
MSCR, ASSHTO T350: Tráfico pesado "H" J <sub>Nr3,2</sub> , máx. 2,0 kPa <sup>-1</sup> , J <sub>Nrdiff</sub> , máx. 75%, Temperatura de ensaye, °C	52							58					64					
MSCR, ASSHTO T350: Tráfico muy pesado "V" J <sub>Nr3,2</sub> , máx. 1,0 kPa <sup>-1</sup> , J <sub>Nrdiff</sub> , máx. 75%, Temperatura de ensaye, °C	52							58					64					
MSCR, ASSHTO T350: Tráfico extremadamente pesado "E" J <sub>Nr3,2</sub> , máx. 0,5 kPa <sup>-1</sup> , Temperatura de ensaye, °C	52							58					64					
<b>Cámara de envejecimiento a presión PAV (AASHTO R28)</b>																		
PAV Temperatura de envejecimiento, °C <sup>(e)</sup>	90							100					100					
Corte dinámico, NCh 3740: "S" G <sup>+</sup> /seno δ, máx. 6.000 kPa <sup>(f)</sup> δ, min. 42° <sup>(e)</sup> temperatura de ensaye a 10 rad/s, °C.	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Corte dinámico, NCh 3740: "H", "V" y "E" G <sup>+</sup> /seno δ, máx. 6.000 kPa <sup>(f)</sup> temperatura de ensaye a 10 rad/s, °C.	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Rigidez creep, AASHTO T313: "S" máximo 300 MPa, @60 s valor-m, mínimo 0,300 temperatura de ensaye, °C.	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

**ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO  
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**  
(Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018)  
(ítem P-401)

DEPARTAMENTO DE  
CONSTRUCCIÓN  
DAP

JULIO 2024

VERSION 1

**Notas:**

- El ensayo MSCR se debe ejecutar al ligante envejecido en horno rotatorio de película delgada a la temperatura alta del grado PG seleccionado de acuerdo con la zona climática en que va a ser empleado.
- Las temperaturas del pavimento se determinan empleando el documento "Grados PG para Estaciones Climáticas en Chile", desarrollado por el Comité de Asfaltos de Chile y que se puede revisar en la siguiente dirección web: <https://comiteasfaltos.cl/recursos/>.
- El cambio de masa debe ser inferior a 1,00 por ciento pudiendo ser positivo (ganancia de masa) o negativo (pérdida de masa).
- En condiciones de tránsito S, se puede reemplazar el requisito de  $J_{nr3,2} < 4.5 \text{ KPa}^{-1}$  para el ligante envejecido en HPDR, por  $G^*/\text{seno } \delta > 2,2 \text{ KPa}$  para el ligante en las mismas condiciones de envejecimiento.
- La temperatura por usar en la cámara PAV está basada en la simulación de las condiciones climáticas y puede ser 90 °C, 100 °C o 110 °C. La temperatura para los grados asfálticos más altos, a partir de PG 64, es de 100 °C, excepto en climas desérticos, donde es 110 °C.
- Si la rigidez a temperatura intermedia es menor a 5000 kPa, el requisito de ángulo de fase mínimo no se aplica. Si la rigidez a temperatura intermedia se encuentra entre 5000 y 6000 kPa, el requisito de ángulo de fase mínimo se aplica.
- $G^*/\text{sen } \delta$  = rigidez a alta temperatura y  $G^* \cdot \text{sen } \delta$  = rigidez a temperatura intermedia,  $\delta$  = ángulo de fase a temperatura alta o intermedia.

- Para asfaltos modificados con polímeros, adicionalmente se debe evaluar la respuesta elástica para el ligante asfáltico modificado con polímero, para condiciones de carga H,V o E (según lo especificado), en base a los resultados del ensayo MSCR<sup>2</sup> ( $J_{nr3,2}$  [ $\text{kPa}^{-1}$ ] y  $R_{3,2}$  [%]).

Este indicador se utiliza para evaluar la respuesta elástica de un ligante asfáltico bajo fluencia de corte y recuperación (creep a recovery) a una temperatura específica. La fluencia no recuperable ( $J_{nr}$ ) es un indicador de resistencia a la deformación permanente bajo cargas repetitivas.

Para un ligante asfáltico ensayado según AASHTO T350 o numeral 8.302.64 del Manual de Carreteras, con el porcentaje de recuperación se establece un método para determinar la presencia de respuesta elástica y la dependencia de los esfuerzos de los ligantes modificados con polímeros y no modificados.

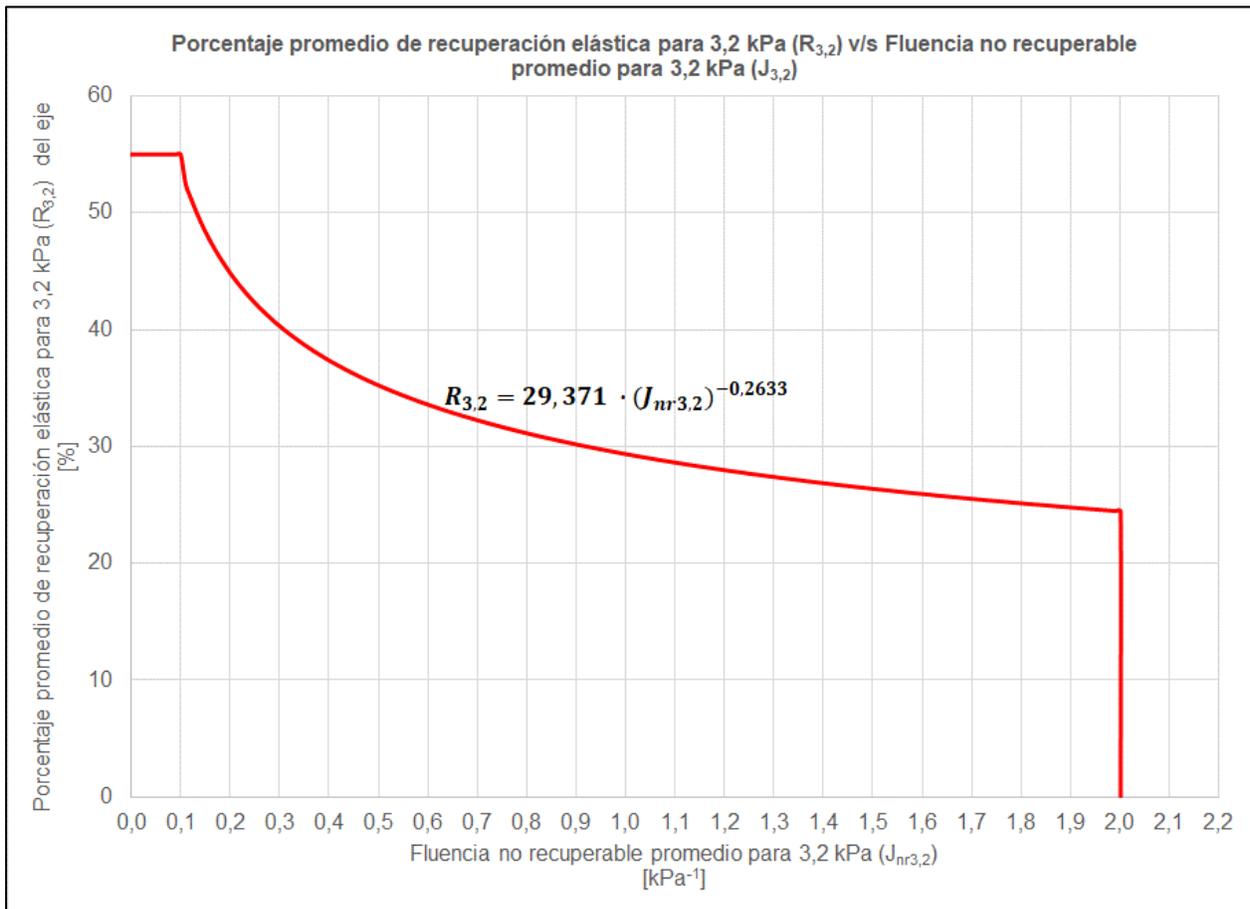
Después de determinar los valores promedio de  $J_{nr3,2}$  y  $R_{3,2}$ , en el gráfico dado en Figura 3.1, se dibuja el porcentaje de recuperación promedio a 3,2 kPa,  $R_{3,2}$ , versus la flexibilidad en fluencia no recuperable promedio a 3,2 kPa,  $J_{nr3,2}$ , medido a la misma temperatura. Si el punto dibujado cae sobre o arriba de la línea del gráfico, es un indicador que la modificación se efectuó con un polímero elastomérico adecuado. Por el contrario, si el punto dibujado cae bajo la curva del gráfico es un indicador que el cemento asfáltico no está modificado con un polímero elastomérico o polímero elastomérico no fue incorporado adecuadamente.

En otras palabras, para valores de  $J_{nr3,2}$  menor o igual a  $0,1 \text{ kPa}^{-1}$ ,  $R_{3,2}$  debe ser mayor o igual a 55%. Para valores de  $J_{nr3,2}$  mayor a  $0,1 \text{ kPa}^{-1}$  y menor o igual a  $2,00 \text{ kPa}^{-1}$ , la  $R_{3,2}$  debe ser mayor o igual a lo indicado por la ecuación  $R_{3,2} = 29,371 \cdot (J_{nr3,2})^{-0,2633}$ . Y para valores mayores a  $2,00 \text{ kPa}^{-1}$ , no se requiere valor mínimo de  $R_{3,2}$ .

<sup>2</sup> Este método está diseñado para determinar la presencia de respuesta elástica en un cemento asfáltico cuando se somete a diez ciclos en creep a dos diferentes niveles de tensión seguidas. La fluencia en creep no recuperable ( $J_{nr}$ ) es un indicador de resistencia a la deformación permanente bajo cargas repetitivas.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Figura 3.1 – Gráfico del porcentaje promedio de recuperación elástica para 3,2 kPa (R<sub>3,2</sub>) v/s Fluencia no recuperable promedio para 3,2 kPa (J<sub>3,2</sub>).**



e) Adicionalmente, se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- El muestreo del material asfáltico se debe realizar de acuerdo con el método MC 8.302.1.
- El ligante asfáltico se debe preparar por refinación del petróleo crudo mediante métodos adecuados, con o sin adición de modificadores.
- Los modificadores incorporados a los cementos asfálticos pueden ser cualquier material orgánico de fabricación adecuada, usado en condición virgen o reciclada y que se encuentre disuelto, disperso o que ha reaccionado con el cemento asfáltico para mejorar su desempeño.
- El ligante asfáltico debe ser homogéneo, libre de agua y materiales deletéreos y no debe producir espuma al ser calentado a 175°C.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

- El ligante asfáltico debe tener una solubilidad de al menos 99% soluble, según NCh2341.
- Esta especificación no es aplicable a ligantes asfálticos que contengan fibras o materiales particulados de tamaño mayor que 250 µm

### 3.3 ADITIVOS MEJORADORES DE ADHERENCIA.

Si se requieren aditivos mejoradores de adherencia, éstos deberán ser estables al calor, no cambiar la viscosidad del cemento asfáltico más allá de las especificaciones, no contendrán ingredientes dañinos y serán incorporados en las proporciones recomendadas por el fabricante. Los aditivos son responsabilidad del Contratista y su uso será validado mediante el cumplimiento de los requisitos TSR establecidos en esta especificación.

### 3.4 ACEPTACIÓN PRELIMINAR DEL MATERIAL

Antes de la disposición de materiales en la obra, el Contratista remitirá los siguientes documentos a la Inspección Fiscal: informes de ensayos realizados por un laboratorio que cumpla con las exigencias planteadas en 4.2 a la Inspección Fiscal (IF):

#### a) Agregado grueso.

- (1) Granulometría
- (2) Porcentaje de desgaste de Los Ángeles.
- (3) Desintegración por sulfatos.
- (4) Porcentaje de caras fracturadas.
- (5) Partículas planas y elongadas.

#### b) Agregado Fino.

- (1) Granulometría.
- (2) Límite líquido.
- (3) Índice de plasticidad.
- (4) Desintegración por sulfatos.
- (5) Equivalente de arena.
- (6) Arena natural (en caso de su uso).

#### c) Mineral de relleno (filler).

- (1) Granulometría.
- (2) Límite líquido.

d) **Cemento asfáltico.** Las temperaturas de mezclado y compactación serán proporcionadas por el proveedor del cemento asfáltico.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Los certificados mostrarán los resultados de los ensayos señalados en la Tabla 3.4, y una declaración de que el material cumple los requisitos de la especificación.

La IF puede solicitar las muestras para realizar ensayos antes y durante la producción para verificar la calidad de los materiales y asegurar la conformidad con las especificaciones aplicables. El IF debe considerar que si en la zona de las obras no se dispone laboratorio que pueda realizar ensayos, se debe establecer un mecanismo para que la espera de los resultados de estos ensayos adicionales no sea motivo para detener la obra.

Todos los ensayos que deba realizar el Contratista para asegurar que los materiales cumplen con los requisitos establecidos en esta especificación son a costo del Contratista y no representarán un coste para la Dirección de Aeropuertos.

- e) **Aditivo(s) mejorador(es) de adherencia.** La ficha técnica con el detalle de el o los materiales utilizados como aditivo y los ensayos donde se verifiquen los requisitos del ensayo TSR definido en esta Especificación (ver punto 3.3 y 4.3).

## **4 COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA**

### **4.1 COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.**

La mezcla asfáltica en planta se compondrá de agregados bien graduados, cemento asfáltico, filler y, si se requiere, aditivos mejoradores de adherencia. Las distintas fracciones de agregados serán separadas y manejadas por grupos, y combinados en tales proporciones que la mezcla resultante cumpla con los requisitos granulométricos para la mezcla.

### **4.2 LABORATORIO QUE DESARROLLA LA MEZCLA DE TRABAJO.**

El laboratorio establecido para desarrollar la mezcla de trabajo deberá ser un laboratorio externo, es decir, no puede ser parte de la empresa que realiza la construcción del pavimento. Además, el laboratorio debe acreditar su competencia para todos los métodos de ensayo requeridos, para los materiales y la(s) mezcla(s) de trabajo. La documentación mínima requerida a presentar es la siguiente:

- a. Calificaciones del personal: Jefe del laboratorio, Técnicos supervisores de los ensayos y Laboratoristas.
- b. Un listado de los equipos que se utilizarán para desarrollar los ensayos.
- c. Calibraciones y/o verificaciones de todos los equipos que se utilizarán en los ensayos de laboratorio, según los lineamientos señalados en el punto 8.003.12 del Manual de Carreteras, para los materiales que componen la mezcla asfáltica y la mezcla misma.  
**Con una antigüedad máxima de un año al momento de realizar los ensayos del**

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**laboratorio.** Todos los equipos del laboratorio deben estar calibrados y con su certificado de calibración vigente al iniciar la obra para asegurar la trazabilidad de sus resultados. Estas calibraciones serán realizadas por laboratorios de calibración acreditados en el Sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización (INN) como Laboratorio de Calibración según NCh-ISO17025.

- d. Los equipos deben estar calibrados, como mínimo, deben ser los siguientes:
- Prensas para ensaye Marshall.
  - Prensas para ensaye CBR.
  - Balanzas.
  - Hornos.
  - Baños termostatzados.
  - Termómetro utilizado como patrón de referencia.
  - Pie de metro utilizado como patrón de referencia.
- e. Cuando el laboratorio que desarrollará la mezcla de trabajo se instale específicamente para el desarrollo del proyecto, se deben calibrar y/o verificar los equipos una vez instalados en terreno, previamente a la realización de cualquier ensayo.
- f. Se deben presentar junto con los certificados de calibración las curvas de ajuste del error de lectura del equipo cuando dicho valor supere el valor indicado en el punto 8.003.12 del Manual de Carreteras (1% prensas, 0,5% termómetros, etc).
- g. Una copia del sistema de control de calidad del laboratorio. El cual debe especificar el un programa de verificación y calibración de equipos y dispositivos el que a su vez debe incluirse en Plan de la Calidad del Contrato (PCdC).

Con base en los antecedentes y las condiciones detalladas en los puntos anteriores, **el IF aprobará formalmente el laboratorio** y, en caso de considerarlo necesario, solicitará información adicional a la señalada. Esta aprobación será un **requisito previo para la aprobación de la mezcla de trabajo**.

#### 4.3 FORMULA DE MEZCLA DE TRABAJO (DOSIFICACIÓN).

La(s) fórmula(s) de mezcla(s) de trabajo será(n) aprobada(s) por el IF antes del inicio de la producción y será(n) diseñada(s) según los procedimientos del capítulo “Método Marshall de diseño de mezclas” de la última edición del Manual MS-2 del Instituto del Asfalto (MS-2. Asphalt Mix Design Methods)<sup>3</sup>. En tanto, los ensayos se desarrollarán en base a lo establecido en el Manual de Carreteras en el punto 8.302.47.

En las siguientes tablas, se definen los criterios que debe cumplir la mezcla de trabajo en función de las propiedades volumétricas de la mezcla (vacíos de aire y VMA)<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> El documento MS-2 se puede adquirir en la siguiente dirección web:  
<https://bookstore.asphaltinstitute.org/catalog/book/ms-2-asphalt-mix-design-methods>

<sup>4</sup> Se ha evidenciado en la práctica que si se controlan adecuadamente esos parámetros y además se evalúa y controla periódicamente la calidad del agregado y la granulometría de la mezcla, entonces la estabilidad

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN / 14/87  
DIRECCIÓN DE AEROPUERTOS / MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Adicionalmente, para evaluar el comportamiento de la mezcla se adiciona un criterio de susceptibilidad a la humedad (TSR) y de desempeño, este último para evaluar el ahuellamiento de la mezcla (ensayo de rueda de Hamburgo). Este ensayo se solicita de manera informativa.

**Tabla 4.1 – Requisitos de diseño de la mezcla asfáltica en caliente.**

Características de los Ensayes	Pavimentos diseñados para aeronaves con peso bruto < 27.000 kg o presión de neumáticos < 100 psi.	Pavimentos diseñados para aeronaves con peso bruto ≥ 27.000 kg o presión de neumáticos ≥ 100 psi.	Método de ensayo
Nº de Golpes	50	75	MC 8.302.40
Porcentaje de huecos (vacíos) en la mezcla (%)	3,5		MC 8.302.47
VAM (vacíos en el agregado mineral) (mínimo)	Tabla 4.2		MC 8.302.47
Relación de Resistencia de Tracción (Tensile Strength Ratio o TSR) <sup>1</sup> (%)	≥ 75		MC 8.302.6
Ensayo de rueda de <sup>2</sup> Hamburgo	No se requiere	Se debe informar el resultado.	AASHTO T324

Notas:

- 1) Muestras de ensayo TSR serán compactadas a 7% +/- 1,0% Huecos de aire. En áreas sujetas a hielo-deshielo usar el acondicionamiento de las muestras según lo detallado en el estándar MC 8.302.6.
- 2) Muestras de ensayo Rueda de Hamburgo serán compactadas a 7% ± 0,5% de huecos de aire.

y la fluencia normalmente cumplirán con las especificaciones apropiadas (fuente: MS-2 Asphalt Mix Design (fuente: MS-2 Asphalt Mix Design Methods. 7 Edición. 2014).

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 4.2 – Requisitos de granulometría, vacíos del agregado y porcentaje de asfalto para la mezcla asfáltica en caliente.**

Tamiz	Porcentaje que pasa por tamices	
	Tamaño Max. Absoluto	1" máx. 25,4 mm
1" - 25,4 mm	100	---
3/4" - 19,0 mm	80 - 95	100
1/2" - 12,5 mm	65 - 80	80 - 95
3/8" - 9,5 mm	57 - 73	70 - 85
N° 4 - 4,75 mm	40 - 55	43 - 58
N° 8 - 2,36 mm	28 - 42	28 - 42
N° 16 - 1,18 mm	---	---
N° 30 - 0,60 mm	13 - 24	13 - 24
N° 50 - 0,30 mm	8 - 17	8 - 17
N° 100 - 0,15 mm	6 - 12	6 - 12
N° 200 - 0,075 mm	4 - 8	4 - 8
Vacíos en el Agregado Mineral (VAM), (mín. %)	11,0	12,0
Contenido de asfalto en peso del árido (%)	4,7 – 7,4	5,6 – 6,8

Las bandas de la Tabla 4.2 representan los límites que determinan la idoneidad del agregado a utilizar y del contenido de asfalto de la mezcla en el diseño de la mezcla. El agregado mineral será de tal tamaño que los porcentajes de composición por peso, determinados con los tamices de laboratorio, cumplirán con las granulometrías especificadas en la Tabla 4.2, cuando sean ensayados de acuerdo a MC 8.202.3 o MC 8.202.4. El agregado seleccionado (y utilizado en la mezcla de trabajo), deberá tener una graduación dentro de esos límites y no deberán variar desde el límite inferior de un tamiz hasta el límite superior del tamiz adyacente, o viceversa, pero deberá ser bien graduada de grueso a fino.

Una vez definida la granulometría de la mezcla de trabajo, se debe establecer la banda de trabajo y el contenido de asfalto considerando las tolerancias que se detallan a continuación, las que serán utilizadas en el control de calidad de la fabricación de la mezcla asfáltica en caliente.

- Granulometría:
  - Tamiz 4,75 mm (N° 4) y superiores : ± 5%.
  - Tamices 2,36 mm (N° 8) y 1,18 mm (N° 16) : ± 4%.
  - Tamices 0,60 mm (N° 30) y 0,30 mm (N° 50) : ± 3%.
  - Tamiz 0,15 mm (N° 100) : ± 2%.
  - Tamiz 0,075 mm (N° 200) : ± 1,5%.
- Contenido de asfalto : ± 0,3%.

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Cabe destacar que la banda de trabajo para la granulometría puede quedar fuera de la banda especificada para el diseño, siempre que la curva granulométrica de diseño quede totalmente comprendida den la banda especificada.

Para definir el tamaño máximo del agregado utilizado se recomienda que no sea mayor a la tercera parte del espesor de la capa a construir, a menos que los planos o Especificaciones Técnicas particulares especifiquen otra cosa.

Cada fórmula de mezcla de trabajo (dosificación) deberá ser remitida por el contratista por escrito al Inspector Fiscal con al menos **7 días hábiles antes** del inicio de la pavimentación, este es un requisito obligatorio para iniciar los trabajos de colocación de la mezcla asfáltica en caliente, e incluirá como mínimo:

- a. Informes de ensayo que acrediten que la Relación de Resistencia de Tracción (Tensile Strength Ratio o TSR) de la mezcla, determinada por MC 8.302.6, no será menor que 75%. Si se requiere un agente mejorador de adherencia para mejorar la susceptibilidad de la mezcla a la humedad y cumplir con este requisito, será proporcionado por el Contratista sin costo para la Dirección de Aeropuertos.
- b. Certificado de análisis del fabricante para el cemento asfáltico utilizado en la fórmula de trabajo (ensayos presentados en Tabla 3.4), donde como mínimo se detalle: Temperatura de mezclado y compactación.
- c. Porcentaje y grado PG del cemento asfáltico definido en el diseño de la mezcla.
- d. Granulometría de la mezcla de áridos, las granulometrías individuales para cada fracción de árido utilizado y el porcentaje en peso de cada fracción utilizada en la fórmula de trabajo.
- e. Número de golpes de martillo por cara de las briquetas.
- f. Temperatura de mezclado y compactación de las probetas.
- g. Temperatura de la mezcla a la descarga del mezclador (sólo si las condiciones de seguridad lo permiten).
- h. Gráficos de la estabilidad, fluencia, vacíos de aire, vacíos en el agregado mineral (VAM) y peso unitario versus el contenido de asfalto.
- i. Porcentaje de arena natural.
- j. Porcentaje de caras fracturadas.
- k. Porcentaje en peso de partículas lajeadas.
- l. Fecha del desarrollo de la fórmula de mezcla de trabajo.
- m. Dosificación de todos los materiales usados en la mezcla.

El Contratista pondrá a disposición del IF los resultados de la verificación de tres muestras de la mezcla preparadas con el contenido óptimo de asfalto. El promedio de los resultados de los ensayos deberá cumplir con los requerimientos de la fórmula de trabajo establecidos en las tablas 4.1 y 4.2.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

El Inspector Fiscal tendrá un **plazo máximo de 7 días hábiles** para aprobar, aprobar con reserva, o rechazar la mezcla de trabajo (dosificación) presentada por el contratista. No se considerarán ampliaciones de plazo ni mayores costos asociados a las interrupciones de producción de mezcla o reinicio de las operaciones de pavimentación debido al tiempo necesitado por la IF para aprobar la fórmula de trabajo inicial, una nueva o alguna modificación de ella.

