

**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS
REPÚBLICA DEL ECUADOR**



CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR
RESULTADOS**

**"MANTENIMIENTO POR RESULTADOS DE LA CARRETERA E487:
BALBANERA - PALLATANGA - CUMANDA, CON UNA LONGITUD
DE 106.69 KM, UBICADA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO"**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS RUBROS ESPECIALES

QUITO, D.M., FEBRERO DE 2025

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS RUBROS ESPECIALES

Para este proyecto que tiene por objeto el “**MANTENIMIENTO POR RESULTADOS DE LA CARRETERA E487: BALBANERA - PALLATANGA - CUMANDA, CON UNA LONGITUD DE 106.69 KM, UBICADA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**”, se consideran las especificaciones técnicas particulares para la Fase de Obras Obligatorias; y, para la Fase de Gestión de Mantenimiento, de acuerdo al libro amarillo del MTOP, con el siguiente título:

- **ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES (MOP-001-F 2002)**
- **ESPECIFICACIONES PARTICULARES, COMPLEMENTARIAS Y/O MODIFICATIVAS DE LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES (MOP-001-F 2002)**
- **ACUERDO MINISTERIAL Nro. 066 - 2021. REFORMAR el Acuerdo Ministerial Nro. 020 de 30 de abril de 2002, mediante el cual se aprobó el Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F 2002.**

Para este proyecto, se contemplan la contratación de rubros especiales, para lo cual, a continuación, se detalla las especificaciones técnicas de cada uno:

ÍNDICE:

<u>Descripción del Rubro</u>	<u>Pág.</u>
Base estabilizada con emulsión	4
Hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta de 12.5 cm de espesor (SMA)	17
Hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta de 10 cm de espesor (SMA)	21
Capa de rodadura de micro aglomerado 2.5 cm de espesor	26
Prueba de carga dinámica en pilotes (PDA)	43
Prueba de integridad de pilotes (PIT).....	46
Sellado de grietas con mastico bituminoso	49
Geomalla de fibra de vidrio para pavimentación y repavimento	54
Encauzamiento del río	59
Monitoreo de ruido ambiental y laboral	60
Tasas Ambientales (Pago por Obtención de Registro Ambiental)	61
Tasas Ambientales (Pago Pronunciamiento de IAC; Control y Seguimiento).....	61
Reciclaje de pavimento rígido	63
Colocación de puntos GPS	72
Topografía auxiliar	73



<u>Descripción del Rubro</u>	<u>Pág.</u>
Replanteo y nivelación de vías	74
Diseño vertical de la vía, incluye informe final.....	75
Capa de rodadura de hormigón asfáltico aditivado y mezclado en planta de 12.70 cm de espesor.....	76
Micro-fresado de pavimento rígido.....	92
Transporte de material de microfresado.....	95

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
404-4 (1).E	Base estabilizada con emulsión	m3

404-4 (1).E. Base estabilizada con emulsión

404-4.01. E. Descripción.- Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base de hormigón asfáltico mezclado en el camino, colocadas sobre una sub-base previamente preparada y aceptada y de conformidad con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecidas en los planos contractuales.

404-4.02. E. Materiales.- El tipo de material bituminoso que se utilizará generalmente para este trabajo será asfalto diluido o emulsiones asfálticas, a menos que en el contrato se especifique un tipo diferente. El asfalto diluido y la emulsión asfáltica deberán cumplir los requisitos establecidos en el numeral 810-3 y 810-4 respectivamente, según el tipo y grado de material bituminoso que se utilice.

810-3. Asfaltos Diluidos.

810-3.01. Descripción.- Son asfaltos diluidos aquellos de consistencia suave o fluida, que excede el límite de medida permitido por el ensayo normal de penetración INEN 917, que es de 300.

Los asfaltos diluidos se clasifican, de acuerdo al grado de volatilidad del diluyente, en asfaltos diluidos de curado rápido, medio y lento. Se los designa por las siglas RC, MC y SC, respectivamente, seguidas de un número que se refiere a la viscosidad del producto.

810-3.02. Requisitos.- Los asfaltos diluidos deben cumplir con los requisitos establecidos en las Normas AASHTO M 81 y M 82, y ASTM D 2026, para productos de curado rápido, medio y lento, respectivamente, cuyos principales requerimientos se presentan en las Tablas 810-3.1.,810-3.2 y 810-3.3. Los asfaltos diluidos deben presentar un aspecto homogéneo y estar exentos de REClagua, de modo que no formen espuma cuando se los caliente a la temperatura de empleo.

Tabla 810 - 3.1. / 810 - 3.2
ESPECIFICACIONES DE ASFALTOS DILUIDOS - CURADO RAPIDO

PROPIEDAD	TIPO DE CEMENTO							
	RC - 70		RC - 250		RC - 800		RC - 3000	
	min.	MAX.	min.	MAX.	min.	MAX.	min.	MAX.
VISCOSIDAD								
CINEMATICA, a 60 °C, centistokes	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
SAYBOLD - FURÖL, s	60	120	125	250	100	200	300	600
temp. de ensayo	50	idem	60	idem	82,2	idem	82,2	idem
PUNTO DE INFLAMACION								
Vaso abierto, °C	--	--	27	--	27	--	27	--
AGUA, %	--	0,2	--	0,2	--	0,2	--	0,2
DESTILACION, % en volumen total								
destilado a 360 °C								
a 190 °C	10	--	--	--	--	--	--	--
a 225 °C	50	--	35	--	15	--	--	--
a 260 °C	70	--	60	--	45	--	25	--
a 315 °C	85	--	80	--	75	--	70	--
RESIDUO POR DESTILACION a 360 °C	55	--	65	--	75	--	80	--
ENSAYOS EN EL RESIDUO:								
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C, poises	600	2400	600	2400	600	2400	600	2400
PENETRACION, a 25 °C, 100 gr. 5 s	80	120	80	120	80	120	80	120
DUCTILIDAD, a 25 °C, 5 cm/mm, cm.	100	--	100	--	100	--	100	--
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	99	--	99	--	99	--	99	--
TEMPERATURA DE EMPLEO:								
ROCIADO, °C	27	66	60	107	79	124	102	143
DE CARGA, °C		91		118		135		154