Cuando el proyecto requiera mezclas asfálticas con diferentes granulometrías y/o asfaltos, se deberá presentar una mezcla de trabajo por separado para cada condición. Del mismo modo, si se realiza un cambio en los materiales, se debe elaborar una nueva mezcla de trabajo, la cual deberá ser aprobada por escrito por el IF antes de utilizar el nuevo material, **dentro de un plazo de 7 días hábiles**. No se podrá usar la nueva mezcla hasta que se haya aprobado por escrito por el IF. Si después de la aprobación de la fórmula de trabajo inicial se requiere una modificación o una nueva fórmula de trabajo por cualquier razón, los costos que se produzcan por la aprobación de los cambios o por la nueva fórmula de trabajo serán de costo del Contratista.

El IF puede solicitar muestras de los materiales o de la mezcla asfáltica para ensayos en cualquier momento, antes y durante la producción, con el fin de verificar la calidad de los materiales y garantizar la conformidad con las especificaciones. Todos los ensayos que deba realizar el Contratista para asegurar que los materiales cumplen con los requisitos establecidos en esta especificación, así como los costos indirectos asociados con la realización de los mismos (transporte, toma de muestra, etc), son a costo del Contratista y no representarán un coste para la Dirección de Aeropuertos. Adicionalmente, el laboratorio donde se realicen estos ensayos adicionales será definido por el IF.

Los criterios de diseño establecidos en la Tabla 4.1, son valores necesarios para alcanzar los requisitos de aceptación contenidos en el punto 7.4. El criterio está basado en un proceso que tiene una variabilidad de un 0,65% en los vacíos de la mezcla asfáltica compactada.

#### **4.4 PISTA O CANCHA DE PRUEBA.**

Antes de iniciar la producción en masa, el Contratista construirá una cancha de prueba con mezcla asfáltica que cumpla la fórmula de trabajo. Cuando el proyecto original contemple una cantidad de mezcla asfáltica mayor o igual a 2000 m<sup>2</sup>, será obligatorio realizar una cancha de prueba, en caso contrario, aplicará lo indicado en las Especificaciones Técnicas Especiales del contrato y/o lo indicado por el IF. La cantidad de mezcla corresponderá a la producción de un día de trabajo, y que permita construir una sección de prueba con una superficie de al menos 600 m<sup>2</sup>.

El Contratista no será autorizado a colocar la cancha de prueba hasta que la (o las) dosificación(es) de la (o las) mezcla(s), ítem 4.3m, y el Plan de la Calidad del Contrato (PCdC), indicado en el punto 6, hayan sido aprobados por escrito por el IF.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Las temperaturas de la mezcla asfáltica durante la preparación de la mezcla y la compactación, serán controladas para verificar el cumplimiento de las recomendaciones del proveedor del cemento asfáltico (ver requisito indicado en 4.3.b Certificado de análisis del fabricante para el cemento asfáltico utilizado en la fórmula de trabajo), en **todos los camiones que transportan la mezcla a la obra**. La temperatura del cemento asfáltico entregado para la mezcla deberá ser suficiente para proporcionar una viscosidad adecuada tal que el revestimiento de las partículas de agregado cumpla con un recubrimiento mínimo de las partículas de un 95% evaluado según ASTM D2489. Al momento de incorporar el árido, la temperatura del cemento asfáltico será la temperatura definida por el fabricante y/o la dosificación respectiva. Del mismo modo, la temperatura para asfalto modificado al momento de mezclar con el árido no superará la menor temperatura entre los 175°C y la temperatura definida por el fabricante del cemento asfáltico. Posteriormente, la temperatura de la mezcla al momento de la compactación no será menor a la temperatura definida por el fabricante del cemento asfáltico.

La cancha de prueba debe ser ejecutada en dos fajas, con una junta longitudinal en frío y será del mismo espesor que la capa definida en el proyecto. Una junta fría se refiere a una junta de construcción expuesta al ambiente por más de 4 horas y cuyo material se ha enfriado a menos de 80° C. Si la mezcla asfáltica se coloca en más de una capa, se deben realizar todos los controles de calidad definidos en este punto para todas las capas, con la excepción de que sólo para la última capa se debe realizar las pruebas de lisura, espesor y niveles.

Adicionalmente, la pista de prueba debe ser construida sobre una capa subyacente idéntica a la especificada para la obra y el equipo usado en la construcción de la sección de ensayo será del mismo tipo y peso que el que se utilizará en el resto de la capa representada en la sección de ensayo.

La cancha de prueba será evaluada para su aceptación como un lote simple, dividida en 4 sublotes, basado en el promedio de estos sublotes y de acuerdo con **todos** los criterios detallados a continuación (**no se aplicará PDL para la cancha de prueba**).

- 1) El contratista deberá entregar un informe que indique el cumplimiento de los parámetros exigidos en los puntos (2) a (11) a continuación, y el resultado del ensayo requerido en (12) a título informativo, este último ensayo no es requisito para la aprobación de la cancha de prueba. Además, en este informe se debe señalar la temperatura de colocación de la mezcla, temperatura de compactación y cualquier otro parámetro que sirva como referencia para validar y/o ajustar el procedimiento de colocación aprobado.
- 2) Durante la preparación de la mezcla en la planta, los agregados y el cemento asfáltico serán mezclados hasta que el agregado obtenga una capa uniforme de asfalto y este bien distribuido por toda la mezcla. El tiempo de mezclado para cada dosificación y cada

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

planta será establecido por el Contratista con el fin de alcanzar un recubrimiento mínimo de las partículas de un 95%, evaluado según ASTM D2489.

- 3) La granulometría de la mezcla de áridos estará dentro de la banda de trabajo definida en 4.3.
- 4) Los vacíos de la mezcla alcanzan un valor de 3,5% con una tolerancia de  $\pm 1,0\%$ .
- 5) El contenido de asfalto de la mezcla está dentro de  $\pm 0,3\%$  respecto al diseño de la mezcla.
- 6) Los vacíos del agregado mineral (VAM) están dentro del límite de acción  $-0,5\%$ .
- 7) El ensayo TSR debe alcanzar un mínimo de 75%.
- 8) Se controlará la densidad de la mezcla y de las juntas, como porcentaje de compactación respecto a la Densidad máxima suelta (Dmm) de la mezcla establecida según MC 8.302.37. La densidad se evaluará como el promedio de 4 testigos, un testigo por cada sublote, obtenidos de la cancha de prueba con el método MC 8.302.38. La densidad de la mezcla debe ser como mínimo 94,5%, mientras la densidad de las juntas debe ser como mínimo 92,5%.
- 9) Se controlará y evaluará el espesor de la cancha de prueba terminada según 7.3.e.
- 10) Se controlará y evaluarán los Niveles y pendientes de la superficie de la cancha de prueba terminada según 7.3.f.
- 11) Se controlará y evaluará la lisura de la superficie de la cancha de prueba terminada de acuerdo a 7.3.g.
- 12) Se solicita el ensayo de rueda de Hamburgo a modo informativo, es decir, aunque este ítem tiene que ser entregado como parte de los antecedentes para la cancha de prueba, no retrasará la aprobación de la misma

A continuación, se presenta un resumen de los requisitos para la cancha de prueba:

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 4.3 – Requisitos y métodos de ensayo para la cancha de prueba**

ÍTEM / ENSAYO	METODOLOGÍA	REQUERIMIENTO
Tipos de proyectos que requiere cancha de prueba.	N/A	Cantidad de mezcla asfáltica del proyecto original $\geq 2000 \text{ m}^2$ , en caso contrario, aplica lo indicado en las Especificaciones Técnicas Especiales del contrato y/o lo indicado por el IF.
Características cancha de prueba	La cantidad de mezcla corresponderá a la producción de un día de trabajo, y que permita construir una sección de prueba con una superficie de al menos $600 \text{ m}^2$ .	La cancha de prueba debe ser ejecutada en dos fajas, con una junta longitudinal en frío y será del mismo espesor que la capa definida en el proyecto. Junta fría se refiere a una junta de construcción expuesta al ambiente por más de 4 horas y cuyo material se ha enfriado a menos de $80^\circ \text{ C}$ .
Evaluación cancha de prueba	La cancha de prueba será evaluada para su aceptación como un lote simple, dividida en 4 sublotes, basado en el promedio de estos sublotes (no se aplicará PDL para la cancha de prueba).	<p>La cancha de prueba debe cumplir con todos los parámetros definidos en esta tabla para ser aceptada. Si la mezcla asfáltica se coloca en más de una capa, se deben realizar todos los controles de calidad para todas las capas, con la excepción de que sólo para la última capa se debe realizar las pruebas de lisura, espesor y niveles.</p> <p>Si la cancha de prueba resulta ser inaceptable en alguno de los parámetros, se harán los ajustes necesarios a la dosificación de la mezcla de trabajo, al funcionamiento de la planta, a los procedimientos de colocación y/o compactación, y se construirá una segunda sección de ensayo. Cada cancha de prueba rechazada será retirada por cuenta del Contratista, se construirá una nueva sección, y se evaluará la nueva cancha para la conformidad de las especificaciones. Este proceso se repetirá hasta que una cancha cumpla con los requisitos. La producción en masa de la mezcla asfáltica no empezará hasta que se construya una sección aceptable y esta haya sido aprobada por escrito por el IF. Sólo en este momento se realizará el pago de la cancha aprobada y utilizando un factor de pago de lote igual a 100. Las canchas que sean rechazadas no se pagan, son a costo del Contratista.</p>
Informe de evaluación de la cancha de prueba	El contratista deberá entregar un informe que indique el cumplimiento de los parámetros exigidos para la cancha de prueba	Indicar el cumplimiento de los parámetros exigidos, además de señalar la temperatura de colocación de la mezcla, temperatura de compactación y cualquier otro parámetro que sirva como referencia para validar y/o ajustar el procedimiento de colocación aprobado.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 4.3 – Requisitos y métodos de ensayo para la cancha de prueba  
(continuación)**

ÍTEM / ENSAYO	METODOLOGÍA	REQUERIMIENTO
Temperaturas de la mezcla asfáltica	Termómetros de rango 10 a 200° C para determinar las temperaturas del agregado, asfalto y mezcla bituminosa.	La temperatura del cemento asfáltico al momento de incorporar el árido será la temperatura definida por el fabricante y/o la dosificación respectiva. Del mismo modo, la temperatura para asfalto modificado no superará la menor temperatura entre los 175°C y la temperatura definida por el fabricante del cemento asfáltico.  Posteriormente, la temperatura de la mezcla al momento de la compactación no será menor a la temperatura definida por el fabricante del cemento asfáltico.
Recubrimiento de las partículas con cemento asfáltico	ASTM D2489	≥ 95%
Granulometría mezcla	MC 8.202.3 y MC 8.202.4	Dentro de los límites de la banda de trabajo definida en 4.3.
Porcentaje de huecos (vacíos) en la mezcla	MC 8.302.47	3,5% ± 1,0%.
VAM (huecos en el agregado mineral)	MC 8.302.47	-0,5%.
Relación de Resistencia de Tracción (Tensile Strength Ratio o TSR)	MC 8.302.6	≥ 75%
Contenido de asfalto de la mezcla	MC 8.302.36	± 0,3%.
Densidad de la mezcla	La densidad se determina de testigos obtenidos de la cancha de prueba mediante el método MC 8.302.38 y se determina el porcentaje de compactación respecto a la Densidad máxima suelta (Dmm) de la mezcla establecida según MC 8.302.37	≥ 94,5%
Densidad de las juntas		≥ 92,5%
Espesor	Se controlará el espesor de la cancha de prueba terminada según 7.3.e	Se aceptará el espesor de la cancha de prueba terminada según 7.3.e
Niveles y pendientes	Se controlarán los Niveles y pendientes de la superficie de la cancha de prueba terminada según 7.3.f.	Se aceptarán los Niveles y pendientes de la superficie de la cancha de prueba terminada según 7.3.f.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		VERSION 1

**Tabla 4.3 – Requisitos y métodos de ensayo para la cancha de prueba  
(continuación)**

ÍTEM / ENSAYO	METODOLOGÍA	REQUERIMIENTO
Lisura	Se controlará la lisura de la superficie de la cancha de prueba terminada de acuerdo a 7.3.g	Se aceptará la lisura de la superficie de la cancha de prueba terminada de acuerdo a 7.3.g
Ensayo de rueda de Hamburgo	AASHTO T324	Se debe informar el resultado.

La cancha de prueba debe cumplir con todos los parámetros definidos en la tabla anterior para ser aceptada. Si la cancha de prueba resulta ser inaceptable en alguno de los parámetros, se harán los ajustes necesarios a la dosificación de la mezcla de trabajo, al funcionamiento de la planta, a los procedimientos de colocación y/o compactación, y se construirá una segunda sección de ensayo. Cada cancha de prueba rechazada será retirada por cuenta del Contratista, se construirá una nueva sección, y se evaluará la nueva cancha para la conformidad de las especificaciones. Este proceso se repetirá hasta que una cancha cumpla con los requisitos. La producción en masa de la mezcla asfáltica no empezará hasta que se construya una sección aceptable y esta haya sido aprobada por escrito por el IF. Sólo en este momento se realizará el pago de la cancha aprobada y utilizando un factor de pago de lote igual a 100. Las canchas que sean rechazadas no se pagan, son a costo del Contratista.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## 5 METODOS DE CONSTRUCCION

### 5.1 LIMITACIONES METEOROLÓGICAS

La mezcla asfáltica no se podrá colocar cuando existan aposamientos de agua en la superficie a intervenir y/o cuando la temperatura superficial de la capa subyacente sea menor que la especificada en la Tabla 5.1. Cualquier condición diferente a lo anteriormente indicado, puede ser modificado por el Inspector Fiscal, pero se deberán considerar medidas adicionales para garantizar la correcta ejecución del trabajo (extracción de testigos, registro fotográfico, cuantificar las zonas en estas condiciones especiales, sistemas instalados en terreno para mantener o alcanzar al menos la temperatura mínima, ente otras medidas), adicionalmente, el resto de los requisitos incluyendo la compactación se ajustarán a las presentes especificaciones técnicas.

**Tabla 5.1 – Limitaciones de temperatura para la capa subyacente a la mezcla asfáltica en caliente**

Espesor de la capa de mezcla asfáltica	Temperatura de la capa subyacente
$e \geq 7,5 \text{ cm}$	4 °C
$7,5 \text{ cm} > e > 5 \text{ cm}$	7 °C

### 5.2 PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

Las plantas usadas para la preparación de mezclas asfálticas deberán cumplir con los requisitos de AASHTO M156 con los siguientes cambios:

**(1) Básculas de pesado.** La mezcla asfáltica será pesada en básculas calibradas o verificadas, este último caso cuando la alternativa de calibración signifique un retraso del proyecto y sea factible la verificación de las básculas mediante un método presentado por el Contratista previamente a la fabricación de la mezcla asfáltica y que haya sido aceptado por el IF. Las básculas serán inspeccionadas y verificadas tan a menudo como el IF juzgue necesario para asegurar su exactitud y repetibilidad. Las básculas deben tener una exactitud de 0,5% del patrón de calibración en todo el rango de uso. El Contratista deberá controlar las escalas de las balanzas antes de comenzar la construcción, y el IF podrá, en cualquier momento, solicitar una revisión del funcionamiento y resultados de las balanzas. Los intervalos de la escala de medición deben ser uniformes, equiespaciados a lo largo de la longitud graduada, y no deben exceder el 0,1% de la capacidad nominal de la balanza. Todos los controles y/o ensayos que deba realizar el Contratista para asegurar el correcto funcionamiento de la planta serán a costo del Contratista y no representarán un coste para la Dirección de Aeropuertos.

En lugar de las básculas, y con la aprobación del IF, el pesaje de la mezcla asfáltica podrá hacerse mediante un sistema electrónico de pesaje equipado con una impresora automática

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

que pesa el total de la mezcla asfáltica. Los requisitos para este sistema son los mismos presentados en el párrafo anterior. El contratista proporcionará los certificados de calibración del sistema al inicio de la producción y tan a menudo como lo requiera la IF.

**(2) Laboratorio.** El Contratista proporcionará un laboratorio en la planta para el autocontrol y para el control por parte del IF. Este último, junto con la Asesoría a la IF en caso de que hubiese, tendrá siempre prioridad en el uso del laboratorio. El laboratorio tendrá suficiente espacio y el equipamiento de tal manera que los laboratoristas de la Inspección y del Contratista puedan operar eficientemente.

El laboratorio establecido para desarrollar el control calidad en la o las plantas donde se fabricará la mezcla asfáltica en caliente, deberá acreditar su competencia para realizar los ensayos de todos los materiales y la(s) mezcla(s) de trabajo. La documentación mínima requerida a presentar es la indicada en 4.2.

Las calibraciones deben estar vigentes al momento de realizar los ensayos del laboratorio y se deben ejecutar cada un año y cada vez que se efectúe una reparación, intervención, o sea transportada en vehículo el equipo o dispositivo. Cuando el laboratorio se instale específicamente para el desarrollo del proyecto, se deben calibrar y/o verificar los equipos una vez instalados en el lugar de la obra.

En cuanto a las verificaciones, pueden ser realizadas por personal del propio del laboratorio, quedando un registro detallado de cada procedimiento y debidamente firmado por la persona responsable de la verificación, por el jefe del laboratorio y presentado al IF. Los equipos e instrumentos que pueden ser verificados son los siguientes: Balanzas, Termómetros y Pies de metro.

En base a estos antecedentes y las condiciones detalladas en los puntos anteriores, el IF aprobará formalmente el laboratorio y solicitará, en caso de que lo crea necesario, información adicional a la señalada o establecer nuevas frecuencias de verificación.

El laboratorio en la planta tendrá un área no menor a 20 metros cuadrados, la altura del recinto será mayor o igual a 2,30 metros. El laboratorio será resistente a las inclemencias del tiempo, suficientemente calefaccionado en climas fríos, con aire acondicionado en clima caluroso para mantener temperaturas para los ensayos de 20°C +/-2°C. El Laboratorio de la planta será ubicado de tal manera de proporcionar una clara vista desde una de sus ventanas, de los camiones que están siendo cargados en la planta.

Las instalaciones se mantendrán limpias, y todos los equipos se mantendrán en óptimas condiciones de funcionamiento. El Inspector Fiscal y/o su Asesoría tendrán acceso sin restricciones al laboratorio del contratista para inspeccionar las instalaciones y ser testigo de las actividades del control de calidad. El Inspector Fiscal notificará por escrito al Contratista de cualquier deficiencia concerniente a las instalaciones, equipos, suministros, laboratoristas y procedimientos. Cuando las deficiencias sean lo suficientemente serias para

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

afectar los resultados de los ensayos, se paralizará el trabajo inmediatamente y no se reanudará hasta que las deficiencias se hayan subsanado satisfactoriamente.

Como mínimo las instalaciones del laboratorio de la planta incluirán:

- (a) Iluminación artificial adecuada
- (b) Enchufes eléctricos en número y capacidad suficiente para los equipos de ensayo y secado de muestras
- (c) Extintores de fuego de acuerdo con lo establecido en el DS 594 del Ministerio de Salud.
- (d) Banco de trabajo para ensayos cuyo largo total debe ser como mínimo 3,0 m.
- (e) Escritorio con dos sillas.
- (f) Servicios Higiénicos adecuados y que cumplan con la normativa sanitaria vigente.
- (g) Extractor de aire del exterior, mínimo de 12 pulgadas de diámetro.
- (h) Una línea telefónica directa, teléfono, impresora e Internet que funcionen 24 horas al día, siete días a la semana.
- (i) Mueble archivo con cerradura para el Inspector Fiscal.
- (j) Lavadero con agua corriente conectado al sistema de alcantarillado capaz de manejar materiales por separado
- (k) Anaquel metálico para tamices
- (l) Horno para el secado de muestras, cuando el volumen total de mezcla asfáltica sea menor a 2000 m<sup>3</sup>, en caso contrario, una cocina de dos platos como mínimo para el secado de los áridos
- (m) Agitador mecánico y tamices adecuados que cumplan los requisitos del estándar MC 8.202.3, para determinar la granulometría de los agregados gruesos y finos.
- (n) Equipo para ensayo Marshall, equipos de compactación automática capaz de compactar varias muestras a la vez y otros aparatos como se especifica en el Manual de carreteras en el método MC 8.302.40.
- (o) Horno con control termostático con capacidad interior mínima de 30 litros.
- (p) Dos matraces aforados para peso específico, de 500 cc.

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

(q) Otras herramientas de mano necesarios para el muestreo y las pruebas

(r) Las especificaciones del contrato, Manual de Carreteras vigente, las versiones vigentes de las normativas de ensayo exigidas para el proyecto y última edición del Manual MS-2 del Instituto del Asfalto (MS-2. Asphalt Mix Design Methods).

(s) Equipos para determinar la densidad máxima teórica de mezclas asfálticas sin compactar, Manual de Carreteras 8.302.37.

(u) Una sierra con disco de diamante para cortar testigos de pavimento y muestras.

Para la aprobación de la planta y laboratorio de pruebas por el IF, se exigirá que todas las instalaciones y el equipo deban estar en buen estado de funcionamiento durante la producción, muestreo y análisis. El no proporcionar, como mínimo, los servicios especificados serán causa suficiente para desaprobación de las operaciones de la planta. La Inspección Fiscal y/o su Asesoría tendrán acceso al laboratorio y a la planta cada vez que el Contratista está produciendo asfalto para el proyecto.

El laboratorio, o según la vía establecida en cada contrato, inmediatamente después de obtenidos los resultados de los ensayos, informará a la Inspección Fiscal dichos resultados. Además, debe implementar todas las medidas para conservar en medio digital toda la información del contrato que se genere como consecuencia de su actuación, es decir, formularios de ensayo, informes de ensayos, certificados de calibración, listado de equipos, entre otros.

Los ensayos que ejecute el Laboratorio deben ser realizados según los métodos indicados en las Bases y/o Especificaciones técnicas del contrato, lo que deberá ser informado en los informes de ensayos correspondientes.

**(3) Inspección de la planta.** El IF y/o su Asesoría tendrán siempre acceso a todas las áreas de la planta para controlar la suficiencia del equipo, para poder inspeccionar la operación de la planta: verificar pesos, dosificación, calidad de materiales y chequear las temperaturas durante la preparación de las mezclas.

**(4) Contenedores de almacenaje y descarga.** El uso de contenedores de almacenaje y de descarga para el almacenamiento temporal de mezclas asfálticas calientes será permitido como sigue:

(a) La mezcla asfáltica se podrá almacenar en los contenedores sin aislación térmica por un período que no deberá exceder de 3 horas.

(b) La mezcla asfáltica se podrá almacenar en los contenedores de almacenaje aislados térmicamente por un periodo que no deberá exceder un tiempo máximo de 12 horas.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Los silos o contenedores serán tales que la mezcla sacada de ellos cumple los mismos requisitos que la mezcla que se cargará directamente en camiones.

Si la IF determina que hay una pérdida de calor excesiva, segregación u oxidación de la mezcla, debido al almacenamiento temporal, no se permitirá ningún almacenamiento y los sistemas para dicho objetivo tendrán que modificarse o cambiarse para cumplir con los requisitos de la mezcla señalados en este documento.

### 5.3 ACOPIO DE AGREGADOS

El almacenamiento de los agregados se materializará de tal manera que evite la segregación y la contaminación del material. Los agregados de diferentes fuentes serán acopiados, pesados y cargados de manera separada en la planta de asfalto. Los áridos que se hayan segregado o contaminado con material externo, serán descartados. Una provisión continua de material será establecida para asegurar la fabricación continua de la mezcla asfáltica.

### 5.4 EQUIPOS DE TRANSPORTE

Los camiones usados para trasladar la mezcla asfáltica en caliente tendrán la tolva de metal, limpia y lisa. Para evitar que la mezcla se adhiera a ellos, las tolvas del camión estarán cubiertas con un antiadherente aprobado por el IF.

Cada camión se cubrirá (encarpar) de forma conveniente para proteger la mezcla contra los fenómenos climáticos. Cuando sea necesario, deberán tomarse aquellas medidas necesarias para que la mezcla sea entregada a pie de obra a la temperatura especificada, las tolvas de los camiones serán aisladas o calentadas y las cubiertas serán afianzadas de forma segura.

### 5.5 PAVIMENTADORAS

Las pavimentadoras serán autopropulsadas con un enrasador con sistema de calentadores capaz de esparcir y dar terminación a las capas de mezcla asfáltica cumpliendo los requisitos especificados de espesor, textura superficial y nivelación. La pavimentadora tendrá suficiente potencia para propulsarse a sí misma y al equipo que transporta el material, sin que ello afecte a la superficie acabada.

La pavimentadora tendrá una tolva de recepción con una capacidad tal que permita realizar la colocación de forma uniforme. La tolva estará equipada con un sistema de distribución para colocar la mezcla delante del enrasador de forma uniforme y sin segregación. Este último producirá de forma regular una superficie acabada sin defectos de uniformidad, desgarres u ondulaciones.

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

La pavimentadora estará equipada con un sistema de control capaz de mantener automáticamente el vertido especificado según la rasante del proyecto. El sistema de control quedará automáticamente accionado a partir de ya sea una línea de referencia y/o a través de un sistema de sensores mecánicos o dispositivos con guía que mantengan la pavimentadora en una pendiente transversal predeterminada y en la elevación adecuada para obtener la superficie requerida. El controlador de la pendiente transversal deberá ser capaz de mantener la pendiente deseada dentro de una tolerancia de  $\pm 0,1\%$ .

Los dispositivos de control serán capaces de funcionar juntamente con cualquiera de los siguientes elementos:

- a. Dispositivo tipo deslizante de una longitud superior a 9 m.
- b. Línea de tensión (alambre).
- c. Esquí corto o zapato.
- d. Control de láser.

Si, durante la construcción, se encuentra que los equipos de esparcido y acabado producen desgarros, manchas en el pavimento y/o en la base y que no se corrijan de forma satisfactoria por medio de las operaciones programadas, se suspenderá el uso de estos equipos y deberán ser reemplazados, por cuenta del Contratista, por otros que trabajen en forma satisfactoria.

## 5.6 RODILLOS

Los rodillos de rueda vibratoria que sean utilizados, de acero y de tipo neumático, estarán en buenas condiciones, capaces de funcionar a velocidades reducidas para evitar el desplazamiento de la mezcla asfáltica. El número, el tipo, y el peso de los rodillos serán suficientes para compactar la mezcla a la densidad requerida mientras que todavía esté en condiciones trabajables.

Todos los rodillos deberán estar específicamente diseñados y ser adecuados para la compactación de mezclas asfálticas en caliente. Los rodillos que atenten contra la estabilidad de cualquier capa de la estructura de pavimento o del suelo subyacente y que causen quiebre del agregado no serán utilizados. Las depresiones en la superficie del pavimento causadas por los rodillos serán reparadas por el contratista a su costo.

## 5.7 DISPOSITIVO MEDICIÓN DE DENSIDAD

El contratista mantendrá en la obra un Densímetro nuclear o electromagnético durante todas las operaciones de pavimentación con el fin de ayudar en la determinación del patrón óptimo de rodillado, tipo de rodillo y frecuencia de pasadas, así como para supervisar el efecto de las operaciones de rodillado en la pavimentación. El Contratista también proporcionará un laboratorista calificado durante los trabajos de pavimentación para calibrar el Densímetro nuclear y obtener lecturas exactas de densidad. Estas densidades serán entregadas a

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

petición del IF en cualquier momento durante la construcción lo que no representará un coste adicional para la Dirección de Aeropuertos.

No se separará en el itemizado del contrato el pago del equipo y el operador del mismo, se considerará como un solo ítem.

El o los equipos con fuentes radioactivas, su lugar de almacenamiento, los medios de transporte para su traslado y los operadores de los dispositivos; deben estar autorizados por el Servicio de Salud y deben cumplir con la reglamentación sanitaria vigente junto con cualquier otra ley vigente que regule esta actividad.

Las mediciones se realizarán de acuerdo con lo detallado en MC 8.502.9 o MC 8.502.21. Este método permite determinar la densidad relativa de las capas asfálticas, también puede utilizarse para establecer la densidad óptima para una energía de rodillado determinada y para verificar el cumplimiento de densidad en las capas asfálticas. Los resultados que arroja este método son relativos, por lo tanto, debe establecerse un factor para convertir la densidad nuclear a densidad real; ello mediante mediciones con densímetro nuclear comparadas con densidades de testigos extraídos de la misma ubicación, seleccionada al azar. Es decir, para usar el densímetro nuclear se requiere extraer testigos para poder calibrar los resultados obtenidos con el densímetro nuclear respecto a la densidad obtenida con testigos. El densímetro nuclear no reemplaza a los testigos requeridos para el control de aceptación de la mezcla colocada y compactada. Se recomienda usar el promedio de densidad de por lo menos cinco testigos, de acuerdo con el Método 8.302.38 y las correspondientes mediciones nucleares, para determinar el factor de corrección; el factor debe verificarse a intervalos durante el desarrollo de una faena y calcular uno nuevo cuando se produzca una modificación en la mezcla de trabajo, un cambio en la fuente de agregados o una variación de materiales de la misma.

## 5.8 PREPARACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO.

El cemento asfáltico se calentará de tal forma que se evite el sobrecalentamiento local y se proporcione un suministro continuo de material en la mezcla a una temperatura uniforme. La temperatura del cemento asfáltico entregado para la mezcla deberá ser suficiente para proporcionar una viscosidad adecuada tal que el revestimiento de las partículas de agregado cumpla con lo exigido en el punto 4.4 (recubrimiento mínimo de las partículas de un 95% evaluado según ASTM D2489). Específicamente, al momento de incorporar el árido, la temperatura del cemento asfáltico será la temperatura definida por el fabricante (este antecedente debe ser entregado por el Contratista al momento de presentar la (o las) dosificación(es) para la (o las) mezcla(s) asfáltica(s) en caliente, tal como se indica en 4.3). Del mismo modo, la temperatura para asfalto modificado al momento de mezclar con el árido no superará la menor temperatura entre 175°C y la temperatura definida por el fabricante del cemento asfáltico modificado.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## 5.9 PREPARACIÓN DE AGREGADO MINERAL.

El agregado para la mezcla asfáltica se calentará y secará antes de ser introducido en el mezclador. La temperatura máxima y velocidad de calentamiento deberá ser tal que no puedan causar daños a los agregados. La temperatura de los áridos y el filler mineral deberá estar comprendida entre 150° y 175°C cuando el cemento asfáltico sea incorporado a la mezcla. Se pondrá especial cuidado cuando el agregado contenga un alto contenido de calcio o de magnesio para que no se dañen por el sobrecalentamiento. La temperatura no deberá ser menor que la requerida para obtener un recubrimiento completo y una distribución uniforme de las partículas de agregado y para proporcionar una mezcla de trabajabilidad satisfactoria.

## 5.10 PREPARACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA.

La mezcla deberá ser preparada en plantas de tambor, continuas o discontinuas, las cuales deberán disponer de los elementos necesarios que permitan reproducir las dosificaciones y mezclas con las características exigidas por esta especificación.

Los agregados y el cemento asfáltico serán pesados e introducidos en el mezclador en la cantidad especificada por la fórmula de mezcla de trabajo. Los materiales combinados se mezclarán hasta que el agregado obtenga una capa uniforme de asfalto y este bien distribuido por toda la mezcla. La eficacia del mezclado está regulada por: la distribución del asfalto y del agregado al entrar en la mezcladora, la velocidad del mezclado, y la disposición e inclinación de las paletas.

El tiempo de mezclado de todas las plantas será establecido por el Contratista, con base en el procedimiento para la determinación del porcentaje de partículas recubierto descrito en ASTM D2489, para cada planta individual y para cada tipo de agregado utilizado. El tiempo de mezclado deberá ser el necesario para alcanzar el 95% de las partículas recubiertas.

## 5.11 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE SUBYACENTE.

Inmediatamente antes de colocar la mezcla asfáltica, se limpiará la superficie subyacente de todo el polvo, desechos y escombros que pudiera contener. Se aplicará riego de liga o imprimación asfáltica de acuerdo con las especificaciones correspondientes.

Si posterior a que el contratista ha preparado la superficie, de acuerdo con lo señalado en los antecedentes del contrato (Especificaciones Técnicas, planos, indicaciones del IF, etc), permanece la presencia de pintura, depósitos de caucho y/u otro elemento que pudiese afectar la adhesión entre capas, la Inspección Fiscal podrá solicitar fresado u otros medios adecuados para eliminarlos antes de la colocación de la mezcla asfáltica nueva.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## 5.12 PLAN DE TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y TERMINACIÓN.

Antes de la colocación de la mezcla asfáltica, el Contratista deberá preparar un plan de colocación para la aprobación por el Inspector Fiscal. Esto es para minimizar el número de juntas frías en el pavimento. Dicho plan incluirá la secuencia de la pavimentación por sectores, el ancho de las fajas, la ubicación de las rampas provisionarias y la temperatura de colocación. El plan también incluirá el tiempo estimado para la realización de cada parte de la obra (es decir, fresado, pavimentación, rodillado, etc.). Las modificaciones al plan deberán ser aprobadas por el Inspector Fiscal.

La mezcla asfáltica será transportada desde la planta mezcladora al sitio en vehículos que se ajusten a los requisitos del párrafo 5.4. Las entregas se programarán de tal manera que la colocación y compactación de la mezcla sea uniforme con un mínimo de interrupciones en el movimiento de la pavimentadora. No se permitirá el transporte de material sobre la mezcla recién colocada hasta que ésta haya sido compactada, como se especifica y se haya enfriado a la temperatura ambiente.

El Contratista podrá optar por utilizar un vehículo de transferencia de material (VTM) para entregar la mezcla a la pavimentadora. El uso de un vehículo de transferencia de material permite que la pavimentadora pueda ser operada de manera casi continua sin parar entre los camiones de mezcla. Se recomienda este tipo de vehículo para largos carriles de pavimentación.

Para todos los pavimentos de pista, calles de rodaje y plataforma, el Contratista deberá usar una línea de referencia (lienza) para colocar cada faja de cada capa de la carpeta asfáltica. Sin embargo, a opción del Contratista, podrá utilizar una línea de referencia (lienza) para la primera capa de la carpeta y luego medir o nivelar la pendiente de dicha capa. A condición de que la pendiente de dicha capa cumpla con las tolerancias del párrafo 6.4.f. A continuación, el Contratista podrá colocar capas sucesivas con un esquí largo, o el control de láser de acuerdo con el párrafo 5.5. Sin embargo, el Contratista deberá nivelar cada capa de la carpeta de rodadura y certificar que cada lote de cada capa cumple con las tolerancias de pendiente del párrafo 6.4.f antes de colocar la capa siguiente sin la línea de referencia. Si las mediciones de un solo lote no cumplen con las tolerancias, el Contratista deberá usar una línea de referencia para cada capa. La acción correctiva del párrafo 6.4.f se aplicará a la capa final de la carpeta de rodadura, sin embargo, para la construcción de capas múltiples, el Contratista deberá corregir para asegurar que la última capa de la carpeta de rodadura tenga como mínimo 6 cm de espesor y un máximo de 10 cm.

Los bordes del pavimento asfáltico existente colindante a la nueva faja se cortarán con sierra y retirarán cuidadosamente, según lo indiquen los planos del proyecto, y se aplicará un riego de liga antes que el material nuevo sea colocado.

 <b>Dirección de Aeropuertos</b> Ministerio de Obras Públicas Gobierno de Chile	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO          MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

La colocación inicial y la compactación de la mezcla se harán a una temperatura adecuada para la obtención de la densidad, la textura superficial, y otros requisitos especificados, pero no será menor a la temperatura definida por el fabricante del cemento asfáltico (este antecedente debe ser entregado por el Contratista al momento de presentar la (o las) dosificación(es) para la (o las) mezcla(s) asfáltica(s) en caliente, tal como se indica en 4.3). La mezcla se extenderá en una capa uniforme de tal profundidad que, cuando el trabajo sea terminado, tendrá el espesor necesario, la pendiente y la cota especificada en los planos. La velocidad de la pavimentadora se regulará para eliminar la tracción y el desgarramiento de la mezcla asfáltica. Salvo disposición en contrario, la colocación de la mezcla comenzará a lo largo de la línea central de una sección con coronamiento o cumbre y en la parte alta de las zonas con una pendiente. La mezcla se colocará en fajas consecutivas adyacentes que tengan un ancho mínimo de 4,5 metros, a excepción de las fajas de borde que requieran menos ancho para completar el área.

La junta longitudinal de una faja deberá distanciarse con la junta de una faja inmediatamente inferior en un mínimo de 30 cm, sin embargo, la junta de la capa superior que actúa como carpeta de rodado se ubicará en la cumbre de los pavimentos con pendiente transversal a dos aguas.

Las juntas transversales de una faja se separarán en al menos 3 m de la junta transversal de la capa inmediatamente inferior. Lo mismo debe realizarse para las juntas transversales en las fajas adyacentes, se distanciarán en una distancia mínima de 3 metros.

En las zonas en que las irregularidades y los obstáculos inevitables hacen que el uso de equipos mecánicos sea poco práctico, la mezcla puede ser extendida y compactada con herramientas manuales.

Las áreas que presenten material suelto, contaminado con polvo o tierra, con segregación en la capa de rodadura, según determine la IF, deberán ser retiradas y sustituidas por cuenta del Contratista. La zona será removida procediendo a cortar el perímetro con corte con sierra diamantada y fresada de un mínimo de 5 cm. El área a ser removida y sustituida será de ancho mínimo de la pavimentadora y un mínimo de 3 m de largo.

El IF podrá, en cualquier momento del proceso de colocación, rechazar una camionada de mezcla asfáltica, en el camión o ya colocada, que se considere inadecuada para su uso debido a contaminación, segregación, recubrimiento incompleto de las partículas y/o sobrecalentamiento de la mezcla. Este rechazo podría basarse sólo en inspección visual o mediciones de temperatura. En tal evento, el Contratista podrá tomar una muestra representativa del material rechazado en presencia del IF, y si puede demostrarse en laboratorio, ante la presencia del IF, que tal material fue erróneamente descartado, el pago será realizado para el material al precio unitario del Contrato.

El Contratista, a su cargo, será responsable de reparar cualquier daño al pavimento causado por las operaciones de extendido, transporte, colocación y terminación.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

En situación de realizarse trabajos de pavimentación de noche se requerirá como mínimo de lo siguiente, además de los requerimientos adicionales que pueda indicar la Inspección Fiscal, a fin de subsanar deficiencias en la calidad de colocación y/o mejorar las condiciones de seguridad:

**a.** Todas las máquinas de pavimentación, rodillos, camiones y otros vehículos requeridos por el Contratista para sus operaciones deberán estar provistos de iluminación artificial suficiente para completar el trabajo con seguridad.

**b.** Los niveles mínimos de iluminación serán definidos por el IF para permitir un adecuado trabajo de pavimentación y en las siguientes áreas:

**(1)** Un área de 6 metros de ancho por 6 metros de largo inmediatamente detrás de las máquinas de pavimentación

**(2)** Un área de 5 metros de ancho por 6 metros de largo e inmediatamente delante y detrás de todo el equipo rodante, durante el funcionamiento del equipo.

**(3)** Un área de 5 metros de ancho por 5 metros de largo en cualquier punto en el que un área esté siendo regada con un riego de liga antes de la colocación de pavimento.

**c.** En cumplimiento parcial de los requisitos anteriores, el contratista deberá suministrar y utilizar, unidades completas de iluminación artificial con una capacidad mínima de 3.000 vatios de luz eléctrica del haz, que se fijará en todos los equipos de tal manera que la iluminación directa quede sobre el área bajo construcción

**d.** Además, el contratista deberá suministrar proyectores portátiles en la cantidad de unidades especificadas o indicadas por el Inspector Fiscal.

### **5.13 COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA.**

Después de la colocación, la mezcla será completa y uniformemente compactada con rodillos autopropulsados. La superficie será compactada tan pronto como sea posible, en función de la temperatura de compactación indicada por el fabricante del cemento asfáltico, señalada en el diseño y verificada en la cancha de prueba, y cuando la mezcla haya alcanzado la estabilidad suficiente para que el rodillado no cause el desplazamiento indebido, grietas o levantamientos de la mezcla. La secuencia de las operaciones de rodillado y el tipo de rodillos que se utilicen quedará a discreción del Contratista. La velocidad del rodillo deberá ser, en todo momento, lo suficientemente lenta para evitar el desplazamiento de la mezcla caliente y ser eficaz en la compactación. Cualquier desplazamiento que se produzca como resultado de la inversión de la dirección del rodillo, o por cualquier otra causa, se corregirá en forma inmediata.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

En los casos de mezclas con asfaltos modificados o del tipo multigrado la compactación deberá realizarse cuando la temperatura de la mezcla está comprendida en las indicaciones dadas por el proveedor correspondiente.

Se proveerá la cantidad suficiente de rodillos para absorber la producción de la planta. El rodillado continuará hasta que la superficie tenga una textura uniforme, que cumpla con la sección transversal y pendientes, y se consiga la densidad especificada de terreno. Para prevenir la adhesión de la mezcla al rodillo, las ruedas deberán estar equipadas con un raspador y mantenidas adecuadamente humedecidas, pero no se permitirá una cantidad excesiva de agua.

En las zonas no accesibles a los rodillos, la mezcla será bien compactada con compactadores manuales con un peso no menor de 140 kg y cuya placa compactadora tenga al menos 35 cm de ancho, con al menos 4.200 rpm, y debidamente equipado con una placa estándar de apisonamiento con dispositivo humedecedor.

La mezcla deberá alcanzar el nivel de compactación especificado, control que hará el Contratista mediante densímetro nuclear (ver punto 5.7). No se permitirá la extracción de testigos excepto los de aceptación del lote. Sin embargo, el Inspector Fiscal podrá autorizar al Contratista extraer no más de cinco testigos por dosificación, para calibrar el equipo nuclear.

La superficie terminada no deberá presentar segregación de material (nidos), se encuentre suelta o rota, contaminada, con fisuras, grietas, exudaciones ni otros defectos. Cualquier mezcla que presente estas deficiencias se deberá retirar a espesor completo y se sustituirá en todo el espesor con mezcla fresca caliente e inmediatamente compactada, o se realizará algún tratamiento o procedimiento alternativo aprobado por la Inspección Fiscal. El ancho que se tratará o reemplazará será definida por la Inspección Fiscal. No se permitirán parches superficiales. Este trabajo se llevará a cabo a expensas del Contratista y no representarán un coste para la Dirección de Aeropuertos.

## 5.14 JUNTAS

La formación de todas las juntas se hará de tal manera que se asegure una adherencia continua entre las fajas y la densidad requerida. Todas las juntas tendrán la misma textura que las demás secciones de la faja y cumplirá con los requisitos para la lisura y pendientes.

El rodillo no pasará por el extremo desprotegido de la mezcla recientemente puesta, excepto cuando sea necesario para formar una junta transversal. Cuando sea necesario formar una junta transversal, se realizará mediante la colocación de un moldaje o disminuyendo el espesor de la capa para formar una rampa. El borde de la rampa se cortará de nuevo a la profundidad y ancho especificado en una línea recta para exponer

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

una cara vertical antes de hacer la faja adyacente. En ambos métodos, se aplicará un riego de liga de material bituminoso a todas las superficies de contacto antes de colocar cualquier mezcla fresca contra la junta.

La junta longitudinal de una faja deberá distanciarse con la junta de una faja inmediatamente inferior en un mínimo de 30 cm, sin embargo, la junta de la capa superior que actúa como carpeta de rodado se ubicará en la cumbre de los pavimentos con pendiente transversal a dos aguas.

Las juntas transversales de una faja se separarán en al menos 3 m de la junta transversal de la capa inmediatamente inferior. Lo mismo debe realizar para las juntas transversales en las fajas adyacentes, se distanciarán en una distancia mínima de 3 metros.

Las juntas longitudinales y transversales que se han dejado expuestas durante más de 4 horas, cuya temperatura superficial se haya enfriado a menos de 80°C, o que sean irregulares, estén dañadas, sin compactar, o con otros defectos; se recortarán en 90° (perpendicularmente respecto a la superficie del pavimento) con un disco de corte de tal diámetro que permita realizar el corte al espesor completo de la capa en una sola pasada. No se permite el uso de fresadora para realizar dicho corte. Este corte se debe realizar a una distancia de al menos 15 cm desde el borde de la faja, en dirección hacia el centro de la faja pavimentada, para exponer una superficie vertical, limpia y firme en toda la profundidad de la capa. No obstante, esa distancia puede variar en caso de que lo requiera el Inspector Fiscal. Además, se debe tener especial cuidado que en caso de que existan juntas en capas inferiores o en capas adyacentes, este corte permanezca una distancia de al menos 30 cm para juntas longitudinales y 3 metros en juntas transversales. Finalmente, todas las superficies de contacto se limpiarán y se secarán para luego aplicar un riego de liga antes de colocar mezcla fresca contra la junta. El costo de estos trabajos se considerará incluidos en el costo de la carpeta asfáltica.

### **5.15 RANURADO DEL PAVIMENTO (GROOVING)**

Si se especifica realizar un mejoramiento de la macrotextura del pavimento para proporcionar una superficie antideslizante que evita el hidroneo durante el clima húmedo mediante el ranurado del mismo (construcción de ranuras hechas con sierra diamantada), estos trabajos se deben ceñir a la especificación P-621 del documento AC150/5370-10H.

### **5.16 CEPILLADO DEL PAVIMENTO (MEJORAMIENTO SUPERFICIAL – DIAMOND GRINDING).**

En caso de requerirse el cepillado se realizará mediante aserrando con hojas de sierra impregnadas con abrasivo diamantado industrial y una máquina diseñada específicamente para tal efecto.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Los discos de sierra deben tener un grosor de 3 mm (1/8”) y con un número suficiente de hojas de sierra para crear ranuras entre 2 y 3,5 mm (0,090” y 0,130”) de ancho; y crestas aproximadamente 1 mm (1/32”) más altas que la parte inferior del corte de rectificado. El contratista determinará el número de discos y dependerá de la dureza del agregado. No se permitirán equipos o procedimientos que causen pérdida o fractura de los áridos, desconchamientos o alteraciones en el pavimento. El contratista deberá demostrar al IF que el equipo de cepillado producirá resultados satisfactorios antes de realizar correcciones en las superficies. Se deben tomar las medidas necesarias para proporcionar transiciones suaves entre las áreas cepilladas y las áreas que no requieren cepillado. La lechada resultante de la operación de cepillado se eliminará continuamente y el pavimento se dejará en condición limpia. El Contratista aplicará un tratamiento superficial según la especificación P-608 de la versión vigente del documento AC150/5370-10 en todas las áreas que hayan sido sometidas a cepillado.

## **6 CONTROL DE CALIDAD DEL CONTRATISTA**

### **6.1 GENERALIDADES.**

La calidad de un proyecto de construcción es la combinación de materiales, ensayos, mano de obra, equipos, inspección y documentación adecuados para los objetivos del proyecto. Establecer y mantener una cultura de la calidad es clave para lograr un proyecto exitoso. Para este efecto, el Contratista deberá crear, difundir, proporcionar y mantener un Plan de la Calidad del Contrato (PCdC), según las Bases del contrato, que detalle los métodos y procedimientos establecidos para garantizar que todos los materiales y las obras se ajusten a los planos del contrato, las especificaciones técnicas y otros requisitos contractuales, este plan debe ser extensivo a los subcontratistas y proveedores, según corresponda. El Contratista asumirá plena responsabilidad para lograr el propósito de calidad definido en los documentos del Contrato.