Tabla 810 - 3.3.
ESPECIFICACIONES DE ASFALTOS DILUIDOS - CURADO LENTO

PROPIEDAD	TIPO DE CEMENTO							
	SC - 70		SC - 250		SC - 800		SC - 3000	
	min.	MAX.	min.	MAX.	min.	MAX.	min.	MAX.
VISCOSIDAD CINEMATICA, a 60 °C, centistokes	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
PUNTO DE INFLAMACION, Cleveland, °C	66	—	79	—	93	—	107	—
DESTILACION a 360 °C, total	10	30	4	20	2	12	—	5
AGUA, %	—	0,5	—	0,5	—	0,5	—	0,5
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	99	—	99	—	99	—	99	—
ENSAYOS EN EL RESIDUO: VISCOSIDAD CINEMATICA a 60 °C, poises	4	70	8	100	20	160	40	350
TEMPERATURA DE EMPLEO: MEZCLA CON AGREG.	32	68	52	93	71	107	93	127
ROCIADO, °C	41	79	60	107	79	124	102	143
DE CARGA, °C		91		118		135		154

La temperatura de aplicación para cada tipo será la establecida en las Tablas 810-3.1., 810-3.2 y 810-3.3., salvo que en los documentos contractuales se haya dispuesto otra cosa. No se permitirá la mezcla en planta de asfaltos de curado rápido con agregados que hayan sido calentados previamente, por la alta volatilidad del diluyente.

En ningún caso se permitirá que la temperatura del asfalto diluido, durante el transporte o la carga, exceda la señalada en el último renglón de las Tablas 810-3.1., 810-3.2 y 810-3.3., salvo que haya disposición expresa y por escrito del Fiscalizador. El asfalto diluido será calentado de tal manera que no haya contacto con el vapor o agente empleado para el proceso.

El Contratista suministrará permanentemente termómetros de precisión adecuada, en grados centígrados, para el control de la temperatura de aplicación del asfalto diluido.

810-3.03. Ensayos y Tolerancias.- Los ensayos para comprobar los requerimientos de los asfaltos diluidos, serán realizados en el Laboratorio Central del Ministerio de Obras Públicas, o en otro laboratorio particular autorizado por el Fiscalizador.

El muestreo y los ensayos correspondientes deben seguir los procedimientos indicados por las normas INEN, y de no haberlos se deberá optar por las correspondientes Normas AASHTO, cuyo detalle se indica en la Tabla 810-2.2.

Tabla 810-2.2.
NORMAS VIGENTES DE ENSAYOS EN PRODUCTOS ASFALTICOS

ENSAYO	NORMA INEN	NORMA AASHTO	SECCION
1) CEMENTOS Y SIMILARES			
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	915	T 44	
DUCTILIDAD	916	T 51	
PENETRACIÓN	917	T 49	
FLOTACIÓN	919	T 102	
DESTILACION	921	T 78	
MUESTREO	922	T 40	
CONTENIDO DE AGUA		T 55	
PUNTO DE INFLAMACION		T 79	
VISCOSIDAD SAYBOLD-FUROL		T 72	
PERDIDA POR CALENTAMIENTO		T 179	
VISCOSIDAD CINEMATICA		T 201	
VISCOSIDAD ABSOLUTA		T 202	
PRUEBA DE LA MANCHA		T102	
PUNTO DE ABLANDAMIENTO		T53	
DENSIDAD		T228	
ENSAYO TFOT		T179	
ENSAYO RTFOT		T240	
CONTENIDO DE PARAFINA		UOP 46(*)	
2) EMULSIONES ASFALTICAS			
RESIDUO POR DESTILACION	901	T 59	.8 a 10
CUBRIMIENTO Y RESIST. AL AGUA	903	T 59	46 a 51
MEZCLA CON CEMENTO	904	T 59	33 a 37
RESIDUO POR EVAPORACION	905	T 59	14 a 18
ENSAYO DEL TAMIZ	906	T 59	38 a 41
REVESTIMIENTO	907	T 59	42 a 43
CARGA DE LA PARTICULA	908	T 59	19 a 21
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO	909	T 59	52 a 58
SEDIMENTACIÓN	910	T 59	29 a 32
MISIBILIDAD CON AGUA	912	T 59	44
MICRODESTILACION	913	T 59	.11 a 13
CONTENIDO DE AGUA		T 59	.3 a 7
VISCOSIDAD DE EMULSIONES		T 59	22 a 24
DEMULSIBILIDAD		T 59	25 a 28
CONGELAMIENTO		T 59	45
DENSIDAD		T 59	76 a 81

(*) No se corresponde con Normas AASHTO;

Se podrá determinar también con la aplicación de normas
DIN 12606-1 2000 o la NLT 345-89.

810-4. Emulsiones Asfálticas

810-4.01. Descripción.- Las emulsiones asfálticas, según su agente emulsificador, se dividen en tres tipos: aniónicas, catiónicas y no iónicas, según los glóbulos de asfalto presenten cargas eléctricas negativas, positivas o

neutrales. Generalmente, sólo los dos primeros tipos son los utilizados en la construcción y mantenimiento de carreteras.