La distinción entre Control de Calidad del material y Aceptación del material es importante. El Control de Calidad es el medio por el cual se establecen los controles adecuados durante la producción (o construcción) para minimizar el riesgo del contratista de que se rechace un lote. Se dice que un proceso está bajo control cuando todas las posibles variaciones en los parámetros de control definidos están dentro de las tolerancias permitidas. De hecho, un propósito principal del control de calidad es eliminar las causas de variación del lote de manera que se aproxime a la variación utilizada para diseñar el plan de muestreo para aceptación del lote. Un programa de aceptación, por otra parte, define un conjunto de procedimientos para determinar el grado de cumplimiento de los requisitos del contrato. Con este fin, las especificaciones de control de calidad generalmente contienen un plan de aceptación que identifica un método para tomar y realizar mediciones en una muestra con el fin de determinar la aceptabilidad de un lote de producción y construcción. Las pruebas y/o ensayos para la aceptación se basan en el principio de estimar ciertos parámetros para una muestra (lote) del material, mediante

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

muestreo aleatorio, y que representa una cantidad definida de material, por ejemplo: la producción del día, 1000 toneladas, etc; producido esencialmente bajo las mismas condiciones. A su vez, el muestreo aleatorio es un procedimiento donde cada porción o muestra del lote tiene la misma probabilidad de ser seleccionada. Normalmente los parámetros evaluados son un nivel de calidad aceptable definido por el mandante del proyecto y una medida de variabilidad o dispersión. En función del cumplimiento del nivel de calidad para las muestras obtenidas se acepta o rechaza cada lote y se define la forma de pago de todo el material representado por cada lote. Se puede decir entonces, que el control de calidad es un esfuerzo por mantener un determinado nivel de producción con respecto tanto al nivel aceptable como al grado de uniformidad, mientras que las pruebas de aceptación son una verificación del producto terminado para determinar el grado en que estos objetivos se han alcanzado.

El PCdC para las mezclas asfálticas en caliente deberá presentarse por escrito al IF para su revisión y aprobación en los plazos definidos en las Bases de Gestión de Calidad del Contrato. El Contratista no comenzará ninguna construcción o producción de materiales hasta que el PCdC haya sido revisado y aprobado por el IF. Y no se realizará ningún pago parcial por materiales sujetos a requisitos específicos de control de calidad hasta que el PCdC haya sido revisado y aprobado por el IF.

El PCdC deberá indicar la acción apropiada que se tomará cuando se considere o se crea que un proceso está fuera de control (fuera de tolerancia) y detallará qué acción se tomará para que el proceso esté bajo control. Los requisitos para la acción correctiva incluirán tanto los requisitos generales para el funcionamiento del PCdC en su conjunto como para los elementos de trabajo individuales contenidos en las especificaciones técnicas. El PCdC deberá detallar cómo se utilizarán los resultados de las inspecciones y ensayos de control de calidad para determinar la necesidad de acciones correctivas y deberá contener reglas claras para evaluar cuándo un proceso está fuera de control y el tipo de corrección que se debe tomar para recuperar el control del proceso.

Cuando corresponda o lo requieran las especificaciones técnicas, el Contratista deberá establecer y utilizar gráficos de control de calidad estadísticos para pruebas de control de calidad individuales. Los requisitos para las acciones correctivas deberán estar vinculados a los gráficos de control.

El Contratista desarrollará el Plan de la Calidad del Contrato (PCdC) de acuerdo con las Bases de Gestión de Calidad del Contrato, la sección C-100 de las disposiciones generales de la versión vigente del documento AC150/5370-10. El programa tratará todos los elementos que afecten la calidad del pavimento, incluyendo, pero no limitándose, a:

- a. Organización del Contratista para desarrollar el Control de Calidad: organigrama, cargos y sus funciones, equipamiento, procedimientos y documentación generada para evidenciar el Control de Calidad.

 <b>Dirección de Aeropuertos</b> Ministerio de Obras Públicas Gobierno de Chile	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO  MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

- b. Programa de control de calidad: ensayos e inspecciones, frecuencia, responsables, de los ensayos e inspecciones, formatos para el registro de los resultados, distribución y periodicidad de entrega de los resultados, y medidas correctivas en caso de incumplimiento. Según sea necesario para garantizar el cumplimiento continuo de las especificaciones técnicas, incluidos los realizados por subcontratistas. Se deberá garantizar el cumplimiento de las especificaciones y planos aplicables con respecto a materiales, fabricación (en terreno o fuera del sector de la obra), mano de obra, construcción, terminación y desempeño funcional. El Contratista deberá efectuar operaciones de muestreo para el control de calidad, ensayos e inspección en todas las fases de la obra y se realizarán a un ritmo suficiente para garantizar que el trabajo se ajusta a los requisitos de las Especificaciones y Planos del contrato, y en las frecuencias de ensayos mínima requerida de acuerdo con el párrafo 6.3.
- c. Los ensayos e inspecciones incluirán los siguientes requisitos mínimos:
- Durante la operación de la planta para la producción de los materiales para la mezcla asfáltica y la mezcla en sí, se realizarán ensayos de control de calidad e inspecciones periódicas para garantizar la calidad de los agregados y otros componentes de la mezcla, y para ajustar y controlar la dosificación de la mezcla (mezcla de trabajo) para cumplir con el diseño de la mezcla aprobado y el resto de los requisitos de las especificaciones técnicas. Todo el equipo utilizado para dosificar y mezclar deberá ser inspeccionado para garantizar su condición operativa adecuada.
  - Durante los trabajos en el sitio de construcción, se utilizarán los resultados de los ensayos de control de calidad y las inspecciones periódicas para garantizar la calidad de todos los materiales y de la mano de obra. Todo el equipo utilizado en la colocación, compactación y terminación de la mezcla deberá ser inspeccionado para garantizar su condición operativa adecuada y que todas dichas operaciones cumplan con las especificaciones técnicas y estén dentro de las dimensiones, alineación, niveles y tolerancias especificadas.
- d. Informes de Control de Calidad y cronograma de entrega de los resultados del control de calidad.

## 6.2 LABORATORIO DE ENSAYO

El Contratista proporcionará un laboratorio para mezclas asfálticas que cumpla los requerimientos de 5.2.a.(2), situado en la planta y/o en obra, de acuerdo a lo señalado en los antecedentes del contrato; si nada dicen dichos documentos al respecto, la Inspección Fiscal determinará donde se debe considerar el laboratorio. El Contratista proporcionará al Inspector Fiscal, antes del inicio de la construcción, la certificación que indica que todos los equipos de ensayo que se utilizarán están correctamente calibrados y/o verificados, y cumplen con las especificaciones aplicables a los procedimientos de ensayo especificados.

A menos que se especifique lo contrario, todos los muestreos y ensayos necesarios para determinar la conformidad con los requisitos de esta especificación, se llevarán a cabo

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

por el Contratista a su expensa, en presencia del IF o de quién este designe (Asesoría a la IF u otra entidad).

### 6.3 ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Según lo dispuesto en el Plan de la Calidad del Contrato (PCdC), el Contratista realizará todos los ensayos necesarios para controlar los procesos de producción y de construcción aplicables bajo estas especificaciones. Durante el proceso de preparación de las mezclas asfálticas, se deberán efectuar los siguientes controles:

**a) Contenido de humedad del agregado.** El contenido de humedad del agregado será determinado **al menos una vez por día** de acuerdo con la metodología MC 8.102.2 (Manual de Carreteras) y no deberá ser superior al 0,5% en peso. Este dato se debe utilizar para corregir la dosificación en caso necesario.

**b) Granulometría de los áridos.** Granulometría de los áridos incorporados en la mezcla será obtenida de los acopios de áridos de la planta. La granulometría de los agregados será determinada **un mínimo de una vez por día** de acuerdo a MC 8.202.3 y MC 8.202.4 (muestras de áridos antes de la producción de la mezcla asfáltica). Estos valores serán empleados para ajustar las proporciones de cada fracción de material pétreo para cumplir con la granulometría del árido combinado.

**c) Temperaturas.** Las temperaturas serán controladas para verificar el cumplimiento de las recomendaciones del proveedor del cemento asfáltico (ver requisito indicado en 4.3.b Certificado de análisis del fabricante para el cemento asfáltico utilizado en la fórmula de trabajo) y lo detallado en los puntos 5.8 y 5.12. Se evaluarán las temperaturas por lo menos **cuatro veces al día** y en **todos los camiones que transportan mezcla a la obra**. Es decir, para todas las etapas de producción de la mezcla, lo que incluye:

- Temperatura media de los áridos, deberá estar en función del cemento asfáltico a utilizar;
- Temperatura del cemento asfáltico que está siendo mezclado con los áridos, tanto para asfalto no modificado como modificado, será la temperatura definida por el proveedor y/o la dosificación respectiva;
- Temperatura de la mezcla sobre camión, la que deberá estar de acuerdo con lo indicado en la dosificación respectiva.

**d) Contenido de humedad de la mezcla.** El contenido de humedad de la mezcla será determinado **una vez por día** de acuerdo con MC 8.302.39. Este dato se debe utilizar para corregir la dosificación en caso necesario.

**e) Contenido de asfalto de la mezcla.** Para la determinación del contenido de asfalto se realizarán **un mínimo de dos ensayos por día**, según con el procedimiento del Manual

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

de carreteras MC 8.302.56 (Método para determinar el contenido de asfalto por ignición). El Contratista mantendrá gráficos de control tanto para los **valores individuales y el rango** (diferencia entre el mayor y menor valor medido) del contenido de asfalto de la mezcla y estos valores tendrán que cumplir con lo indicado en 6.6.

**f) Granulometría de los áridos de la mezcla (a partir del árido extraído del ensayo de contenido de asfalto) y verificación de la banda de trabajo.** La granulometría de los agregados en la mezcla será determinada un mínimo de **dos veces por día** desde el agregado obtenido del ensayo de contenido de asfalto, de acuerdo a MC 8.302.28 (granulometría de agregados provenientes de extracción). La granulometría de los agregados será determinada por muestras procedentes del depósito caliente en caso de plantas discontinuas, o del alimentador en frío al tambor de mezclado en plantas continuas, usando los pesos de las cachadas para la determinación de la granulometría de los agregados combinados de la mezcla.

El Contratista mantendrá gráficos de control tanto para los **valores individuales y el rango** (diferencia entre el mayor y menor valor medido) de granulometría y estos valores tendrán que cumplir con lo indicado en 6.6.

**g) Vacíos del agregado mineral (VAM).** El porcentaje vacíos del agregado mineral se determinará **cada 3 lotes** definidos según 7.1, a partir del Peso específico del árido y de la mezcla compactada, de acuerdo con MC 8.302.47, junto con el porcentaje de asfalto en la mezcla, letra (e) anterior. El Contratista mantendrá gráficos de control para los **valores individuales** del VAM y estos valores tendrán que cumplir con lo indicado en 6.6.

**h) Densidad máxima de la mezcla suelta ( $D_{mm}$ ).** Para evaluar el contenido de vacíos en la mezcla ( $V_a$ ), es necesario determinar previamente la Densidad máxima de la mezcla suelta ( $D_{mm}$ ), según el método MC 8.302.37. La frecuencia de este ensayo será como mínimo **2 ensayos por lote** y se usará el promedio de estos ensayos como valor de  $D_{mm}$  para la mezcla.

**i) Verificación y ajustes dosificación de diseño.** Con los parámetros de la mezcla obtenidos en los ensayos anteriores se procede a verificar y/o ajustar la dosificación de diseño para la producción en planta. Adicionalmente se verificará el contenido de cemento asfáltico a adicionar y la homogeneidad de la mezcla asfalto-áridos (no se deberán utilizar mezclas que presenten áridos sin recubrir o con escurrimiento libre del cemento).

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los requisitos para el control de calidad en la planta de producción de la mezcla asfáltica en caliente.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 6.1 – Requisitos y métodos de ensayo para el control de calidad en la planta de producción de la mezcla asfáltica en caliente.**

Control de calidad rutinario	Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito
Mezcla en planta	Contenido de humedad del agregado.	Al menos 1 vez por día	Obtenida de los acopios de áridos de la planta.  MC 8.102.2 (Manual de Carreteras)	No deberá ser superior al 0,5% en peso.  Este dato se debe utilizar para corregir la dosificación en caso necesario.
	Granulometría de los áridos.	Al menos 1 vez por día	MC 8.202.3 y MC 8.202.4 (Muestras de áridos antes de la producción de la mezcla asfáltica)	Estos valores serán empleados para ajustar las proporciones de cada fracción de material pétreo para cumplir con la granulometría del árido combinado.
	Temperaturas.	Todos los camiones que transportan mezcla a la obra.  Al menos 4 veces por día para todas las etapas de producción de la mezcla.	Se miden con un termómetro de rango 10°C a 200°C.	La temperatura media de los áridos debe estar en función del cemento asfáltico a utilizar.  Temperatura del cemento asfáltico que está siendo mezclado con los áridos, tanto para asfalto no modificado como modificado, será la temperatura definida por el proveedor y/o la dosificación respectiva.  Temperatura de la mezcla sobre camión, la que deberá estar de acuerdo con lo indicado en la dosificación respectiva.
	Contenido de humedad de la mezcla.	Al menos 1 vez por día.	MC 8.302.39.	Este dato se debe utilizar para corregir la dosificación en caso necesario.
	Contenido de asfalto de la mezcla.	Al menos 2 ensayos por día	MC 8.302.56 (Método para determinar el contenido de asfalto por ignición).	El Contratista mantendrá gráficos de control tanto para los valores individuales y el rango (diferencia entre el mayor y menor valor medido) del contenido de asfalto de la mezcla y estos valores tendrán que cumplir con lo indicado en 6.6.
	Granulometría de los áridos de la mezcla (a partir del árido extraído del ensayo de contenido de asfalto) y verificación de la banda de trabajo.	Al menos 2 veces por día.	MC 8.302.28 (Granulometría de agregados provenientes de extracción).	La granulometría de los agregados será determinada por muestras procedentes del depósito caliente en caso de plantas discontinuas, o del alimentador en frío al tambor de mezclado en plantas continuas, usando los pesos de las cachadas para la determinación de la granulometría de los agregados combinados de la mezcla.  El Contratista mantendrá gráficos de control tanto para los valores individuales y el rango (diferencia entre el mayor y menor valor medido) de granulometría y estos valores tendrán que cumplir con lo indicado en 6.6.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 6.1 – Requisitos y métodos de ensayo para el control de calidad en la planta de producción de la mezcla asfáltica en caliente (continuación).**

Control de calidad rutinario	Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito
Mezcla en planta	Vacios del agregado mineral (VAM).	Cada 3 lotes definidos según 7.1.	MC 8.302.47, a partir del Peso específico del árido y de la mezcla compactada, junto con el porcentaje de asfalto en la mezcla.	El Contratista mantendrá gráficos de control para los valores individuales del VAM y estos valores tendrán que cumplir con lo indicado en 6.6.
	Densidad máxima de la mezcla suelta (Dmm)	Al menos 2 ensayos por lote (se usará el promedio de estos ensayos como valor de Dmm para cada lote).	MC 8.302.37	No hay requisitos para este parámetro.

#### 6.4 ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

Según lo dispuesto en el programa de control de calidad (PCdC), el Contratista realizará todos los ensayos necesarios para controlar el proceso de producción y además la etapa de construcción bajo estas especificaciones. El programa de ensayo durante la etapa de construcción del pavimento asfáltico incluirá, pero no quedará limitado a, los ítems detallados a continuación.

**a) Temperaturas.** Las temperaturas serán controladas por lo menos **4 veces al día** y en **todos los camiones que transportan mezcla a la obra** para todas las etapas de colocación de la mezcla donde sea necesario para determinar las temperaturas de recepción de la mezcla en obra, temperatura de colocación y temperatura al momento de la compactación. La temperatura deberá estar de acuerdo a lo definido por el fabricante y no menor a 120 °C. Este dato se debe utilizar para corregir la producción y/o transporte de la mezcla en caso necesario.

**b) Contenido de asfalto de la mezcla.** Para verificar el contenido de asfalto de la dosificación de diseño y comparar con lo controlado en la planta de producción de la mezcla asfáltica, se realizarán **un mínimo de 2 ensayos cada 3 lotes cuando se obtengan los testigos para aceptación de la densidad del material** (ver 7.3.b), según con el procedimiento del Manual de carreteras MC 8.302.56 (Método para determinar el contenido de asfalto por ignición). Cualquier otro método que el Contratista solicite usar, debe ser aprobado por el IF. Estos valores tendrán que cumplir con las tolerancias detalladas en 6.6 ( $\pm 0,3\%$ ) para los valores individuales.

**c) Granulometría de los áridos de la mezcla (a partir del árido extraído del ensayo de contenido de asfalto) y verificación de la banda de trabajo** (definida en 4.3). La granulometría de los agregados en la mezcla colocada será evaluada desde el agregado obtenido del ensayo de contenido de asfalto, **un mínimo de 2 ensayos cada 3 lotes**

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

cuando se obtengan los testigos para aceptación de la densidad del material, con el objetivo de cotejar la granulometría del árido combinado con los criterios de diseño la mezcla, la banda de trabajo y lo controlado en la planta de producción de la mezcla asfáltica, de acuerdo a MC 8.302.28 (granulometría de agregados provenientes de extracción). La granulometría del árido de la mezcla tendrá que cumplir con las tolerancias detalladas en 6.6 para los valores individuales y en caso de no cumplir dichos requisitos el contratista deberá tomar las medidas necesarias para ajustar la granulometría del árido combinado.

**d) Control "in situ" de la densidad.** El Contratista realizará los ensayos necesarios para asegurar que se alcanza la densidad especificada en la mezcla y en las juntas, con el fin de disminuir el riesgo de un rechazo del material al momento de la evaluación de su aceptación. Se podrá utilizar un dispositivo nuclear o electromagnético para verificar la densidad del pavimento de acuerdo a lo detallado en MC 8.502.9. El porcentaje de compactación para cada ensayo individual deberá ser igual o superior al 93,0% de la Densidad máxima de la mezcla suelta (Dmm) representativa de la mezcla colocada.

**e) Ensayos adicionales.** El Contratista tendrá la opción de realizar cuantos ensayos adicionales estime oportunos para controlar el proceso. Y el IF se reserva el derecho a realizar el seguimiento e inspección de la realización de cualquiera de los ensayos antes mencionados y de solicitar ensayos adicionales para el control.

**f) Niveles y pendientes.** La rasante de proyecto se evaluará **diariamente** para permitir ajustes en las operaciones de pavimentación cuando las medidas realizadas de niveles y pendientes (sección transversal) no cumplan con las especificaciones. Como mínimo, se evaluará antes y después de la colocación de la primera capa y después de la colocación de la capa superficial.

Las medidas se tomarán como mínimo en el centro y los bordes de la franja de pavimentación, y espaciadas longitudinalmente como máximo cada 15 m y/o según lo que detalle el Inspector Fiscal. La superficie final del pavimento no variará en las elevaciones respecto a la rasante y los perfiles transversales de los planos en más de 12 mm verticalmente. Estos registros serán entregados por el Contratista a la IF dentro de las 24 horas.

Las áreas con abultamientos o depresiones que exceden los criterios de niveles y que retienen agua en la superficie deben rectificarse para que el espesor de la capa después del rectificado cumpla con el espesor proyectado con una tolerancia de 12 mm, en otras palabras, que dicho espesor no sea más de 12 mm menor que el espesor especificado en los planos. El cepillado se realizará según lo detallado en el punto 5.16. El Contratista reparará las depresiones o las áreas que no puedan corregirse por cepillado mediante la eliminación de las áreas deficientes hasta el espesor final de la capa más 2 cm y reemplazándolas con material nuevo. No se permite bacheo superficial.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**g) Rugosidad (lisura) para Control de Calidad del Contratista.** El concepto de rugosidad es distinto para un pavimento aeroportuario en comparación a un pavimento vial. Para los pavimentos viales se define la rugosidad en términos de la calidad del tránsito que experimenta un pasajero. Los fabricantes de automóviles diseñan sistemas de suspensión para reducir el impacto de las irregularidades comunes de la superficie y mejorar la calidad general de la conducción. Por el contrario, el objetivo principal del sistema de suspensión de un avión es absorber la energía empleada durante el aterrizaje. Los sistemas de suspensión de los aviones tienen menos capacidad para amortiguar el impacto de las irregularidades de la superficie debido a la magnitud de la energía que se debe abordar durante el aterrizaje.

La FAA define el perfil de rugosidad (lisura) como las desviaciones del perfil superficial presentes en una parte de la pista que hacen que los aviones respondan de manera que pueden aumentar la fatiga en los componentes del avión, reducir la acción de frenado, perjudicar las operaciones de la cabina y/o causar incomodidad a los pasajeros. La respuesta ante esas irregularidades depende del tamaño, el peso y la velocidad de operación del avión. Incluso cuando la rugosidad no causa molestias a los pasajeros, aún puede afectar la vida útil de los componentes del avión o disminuir la seguridad operativa del avión. Dependiendo de las características del avión y la velocidad de operación, un avión puede ser excitado en resonancia armónica debido a la rugosidad del perfil que puede aumentar las fuerzas de inercia o las vibraciones dentro de la estructura del avión.

Para el control de calidad de la rugosidad (lisura) de la superficie del pavimento el Contratista deberá realizar mediciones en direcciones transversales y longitudinales **cada día de colocación de mezcla asfáltica**, para verificar que los procesos de construcción estén produciendo un pavimento con variaciones que no superen 6,0 mm en 5,0 m, identificando áreas donde se puede estancar agua, que podría ocasionar hidroplaneo de las aeronaves.

El Contratista podrá utilizar una regla de 5,0 m, que deberá ser de aluminio con una sección transversal de 75 mm x 25 mm y 2 mm de espesor. En caso de no ser factible contar con una regla de esa sección, se podrá usar un perfil de mayor altura, lo anterior, sin disminuir el ancho o espesor. Alternativamente a la regla, se podrá usar un inclinómetro rodante que cumpla con los requisitos de ASTM E2133, o un dispositivo de referencia externo rodante que pueda simular una regla no graduada de 5,0 m aprobado por el IF.

- (1) Mediciones longitudinales: Se realizarán medidas longitudinales cada 15 m para **cada día de colocación de mezcla asfáltica**. Las mediciones longitudinales serán paralelas a la línea central de la franja pavimentada; en el centro de los carriles de pavimentación cuando los anchos de los carriles de pavimentación son menores a 6 m; y en los tercios de las franjas de pavimentación cuando el ancho sea 6 m o más. En cada lectura se mide el punto que muestre la mayor separación entre la regla y la superficie del pavimento. A continuación, se desplaza la regla longitudinalmente y se realiza la siguiente lectura, y así sucesivamente hasta alcanzar el término del área por

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

evaluar. Las juntas entre franjas de pavimentación serán evaluadas por separado para facilitar la lisura entre franjas. Cuando la colocación colinda con material previamente colocado, la primera medición debe comenzar con la mitad de la longitud de la regla para realizar la evaluación sobre el material previamente colocado.

- (2) Mediciones transversales: Se tomarán medidas transversales **cada día de colocación de mezcla asfáltica**. A diferencia del control en sentido longitudinal, en este caso la evaluación se realiza en todo el ancho pavimentado. Las lecturas se ejecutan perpendiculares a la línea central del pavimento, cada 15 m, o a menor distancia si así lo determina el IF. Las juntas entre franjas de pavimentación serán evaluadas por separado para facilitar la lisura entre franjas.

La irregularidad de la superficie se determinará colocando la regla en la superficie del pavimento y dejándola descansar sobre los dos puntos más altos cubiertos por su longitud, y midiendo el espacio máximo entre la regla y la superficie del pavimento en el área entre los dos puntos altos. Si se utiliza un inclinómetro rodante o un dispositivo de referencia externo, los datos obtenidos pueden ser evaluados usando el programa ProFAA desarrollado por la Federal Aviation Administration (FAA) usando la función de simulación de una regla de 5 m. En el Anexo B, se presenta la metodología de evaluación para la lisura con regla de 5 m.

No se deben realizar lecturas de regularidad superficial a través de cambios de pendiente o transiciones de pendiente transversal definidos en el proyecto a desarrollar. La transición entre pavimento nuevo y existente se evaluará por separado de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto.

En el caso de recarpeteos adyacentes a pavimentos existentes, se debe garantizar que los empalmes no presenten variaciones de cotas. Para este fin, se permite que la empresa contratista lleve a cabo una evaluación previa de la lisura longitudinal del pavimento que no será removido y que limitará con el pavimento nuevo. Este levantamiento servirá como referencia en caso de que el pavimento no removido presente deformaciones que puedan afectar la uniformidad del pavimento nuevo, asegurando así que los empalmes se realicen sin discrepancias de cotas. Este trabajo se considerará como parte del costo del ítem de mezcla asfáltica en caliente y no representarán un coste para la Dirección de Aeropuertos. En estos casos el IF podrá eximir a estas zonas del pavimento de los requisitos de lisura longitudinal señalado en el párrafo anterior.

Si no se cumple el criterio de rugosidad, el Contratista deberá realizar los cambios y correcciones apropiados al proceso de construcción antes de que continúe la construcción. Las desviaciones de la superficie del pavimento en la dirección transversal o longitudinal que permitirían el aposamiento de agua de dimensiones mayores a 6 mm deberán corregirse mediante cepillado (diamond grinding) según el párrafo 5.16 o quitando y reemplazando la capa de material en todo el espesor. El cepillado se debe ejecutarse de tal modo que en todas las direcciones proporcione transiciones suaves con las áreas que no

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (Ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

requieren cepillado. Además, las áreas cepilladas estarán sujetas a las tolerancias finales de espesor del pavimento especificadas en el párrafo 7.3.e y deberán sellarse con un tratamiento superficial de acuerdo con el Ítem P-608 de la especificación AC150/5370-10H (2018).

Se realizarán esquemas de control para registrar diariamente el área de colocación y el porcentaje de zonas que se requiere cepillar. Cuando se requiera esta medida correctiva, el Contratista tendrá que realizar las correcciones al proceso de fabricación y colocación. Si se producen áreas significativas que necesitan ser corregidas y que exceden el 10% del material colocado en el día, la producción se detendrá hasta que el Contratista implemente las medidas correctivas para los equipos y/o método constructivo.

**h) Resistencia al deslizamiento (Fricción).** Dentro de las propiedades que debe proporcionar un pavimento se encuentra una adecuada fricción superficial. La textura superficial del pavimento es la característica más importante relativo a sus propiedades de fricción. Dentro de los factores que ocasionan una pérdida de fricción se encuentran: Desgaste y pulido de la superficie producto de la abrasión de los neumáticos durante el rodaje y frenado junto con la acumulación de contaminantes (caucho, polvo, combustible o lubricantes, agua y/o nieve).

Los factores directamente relacionados con la fricción del pavimento son la Macrotextura y la Microtextura. La primera, se refiere a la rugosidad entre las partículas, y afecta las características de frenado a altas velocidades. Una Macrotextura rugosa aporta mayor fricción con los neumáticos en condiciones húmedas de la superficie. En cuanto a la Microtextura, se refiere a la rugosidad que aporta cada partícula de agregado en la superficie del pavimento, se reduce por abrasión y pulido de los áridos y aporta propiedades friccionales para la operación de la aeronaves a bajas velocidades

La evaluación de fricción debe seguir los lineamientos del estándar vigente *AC 150/5320-12C. Measurement, construction, and maintenance of skid-resistant airport pavement surfaces*, y debe realizarse una vez finalizada la pavimentación considerando lo siguiente:

- **La evaluación de la resistencia al deslizamiento (fricción) se realizará sólo en los aeródromos de la Red Primaria de la Red Aeroportuaria Nacional, salvo que las ETE especifiquen algo distinto.**
- Se evaluará con un equipo de medición continuo (CFME), según lo detallado en el Apéndice 3 del documento AC 150/5320-12C<sup>5</sup>, o lo aprobado por el Inspector Fiscal.

<sup>5</sup> Disponible en la dirección web:

[https://www.faa.gov/airports/resources/advisory\\_circulars/index.cfm/go/document.information/documentnumber/150\\_5320-12c](https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentnumber/150_5320-12c).

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

- El equipo de medición debe incorporar un sistema para humedecer la superficie antes del neumático mientras avanza, para simular las condiciones superficiales del pavimento bajo lluvia. Este sistema debe entregar una película de agua uniforme de 1 mm de profundidad en frente de la rueda medidora de fricción.
- El o los operadores del equipo deben estar capacitados para realizar las pruebas, y se debe presentar el Certificado de calibración de equipo.
- Los resultados de fricción se informarán promediando los valores medidos en tramos de longitud hasta 152 m.
- La evaluación de la fricción de la pista se efectuará en la dirección longitudinal, a dos velocidades 65 km/h y 95 km/h. La velocidad más baja determina la condición general de macrotextura, contaminación y drenaje superficiales. La mayor velocidad por otra parte entrega una estimación de la microtextura.
- La ubicación de las mediciones respecto al eje de la pista es: a 3 m y 6 m a cada lado del eje de la pista.
- Para la prueba a 65 km/h, la medición se realizará en toda la longitud de la pista. Se iniciará a 152 m del umbral y finalizará a una distancia de 152 m del extremo opuesto de la pista. Para la prueba a 95 km/h, la medición se realizará en toda la longitud de la pista. Se iniciará a 305 m del umbral y finalizará a una distancia de 305 m del extremo opuesto de la pista.
- El Contratista entregará un informe con los resultados de las mediciones de fricción individuales en toda la longitud de la pista, además de los promedios de los valores medidos en tramos definidos (de máximo 152 m).
- Cuando el equipo requiere una distancia mayor a las señaladas para un adecuado frenado y para mantener condiciones de seguridad en la operación del equipo, se debe proveer la longitud adicional de modo de respetar las distancias de inicio y fin de la medición ya señaladas.
- Para zonas lluviosas, antes de realizar las pruebas se debe ejecutar una inspección visual a la pista, para evaluar la presencia de zonas con aposamiento de agua. Si se presentan zonas con esta situación, se debe registrar tanto su superficie como profundidad. Si el promedio de profundidad del agua excede 3 mm para todas las zonas de acumulación de agua en el tramo de evaluación definido (máximo de 152 m), se debe corregir el tramo según la pendiente transversal de diseño, para luego de solucionada esa deficiencia realizar la medición de fricción.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

- Las zonas pintadas (demarcaciones en pista) deben evaluarse porque pueden generar zonas resbalosas. Es importante mantener la resistencia al deslizamiento de las zonas pintadas similar a las zonas no pintadas.
- En casos de una dispersión mayor o igual a 10% entre el mayor valor y el menor valor registrado en el tramo de evaluación definido, se debe investigar y establecer las causas de esta deficiencia. Una alternativa para evaluar este defecto es analizar la textura superficial (macrotextura) del pavimento terminado, lo que se puede realizar con el ensayo del círculo de arena, según la metodología MC 8.502.14, o el ensayo de la mancha de grasa, detallado en la Sección 4 del Capítulo 3 del documento *AC150/5320-12C. Measurement, construction, and maintenance of skid-resistant airport pavement surfaces*<sup>6</sup>. La Inspección Fiscal definirá el ensayo a realizar.

Para el ensayo de la mancha de grasa, se realizará en 3 sectores del área deficiente definidos por la Inspección Fiscal y el promedio de las mediciones para pavimentos nuevos debe ser como mínimo 1,14 mm, un valor menor indica una macrotextura deficiente que debe ser corregida.

- El Contratista debe proponer las acciones a realizar para mejorar la fricción del pavimento, lo que debe ser aprobado por la Inspección Fiscal. Entre los trabajos que puede realizar el Contratista para mejorar la fricción, en función de la causa de la deficiencia, se encuentran: limpieza de la superficie, tratamiento superficial, ranurado (Grooving), fresado y recapado, entre otras.
- Como referencia para que el Inspector Fiscal pueda evaluar si los resultados obtenidos son correctos, según la literatura técnica referente a la medición de fricción en pavimentos aeroportuarios, los valores de fricción pueden estar entre 0,5 y 0,9 (adimensional).

A continuación, se presenta un resumen de los requisitos para el control de calidad en obra de la mezcla asfáltica en caliente.

<sup>6</sup> El documento FAA AC150/5320-12C se puede descargar desde la siguiente dirección web:  
[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/advisory\\_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/22107](https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/22107)

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 6.3 – Requisitos y métodos de ensayo para el control de calidad en obra de la mezcla asfáltica en caliente.**

Control de calidad rutinario	Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito
Mezcla en obra	Temperaturas.	Todos los camiones que transportan mezcla a la obra.  Al menos 4 veces por día para todas las etapas de colocación de la mezcla.	Se miden con un termómetro de rango 10°C a 200°C.	Las temperaturas serán controladas en todas las etapas de colocación de la mezcla donde sea necesario para determinar las temperaturas de recepción de la mezcla en obra, temperatura de colocación y temperatura al momento de la compactación. La temperatura deberá estar de acuerdo a lo definido por el fabricante y no menor a 120 °C.  Este dato se debe utilizar para corregir la producción y/o transporte de la mezcla en caso necesario.
	Contenido de asfalto de la mezcla.	Mínimo de 2 ensayos cada 3 lotes utilizando los testigos para aceptación de la densidad del material	MC 8.302.56 (Método para determinar el contenido de asfalto por ignición).  Cualquier otro método que el Contratista proponga usar, debe ser previamente aprobado por e IF	Se verificará el contenido de asfalto de la dosificación de diseño y los resultados de los controles realizados en la planta de producción de la mezcla asfáltico.  Estos valores tendrán que cumplir con las tolerancias detalladas en 6.6 para los valores individuales ( $\pm 0,3\%$ ).
	Granulometría de los áridos de la mezcla (a partir del árido extraído del ensayo de contenido de asfalto) y verificación de la banda de trabajo.	Mínimo de 2 ensayos cada 3 lotes utilizando los testigos para aceptación de la densidad del material	MC 8.302.28 (Granulometría de agregados provenientes de extracción).	La granulometría de los agregados en la mezcla colocada será evaluada desde el agregado obtenido del ensayo de contenido de asfalto, con el objetivo de cotejar la granulometría del árido combinado con los criterios de diseño la mezcla, la banda de trabajo y lo controlado en la planta de producción de la mezcla asfáltica.  La granulometría del árido de la mezcla tendrá que cumplir con las tolerancias detalladas en 6.6 para los valores individuales.
	Control "in situ" de la densidad de la mezcla colocada.	El Contratista realizará los ensayos necesarios para asegurar que se alcanza la densidad especificada en la mezcla y en las juntas.	Se podrá utilizar un dispositivo nuclear o electromagnético para verificar la densidad del pavimento de acuerdo a lo detallado en MC 8.502.9.	El porcentaje de compactación para cada ensayo individual deberá ser igual o superior al 93,0% de la Densidad máxima de la mezcla suelta (Dmm) representativa de la mezcla colocada.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 6.3 – Requisitos y métodos de ensayo para el control de calidad en obra de la mezcla asfáltica en caliente (continuación).**

Control de calidad rutinario	Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito
Mezcla en obra	Niveles y pendientes	<p>La rasante de proyecto se evaluará diariamente para permitir ajustes en las operaciones de pavimentación cuando las medidas realizadas de niveles y pendientes no cumplan con las especificaciones.</p> <p>Como mínimo, se evaluará antes y después de la colocación de la primera capa y después de la colocación de la capa superficial.</p>	<p>Las medidas se tomarán como mínimo en el centro y los bordes de la franja de pavimentación, y espaciadas longitudinalmente como máximo cada 15 m y/o según lo que detalle el Inspector Fiscal.</p> <p>Estos registros serán entregados por el Contratista a la IF dentro de las 24 horas.</p>	<p>La superficie final del pavimento no variará en las elevaciones respecto a la rasante y los perfiles transversales de los planos en más de 12 mm verticalmente.</p> <p>Las áreas con abultamientos o depresiones que exceden los criterios de niveles o lisura y que retienen agua en la superficie deben rectificarse mediante cepillado, según 5.16 de esta especificación, para que el espesor de la capa después del rectificado no sea más de 12 mm menor que el espesor especificado en los planos.</p> <p>El Contratista reparará las depresiones o las áreas que no puedan corregirse por cepillado mediante la eliminación de las áreas deficientes hasta el espesor final de la capa más 2 cm y reemplazándolas con material nuevo. No se permite bacheo superficial.</p>
	Rugosidad / Lisura	<p>Mediciones cada día de colocación de mezcla asfáltica (longitudinal y transversalmente).</p> <p>Mediciones transversales: Medidas perpendiculares a la línea central del pavimento, en todo el ancho pavimentado, distanciadas a cada 15 m, o a una menor distancia si así lo determina el IF.</p> <p>Medidas longitudinales: Por faja de pavimentación. Paralelas a la línea central del pavimento cada 15 m; en el centro de los carriles de pavimentación cuando los anchos de los carriles de pavimentación son menores a 6 m; y en los tercios de las franjas de pavimentación cuando el ancho sea 6 m o más.</p>	<p>El Contratista podrá utilizar una regla de 5,0 m (sección transversal de 75 mm x 25 mm y 2 mm de espesor), un inclinómetro rodante que cumpla con los requisitos de ASTM E2133, o un dispositivo de referencia externo rodante que pueda simular una regla no graduada de 5,0 m.</p> <p>La irregularidad de la superficie se determinará colocando la regla en la superficie del pavimento y dejándola descansar sobre los dos puntos más altos cubiertos por su longitud, y midiendo el espacio máximo entre la regla y la superficie del pavimento en el área entre los dos puntos altos.</p>	<p>Altura máxima entre una regla de 5,0 m y la superficie del pavimento, entre dos puntos altos donde se apoya la regla, debe ser <math>\leq 6,0</math> mm.</p> <p>Se realizarán esquemas de control para registrar diariamente el área de colocación y el porcentaje de zonas que se requiere cepillar. Si se producen áreas significativas que necesitan ser corregidas y que exceden el 10% del material colocado en el día, la producción se detendrá hasta que el Contratista implemente las medidas correctivas para los equipos y/o método constructivo.</p>

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 6.3 – Requisitos y métodos de ensayo para el control de calidad en obra de la mezcla asfáltica en caliente (continuación).**

Control de calidad rutinario	Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito
Mezcla en obra	Rugosidad / Lisura (continuación)	<p>Mediciones cada día de colocación de mezcla asfáltica (longitudinal y transversalmente).</p> <p>Mediciones transversales: Medidas perpendiculares a la línea central del pavimento, en todo el ancho pavimentado, distanciadas a cada 15 m, o a una menor distancia si así lo determina el IF.</p> <p>Medidas longitudinales: Por faja de pavimentación. Paralelas a la línea central del pavimento cada 15 m; en el centro de los carriles de pavimentación cuando los anchos de los carriles de pavimentación son menores a 6 m; y en los tercios de las franjas de pavimentación cuando el ancho sea 6 m o más.</p>	<p>No se deben realizar lecturas de regularidad superficial a través de cambios de pendiente o transiciones de pendiente transversal definidos en el proyecto a desarrollar. La transición entre pavimento nuevo y existente se evaluará por separado de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto.</p> <p>En el caso de recarpeteos adyacentes a pavimentos existentes, se debe garantizar que los empalmes no presenten variaciones de cotas. Se permite que el Contratista lleve a cabo una evaluación previa de la lisura longitudinal del pavimento que no será removido y que limitará con el pavimento nuevo. Este levantamiento servirá como referencia en caso de que el pavimento no removido presente deformaciones que puedan afectar la uniformidad del pavimento nuevo, asegurando así que los empalmes se realicen sin discrepancias de cotas.</p> <p>Si se utiliza un inclinómetro rodante o un dispositivo de referencia externo, los datos obtenidos pueden ser evaluados usando el programa ProFAA desarrollado por la Federal Aviation Administration (FAA) usando la función de simulación de una regla de 5 m.</p>	<p>Altura máxima entre una regla de 5,0 m y la superficie del pavimento, entre dos puntos altos donde se apoya la regla, debe ser <math>\leq 6,0</math> mm.</p> <p>Se realizarán esquemas de control para registrar diariamente el área de colocación y el porcentaje de zonas que se requiere cepillar. Si se producen áreas significativas que necesitan ser corregidas y que exceden el 10% del material colocado en el día, la producción se detendrá hasta que el Contratista implemente las medidas correctivas para los equipos y/o método constructivo.</p> <p>Si no se cumple el criterio de rugosidad, el Contratista deberá realizar los cambios y correcciones apropiados al proceso de construcción antes de que continúe la construcción. Las desviaciones de la superficie del pavimento en la dirección transversal o longitudinal mayores a 6 mm deberán corregirse mediante cepillado (diamond grinding) según el párrafo 5.16 o quitando y reemplazando la capa de material en todo el espesor, según lo establecido en esta Especificación Técnica General o en la Especificación Técnica Especial del Proyecto.</p>

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 6.3 – Requisitos y métodos de ensayo para el control de calidad en obra de la mezcla asfáltica en caliente (continuación).**

Control de calidad rutinario	Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito
Mezcla en obra	Fricción	<p>La evaluación de fricción se realizará sólo en los aeródromos de la Red Primaria de la Red Aeroportuaria Nacional y una vez finalizada la pavimentación</p> <p>Los resultados de fricción se informarán en tramos evaluación de hasta 152 m.</p> <p>La evaluación de la fricción de la pista se efectuará en la dirección longitudinal, a dos velocidades: 65 km/h y 95 km/h.</p> <p>La ubicación de las mediciones respecto al eje de la pista es a 3 m y 6 m a cada lado del eje de la pista.</p> <p>Para la prueba a 65 km/h, la medición se realizará en toda la longitud de la pista. Se iniciará a 152 m del umbral y finalizará a una distancia de 152 m del extremo opuesto de la pista. Para la prueba a 95 km/h, la medición se realizará en toda la longitud de la pista. Se iniciará a 305 m del umbral y finalizará a una distancia de 305 m del extremo opuesto de la pista.</p>	<p>Se evaluará siguiendo los lineamientos y con un equipo de medición continuo (CFME), detallados en el documento AC 150/5320-12C5, o lo aprobado por el Inspector Fiscal.</p> <p>El equipo debe incorporar un sistema que entregue una película de agua uniforme de 1 mm de profundidad en frente de la rueda medidora de fricción.</p> <p>El o los operadores del equipo deben estar capacitados para realizar las pruebas, y se debe presentar el Certificado de calibración de equipo.</p> <p>Para zonas lluviosas, antes de realizar las pruebas se debe ejecutar una inspección visual a la pista, para evaluar la presencia de zonas con aposamiento de agua. Se debe registrar tanto su superficie como profundidad. Si el promedio de profundidad del agua excede 3 mm para todas las zonas de acumulación de agua en la longitud del tramo definido (máximo de 152 m), se debe corregir el tramo según la pendiente transversal de diseño, para luego de solucionada esa deficiencia realizar la medición de fricción.</p> <p>Las zonas pintadas (demarcaciones en pista) deben evaluarse porque pueden generar zonas resbaladizas. Es importante mantener la resistencia al deslizamiento de las zonas pintadas similar a la de las zonas no pintadas.</p>	<p>El Contratista entregará un informe con los resultados de las mediciones de fricción individuales en toda la longitud de la pista, además de los promedios de los valores medidos en los tramos definidos (de máximo 152 m).</p> <p>No se define un requisito específico para este parámetro. No obstante, cuando se presente una dispersión <math>\geq 10\%</math> entre el mayor valor y el menor valor registrado en el tramo de evaluación definido, se debe investigar y establecer las causas de esta deficiencia. Una alternativa para evaluar este defecto es analizar textura superficial (macrotextura) del pavimento terminado. Lo que se puede realizar con el ensayo del círculo de arena, MC 8.502.14, o el ensayo de la mancha de grasa, Sección 4 del Capítulo 3 de AC150/5320-12C. La Inspección Fiscal definirá que ensayo realizar.</p> <p>Para el primer ensayo, la Inspección Fiscal definirá el requisito a evaluar. Por otra parte, el ensayo de la mancha de grasa se realizará en 3 sectores del área deficiente, definidos por la Inspección Fiscal, y el promedio de las mediciones para pavimentos nuevos debe ser como mínimo 1,14 mm, un valor menor indica una macrotextura deficiente que debe ser corregida.</p> <p>El Contratista debe proponer las acciones a realizar para mejorar la fricción del pavimento, lo que debe ser aprobado por la Inspección Fiscal.</p> <p>Como referencia para que el Inspector Fiscal pueda evaluar si los resultados obtenidos son correctos, según la literatura técnica referente a la medición de fricción en pavimentos aeroportuarios, los valores de fricción pueden estar entre 0,5 y 0,9 (adimensional).</p>

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## 6.5 MUESTREO

Cuando sea solicitado por el IF, el Contratista ensayará cualquier material que parezca diferente del material habitual que se está colocando, a menos que tal material se elimine y sustituya voluntariamente o bien que las deficiencias sean corregidas por el Contratista. Todo el muestreo estará de acuerdo con los procedimientos estándares especificados. Los costos derivados de estos ensayos deberán ser costeados por la empresa contratista y no pueden generar un costo adicional para la Dirección de Aeropuerto

## 6.6 GRÁFICOS DE CONTROL

El Contratista mantendrá gráficos de control tanto para los **valores individuales** y el **rango** (diferencia entre el mayor y menor valor medido) de: granulometría, contenido de asfalto y porcentaje de vacíos del agregado (VAM).

Los gráficos de control estarán en todo momento a disposición de la Inspección Fiscal y se mantendrán continuamente actualizados. Los gráficos de control identificarán al menos el nombre del proyecto, el Contratista, el ensayo, cada uno de los parámetros del ensayo, los límites de acción y suspensión aplicables a cada parámetro y los resultados de los ensayos realizados por el Contratista. El Contratista utilizará los gráficos del control como parte de un sistema de control de sus procesos para identificar problemas potenciales y las causas asignables antes de que éstas ocurran. Si los resultados obtenidos de los ensayos del material indican alguna desviación respecto a los valores admitidos y el Contratista no tomara la acción correctiva apropiada, el IF puede suspender la producción o la aceptación del material.

**a. Medidas Individuales.** Los gráficos de control para las medidas individuales serán establecidos para mantener el control de proceso dentro de las tolerancias admitidas para la granulometría, para el contenido de asfalto y el porcentaje de huecos de los agregados (VAM). Los gráficos de control utilizarán los parámetros definidos para la dosificación de la mezcla de trabajo como indicadores de tendencia para los siguientes ensayos asociados a los límites de acción y suspensión contenidos en la siguiente tabla:

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 6.4 – Límites de control para gráficos de medidas individuales**

Tamiz	Límite de acción	Límite de suspensión
19,0 mm (3/4")	+/-6%	+/-9%
12,5 mm (1/2")	+/-6%	+/-9%
9,5 mm (3/8")	+/-6%	+/-9%
4,75 mm (No. 4)	+/-6%	+/-9%
1,18 mm (No. 16)	+/-5%	+/-7.5%
0,30 mm (No. 50)	+/-4%	+/-4.5%
0,075 mm (No. 200)	+/-2%	+/-3%
Contenido Asfalto	+/-0,45%	+/-0,70%
Mínimo % Huecos agregado mineral (VAM)	-0,5%	-1,0%

**b. Rango.** Los gráficos de control por rango serán establecidos para controlar la variabilidad de la granulometría y el contenido de asfalto en la mezcla. Para cada lote se calculará el rango, para cada parámetro de control, como la diferencia entre los dos resultados del ensayo. Los límites de suspensión especificados abajo se basan en un tamaño de muestra de  $n=2$ . Si el Contratista elige para realizar más de dos ensayos por lote, los límites de la suspensión serán ajustados multiplicando el límite suspensión antes indicado por 1,18 para  $n=3$  y por 1,27 para  $n=4$ .

**Tabla 6.5 – Límites de control para gráficos de rango (Basado en  $n=2$ )**

Tamiz	Límite de suspensión
12,5 mm (1/2")	11%
9,5 mm (3/8")	11%
4,75 mm (No. 4)	11%
1,18 mm (No. 16)	9%
0,30 mm (No. 50)	6%
0,075 mm (No. 200)	3,5%
Contenido Asfalto	0,8%

**c. Acción Correctiva.** El plan de control de calidad indicará que cuando los resultados estén fuera de tolerancia se tomarán las medidas adecuadas. El plan contendrá el conjunto de medidas a tomar cuando el proceso esté fuera de control, así como las medidas concretas a tomar para que éste se recupere.

Como mínimo, un proceso será considerado fuera de los límites de control, y la producción será detenida y se tomarán las medidas correctoras si:

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

1.- Un punto cae fuera de la línea del límite de suspensión para medidas individuales o el rango; o

2.- Dos puntos consecutivos caen fuera del límite de acción para las medidas individuales.

## 6.7 INFORMES DE CONTROL DE CALIDAD

El contratista deberá mantener registros y presentar **informes semanales** de las actividades de control, de acuerdo con la frecuencia definida en el Programa Control de Calidad del mismo, o según lo establecido por el Inspector Fiscal.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## 7 ACEPTACION DEL MATERIAL

### 7.1 TAMAÑO DEL LOTE

Un lote estándar, tanto para el material producido en planta como el puesto en obra, será igual a la producción de un día de la misma dosificación, es decir, en caso de variar la dosificación se considerará como otro material, dividida en sublotes aproximadamente iguales. Cuando la producción del día sea superior a 200 m<sup>3</sup> de material colocado y compactado, en otras palabras, volumen geométrico de la capa asfáltica terminada (superficie en planta multiplicada por el espesor compactado), se considerarán 4 sublotes para evaluar el lote. En el caso que la producción sea de un volumen menor, se pueden incluir los sublotes de esa producción menor en el lote anterior o lote siguiente. Para proyectos con altas tasas de producción diarias iguales o superiores a 600 m<sup>3</sup> (volumen determinado de la misma manera que el volumen de 200 m<sup>3</sup>), el tamaño del lote será de ½ día de producción.