Según sea la naturaleza y la granulometría de los agregados, el tipo de emulsión asfáltica y las condiciones ambientales, las emulsiones asfálticas pueden ser de rotura rápida, media y lenta; para su denominación se emplean las siglas RS, MS y SS, respectivamente, y es cada una de ellas para usos específicos. Las emulsiones catiónicas se diferencian anteponiendo a las siglas la letra C, por ejemplo, CRS-1. El prefijo HF se refiere a emulsiones aniónicas de alta flotación (high-float). Los números y las letras h o s que completan la designación se refieren a la dureza y viscosidad del asfalto base.

810-4.02. Requisitos.- Las emulsiones asfálticas deberán ser homogéneas y cumplir los requerimientos establecidos en las normas AASHTO M 140 y M 208, que se resumen en las Tablas 810-4.1, y 810-4.2.

Se evitará el empleo de depósitos que hayan contenido emulsiones catiónicas para almacenar emulsiones aniónicas y viceversa, a menos que se pruebe que, luego de un lavado adecuado, se hayan neutralizado las cargas eléctricas que pudieran quedar del producto almacenado anteriormente.

La temperatura de las emulsiones asfálticas en ningún caso superará los 85 ni será menor de 4.5 grados centígrados, ya sea durante el almacenamiento, transporte o aplicación.

Al calentarse las emulsiones asfálticas, éstas se agitarán para prevenir un sobrecalentamiento localizado.

Las temperaturas de almacenamiento y de aplicación de las emulsiones asfálticas serán las establecidas en las Tablas 810-4.1, y 810-4.2., a menos que se disponga otra cosa en los documentos contractuales.

810-4.03. Ensayos y Tolerancias.- Los ensayos para comprobar los requerimientos de los asfaltos diluidos, serán realizados en el Laboratorio Central del Ministerio de Obras Públicas, o en otro laboratorio particular autorizado por el Fiscalizador.

El muestreo y los ensayos correspondientes deben seguir los procedimientos indicados por las normas INEN, y de no haberlos se deberá optar por las correspondientes Normas AASHTO, cuyo detalle se indica en la Tabla 810-2.2.

810-5. Medición.- Como se establece en estas especificaciones, todo asfalto o producto asfáltico debe cubicarse a 15.6 grados centígrados, para determinar el volumen a pagarse. Las mediciones que se efectúen a temperaturas diferentes a la anotada, deben corregirse mediante los factores que se presentan en la Tabla 810-5.1., para cuantificar el volumen a la temperatura establecida.

Tabla 810 - 4.1.
ESPECIFICACIONES DE EMULSIONES ASFALTICAS ANIÓNICAS

PROPIEDADES	ROTURA RAPIDA				ROTURA MEDIA						ROTURA LENTA											
	RS - 1		RS - 2		MS - 1		MS - 2		MS - 2h		HFMS - 1		HFMS - 2		HFMS - 2h		HFMS - 2s		SS - 1		SS - 1h	
	min.	máx.	min.	máx.	min.	Máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.
VISCOSIDAD:	20	100	--	--	20	100	100	--	100	--	20	100	100	--	100	--	50	--	20	100	20	100
FUROL, a 25 °C, s	--	--	75	400	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
FUROL, a 50 °C, s	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1
ESTABILIDAD AL ALMACENAJE 24 h, %	60	--	60	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
DEMULSIFICACION: 35 ml,02N CaCl2,%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CUBRIMIENTO	--	--	--	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	--	--	--	--
agregado seco	--	--	--	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	bueno	--	--	--	--	--
luego rociado	--	--	--	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	--	--	--	--
agregado humedo	--	--	--	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	--	--	--	--
solo rociado	--	--	--	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	pobre	--	--	--	--	--
MEZCLA CON CEMENTO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2,0	--	2,0
ENS. DEL TAMIZ	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1
RESIDUO POR DESTILACION, %	55	--	63	--	55	--	65	--	65	--	55	--	65	--	65	--	65	--	57	--	57	--
ENSAYOS EN EL RESIDUO:																						
PENETRACION, a 25 °C, 100 gr, 5 s.	100	200	100	200	100	200	100	200	40	90	100	200	100	200	40	90	200		100	200	40	90
DUCTILIDAD, a 25 °C, 5 cm/m, cm.	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--	97,5	--
ENSAYO DE FLOTACION a 60 °C, s	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1200	--	1200	--	1200	--	1200	--	--	--	--	--
TEMPERATURA DE EMPLEO:																						
ALMACENAMIENTO	20	60	50	85	10	60	50	85	50	85	10	60	--	--	50	85	--	--	10	60	10	60
MEZCLA EN PLANTA	--	--	--	--	10	70	10	70	10	70	10	70	10	70	10	70	--	--	10	70	10	70
MEZCLA EN SITIO	--	--	--	--	20	70	20	70	20	70	20	70	20	70	20	70	--	--	20	70	20	70
TRATAMIENTO SUPERFICIAL	20	60	50	85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 810 - 4.2.
REQUISITOS DE EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS.

PROPIEDAD	ROTURA RAPIDA				ROTURA MEDIA				ROTURA LENTA			
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
VISCOSIDAD:												
FUROL,a 25 gC, s.	--	--	100	--	50	450	50	450	--	100	20	100
FUROL,a 50 gC, s.	20	--	1	--	1	--	1	--	--	1	--	1
ESTABILIDAD AL ALMACENAJE 24 h, %	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1	--	1
DEMULSIFICACION: 35 ml .8% sds, %	40	--	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CUBRIMIENTO												
agregado seco	--	--	--	--	bueno	--	bueno	--	--	--	--	--
luego rociado	--	--	--	--	pobre	--	pobre	--	--	--	--	--
agregado humedo	--	--	--	--	pobre	--	pobre	--	--	--	--	--
luego rociado	--	--	--	--	pobre	--	pobre	--	--	--	--	--
CARGA DE PARTICULA	+	--	+	--	+	--	+	--	+	--	+	--
MEZCLA CON CEMENTO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2,0	--	2,0
ENS. DEL TAMIZ	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1	--	0,1
DESTILACION: ACEITE DESTILADO %	--	3	--	3	--	12	--	12	--	--	--	--
RESIDUO, %	60	--	65	--	65	--	65	--	57	--	57	--
ENSAYOS EN EL RESIDUO:												
PENETRACION, a 25 grados,100 gr, 5 s.	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
DUCTILIDAD, a 25 grados, 5 cm/m, cm.	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--	40	--
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	97.5	--	97.5	--	97.5	--	97.5	--	97.5	--	97.5	--
TEMPERATURA DE EMPLEO:												
ALMACENAMIENTO	50	85	50	85	50	85	50	85	10	60	10	60
MEZCLA EN PLANTA	--	--	--	--	10	70	10	70	10	70	10	70
MEZCLA EN SITIO	--	--	--	--	20	70	20	70	20	70	20	70
TRATAMIENTO SUPERFICIAL	50	85	50	85	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 810 - 5.1
FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA

Temperatura	Factor de Corrección			Temperatura	Factor de Corrección		
	K1	K2	K3		K1	K2	K3
0	1,0098	1,0112	--	135	0,9269	0,9175	--
5	1,0067	1,0076	--	140	0,9240	0,9142	--
10	1,0035	1,0040	1,0025	145	0,9210	0,9109	--
15	1,0003	1,0004	1,0003	150	0,9181	0,9076	--
20	0,9972	0,9968	0,9980	155	0,9151	0,9043	--
25	0,9941	0,9932	0,9958	160	0,9122	0,9010	--
30	0,9909	0,9897	0,9935	165	0,9092	0,8978	--
35	0,9878	0,9861	0,9913	170	0,9063	0,8945	--
40	0,9847	0,9826	0,9890	175	0,9034	0,8913	--
45	0,9816	0,9791	0,9868	180	0,9005	0,8881	--
50	0,9785	0,9756	0,9845	185	0,8976	0,8848	--
55	0,9754	0,9721	0,9823	190	0,8947	0,8816	--
60	0,9723	0,9686	0,9800	195	0,8918	0,8784	--
65	0,9693	0,9651	0,9778	200	0,8889	0,8753	--
70	0,9662	0,9616	0,9755	205	0,8861	0,8721	--
75	0,9631	0,9582	0,9733	210	0,8832	0,8689	--
80	0,9601	0,9547	0,9710	215	0,8803	0,8658	--
85	0,9570	0,9513	0,9688	220	0,8775	0,8626	--
90	0,9536	0,9478	--	225	0,8746	0,8595	--
95	0,9509	0,9444	--	230	0,8718	0,8564	--
100	0,9479	0,9410	--	235	0,8690	0,8533	--
105	0,9449	0,9376	--	240	0,8661	0,8502	--
110	0,9419	0,9343	--	245	0,8633	0,8471	--
115	0,9389	0,9309	--	250	0,8605	0,8440	--
120	0,9359	0,9275	--	255	0,8577	0,8410	--
125	0,9329	0,9242	--	260	0,8548	0,8379	--
130	0,9299	0,9208	--				

Notas:

La temperatura se expresa en grados centígrados

El factor K1 corresponde a productos con densidades mayores a 0,966 gr/cm³

El factor K2 corresponde a productos con densidades entre 0,860 y 0,966 gr/cm³

El factor K3 se aplica a emulsiones asfálticas.

Los agregados serán obtenidos por medio de trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas. Los agregados a utilizar serán limpios, sólidos y resistentes, libres de materiales orgánicos, arcillas u otras materias extrañas. Cuando la mezcla se realice con asfalto diluido los agregados deberán estar completamente secos.

El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menos del 40% según la Norma INEN 860.

El equivalente de arena se realizará en los agregados pasantes por el tamiz INEN 4.75 mm. Tendrá un valor mínimo de 35% según Norma ASTM D2419.

La porción de agregados que pasa el tamiz INEN 0.425 mm (No 40), deberá tener un índice de plasticidad menor a 4, según lo establecido en las normas INEN 691 y 692.

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayor que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D4791.

Los agregados gruesos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm deben tener cierta angularidad, debiendo contener al menos el 75% en peso de elementos triturados que contengan dos o más caras fracturadas según la Norma ASTM D5821.

La granulometría se hallará entre los límites de cualquiera de los tipos A, B, y C indicados en la tabla 404-4.1.

Tabla 404-4.1

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	70 – 100	100	--
1" (25.4 mm.)	55 – 85	70 – 100	100
3/4" (19.0 mm.)	50 – 80	60 – 90	70 – 100
3/8" (9.5 mm.)	40 – 70	45 – 75	50 – 80
Nº 4 (4.75 mm.)	30 – 60	30 – 60	35 – 65
Nº 10 (2.00 mm.)	20 – 50	20 – 50	25 – 50
Nº 40 (0.425 mm.)	5 – 30	5 – 30	10 – 30
Nº 200 (0.075 mm.)	0 – 5	0 – 5	0 – 5

404-4.03. E. Equipo.- El equipo que utilice el Contratista para la construcción de la base de hormigón asfáltico mezclado en sitio será el establecido en el numeral 405-4.03.