### 7.2 MUESTREO Y ENSAYES DE ACEPTACIÓN

A menos que se especifique lo contrario, todos los muestreos y ensayos necesarios para determinar la conformidad con los requisitos de esta especificación, incluida la extracción de muestras y los ensayos con el perfilógrafo, se llevarán a cabo por el Contratista a su expensa, en presencia del IF o de quién este designe (Asesoría a la IF u otra entidad).

Las muestras se obtendrán de forma aleatoria, en cantidad suficiente para la realización de los ensayos y de acuerdo con los procedimientos contenidos en esta especificación.

### 7.3 ENSAYOS, CONTROLES Y CRITERIOS PARA LA ACEPTACIÓN DEL MATERIAL

La aceptación del material puesto en obra será determinada por la IF, de acuerdo con todos los requisitos contenidos en este párrafo. Si la mezcla asfáltica se coloca en más de una capa, se deben realizar todos los controles de calidad definidos en este punto para todas las capas, con excepción las pruebas de lisura y niveles que sólo se realizan para la capa superficial; en cuanto al espesor se evaluará en relación con el espesor total de proyecto.

El Inspector Fiscal puede, en cualquier momento, a pesar de haber aceptado la mezcla en la planta, rechazar y requerir al Contratista que bote la mezcla asfáltica que se muestre inadecuada para el uso, debido a la contaminación, a la segregación, a capa con falta de agregado, o a una temperatura incorrecta de la mezcla. Tal rechazo se puede basar solamente en inspección visual de la mezcla o medidas de la temperatura. En caso de rechazo el Contratista puede tomar una muestra representativa del material rechazado en presencia del IF, y si pudiera ser demostrado en el laboratorio, en presencia del IF, que tal material fue rechazado erróneamente, el pago será reembolsado según el precio unitario que figure en el Contrato.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

La aceptación se basará en la implementación del Programa de Control de Calidad del Contratista y la evaluación de las siguientes características de la mezcla:

**a) Contenido de vacíos en la mezcla asfáltica en caliente ( $V_a$ ).** Para el control de la mezcla asfáltica en caliente, se evaluará el porcentaje de vacíos en la mezcla para **un mínimo de 3 probetas compactadas por sublote** y las muestras se tomarán del material depositado en camiones en la planta o en el lugar de colocación de manera aleatoria, de acuerdo con las recomendaciones establecidas en MC 8.302.27. Para mantener el material en o por encima de la temperatura de compactación establecida en la mezcla de trabajo, la muestra puede colocarse en una lata de metal cubierta y colocarse en un horno durante un tiempo no inferior a 30 minutos ni mayor a 60 minutos. Se determinará el contenido de vacíos en la mezcla ( $V_a$ ) según la metodología MC 8.302.47, usando para este efecto el resultado obtenido para la Densidad máxima de la mezcla suelta ( $D_{mm}$ ) representativa del lote de los ensayos realizados en el Control de Calidad rutinario de la mezcla asfáltica en caliente. De acuerdo a lo señalado en el punto 6.3 letra (h).

La aceptación del contenido de vacíos de cada lote de mezcla asfáltica en caliente ( $V_a$ ) estará basada en el “Porcentaje de material dentro de los límites de la especificación (PDL)”. Si el PDL del lote iguala o excede un 90%, el lote será aceptado y el pago será determinado de acuerdo al párrafo 8.1 de la presente especificación.

**b) Densidad de la mezcla colocada.** Se tomará **1 testigo de 4” o 6” de diámetro por cada sublote** del material ya colocado y compactado por el Contratista, de acuerdo con MC 8.502.3 (Manual de Carreteras). Los testigos que sean claramente defectuosos, como resultado del muestreo, serán desechados y se tomará otro nuevo. El Contratista proporcionará todas las herramientas, mano de obra y materiales para limpiar y rellenar la perforación en el pavimento. La lechada producida por la operación de extracción de muestras se eliminará inmediatamente después finalizado el procedimiento, y las oquedades causadas por la extracción de testigos serán rellenadas siguiendo algún procedimiento aceptado por la IF en un plazo inferior a un día desde la extracción del testigo.

Las ubicaciones de los testigos serán determinadas por el IF de acuerdo a criterios aleatorios y según las directrices de la norma ASTM D3665. Los testigos para la densidad de la mezcla colocada no deben tomarse a menos de 30 cm de una junta transversal o longitudinal. La densidad de cada testigo se determinará de acuerdo con el método MC 8.302.38. El porcentaje de compactación (densidad) de cada muestra se determinará dividiendo la densidad de cada muestra de sublote por la Densidad máxima de la mezcla suelta ( $D_{mm}$ ) representativa de ese lote, de acuerdo a lo señalado en el punto 6.3 letra (h). Se debe mantener la trazabilidad en la producción de la mezcla asfáltica desde la planta, con el fin de poder definir claramente que  $D_{mm}$  corresponde al sublote representado por cada testigo).

La aceptación de cada lote de material producido en planta para la densidad de la mezcla asfáltica en caliente será basada en el “Porcentaje de material dentro de los límites de la

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

especificación (PDL)”. Si el PDL del lote iguala o excede 90%, el lote será aceptado y el pago será determinado de acuerdo al párrafo 8.1 del presente documento.

**c) Densidad de las juntas.** Se tomará **1 testigo de 5” o 6” de diámetro centrado sobre la junta longitudinal por cada sublote** del material ya colocado y compactado por el Contratista y que tenga una junta longitudinal, de acuerdo con 8.502.3 (Manual de Carreteras). Los testigos que sean claramente defectuosos, como resultado del muestreo, serán desechados y se tomará otro nuevo. El Contratista proporcionará todas las herramientas, mano de obra y materiales para limpiar y rellenar la perforación en el pavimento. La lechada producida por la operación de extracción de muestras se eliminará inmediatamente después finalizado el procedimiento, y las oquedades causadas por la extracción de testigos serán rellenadas siguiendo algún procedimiento aceptado por la IF en un plazo inferior a un día desde la extracción del testigo.

Las localizaciones de los testigos serán determinadas por el IF de manera aleatoria acuerdo con ASTM D3665. La densidad de cada testigo se determinará de acuerdo con el método 8.302.38. El porcentaje de compactación (densidad) de cada muestra se determinará dividiendo la densidad de cada muestra por la Densidad máxima de la mezcla suelta ( $D_{mm}$ ) representativa del lote. Cuando la junta se encuentra entre dos lotes diferentes, la  $D_{mm}$  utilizada para evaluar la densidad de juntas será el valor más bajo entre los promedios de  $D_{mm}$  de los lotes adyacentes.

La aceptación de la densidad de la junta para cada lote será basada en el PDL. Si el PDL del lote es igual o superior al 90%, el lote se considerará aceptable. En caso de que el PDL sea inferior a 90%, el Contratista revisará la razón subyacente y tomará las medidas necesarias para cumplir con el PDL exigido. Si el PDL es inferior a 80%, el Contratista suspenderá las operaciones hasta que se determine la razón para la compactación deficiente. En situaciones donde el PDL sea menor a 71%, se aplicará una reducción del 5% al factor de pago para el lote usado para completar la junta. Este factor de pago del lote se incorporará y evaluará de acuerdo al párrafo 8.1.

**d) Adherencia.** La evaluación de la adherencia de las capas de mezcla asfáltica en caliente se realizará **en los testigos obtenidos para cada sublote para evaluación de la densidad de la mezcla**. Cada capa de material se adherirá a la capa subyacente. Si los testigos revelan que la superficie de contacto entre capas no está adherida, se tomarán testigos adicionales donde lo indique el IF para determinar la extensión de las áreas no adheridas. Las áreas no adheridas se eliminarán mediante fresado y se reemplazarán sin costo adicional para la Dirección de Aeropuertos, según lo indique el IF.

**e) Espesor.** El Contratista deberá evaluar el espesor total de cada faja para garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos en los antecedentes del contrato. Las mediciones de espesor se llevarán a cabo **utilizando los testigos extraídos de cada sublote, los cuales también se utilizan para medir la densidad de la mezcla**. Las mediciones de espesor en cualquier punto podrán ser menores que el espesor total del

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

proyecto en un valor máximo de 6 mm. Se entenderá por espesor total de la carpeta, como la suma de los espesores de las capas combinadas. En caso de incumplimiento de las tolerancias de espesor, el Contratista deberá corregir a su entero costo, mediante la eliminación completa del lote deficiente en su espesor total. No obstante, en casos específicos de construcciones multicapa, la Inspección podrá autorizar que la corrección se realice mediante la eliminación y reposición de la última capa. En estos dos casos se permite que el Contratista, a su propio costo y previa aprobación del Inspector Fiscal, tome muestras adicionales de testigos que pueden ser de un diámetro menor que los exigidos para controlar la densidad de la mezcla (3" por ejemplo), para delimitar el área afectada; esta no podrá ser inferior a un área de 5 metros de longitud por el ancho de la franja pavimentada, asegurando así la integridad y uniformidad de las correcciones realizadas

**f) Niveles y pendientes.** La superficie final terminada de cada lote de pavimento será evaluada de modo de verificar que las elevaciones y los perfiles longitudinales y transversales se ajusten a lo indicado en los planos del Proyecto. Se evaluarán secciones transversales del pavimento a: un mínimo de 15 m de distancia longitudinal, en todos los cambios de elevación y/o pendiente longitudinal, y al inicio y final de cada franja de pavimentación. Como mínimo se medirán los niveles en las secciones transversales ubicados en el eje central y los bordes del pavimento.

Cuando más del 15% de todas las medidas dentro del lote exceden la tolerancia máxima de 12 mm medida verticalmente o cuando alguna medida individual supere en 15 mm verticalmente, el Contratista removerá, a su entero costo, el espesor completo de la zona deficiente y la substituirá por material nuevo. Como alternativa a lo anterior, para las zonas altas que no cumplan con el requisito se autoriza la realización de un cepillado de la superficie según 5.16 de esta especificación técnica, de tal modo que el espesor de la capa cumpla con el espesor proyectado con una tolerancia de -12 mm. En tanto, para las zonas bajas o zonas que no pueden ser reparadas por cepillado, se removerá la zona deficiente, en una superficie aprobada por el IF, a una profundidad mínima del espesor de la capa más 2 cm y se reemplazará con material nuevo. No se permiten fresados parciales.

El pago para los sublotes que no cumplan con el criterio señalado en más de un 25%, es decir, que alcancen menos de un 75% de las elevaciones y los perfiles longitudinales y transversales indicadas en los planos del Proyecto, será como máximo un 95% del valor total.

**g) Rugosidad (Lisura).** Para la medición de la terminación superficial, se podrán emplear dos mecanismos: Perfilógrafo California o Perfilómetro inercial, o regla de 5 m. La determinación del mecanismo a utilizar estará sujeta a lo establecido en la Especificación Técnica Especial (ETE). En casos en los que la ETE no brinde instrucciones específicas, se deberá recurrir a la regla de 5 m como criterio de medición.

En el caso de usar el Perfilógrafo California o el Perfilómetro inercial, la terminación superficial final será evaluada con una medición en toda la longitud del pavimento en el eje

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

central del mismo. Estos equipos se utilizarán cuando se trate de pistas nuevas y/o pistas o calles de rodaje reconstruidas de longitudes mayores a 152 m. Estos equipos no son aplicables a plataformas.

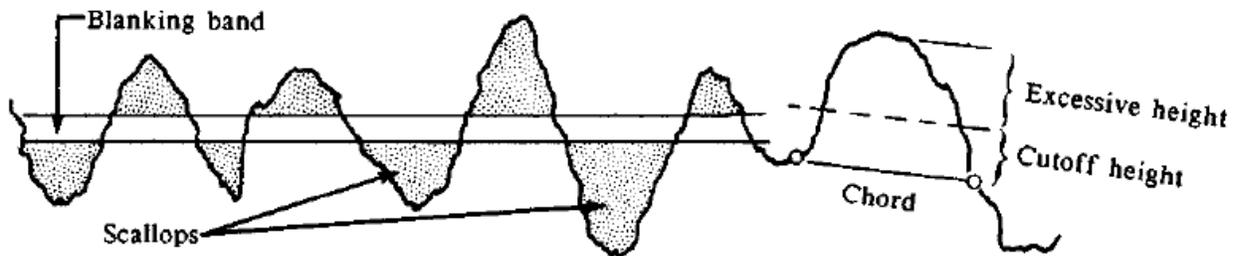
El uso del Perfilógrafo California se realizará según las especificaciones del estándar ASTM E1274 y del documento “California Test 526. Method of test for operation of california highway profilograph and evaluation of profiles”<sup>7</sup>, de Marzo del año 2012, del Departamento de Transporte de California. En tanto, los perfilómetros inerciales cumplirán con las exigencias de ASTM E950. El uso de cualquiera de estos equipos deberá ser evaluado y aprobado por el IF. El uso de perfilógrafos puede no ser aplicable en la práctica para todas las construcciones en asfalto. Recapados delgados y otros sellos superficiales pueden no ser efectivos en el mejoramiento de la regularidad superficial del pavimento existente. Sin embargo, el uso de perfilógrafos es recomendable para nuevas construcciones o recapados diseñados para corregir rasante y deficiencias en la regularidad superficial.

Estos equipos deben calibrarse tanto horizontal como verticalmente según las recomendaciones del fabricante. Estas calibraciones y la repetibilidad del perfilógrafo deben evaluarse antes de su uso en el proyecto, semanalmente durante el uso y, en ocasiones, el IF puede requerir una verificación adicional en función de los resultados obtenidos por el equipo. Se requiere una calibración vertical después de cada cambio de rueda de perfil y cada reensamblaje del perfilógrafo. La presión de aire de la rueda perfilada debe verificarse diariamente para asegurarse de que esté dentro de las recomendaciones del fabricante

Se evalúa el “Índice de Perfil (IP)”<sup>8</sup> que se define como los centímetros en exceso del perfil superficial cada 160 metros sobre una banda de referencia de altura uniforme, con su centro longitudinal posicionado entre los altos y mínimos del registro (cimas y valles) y que equilibra el perfil superficial superior (cima) e inferior (valle), de modo que las cimas y valles queden centrados respecto al perfil, ver Imagen 7.1 a continuación y Figuras 2 y 3 del documento “California Test 526. Method of test for operation of california highway profilograph and evaluation of profiles” para mayor claridad.

<sup>7</sup> El documento se puede obtener en la siguiente dirección web:  
<https://dot.ca.gov/programs/engineering-services/california-test-methods>

<sup>8</sup> El índice de perfil (PI) es un método estadístico utilizado para evaluar la lisura de pavimentos. Tradicionalmente en base a los resultados del perfilógrafo California. También puede calcularse a partir de los datos obtenidos por perfilómetros inerciales. Este parámetro para evaluar la lisura del pavimento terminado no es equivalente al IRI.



**Imagen 7.1** – Perfil superficial registrado con un perfilógrafo. Se aprecia la banda de referencia (Blanking band). Las distancias entre las cimas y valles sobre y bajo esta banda se suman para evaluar el requisito del Índice de Perfil (IP).

El criterio del IP promedio requerido para aceptar la rugosidad del pavimento es que las irregularidades no deben superar 38 cm (15 pulgadas) cada 160 m (0,1 millas), que es equivalente a 2,4 m/km, utilizando una banda de referencia de 5 mm. Los registros se obtendrán a una distancia de 30 cm y 450 cm del eje central del pavimento a cada lado del mismo (derecha e izquierda). Cualquier área que supere este criterio debe ser fresada o cepillada, esto último según 5.16 de esta especificación. El área para fresar o cepillar se limitará a 15 metros cuadrados. Las áreas de más de 15 metros cuadrados serán demolidas o fresadas en todo su espesor y se reemplazará el pavimento de acuerdo con las limitaciones señaladas anteriormente. El contratista deberá asegurar que, después de realizar los trabajos correctivos, el sector intervenido cumpla con los parámetros de aceptación del espesor de la carpeta. En las secciones de pavimento donde se realizó correcciones, se deberá efectuar una segunda pasada del perfilógrafo para verificar que las correcciones han producido un índice de perfil promedio adecuado.

En la situación que no sea aplicable el procedimiento detallado en los párrafos anteriores, se ejecutará la aceptación de la lisura del pavimento terminado a través de mediciones longitudinales y transversales, esta últimas en todo el ancho del pavimento intervenido, con una regla de 5 metros, que deberá ser de aluminio con una sección transversal de 75 mm x 25 mm y 2 mm de espesor. En caso de no ser factible contar con una regla de esa sección, se podrá usar un perfil de mayor altura, lo anterior, sin disminuir el ancho o espesor.

Las mediciones longitudinales se realizarán cada 15 m, paralelas a la línea central del pavimento terminado. En tanto, las mediciones transversales se ejecutarán en todo el ancho pavimentado, en las zonas donde se realizan las medidas longitudinales, es decir, cada 15 m en dirección longitudinal del pavimento, y en dirección perpendicular a la línea central del mismo.

En cada lectura se mide el punto que muestre la mayor separación entre la regla y la superficie del pavimento. En las áreas de transición alabeadas la posición de regla se ajustará para medir la rugosidad de la superficie y no las transiciones de pendientes diseñadas. La transición entre pavimento nuevo y existente se evaluará por separado de acuerdo con lo indicado en los planos del proyecto.

 <b>Dirección de Aeropuertos</b> Ministerio de Obras Públicas Gobierno de Chile	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO          MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Para evaluar la rugosidad con la metodología de la regla de 5 m, se considerarán lotes tal como se definieron en 7.1. Cuando más de un 15% de todas las mediciones en un lote sobrepasen la tolerancia especificada de 6 mm, el Contratista deberá corregir estas deficiencias mediante fresado o cepillado (diamond grinding), este último según el párrafo 5.16, o quitando y reemplazando la capa de material en todo el espesor. No se permitirán parches superficiales. El desbaste superficial debe ejecutarse de tal modo que en todas las direcciones proporcione transiciones suaves con las áreas que no requieren cepillado. Además, dichas áreas estarán sujetas a las tolerancias finales de espesor del pavimento especificadas en el párrafo 7.3.e. El área para fresar se limitará a 15 metros cuadrados. Las aéreas de más de 15 metros cuadrados serán demolidas o fresadas en todo su espesor y se reemplazará el pavimento de acuerdo con las limitaciones señaladas anteriormente.

A continuación, se presenta un resumen de los requisitos para la aceptación de la mezcla asfáltica en caliente.

**Tabla 7.1 – Requisitos y métodos de ensayo para la aceptación de la mezcla asfáltica en caliente.**

Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito aceptación
Contenido de vacíos en la mezcla asfáltica en caliente	Mínimo 3 probetas por sub lote.  Las muestras se tomarán del material depositado en camiones en la planta o en el lugar de colocación de manera aleatoria, de acuerdo con las recomendaciones establecidas en MC 8.302.27.	Se determinará el contenido de vacíos en la mezcla (Va) según la metodología MC 8.302.47 (en base a la Densidad máxima de la mezcla suelta (Dmm) representativa del lote. De acuerdo a lo indicado en el punto 6.3 letra (h).	PDL del lote $\geq$ 90%.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 7.1 – Requisitos y métodos de ensayo para la aceptación de la mezcla asfáltica en caliente (continuación).**

Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito aceptación
Densidad de la mezcla colocada como capa superficial	<p>Se tomará 1 testigo de 4" o 6" de diámetro por cada sublote del material ya colocado y compactado de acuerdo con MC 8.502.3.</p> <p>Los testigos que sean claramente defectuosos, como resultado del muestreo, serán desechados y se tomará otro nuevo.</p>	<p>Las ubicaciones de los testigos serán determinadas por el IF de acuerdo a criterios aleatorios y según las directrices de la norma ASTM D3665.</p> <p>Los testigos no deben tomarse a menos de 30 cm de una junta transversal o longitudinal.</p> <p>La densidad de cada testigo se determinará de acuerdo con MC 8.302.38.</p> <p>El porcentaje de compactación (densidad) de cada muestra se determinará dividiendo la densidad de cada muestra de sublote por la Densidad máxima de la mezcla suelta (Dmm) representativa de ese lote de acuerdo a lo indicado en el punto 6.3 letra (h).</p>	PDL del lote $\geq$ 90%.
Densidad de las juntas de la capa superficial	<p>Se tomará 1 testigo de 5" o 6" de diámetro centrado sobre la junta longitudinal por cada sublote del material ya colocado y compactado por el Contratista y que tenga una junta longitudinal, de acuerdo con 8.502.3 (Manual de Carreteras).</p> <p>Los testigos que sean claramente defectuosos, como resultado del muestreo, serán desechados y se tomará otro nuevo.</p>	<p>Las ubicaciones de los testigos serán determinadas por el IF de acuerdo a criterios aleatorios y según las directrices de la norma ASTM D3665.</p> <p>La densidad de cada testigo se determinará de acuerdo con MC 8.302.38.</p> <p>El porcentaje de compactación (densidad) de cada muestra se determinará dividiendo la densidad de cada muestra por la Densidad máxima de la mezcla suelta (Dmm) representativa del lote. Cuando la junta se encuentre entre dos lotes diferentes, la Dmm utilizada para evaluar la densidad de juntas será el valor más bajo entre los valores de Dmm promedio de los lotes adyacentes.</p>	<p>PDL del lote <math>\geq</math> 90%.</p> <p>Si el PDL &lt; 90%, el Contratista evaluará la razón y actuará en consecuencia para cumplir con el PDL exigido.</p> <p>Si el PDL &lt; 80%, el Contratista cesará las operaciones hasta que la razón para la compactación deficiente haya sido determinada.</p> <p>El factor de pago del lote será incorporado y evaluado de acuerdo al párrafo 8.1.</p>
Adherencia.	La evaluación de la adherencia se realizará para cada testigo obtenido de cada sublote para evaluación de la densidad de la mezcla.	Inspección visual.	Si los testigos revelan (mediante inspección visual) que la superficie de contacto entre capas no está adherida, se tomarán testigos adicionales, donde lo indique el IF, para determinar la extensión de las áreas no adheridas. Estas zonas se eliminarán mediante fresado y se reemplazarán sin costo adicional para la Dirección de Aeropuertos.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 7.1 – Requisitos y métodos de ensayo para la aceptación de la mezcla asfáltica en caliente (continuación).**

Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito aceptación
Espesor	Las mediciones de espesor se realizarán utilizando los testigos extraídos de cada sublote para la medición de la densidad.	MC 8.302.41.	<p>Las mediciones de espesor en cualquier punto podrán ser menores que el espesor total del proyecto en un valor máximo de 6,0 mm. En otras palabras, la diferencia entre el espesor especificado y el valor medido será <math>\leq 6,0</math> mm.</p> <p>Se entenderá por espesor total de la carpeta, como la suma de los espesores de las capas combinadas.</p> <p>En construcciones multicapa, la corrección podrá realizarse mediante la eliminación y reposición de la última capa.</p> <p>En caso de incumplimiento de las tolerancias de espesor, el Contratista deberá corregir a su entero costo, mediante la eliminación completa del lote deficiente en su espesor total.</p> <p>Se permite que el Contratista, a su propio costo y previa aprobación del Inspector Fiscal, tome muestras adicionales de testigos que pueden ser de un diámetro menor que los exigidos para controlar la densidad de la mezcla (3" por ejemplo), para delimitar el área afectada; esta no podrá ser inferior a un área de 5 metros de longitud por el ancho de la franja pavimentada, asegurando así la integridad y uniformidad de las correcciones realizadas</p>

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 7.1 – Requisitos y métodos de ensayo para la aceptación de la mezcla asfáltica en caliente (continuación).**

Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito aceptación
Niveles y pendientes	<p>La superficie final terminada de cada lote de pavimento será evaluada de modo de verificar que las elevaciones y los perfiles longitudinales y transversales se ajusten a lo indicado en los planos del Proyecto.</p> <p>Se evaluarán secciones transversales del pavimento a: un mínimo de 15 m de distancia longitudinal, en todos los cambios de elevación y/o pendiente longitudinal, y al inicio y final de cada franja de pavimentación. Como mínimo se medirán los niveles en las secciones transversales ubicados en el eje central y los bordes del pavimento.</p>	Según lo definido por el Contratista en su Plan de Calidad.	<p>Las elevaciones de los perfiles transversales de cada lote deben cumplir con los dos criterios siguientes:</p> <p>a) Diferencia de nivel de cualquier medición <math>\leq 15</math> mm verticalmente.</p> <p>b) <math>N = \frac{N_{itx}}{N_{it}} \leq 15\%</math></p> <p>Donde:  <math>N_{itx}</math> : cantidad de mediciones que superan la tolerancia máxima (12 mm) respecto al nivel del proyecto.  <math>N_{it}</math> : cantidad total de mediciones del lote.</p> <p>Cuando no se cumplan los criterios anteriores el Contratista removerá, a su entero costo, el espesor completo de la zona deficiente y la substituirá por material nuevo. Como alternativa a lo anterior, se autoriza la realización de un cepillado de la superficie según 5.16 de esta especificación, de tal modo que el espesor de la capa cumpla con el espesor proyectado con una tolerancia de -12 mm. En tanto, para las zonas bajas o zonas que no pueden ser reparadas por cepillado, se removerá la zona deficiente, en una superficie aprobada por el IF, a una profundidad mínima del espesor de la capa más 2 cm y se reemplazará con material nuevo. No se permiten fresados parciales.</p> <p>Pago para los sublotes que no cumplan con el criterio señalado en más de un 25%, es decir, que alcancen menos de un 75% de las elevaciones y los perfiles longitudinales y transversales indicadas en los planos del Proyecto, será como máximo un 95% del valor total.</p>

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 7.1 – Requisitos y métodos de ensayo para la aceptación de la mezcla asfáltica en caliente (continuación).**

Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito aceptación
Rugosidad (Lisura)	<p>El mecanismo a utilizar estará sujeto a lo establecido en la Especificación Técnica Especial (ETE).</p> <p>Evaluación con Perfilógrafo California o Perfilómetro inercial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La terminación superficial final será evaluada <b>en toda la longitud del pavimento a una distancia de 30 cm y 450 cm del eje central del pavimento a cada lado del mismo (derecha e izquierda).</b></li> <li>✓ Estos equipos se utilizarán cuando se trate de pistas nuevas y/o pistas o calles de rodaje reconstruidas de longitudes mayores a 152 m. Estos equipos no son aplicables a plataformas.</li> </ul>	<p>Se podrá evaluar mediante un Perfilógrafo California o Perfilómetro inercial, o con una regla de 5m.</p> <p>En la situación que no sea aplicable el Perfilógrafo California o Perfilómetro inercial, se ejecutará la aceptación de la lisura del pavimento terminado a través de mediciones con una regla de 5 m.</p> <p>Metodología para Perfilógrafo California o Perfilómetro inercial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El uso del perfilógrafo se realizará según las especificaciones del estándar ASTM E1274 y del documento “California Test 526. Method of test for operation of california highway profilograph and evaluation of profiles”, de Marzo del año 2012, del Departamento de Transporte de California. En tanto, los perfilómetros inerciales cumplirán con las exigencias de ASTM E950. El uso de cualquiera de estos equipos deberá ser evaluado y aprobado por el IF.</li> <li>✓ El o los equipos a utilizar deben estar calibrados tanto horizontal como verticalmente según las recomendaciones del fabricante.</li> </ul>	<p>Evaluación con Perfilógrafo California o Perfilómetro inercial.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se evalúa el “Índice de Perfil (IP). Este parámetro para evaluar la lisura del pavimento terminado no es equivalente al IRI.</li> <li>✓ IP promedio <math>\leq 2,4</math> m/km.</li> <li>✓ Cualquier área que supere el criterio de aceptación debe ser fresada o cepillada. El área a fresar o cepillar se limitará a 15 metros cuadrados. Las áreas de más de 15 metros cuadrados serán demolidas o fresadas en todo su espesor y se reemplazará el pavimento.</li> <li>✓ En las secciones de pavimento donde se realizaron correcciones, se deberá efectuar una nueva evaluación para verificar que las correcciones han producido una rugosidad adecuada.</li> </ul>

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 7.1 – Requisitos y métodos de ensayo para la aceptación de la mezcla asfáltica en caliente (continuación).**

Propiedad evaluada	Cantidad de muestras o ensayos	Metodología	Requisito aceptación
Rugosidad (Lisura) (continuación)	Evaluación con regla 5 m:  ✓ Se evalúa por lotes: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 día de trabajo si la producción diaria <math>\geq</math> 200 m<sup>3</sup></li> <li>▪ 1/2 día de trabajo si la producción diaria <math>\geq</math> 600 m<sup>3</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Metodología para regla de 5 m:</li> <li>✓ Longitudinalmente: mediciones paralelas al eje central del pavimento cada 15m.</li> <li>✓ Transversalmente: mediciones en todo el ancho del pavimento cada 15m.</li> <li>✓ La irregularidad de la superficie se determinará colocando la regla en la superficie del pavimento y dejándola descansar sobre los dos puntos más altos cubiertos por su longitud, y midiendo el espacio máximo entre la regla y la superficie del pavimento en el área entre los dos puntos altos.</li> <li>✓ En las áreas de transición alabeadas la posición de regla se ajustará para medir la rugosidad de la superficie y no las transiciones de pendientes diseñadas. La transición entre pavimento nuevo y existente se evaluará por separado de acuerdo con lo indicado en los planos del proyecto.</li> </ul>	Evaluación con regla de 5 m:  ✓ La superficie final terminada del pavimento debe cumplir:  $L = \frac{L_{lix} + L_{litx}}{L_{li} + L_{lit}} \leq 15\% \text{ del lote}$ <p>Donde:  <math>L_{lix}</math>: lecturas de lisura longitudinal de un lote que no cumplen el criterio especificado (6 mm).  <math>L_{litx}</math>: lecturas de lisura transversal de un lote que no cumplen el criterio especificado (6 mm)  <math>L_{li} + L_{lit}</math>: total de lecturas realizadas en el lote (transversales y longitudinales).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cualquier área que supere el criterio de aceptación debe ser fresada o cepillada. El área a fresar o cepillar se limitará a 15 metros cuadrados. Las áreas de más de 15 metros cuadrados serán demolidas o fresadas en todo su espesor y se reemplazará el pavimento. No se permitirán parches superficiales.</li> <li>✓ En las secciones de pavimento donde se realizaron correcciones, se deberá efectuar una nueva evaluación para verificar que las correcciones han producido una rugosidad adecuada.</li> </ul>

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

#### 7.4 PORCENTAJE DE MATERIAL DENTRO DE LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN (PDL).

El porcentaje de material dentro de los límites de especificación (PDL) se determinará de conformidad con los procedimientos establecidos en el Anexo 1 de estas especificaciones. Los límites inferiores (L) y superiores (U) de tolerancia de la especificación están contenidos en la Tabla 7.2.

**Tabla 7.2 – Límites de aceptación de los parámetros evaluados en la mezcla asfáltica en caliente**

Parámetro	Límite especificado	
	L	U
Total de vacíos en la mezcla (%)	2,0	5,0
Densidad de la mezcla colocada como capa superficial (%)	92,8	-
Densidad de mezcla asfáltica usada como capa de base (%)	92,0	-
Densidad de las juntas en la capa superficial (%)	90,5	-

**a. Valores extremos.** Todos los ensayos individuales para la densidad (del material colocado y en las juntas) y el contenido de vacíos de aire, serán evaluados para encontrar valores extremos (resultados que parecen desviarse notablemente del valor de otros miembros de la muestra a la que pertenece), según lo indicado en 7.5.c en base a lo establecido en el estándar ASTM E 178, con un nivel de significancia del 5% (Nivel de confianza 95%). Los valores extremos se descartarán y el PDL se determinará según los valores de ensayo restantes.

Los criterios de evaluación en la Tabla 7.2 están basados en un proceso de producción que tiene una variabilidad con las siguientes desviaciones estándar:

- Densidad Carpeta de Rodado 1,30%.
- Densidad capa de Base 1,55%.
- Densidad de la Junta 1,55%.

El Contratista deberá notar que:

- (1) PDL = 90 se alcanza cuando se produce consistentemente una carpeta de rodado con una densidad promedio de al menos 94,5% con 1,30% o menos de variabilidad.
- (2) PDL = 90, se alcanza cuando se produce consistentemente una capa de base una densidad promedio de al menos 94,0% con 1,55% o menos de variabilidad, y
- (3) PDL = 90, se alcanza cuando se produce consistentemente juntas con una densidad promedio de al menos 92,5% con 1,55% o menos de variabilidad.

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## 7.5 REMUESTREO DEL PAVIMENTO PARA DENSIDAD DEL MATERIAL

### a) Generalidades.

El remuestreo de un lote de pavimento sólo será permitido para la densidad de la capa superficial, no para la densidad de las juntas, si la petición del Contratista se realiza por escrito, en el plazo de 48 horas después de recibir la notificación por parte del IF del incumplimiento de la densidad. El remuestreo consistirá en la repetición de todos los ensayos contenidos en los párrafos 7.3.b, 7.3.c, 7.3.d y 7.3.e. Solamente se permitirá un remuestreo por lote.

1. Un nuevo valor del PDL será calculado para el lote remuestreado. Se considerará la inclusión de un quinto sublote mediante el remuestreo. Este se incorporará a los resultados obtenidos inicialmente para el lote en estudio. Es decir, el número de ensayos para el cálculo del nuevo PDL incluirá los ensayos iniciales, hechos para el lote más los del remuestreo.
2. El costo del remuestreo será asumido por el Contratista.
3. Una vez autorizado el remuestreo, el nuevo valor de PDL prevalecerá sobre el valor anterior, sin posibilidad de retracto.

**b) Pago de los lotes remuestreados.** El PDL redefinido para un lote remuestreado se usará para calcular el pago del lote de acuerdo con la Tabla 8.1.

### c) Valores extremos.

Existen una serie de criterios para evaluar valores atípicos en un grupo de resultados de un ensayo. En todos ellos, el resultado dudoso se incluye en el cálculo de un valor numérico denominado “criterio muestral” (o estadístico), que luego se compara con un “valor crítico” basado en la teoría de muestreo aleatorio, para determinar si la observación dudosa debe conservarse o rechazarse. El valor crítico es un valor que sería superado por azar con alguna probabilidad específica (pequeña), bajo el supuesto que todas las observaciones constituyeron una muestra aleatoria de un sistema común, una misma población, distribución o universo muestral. Esta pequeña probabilidad es llamada “nivel de significancia” y puede ser considerada como el riesgo de rechazar erróneamente una buena observación. Por tanto, si existe un cambio en el valor de una observación que surge de causas no aleatorias (error humano, pérdida de calibración de instrumento, cambio de instrumento de medida, etc), entonces el valor observado del criterio muestral utilizado excedería el valor crítico basado en la teoría del muestreo aleatorio. Cabe señalar que casi todos los criterios para los valores atípicos se basan en una distribución normal (gaussiana) de la población.

En este caso, los resultados de los ensayos de densidad de la capa superficial serán evaluados para encontrar valores extremos (resultados que parecen desviarse notablemente del valor de otros miembros de la muestra a la que pertenece), de acuerdo con la norma ASTM E 178, con un nivel de significancia del 5% (Nivel de confianza 95%).

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Los valores extremos se descartarán y el PDL se determinará según los valores de ensayo restantes.

Para este procedimiento, se realiza lo siguiente:

- a) Se ordenan los datos en orden ascendente de modo que:  $d_1 \leq d_2 \leq d_3 \leq \dots \leq d_n$
- b) A continuación, se calcula el promedio aritmético de la densidad (D) y la desviación estándar ( $S_n$ ) de los datos de densidad dentro del lote, usando las fórmulas siguientes:

$$D = \frac{(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n)}{n}$$

$$S_n = \sqrt{\frac{[(d_1 - D)^2 + (d_2 - D)^2 + (d_3 - D)^2 + \dots + (d_n - D)^2]}{(n - 1)}}$$

Dónde:

D : promedio aritmético de la densidad del lote, en base a todos los valores obtenidos dentro del lote.

$S_n$  : desviación estándar de los valores de densidad obtenidos dentro de un lote.

$d_1, d_2, \dots, d_n$  : valores individuales de densidad obtenidos.

n : número de resultados de ensayos de densidad dentro del lote.

- c) Luego, desde la siguiente tabla, extraída de ASTM E178, se obtiene el valor del estadístico que se usará para determinar los resultados extremos para el número de resultados de densidad del lote (n) y un nivel de significancia de 5% por ciento superior. Por ejemplo, en el caso de  $n=4$  el valor crítico para usar como criterio de evaluación es 1,463.

**Tabla 7.3 – Valores críticos para distintas cantidades de datos y un nivel de significancia de un 5% (ASTM E178)**

Cantidad de datos	Valor crítico para un nivel de significancia de 5%
3	1,153
4	1,463
5	1,672
6	1,822
7	1,938

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

- d) Luego, para los valores ( $d_i$ ) mayores que el promedio ( $D$ ), se calcula el estadístico para comparar con el valor crítico mediante la siguiente ecuación:

$$T_i = \frac{(d_i - D)}{S_n}$$

En caso contrario, cuando los valores sean ( $d_i$ ) menores que el promedio ( $D$ ), se calcula el estadístico para comparar con el valor crítico mediante la siguiente ecuación:

$$T_i = \frac{(D - d_i)}{S_n}$$

- e) Finalmente, si el estadístico ( $T_i$ ) es menor que el valor crítico, entonces ese dato no es considerado un resultado extremo. Y en el caso que el estadístico sea mayor que el valor crítico, entonces ese dato si es un dato extremo y se debe eliminar.

## 7.6 CAPA DE NIVELACIÓN

Se define como “Capa de nivelación” a cualquier capa empleada para enrasar, nivelar y corregir irregularidades superficiales antes de la colocación de las capas definitivas. El espesor máximo de esta capa no deberá exceder 3 veces el tamaño máximo absoluto del árido. Los requisitos que debe cumplir son los siguientes:

- La sección 4.3.
- Los vacíos en la mezcla según las secciones 7.3.a.
- No estará sujeta a los requisitos de densidad de las secciones 7.3.b y 7.3.c.
- Debe ser compactada con la misma metodología utilizada para obtener la densidad de la franja (cancha) de prueba.
- Se utilizarán solamente en caso de que sea necesario reestablecer la sección transversal correcta antes del recapado.
- Las áreas que requieran capa de nivelación deberán estar identificadas en los planos del proyecto, o indicadas por la Inspección Fiscal, de acuerdo a las condiciones de terreno.

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## 8 BASES DE PAGO

### 8.1 PAGO

El pago para un lote aceptado de mezcla asfáltica en caliente, que cumpla con todos los requerimientos establecidos en la sección 7.3, deberá hacerse basado en los ensayos para densidad de la mezcla colocada y el contenido de huecos (vacíos) en la mezcla. Los pagos para los lotes aceptados serán ajustados de acuerdo a lo indicado a continuación, sujeto a las siguientes limitaciones:

- a) El pago total durante el proyecto para el pavimento asfáltico no excederá el 100% del producto entre el precio unitario del contrato por el número de toneladas (o metros cúbicos) de mezcla asfáltica aceptada.
- b) El precio será la compensación por el suministro de todos los materiales, la preparación, mezclado y colocación de estos materiales, junto con toda la mano de obra, equipos, herramientas, y adicionales necesarios para completar el ítem.
- c) **Bases de Ajuste del Pago.** El factor de pago de cada lote en particular se calculará de acuerdo con la Tabla 8.1. Se calculará **un** factor de pago para la densidad de la mezcla colocada y para el porcentaje de vacíos de aire de la siguiente manera:
  - El factor de pago del lote será el mayor de los dos valores cuando estos factores sean iguales o mayores a 100%, pero no será superior a 100.
  - El factor de pago será el menor de los dos valores cuando cualquiera de estos factores de pago sea menor o igual a 100%.

En el caso de la densidad de la junta, el factor de pago del lote será incorporado y evaluado de acuerdo a la tabla 8.1.

En el caso de la evaluación de niveles y pendientes, los criterios se detallan en el párrafo 7.3.f y el pago por sublotes que no cumplan por más del 25% con esos criterios, luego de las correcciones realizadas a la deficiencia detectada, se reducirá en un 5%.

Para cada lote aceptado, el precio de pago será el producto del factor para pago del lote (expresado en fracción) según la Tabla 8.1, por el precio unitario del contrato. Los pagos deberán cumplir con las limitaciones de pago total del proyecto especificadas en las secciones 8.1.a.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

**Tabla 8.1 – Factores de pago en función de la aceptación de los lotes**

Porcentaje de material Dentro de Límites Especificados (PDL)	Factor para Pago del Lote (porcentaje del precio unitario de contrato)
90-99	1,0
75-89	$(0,5 \text{ PDL} + 55) / 100$
55-74	$(1,4 \text{ PDL} - 12) / 100$
Debajo de 55	Rechazo <sup>1</sup>

<sup>1</sup> El lote deberá ser removido y reemplazado. Sin embargo, el IF puede decidir la no remoción del lote. En este caso, si el IF y el contratista acuerdan por escrito que el lote no será removido, este será pagado considerando un factor de pago de 50% del precio unitario del contrato y el pago total del proyecto será reducido en una cantidad igual a lo rebajado por el lote rechazado.

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## 9 NORMAS Y METODOLOGÍA DE ENSAYO APLICABLES A ESTA ESPECIFICACIÓN

Identificación	Norma
Manual de Carreteras - Volumen 8	
8.102.2	Suelos: método para determinar el contenido de humedad
8.102.3	Suelos: método para determinar el límite líquido
8.102.4	Suelos: método para determinar el límite plástico
8.202.1	Agregados pétreos: método para extraer y preparar muestras
8.202.3	Agregados pétreos: método para tamizar y determinar la granulometría
8.202.4	Agregados pétreos: método para determinar el material fino menor que 0,080 mm
8.202.5	Agregados pétreos: método para determinar la granulometría del filler
8.202.6	Agregados pétreos: método para determinar la cubicidad de las partículas
8.202.11	Agregados pétreos: método para determinar el desgaste mediante la máquina de Los Angeles
8.202.16	Agregados pétreos: método para determinar el contenido de partículas desmenuzables
8.202.17	Agregados pétreos: método de los sulfatos para determinar la desintegración
8.202.20	Agregados pétreos: método para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en pétreos gruesos
8.202.21	Agregados pétreos: método para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en pétreos finos
8.302.1	Asfaltos: método de muestreo
8.302.6	Asfaltos: método de ensaye para determinar la resistencia al daño por humedad en mezclas asfálticas (TSR).
8.302.11	Asfaltos: método para determinar la solubilidad en solventes orgánicos
8.302.27	Asfaltos: método de muestreo de mezclas
8.302.28	Asfaltos: método para análisis granulométrico de agregados provenientes de extracción
8.302.36	Asfaltos: método para separar el cemento de una mezcla asfáltica o testigo, por centrifugación, para posterior ensaye de recuperación del cemento asfáltico
8.302.37	Asfaltos: método para determinar la densidad máxima de mezclas asfálticas sin compactar
8.302.38	Asfaltos: método para determinar la densidad real de mezclas asfálticas compactadas
8.302.39	Asfaltos: método para determinar la humedad o volátiles en mezclas asfálticas

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Identificación	Norma
8.302.40	Asfaltos: método para determinar la resistencia a la deformación plástica de mezclas asfálticas utilizando el aparato Marshall
8.302.47	Asfaltos: método de diseño Marshall
8.302.56	Asfaltos: método para determinar el contenido de asfalto por ignición
8.502.3	Auscultaciones y prospecciones: método de extracción de testigos.
8.502.9	Auscultaciones y prospecciones: método nuclear para determinar in situ la densidad de capas asfálticas
Instituto Nacional de Normalización (INN)	
NCh 1325-2010	Áridos - Determinación del equivalente de arena en suelos y áridos finos
NCh 1517/1	Mecánica de suelos - límites de consistencia - parte 1: determinación del límite líquido
NCh 1517/2	Mecánica de suelos - límites de consistencia - parte 2: determinación del límite plástico
NCh-ISO 17025	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración
American Society for Testing and Materials (ASTM)	
ASTM C183	Standard Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement
ASTM D 242	Standard Specification for Mineral Filler for Asphalt Mixtures
ASTM D1073	Standard Specification for Fine Aggregate for Asphalt Paving Mixtures
ASTM D2042	Standard Test Method for Solubility of Asphalt Materials in Trichloroethylene or Toluene
ASTM D 2489	Standard Practice for Estimating Degree of Particle Coating of Bituminous-Aggregate Mixtures
ASTM D 3665	Standard Practice for Random Sampling of Construction Materials
ASTM E178	Standard Practice for Dealing With Outlying Observations
ASTM E950	Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference
ASTM E1274	Standard Test Method for Measuring Pavement Roughness Using a Profilograph
ASTM E2133	Standard Test Method for Using a Rolling Inclinator to Measure Longitudinal and Transverse Profiles of a Traveled Surface
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	
M 156	Standard Specification for Requirements for Mixing Plants for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures
T 44	Standard Method of Test for Solubility of Bituminous Materials

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Identificación	Norma
T 324	Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Asphalt Mixtures
T 350	Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## **ANEXO 1: MÉTODO DE ESTIMACIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL QUE SE ENCUENTRA DENTRO DE LOS LÍMITES DE LAS ESPECIFICACIONES (PDL)**

Cuando las especificaciones requieran para la aceptación de material el método de estimación del porcentaje de material dentro de los límites de especificación (PDL), el PDL se determinará de acuerdo con esta sección. Todos los resultados de las pruebas de un lote se analizarán estadísticamente para determinar el porcentaje total estimado del lote que se encuentra dentro de los límites de especificación. El PDL se calcula utilizando el promedio ( $X$ ) y la desviación estándar de la muestra ( $S_n$ ) para un número especificado ( $n$ ) de sublotes, para el lote y los límites de tolerancia de especificación,  $L$  para el límite inferior y  $U$  para el superior, para el parámetro de aceptación particular. A partir de estos valores, se calcula el índice de calidad respectivo,  $QL$  para el índice de calidad inferior y/o  $QU$  para el índice de calidad superior, y el PDL para el lote para el  $n$  especificado se determina a partir de la Tabla A1. Todos los límites de especificación especificados en las secciones técnicas deben ser valores absolutos. Los resultados de la prueba utilizados en los cálculos deberán corresponder a la cifra significativa dada en el procedimiento de ensayo.

La secuencia de cálculo para el PDL es la siguiente:

- a. Divida el lote en "n" sublotes de acuerdo con los requisitos de aceptación de la especificación.
- b. Definas las ubicaciones aleatorias para el muestreo de los materiales dentro del sublote de acuerdo a los requisitos de la especificación.
- c. Realizar los ensayos en cada localización.
- d. Calcule el promedio de la mezcla ( $X$ ) para todos los valores del sublote dentro del lote, usando la fórmula siguiente:

$$X = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n}$$

Dónde:

$X$  : promedio de la muestra para todos los valores de ensayo del sublote dentro de un lote.

$x_1, x_2, \dots, x_n$  : valores individuales de ensayo del sublote.

$n$  : número de resultados de ensayos del sublote

- e. Encuentre la desviación de estándar de la muestra por medio de la fórmula siguiente:

$$S_n = \sqrt{\frac{(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2)}{(n - 1)}}$$

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

$$d_1 = (x_1 - X); d_2 = (x_2 - X); \dots; d_n = (x_n - X)$$

Dónde:

- $S_n$  : desviación estándar de la muestra para n resultados de ensayo de sublote.  
 $d_1, d_2, \dots, d_n$  : desviaciones estándar de cada resultado de ensayo del sublote respecto al valor promedio (X).  
 n : número de ensayos del sublote.

- f. Para aquellos casos en que sólo se considere un límite inferior (es decir, L solamente), calcule el índice QL por medio de la fórmula siguiente:

$$QL = \frac{(X - L)}{S_n}$$

Dónde:

$L_n$  : límite de tolerancia inferior de la especificación.

Estime el porcentaje de material dentro de los límites (PDL) entrando en la tabla A1 con QL, usando la columna apropiada al número total (n) de medidas. Si el valor de QL sale de los valores mostrados en la tabla, utilice el valor más alto siguiente de PDL.