405-4.03. Equipo.- El contratista deberá disponer de todo el equipo necesario para la debida ejecución de estos trabajos, que deberá contar con la aprobación del Fiscalizador.

Como mínimo, el equipo estará conformado por un distribuidor de asfalto autopropulsado que cumpla los requisitos anotados en el numeral 405-1.03; equipo calentador de asfalto portátil adicional si es necesario; barredora mecánica, esparcidor de agregados, motoniveladoras, una mezcladora móvil si es del caso, rodillos lisos tandem de 8 a 10 toneladas, rodillos neumáticos que trabajarán con la carga por rueda y presión de inflado apropiados para el espesor de la capa de rodadura, equipo para el transporte de agregados.

405-1.03. Equipo.- El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la ejecución de este trabajo, el cual deberá ser aprobado por el Fiscalizador.

El equipo mínimo deberá constar de una barredora mecánica, un soplador

incorporado o aparte y un distribuidor de asfalto a presión autopropulsado.

El distribuidor de asfalto a presión estará montado sobre neumáticos y provisto de una rueda adicional para accionar el tacómetro que permita un permanente control de operador al momento de la aplicación. El riego asfáltico se efectuará mediante una bomba de presión con fuerza motriz independiente, a fin de poder regularla con facilidad; el asfalto será aplicado uniformemente a través de una barra provista de boquillas que impidan la atomización. El tanque del distribuidor dispondrá de sistema de calentamiento regulado con recirculación para mantener una temperatura uniforme en todo el material bituminoso. El distribuidor deberá estar provisto además de un rociador manual.

404-4.04. E. Ensayos y Tolerancias.- La calidad del material asfáltico y los agregados deberán cumplir con los requisitos indicados en el numeral 404-4.02. La mezcla asfáltica debe satisfacer los requisitos recogidos en la tabla 404-4.2 a 25°C.

TABLA 404-4.2

ESTABILIDAD	FLUJO
MARSHALL	(1/100")
750 lbs. min.	5-18

Las tolerancias para la utilización de la fórmula maestra en obra, serán los establecidos en el numeral 405.5.04.

Las tolerancias para el acabado de superficie serán los establecidos en el numeral 405.5.04.

405.5.04 Ensayos y Tolerancias.- Las mezclas asfálticas de Granulometría cerrada (densa) y semicerrada deberán cumplir con los requisitos especificados en la tabla 405.5.4. Las mezclas asfálticas de Granulometría Abierta deben cumplir los mismos requisitos de estabilidad y flujo Marshall establecidos para mezclas anteriores. Adicionalmente a los requisitos ya nombrados será necesario demostrar la resistencia de la mezcla al daño causado por el agua mediante el método ASTM D4867 y el ensayo de tracción indirecta (ASTM D4123, CABEZAL LOTTMAN), debiendo las mezclas mantener una resistencia residual superior al 80 %. En caso de no cumplirse este requisito, se considerará el cambio de agregados o de cemento asfáltico, o el empleo de un aditivo promotor de adherencia.

También se podrá evaluar la resistencia al daño por el agua mediante el ensayo ASTM D3625 de peladura por agua hirviendo; el que no deberá mostrar evidencia alguna de peladura en la mezcla.

En las vías con tráfico catalogado como muy pesado, las mezclas asfálticas a emplearse para la capa de rodadura deben de ser sometidas además a un estudio detallado que incluya:

- Determinación de la curva reológica, es decir, la variación del módulo elástico de la mezcla a diferentes temperaturas.
- Evaluación de su comportamiento ante las deformaciones plásticas.
- Evaluación de su comportamiento a la fatiga.

Ya que estos estudios pueden realizarse con diferentes equipos y procedimientos, los mismos estarán especificados en el contrato.

Para el diseño de las mezclas asfálticas abiertas se recomienda determinar previamente un contenido de asfalto referencial por alguna ecuación que relacione el mismo con la superficie específica de los agregados combinados.

En las mezclas asfálticas tipo E y G, si existe material retenido en el tamiz INEN 25.4 mm, tanto la estabilidad como el flujo se deberán evaluar siguiendo el llamado Método Marshall Modificado. El procedimiento es básicamente el mismo que el método estándar excepto por ciertas diferencias debido al tamaño del agregado, las cuales son:

1. El martillo pesa 10.2 Kg. y tiene 149.4 mm de diámetro. Solo se permite utilizar un equipo mecánico para darle los 457 mm de caída, igual que al método estándar.
2. La briqueta tiene 152.4 mm de diámetro y un promedio de 95.2 mm de altura.
3. Se elabora una briqueta a la vez, la mezcla necesaria para la misma pesa alrededor de 4 Kg.
4. Tanto el molde de compactación como el molde de ensayo serán de 152.4 mm de diámetro.
5. La mezcla es colocada en el molde en dos capas, a cada capa se la debe escarificar con la espátula como a una briqueta estándar.
6. El número de golpes requerido para estas briquetas es 1.5 veces que el requerido para las briquetas de tamaño estándar para obtener una compactación equivalente.
7. La estabilidad mínima será de 2.25 veces y el flujo máximo será 1.5 veces el mismo criterio listado en la tabla 405.5.4 para briquetas de tamaño estándar.
8. Similar al procedimiento estándar, la Tabla No. 405.5.3. debe ser usada para convertir la estabilidad medida a un valor equivalente referido a un espécimen de 95.2 mm de altura.