- g. Para los casos con límites superior e inferior considerados en las especificaciones (es decir L y U), se calculan los índices QL y QU de calidad por medio de las fórmulas siguientes:

$$QL = \frac{(X - L)}{S_n} \quad QU = \frac{(U - X)}{S_n}$$

Dónde:

L y U : Límites inferiores y superiores de tolerancia de la especificación.

Estime el porcentaje del material entre los límites de tolerancia inferior (L) y superior (U) entrando en la tabla A1 por separado con QL y el QU, usando la columna apropiada al número total (n) de medidas, y determinando los porcentajes de material sobre dentro de los límites PL y PU para cada límite de tolerancia. Si los valores de QL bajan de los valores mostrados en la tabla, utilice el valor más alto siguiente del PL o del PU.

Determine el PDL por medio de la siguiente fórmula:

$$PDL = (PU + PL) - 100$$

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

Dónde:

PL : Porcentaje dentro del límite inferior de la especificación.

PU : Porcentaje dentro del límite superior de la especificación.

## EJEMPLO DE CÁLCULO DE PDL

**Proyecto:** Proyecto Ejemplo

**Ítem de ensayo:** Ítem P-401, Lote A.

### A. Determinación del PDL para densidad de la carpeta.

1. Densidad de cuatro testigos aleatorios tomados del Lote A.

$$A-1 = 96,60$$

$$A-2 = 97,55$$

$$A-3 = 99,30$$

$$A-4 = 98,35$$

$$n = 4$$

2. Cálculo de la densidad promedio para el lote.

$$X = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n$$

$$X = (96,60 + 97,55 + 99,30 + 98,35) / 4$$

$$X = 97,95 \text{ por ciento de densidad}$$

3. Cálculo de la desviación estándar  $S_n$  para el lote.

$$S_n = [((96,60 - 97,95)^2 + (97,55 - 97,95)^2 + (99,30 - 97,95)^2 + (98,35 - 97,95)^2) / (4 - 1)]^{1/2}$$

$$S_n = [(1,82 + 0,16 + 1,82 + 0,16) / 3]^{1/2}$$

$$S_n = 1,15$$

4. Cálculo del índice de baja calidad  $Q_L$  para el lote (Supongamos un límite de tolerancia inferior  $L=96,3$ ).

$$Q_L = (X - L) / S_n$$

$$Q_L = (97,95 - 96,30) / 1,15$$

$$Q_L = 1,4348$$

5. Determinación del PDL entrando en la tabla A.1 con  $Q_L = 1,44$  y  $n = 4$ .

$$PDL = 98$$

### B. Determinación del PDL para huecos en la mezcla.

1. Huecos en cuatro muestras aleatorias tomadas del lote A.

$$A-1 = 5,00$$

$$A-2 = 3,74$$

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

$$A-3 = 2,30$$

$$A-4 = 3,25$$

2. Cálculo de los huecos promedio para el lote.

$$X = (x_1 + x_2 + x_3 \dots n) / n$$

$$X = (5,00 + 3,74 + 2,30 + 3,25) / 4$$

$$X = 3,57 \%$$

3. Calculo de la desviación estándar  $S_n$  par el lote.

$$S_n = [((3,57 - 5,00)^2 + (3,57 - 3,74)^2 + (3,57 - 2,30)^2 + (3,57 - 3,25)^2) / (4 - 1)]^{1/2}$$

$$S_n = [(2,04 + 0,03 + 1,62 + 0,10) / 3]^{1/2}$$

$$S_n = 1,12$$

4. Cálculo del índice de baja calidad  $Q_L$  para el lote. ( $L = 2,0$ )

$$Q_L = (X - L) / S_n$$

$$Q_L = (3,57 - 2,00) / 1,12$$

$$Q_L = 1,3992$$

5. Determinación de  $P_L$  entrando en tabla A.1 con  $Q_L = 1,41$  y  $n = 4$ .

$$P_L = 97$$

6. Cálculo del índice de alta calidad  $Q_U$  para el lote ( $U = 5,0$ ).

$$Q_U = (U - X) / S_n$$

$$Q_U = (5,00 - 3,57) / 1,12$$

$$Q_U = 1,2702$$

7. Determinación de  $P_U$  entrando en tabla A.1 con  $Q_U = 1,29$  y  $n = 4$ .

$$P_U = 93$$

8. Calculo del PDL de los huecos.

$$PDL = (P_L + P_U) - 100$$

$$PDL = (97 + 93) - 100 = 90$$

	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## EJEMPLO DE CÁLCULO DE VALORES EXTREMOS (REFERENCIA ASTM E 178)

**Proyecto:** Proyecto Ejemplo

**Ítem de ensayo:** Ítem P-401, Lote A.

### A. Determinación de valor extremo para Densidad de la Carpeta.

1. Densidad de cuatro testigos aleatorios tomados del lote A, en orden descendente.

A-3 = 99,30

A-4 = 98,35

A-2 = 97,55

A-1 = 96,60

2. Desde la Tabla 1 de ASTM E178, para  $n=4$  y nivel de significancia 5% por ciento superior para encontrar el valor crítico del criterio de ensayo = 1,463.

3. Usar densidad promedio, desviación estándar y valor del criterio de ensayo para evaluar las mediciones de densidad.

a. Para mediciones mayores que el promedio:

Si  $(\text{medición} - \text{promedio}) / (\text{desviación estándar})$  es menor que el criterio de ensayo, entonces la medición no es considerada un datos extremo.

Para A-3, verifico si  $(99,30 - 97,95) / 1,15$  es mayor que 1,463.

Como 1,174 es menor que 1,463, el valor no es dato extremo.

b. Para mediciones menores que el promedio:

Si  $(\text{promedio} - \text{medición}) / (\text{desviación estándar})$  es menor que el criterio de ensayo, entonces la medición no es considerada un dato extremo.

Para A-1, verifico si  $(97,95 - 96,60) / 1,15$  es mayor que 1,463.

Como 1,135 es menor que 1,463, el valor no es dato extremo.

NOTA: En este ejemplo, una medida sería considerada dato extremo si la densidad fuera:

Mayor que  $(97,95 + 1,463 \times 1,15) = 99,63 \%$

o

Menor que  $(97,95 - 1,463 \times 1,15) = 96,27 \%$ .

**ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO  
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**  
(Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018)  
(ítem P-401)

DEPARTAMENTO DE  
CONSTRUCCIÓN  
DAP

JULIO 2024

VERSION 1

**TABLA A1**  
**PORCENTAJE ESTIMADO DENTRO DE LOS LIMITES (PDL)**  
**(Q Positivos)**

Porcentaje entre Límites (PL y PU)	Valores Positivos de Q (QL y QU)					
	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8
99	1,1541	1,4700	1,6714	1,8008	1,8888	1,9520
98	1,1524	1,4400	1,6016	1,6982	1,7612	1,8053
97	1,1496	1,4100	1,5427	1,6181	1,6661	1,6993
96	1,1456	1,3800	1,4897	1,5497	1,5871	1,6127
95	1,1405	1,3500	1,4407	1,4887	1,5181	1,5381
94	1,1342	1,3200	1,3946	1,4329	1,4561	1,4716
93	1,1269	1,2900	1,3508	1,3810	1,3991	1,4112
92	1,1184	1,2600	1,3088	1,3323	1,3461	1,3554
91	1,1089	1,2300	1,2683	1,2860	1,2964	1,3032
90	1,0982	1,2000	1,2290	1,2419	1,2492	1,2541
89	1,0864	1,1700	1,1909	1,1995	1,2043	1,2075
88	1,0736	1,1400	1,1537	1,1587	1,1613	1,1630
87	1,0597	1,1100	1,1173	1,1191	1,1199	1,1204
86	1,0448	1,0800	1,0817	1,0808	1,0800	1,0794
85	1,0288	1,0500	1,0467	1,0435	1,0413	1,0399
84	1,0119	1,0200	1,0124	1,0071	1,0037	1,0015
83	0,9939	0,9900	0,9785	0,9715	0,9672	0,9643
82	0,9749	0,9600	0,9452	0,9367	0,9325	0,9281
81	0,9550	0,9300	0,9123	0,9025	0,8966	0,8928
80	0,9342	0,9000	0,8799	0,8690	0,8625	0,8583
79	0,9124	0,8700	0,8478	0,8360	0,8291	0,8245
78	0,8897	0,8400	0,8160	0,8036	0,7962	0,7915
77	0,8662	0,8100	0,7846	0,7716	0,7640	0,7590
76	0,8417	0,7800	0,7535	0,7401	0,7322	0,7271
75	0,8165	0,7500	0,7226	0,7089	0,7009	0,6958
74	0,7904	0,7200	0,6921	0,6781	0,6701	0,6649
73	0,7636	0,6900	0,6617	0,6477	0,6396	0,6344
72	0,7360	0,6600	0,6316	0,6176	0,6095	0,6044
71	0,7077	0,6300	0,6016	0,5878	0,5798	0,5747
70	0,6787	0,6000	0,5719	0,5583	0,5504	0,5454
69	0,6490	0,5700	0,5423	0,5290	0,5213	0,5164
68	0,6187	0,5400	0,5129	0,4999	0,4924	0,4877
67	0,5878	0,5100	0,4836	0,4710	0,4638	0,4592
66	0,5563	0,4800	0,4545	0,4424	0,4354	0,4310
65	0,5242	0,4500	0,4255	0,4139	0,4073	0,4031
64	0,4916	0,4200	0,3967	0,3856	0,3793	0,3753
63	0,4586	0,3900	0,3679	0,3575	0,3515	0,3477
62	0,4251	0,3600	0,3392	0,3295	0,3239	0,3203
61	0,3911	0,3300	0,3107	0,3016	0,2964	0,2931
60	0,3568	0,3000	0,2822	0,2738	0,2691	0,2660
59	0,3222	0,2700	0,2537	0,2461	0,2418	0,2391
58	0,2872	0,2400	0,2254	0,2186	0,2147	0,2122
57	0,2519	0,2100	0,1971	0,1911	0,1877	0,1855
56	0,2164	0,1800	0,1688	0,1636	0,1607	0,1592
55	0,1806	0,1500	0,1408	0,1363	0,1338	0,1322
54	0,1447	0,1200	0,1125	0,1090	0,1070	0,1057
53	0,1087	0,0900	0,0843	0,0817	0,0802	0,0792
52	0,0725	0,0600	0,0562	0,0544	0,0534	0,0528
51	0,0363	0,0300	0,0281	0,0272	0,0267	0,0264
50	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fuente: Elaboración Propia

**ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO  
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**  
(Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018)  
(ítem P-401)

DEPARTAMENTO DE  
CONSTRUCCIÓN  
DAP

JULIO 2024

VERSION 1

**TABLA A1(continuación)  
PARA PORCENTAJE ESTIMADO DENTRO DE LOS LIMITES (PDL)  
(Q Negativos)**

Porcentaje entre Límites (PL y PU)	Valores Negativos de Q (QL and QU)					
	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8
49	-0,0363	-0,0300	-0,0281	-0,0272	-0,0267	-0,0264
48	-0,0725	-0,0600	-0,0562	-0,0544	-0,0534	-0,0528
47	-0,1087	-0,0900	-0,0843	-0,0817	-0,0802	-0,0792
46	-0,1447	-0,1200	-0,1125	-0,1090	-0,1070	-0,1057
45	-0,1806	-0,1500	-0,1408	-0,1363	-0,1338	-0,1322
44	-0,2164	-0,1800	-0,1688	-0,1636	-0,1607	-0,1592
43	-0,2519	-0,2100	-0,1971	-0,1911	-0,1877	-0,1855
42	-0,2872	-0,2400	-0,2254	-0,2186	-0,2147	-0,2122
41	-0,3222	-0,2700	-0,2537	-0,2461	-0,2418	-0,2391
40	-0,3568	-0,3000	-0,2822	-0,2738	-0,2691	-0,2660
39	-0,3911	-0,3300	-0,3107	-0,3016	-0,2964	-0,2931
38	-0,4251	-0,3600	-0,3392	-0,3295	-0,3239	-0,3203
37	-0,4586	-0,3900	-0,3679	-0,3575	-0,3515	-0,3477
36	-0,4916	-0,4200	-0,3967	-0,3856	-0,3793	-0,3753
35	-0,5242	-0,4500	-0,4255	-0,4139	-0,4073	-0,4031
34	-0,5563	-0,4800	-0,4545	-0,4424	-0,4354	-0,4310
33	-0,5878	-0,5100	-0,4836	-0,4710	-0,4638	-0,4592
32	-0,6187	-0,5400	-0,5129	-0,4999	-0,4924	-0,4877
31	-0,6490	-0,5700	-0,5423	-0,5290	-0,5213	-0,5164
30	-0,6787	-0,6000	-0,5719	-0,5583	-0,5504	-0,5454
29	-0,7077	-0,6300	-0,6016	-0,5878	-0,5798	-0,5747
28	-0,7360	-0,6600	-0,6316	-0,6176	-0,6095	-0,6044
27	-0,7636	-0,6900	-0,6617	-0,6477	-0,6396	-0,6344
26	-0,7904	-0,7200	-0,6921	-0,6781	-0,6701	-0,6649
25	-0,8165	-0,7500	-0,7226	-0,7089	-0,7009	-0,6958
24	-0,8417	-0,7800	-0,7535	-0,7401	-0,7322	-0,7271
23	-0,8662	-0,8100	-0,7846	-0,7716	-0,7640	-0,7590
22	-0,8897	-0,8400	-0,8160	-0,8036	-0,7962	-0,7915
21	-0,9124	-0,8700	-0,8478	-0,8360	-0,8291	-0,8245
20	-0,9342	-0,9000	-0,8799	-0,8690	-0,8625	-0,8583
19	-0,9550	-0,9300	-0,9123	-0,9025	-0,8966	-0,8928
18	-0,9749	-0,9600	-0,9452	-0,9367	-0,9325	-0,9281
17	-0,9939	-0,9900	-0,9785	-0,9715	-0,9672	-0,9643
16	-1,0119	-1,0200	-1,0124	-1,0071	-1,0037	-1,0015
15	-1,0288	-1,0500	-1,0467	-1,0435	-1,0413	-1,0399
14	-1,0448	-1,0800	-1,0817	-1,0808	-1,0800	-1,0794
13	-1,0597	-1,1100	-1,1173	-1,1191	-1,1199	-1,1204
12	-1,0736	-1,1400	-1,1537	-1,1587	-1,1613	-1,1630
11	-1,0864	-1,1700	-1,1909	-1,1995	-1,2043	-1,2075
10	-1,0982	-1,2000	-1,2290	-1,2419	-1,2492	-1,2541
9	-1,1089	-1,2300	-1,2683	-1,2860	-1,2964	-1,3032
8	-1,1184	-1,2600	-1,3088	-1,3323	-1,3461	-1,3554
7	-1,1269	-1,2900	-1,3508	-1,3810	-1,3991	-1,4112
6	-1,1342	-1,3200	-1,3946	-1,4329	-1,4561	-1,4716
5	-1,1405	-1,3500	-1,4407	-1,4887	-1,5181	-1,5381
4	-1,1456	-1,3800	-1,4897	-1,5497	-1,5871	-1,6127
3	-1,1496	-1,4100	-1,5427	-1,6181	-1,6661	-1,6993
2	-1,1524	-1,4400	-1,6016	-1,6982	-1,7612	-1,8053
1	-1,1541	-1,4700	-1,6714	-1,8008	-1,8888	-1,9520

Fuente: Elaboración Propia

 <p>Dirección de Aeropuertos Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Gobierno de Chile</p>	<p><b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)</p>	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

## ANEXO 2: PROCEDIMIENTO MEDICIÓN LISURA EN PAVIMENTOS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MEDIANTE REGLA DE 5 M

Para el control de lisura las Especificaciones Técnicas Generales especifican el uso de una **Regla de 5 m** de longitud, o alternatively, se puede usar un inclinómetro rodante que cumpla con los requisitos de ASTM E2133, o un dispositivo de referencia externo rodante que pueda simular una regla no graduada de 5,0 m aprobado por el IF. El presente documento tiene por objetivo esclarecer el correcto uso de la regla, para lo cual se debe proceder como se indica a continuación:

- 1.- El control se realizará utilizando una regla aluminio de 5 m de longitud, con una sección transversal de 75 mm x 25 mm y 2 mm de espesor. En caso de no ser factible contar con una regla de esa sección, se podrá usar un perfil de mayor altura, lo anterior, sin disminuir el ancho o espesor.
- 2.- La lisura en los pavimentos se controlará **cada día de colocación de mezcla asfáltica**. Se evaluará en **direcciones transversal y longitudinal**, con el fin de verificar que las irregularidades superficiales del pavimento no superen los 6 mm.
- 3.- Mediciones longitudinales:

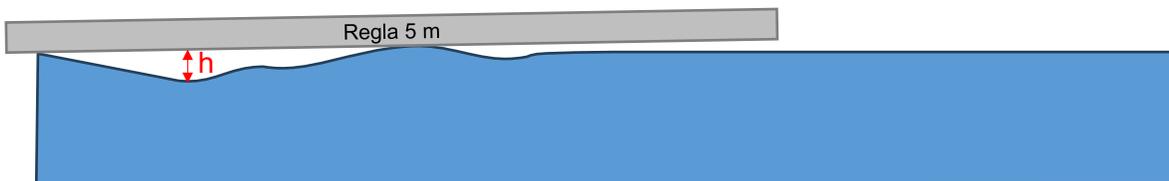
Se ejecutan por faja de pavimentación, cada 15 m, paralelas a la línea central de la franja pavimentada, en el centro de los carriles de pavimentación cuando los anchos de los carriles de pavimentación son menores a 6 m; y en los tercios de las franjas de pavimentación cuando el ancho sea 6 m o más. La prueba debe comenzar con la mitad de la longitud de la regla en la zona a evaluar, y luego avanzar la mitad de la longitud de la regla para una segunda lectura. En otras palabras, en cada sector analizado (cada 15 m) se realizan dos lecturas sucesivas. En cada lectura se mide el punto que muestre la mayor separación entre la regla y la superficie del pavimento. A continuación, se desplaza la regla longitudinalmente y se realiza la siguiente lectura, y así sucesivamente hasta alcanzar el término del área por evaluar. Cuando la colocación colinda con material previamente colocado, la primera medición debe comenzar con la mitad de la longitud de la regla para realizar la evaluación sobre el material previamente colocado.

- 4.- Mediciones transversales:

A diferencia del control en sentido longitudinal, en este caso la evaluación se realiza en todo el ancho pavimentado, desde un borde al otro borde, arrastrando sucesivamente la regla. Las lecturas se ejecutan perpendiculares a la línea central del pavimento, cada 15 m, o a menor distancia si así lo determina el IF. La ubicación de la línea de arrastre de la regla debiera coincidir con el punto medio de las mediciones longitudinales. Las juntas entre franjas de pavimentación serán evaluadas por separado para facilitar la lisura entre franjas.

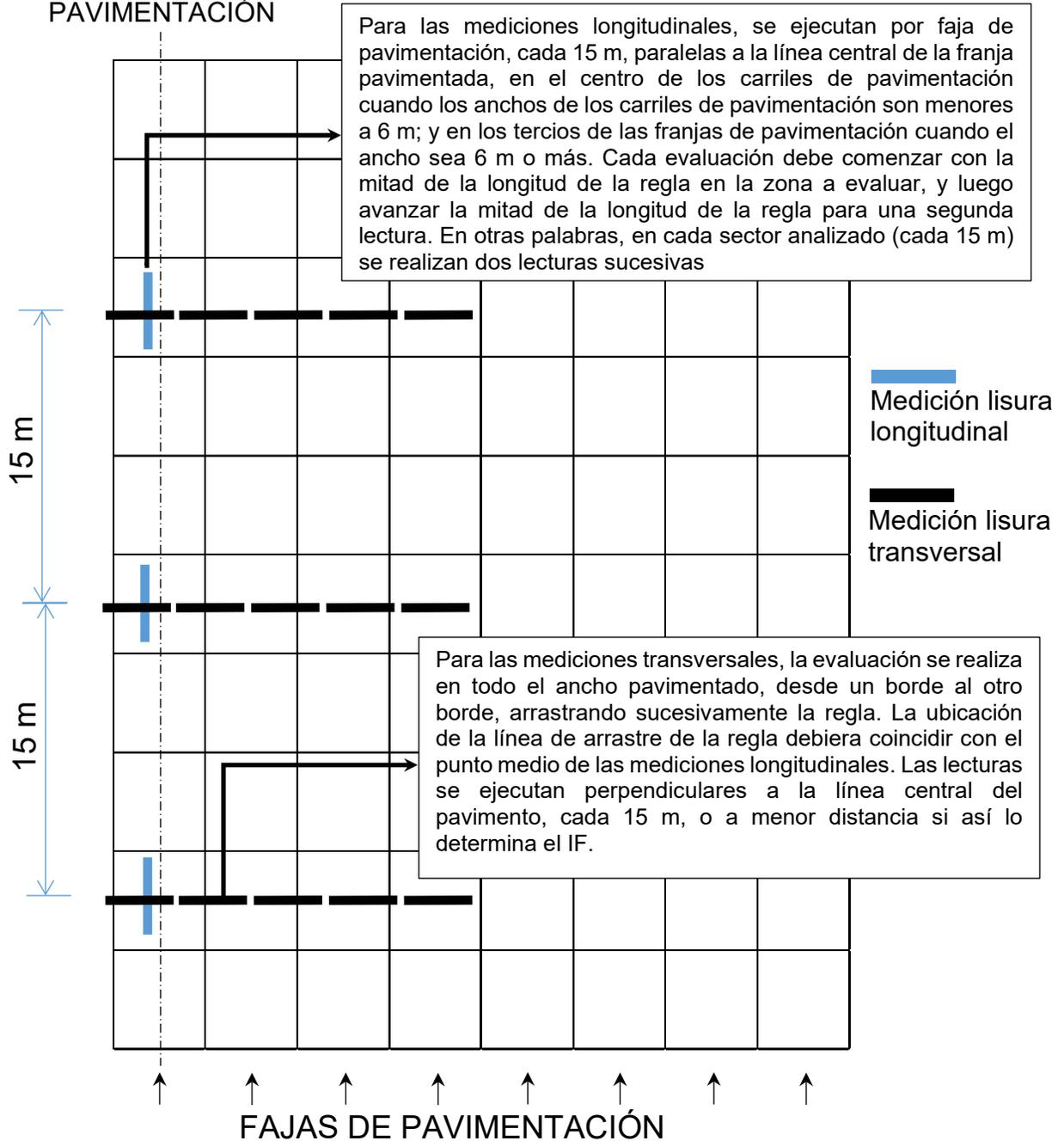
	<b>ETG N° 1: PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES TIPO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b> (Ref. AC 150/5370-10H 12/21/2018) (ítem P-401)	DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DAP
		JULIO 2024
		<b>VERSION 1</b>

- 5.- La irregularidad de la superficie se determinará colocando la regla en la superficie del pavimento y dejándola descansar sobre los dos puntos más altos cubiertos por su longitud, y midiendo el espacio máximo entre la regla y la superficie del pavimento en el área entre los dos puntos altos.
- 6.- No se deben realizar lecturas de regularidad superficial a través de cambios de pendiente o transiciones de pendiente transversal definidos en el proyecto a desarrollar. La transición entre pavimento nuevo y existente se evaluará por separado de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto.
- 7.- Si no se cumple el criterio de rugosidad, el Contratista deberá realizar los cambios y correcciones apropiados al proceso de construcción antes de que continúe la construcción. Las desviaciones de la superficie del pavimento en la dirección transversal o longitudinal mayores a 6 mm deberán corregirse mediante cepillado (diamond grinding) según el párrafo 5.16 o quitando y reemplazando la capa de material en todo el espesor. según lo establecido en esta Especificación Técnica General o en la Especificación Técnica Especial del Proyecto.
- 8.- Se realizarán esquemas de control para registrar diariamente el área de colocación y el porcentaje de zonas que se requiere cepillar, cuando se requiera esta medida correctiva. Si se producen áreas significativas que necesitan ser corregidas y que exceden el 10% del material colocado en el día, la producción se detendrá hasta que el Contratista implemente las medidas correctivas para los equipos y/o método constructivo.
- 9.- A continuación, se presenta un esquema ilustrativo del proceso de medición de lisura.



**En cada lectura se mide el punto que muestre la mayor separación entre la regla y la superficie del pavimento, en la imagen “h” corresponde a la lectura vertical de la máxima irregularidad superficial.**

**EJE FAJA  
 PAVIMENTACIÓN**



**FIN DE LA ESPECIFICACIÓN**