TABLA 405-5.3

Altura Aproximada (mm)	Volumen del Espécimen (cc)	Factor de Ajuste
88.9	1608 a 1626	1.12
90.5	1637 a 1665	1.09
92.1	1666 a 1694	1.06
93.7	1695 a 1723	1.03
95.2	1724 a 1752	1.00
96.8	1753 a 1781	0.97
98.4	1782 a 1810	0.95
100.0	1811 a 1839	0.92
101.6	1840 a 1868	0.90

Se realizará una serie de 3 extracciones de núcleos como mínimo cada 10.000 m² o por cada 1.000 toneladas de mezcla para la carpeta de rodadura

con vista a comprobar la densidad en el sitio. Se harán por lo menos 15 determinaciones de densidades por medio de un densímetro nuclear cada 10.000 m² o por cada 1.000 toneladas de carpeta de rodadura. Los puntos específicos donde se realizarán estas evaluaciones deberán determinarse previamente por métodos estadísticos empleando una tabla de números aleatorios.

TABLA 405.5.4

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

Notas:

1.- Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayen a 60 °C, se consideran satisfactorias si cumplen con los criterios cuando se ensayan a 38 °C, y se colocan 100mm por debajo de la superficie.

2.- Clasificación del tráfico. Es función de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDP) esperada por el carril de diseño en el momento de poner en funcionamiento la vía, luego de su construcción o de su rehabilitación. Los vehículos pesados no comprenden autos, camionetas ni tractores sin remolque.

TRAFICO

Liviano
Medio
Pesado
Muy pesado

IMDP

Menos de 50
50 a 200
200 a 1000
Más de 1000

TABLA 405-5.5

Tipo de Mezcla	VAM, Mínimo (%)
A	16
B	15
C, D	14
E	13

NOTA: Las mezclas abiertas se excluyen de esta comprobación.

404-4.05. E. Procedimientos de trabajo.- Los procedimientos que se utilicen para la fórmula maestra de obra, el mezclado y esparcimiento y la compactación, serán idénticos a los especificados para esta clase de trabajos en el numeral 405-4.05.

405-4.05. Procedimientos de trabajo.

405-4.05.1. Fórmula Maestra de Obra.- Antes de iniciarse la mezcla del hormigón asfáltico en sitio, el contratista analizará los materiales que se propone utilizar, y diseñará la Fórmula Maestra de Obra, la cual deberá someter a la aprobación del Fiscalizador. Toda la mezcla del hormigón asfáltico deberá ser realizada de acuerdo con esta fórmula maestra, dentro de las tolerancias aceptadas en el numeral 405-4.04, salvo que sea necesario modificarla durante el trabajo debido a variaciones en los materiales.

La fórmula maestra establecerá:

- 1) las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados, y
- 2) el porcentaje de material asfáltico para la dosificación, en relación con la cantidad de agregados.

405-4.05.2. Mezclado y Esparcimiento.- Los agregados escogidos deberán distribuirse en capas de las diversas fracciones de grueso a fino, en las cantidades necesarias para formar la carpeta del ancho y espesor especificados, y en las proporciones determinadas por la fórmula maestra. Antes de añadir el asfalto, las fracciones serán mezcladas cuidadosamente por medio de una mezcladora móvil o de motoniveladoras, hasta obtener una mezcla uniforme que cumpla con la granulometría estipulada. El mezclado con el asfalto no deberá retardarse más de un día después del mezclado en seco de los agregados.

Para proceder al mezclado con el material bituminoso utilizando motoniveladoras, se dividirá la cantidad de agregados en mitades, cada una de las cuales se procesará separadamente. Se esparcirá la primera mitad y sobre ella se aplicará el asfalto en el número de riegos necesarios hasta obtener la proporción fijada en la fórmula maestra; se continuará así con la otra mitad hasta obtener una mezcla total uniforme, y se revolverán los materiales varias veces pasándolos de uno a otro costado. Cuando el agregado se halle cubierto en su totalidad por el asfalto, se formará un camellón con todo el material, a partir del cual se procederá al esparcido en

todo el ancho y en el espesor debidos.

Si se efectúa el mezclado con máquina mezcladora móvil en vez de las motoniveladoras, se conformará la mezcla de agregados en camellones de forma y tamaño uniformes, y se irá añadiendo el material bituminoso mientras se continúa el trabajo con la mezcladora, hasta obtener una mezcla uniforme que cumpla con los requisitos de la fórmula maestra.

La mezcla de hormigón asfáltico obtenida con cualquiera de los dos procesos, se esparcirá y conformará con motoniveladoras para que luego de compactada, la capa de rodadura tenga el ancho, espesor, alineamiento y perfil transversal señalados en los planos. Si el hormigón presenta deficiencias en la distribución de los materiales, la mezcla deberá ser corregida con adición de agregados, asfalto o mezclado adicional según el caso, antes de iniciar la compactación.

Cuando el tiempo sea demasiado frío, lluvioso o existan amenazas de lluvias inminentes, no se deberá realizar la mezcla de hormigón asfáltico; asimismo, si el contenido de humedad de los agregados es mayor que el 1% del peso de los agregados secos, deberán previamente revolverse los agregados con motoniveladoras o rastras de discos hasta conseguir secarlos, antes de preparar el hormigón asfáltico. De no ser posible, se utilizarán aditivos para mejorar la adhesión del asfalto a los agregados, o se emplearán emulsiones asfálticas en vez de asfaltos diluidos.

La temperatura de aplicación del material bituminoso dependerá del tipo y grado, y estará de acuerdo con lo estipulado en la subsección 810-3 para el caso de usar asfaltos diluidos, y con la subsección 810-4 para el caso de usar emulsiones.

El Fiscalizador determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado. De todos modos, el máximo espesor de una capa será aquel que consiga un espesor compactado de 7 cm.

Al iniciarse los trabajos el Contratista deberá construir un tramo de prueba de aproximadamente un kilómetro de longitud que será ensayado para determinar la densidad, las proporciones del material bituminoso, espesor de la capa y más requerimientos exigidos por el Fiscalizador, luego de lo cual éste deberá autorizar la prosecución de los trabajos, requisito sin el cual el Contratista no podrá continuar éste trabajo.

405-4.05.3. Compactación.- Una vez efectuada la distribución de la capa de hormigón asfáltico, se procederá a su compactación por medio de rodillos lisos de ruedas de acero y neumáticos. La compactación inicial de la mezcla se efectuará con rodillos lisos tandem, iniciando a los bordes de la capa y avanzando hacia el centro; superponiendo una parte del ancho de la rueda en cada pasada posterior, excepto en los peraltes en donde se iniciará la compactación en el borde inferior.

A continuación del rodillado inicial se proseguirá con la compactación, empleando rodillos neumáticos, hasta conseguir la densidad especificada. Se deberá tomar mucho cuidado con el uso de los rodillos, con las cargas y presión de inflado apropiadas, para lograr la compactación deseada, sin que

se produzcan agrietamientos o desplazamientos de la mezcla.

En los lugares inaccesibles a los rodillos, se deberá efectuar la compactación de la mezcla con pisones mecánicos, hasta obtener la densidad especificada. La capa de hormigón asfáltico compactada deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con los alineamientos, espesores, cotas y perfiles estipulados en el contrato. Mientras la compactación no se haya terminado, no se permitirá ninguna circulación vehicular.

Para formar las juntas transversales de construcción, se deberá recortar verticalmente todo el ancho y espesor de la capa que vaya a continuarse.

Cuando deban completarse y conformarse los espaldones adyacentes a la carpeta de hormigón, se recortarán los bordes a la línea establecida en los planos.

405-4.05.4. Sellado.- Si los documentos contractuales estipulan la colocación de una capa de sello sobre la carpeta terminada, ésta se colocará de acuerdo con los requerimientos correspondientes y cuando el Fiscalizador lo autorice, que en ningún caso será antes de una semana de que la carpeta asfáltica haya sido abierta al tránsito público.

404-4.06. E. Medición.- Las cantidades a pagarse por la construcción de la base de hormigón asfáltico mezclado en sitio serán el número de metros cúbicos de la mezcla, efectivamente puesta en obra y aceptada, medida en su lugar después de la compactación, más el número de litros o toneladas de material bituminoso realmente incorporados a la mezcla de acuerdo con los requerimientos contractuales.

El cómputo del volumen se efectuará en base a la longitud de la capa de base terminada, medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía, y a la sección transversal establecida en los planos o especificada por el Fiscalizador.

El cómputo de la cantidad del material bituminoso empleado se efectuará reduciendo el volumen empleado a la correspondiente temperatura de aplicación, al volumen a 15.6 °C, de acuerdo con los datos constantes en la subsección 810-5 y con el tipo y grado de asfalto correspondiente.

404-4.07. E. Pago.- Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro y transporte del material bituminoso, la preparación y suministro de los agregados, la mezcla en sitio del hormigón asfáltico para la base, la distribución, conformación y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
---	---------------------------

404-4 (1).E. Base estabilizada con emulsión	Metro Cúbico (m3)
---	-------------------

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
405-5.E	Hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta de 12.5 cm de espesor (SMA)	m2

405-5.E. Hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta de 12.5 cm de espesor (SMA)

405-5.01.E. Descripción.- Esta especificación se refiere a las características de calidad que debe presentar el cemento asfáltico modificado con polímeros que se utilizará en la elaboración de mezclas en caliente, construidas de acuerdo con lo establecido en las Secciones 510 y 520 de las presentes Especificaciones.

405-5.02.E. Definición.- Los cementos asfálticos modificados con polímeros son ligantes hidrocarbonados resultantes de la interacción física y/o química de polímeros con un cemento asfáltico de los definidos en la Sección 200 de las presentes especificaciones.

Dentro de esta definición quedan comprendidos los cementos asfálticos modificados por vía húmeda.

405-5.03.E. Designación.- La designación del cemento asfáltico modificado con polímeros será por tipos: I, II, III, IV y V, cada uno de los cuales deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 202.1 de la presente Sección.

El diseñador podrá especificar otros tipos de asfalto modificado, si así lo considera necesario para el mejor desempeño del pavimento. En estos casos, el ligante debe responder a un estudio que certifique su desempeño en el largo plazo y debe responder a una especificación particular que se ciña a las normas internacionales validadas.

Algunos de éstos se basarán en el documento "Guide Specifications for Polymer Modified Asphalts", elaborada por el Comité AASHTO-AGC-ARTBA, Reporte Task Force 31.

Tabla 202.1
Especificaciones de cementos asfálticos modificados con polímeros

Característica	Unidad	Norma de ensayo	Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
ASFALTO ORIGINAL												
Penetración (25° C, 100 g, 5 s)	0,1 mm	INV E-706-07	55	70	55	70	55	70	80	130	15	40
Punto de ablandamiento, anillo y bola	° C	INV E-712-07	58	-	58	-	65	-	60	-	65	-
Ductilidad (5° C, 5 cm/min)	cm	INV E-702-07	-	-	15	-	15	-	30	-	-	-
Recuperación elástica por torsión a 25° C	%	INV E-727-07	15	-	40	-	70	-	70	-	15	-
Estabilidad al almacenamiento (*)												
Diferencia punto de ablandamiento	° C	INV E-726-07 INV E-712-07	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Contenido de agua	%	INV E-704-07	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante copa abierta Cleveland	° C	INV E-709-07	230	-	230	-	230	-	230	-	230	-
Contenido de ceras												
PRUEBAS AL RESIDUO (Ensayo del Horno de lámina asfáltica delgada en movimiento INV E-720-07)												
Pérdida de masa	%	INV E-720-07	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Penetración del residuo luego del calentamiento en lámina delgada en movimiento, % de la penetración original	%	INV E-706-07	65		65		65		60		70	-
Ductilidad (5° C, 5 cm/min)	cm	INV E-702-07	-	-	8	-	8	-	15	-	-	-

(*) No se exigirá este requisito cuando los elementos de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogeneización adecuado, aprobado por el Interventor.

405-5.04.E. Transporte.- Cuando no se fabrique en el lugar de empleo, el transporte del cemento asfáltico modificado con polímeros desde la planta de producción a la planta mezcladora, deberá efectuarse en caliente y a granel, en carrotaques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Los carrotaques deberán estar dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

El Constructor deberá suministrar el producto cumpliendo las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental de los mismos.

405-5.05.E. Depósitos de almacenamiento.- El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico modificado con polímeros, antes de su uso, se realizará en tanques con dispositivos de calentamiento que permitan mantener la temperatura adecuada del producto para su mezcla con los agregados. Así mismo, dispondrán de una válvula para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotaques empleados para el transporte deberán estar dotados de medios

mecánicos para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas.

Todas las tuberías y bombas usadas para el trasvase del cemento asfáltico modificado con polímeros, desde el carrotanque de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar acondicionadas para conservar la temperatura, aisladas térmicamente y dispuestas de manera que permitan su limpieza después de cada aplicación y/o jornada de trabajo. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

El tiempo máximo de almacenamiento y la necesidad o no de disponer de sistemas de homogeneización en los carrotanques y en los tanques de almacenamiento, se determinarán en cada caso particular, según las características del cemento asfáltico modificado.

El Interventor deberá comprobar, con la frecuencia que considere pertinente, los sistemas de transporte y transvase y las condiciones de almacenamiento, en todo lo que pueda afectar la calidad del material y podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del asfalto.

405-5.06.E. Modo de empleo.- El empleo del cemento asfáltico modificado con polímeros en la elaboración de mezclas asfálticas se hará conforme lo establezca la Sección de las presentes Especificaciones, correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

405-5.07.E. Controles generales.- Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros, se cumpla la legislación vigente en lo relacionado con el medio ambiente, la seguridad industrial, el almacenamiento y el transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificar que, durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto y la seguridad de las personas.
- Tomar, cada vez que el Interventor lo estime conveniente, muestras para realizar los ensayos indicados en la Tabla 202.1 y efectuar las respectivas pruebas. Las muestras.
- Verificar que el calentamiento del producto, antes de su mezcla con los agregados pétreos, impida la oxidación prematura del asfalto o la degradación del polímero y se ajuste a las exigencias de la partida de pago en ejecución.

405-5.08.E. Control de recibo de los carrotanques.- A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho y el tipo de asfalto, así como la curva reológica y los resultados de los ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones establecidas en la Tabla 202.1 de la presente Sección. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el

empleo de suministros de cemento asfáltico modificado con polímeros que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Se deberán tomar dos (2) muestras representativas de cada carrotanque, de al menos un kilogramo (1kg) cada una, de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E-701-07 y sobre una de ellas realizará ensayos de penetración, punto de ablandamiento; y, recuperación elástica, conservando la otra muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando algunas de las partes manifiesten inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las mezclas que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

405-5.09.E. Control del asfalto fabricado en el lugar de empleo.- En este caso, se tomarán dos (2) muestras de al menos un kilogramo (1kg), por cada 50 toneladas de cemento asfáltico modificado fabricado, y sobre una de ellas realizará ensayos de penetración, punto de ablandamiento; y, recuperación elástica, conservando la otra muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las mezclas que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

405-5.10.E. Control a la entrada del mezclador.- Se considerará como lote que se aceptará o rechazará en bloque, a la menor cantidad entre cincuenta (50) toneladas y el peso del producto utilizado en una jornada de trabajo, en la elaboración de un determinado tipo de mezcla.

De cada lote, se tomarán dos (2) muestras de al menos un kilogramo (1 kg) cada una, en algún punto situado entre la salida del tanque de almacenamiento y la entrada al mezclador. Sobre una de las muestras se realizarán los ensayos de penetración y viscosidad y la otra se guardará para pruebas de contraste.

Sobre una de ellas realizará ensayos de penetración, punto de ablandamiento, curva reológica y recuperación elástica, conservando la otra muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las mezclas que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

405-5.11.E. Control adicional.- Una vez al mes, y como mínimo tres (3) veces durante la ejecución de la obra, por cada tipo de cemento asfáltico modificado con polímeros, se realizarán todos los ensayos para comprobar las características especificadas en la Tabla 202.1.

Si el cemento asfáltico modificado con polímeros ha estado almacenado en condiciones atmosféricas normales durante un período superior a quince (15) días, se deberán realizar, como mínimo, sobre dos (2) muestras, una de la parte superior y otra de la parte inferior del depósito de almacenamiento ensayos para determinar la estabilidad al almacenamiento, según normas de ensayo, cuyos resultados deberán cumplir las exigencias de la Tabla 202.1. En caso de no cumplirlas, el Constructor deberá homogeneizar el asfalto, después de lo cual se repetirán las pruebas. Si los resultados de estas últimas no satisfacen lo establecido en la Tabla 202.1, el producto no será aceptado para la ejecución de los trabajos previstos.

404-4.12.E. Medición.- Las cantidades a pagarse por la colocación de hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta serán el número de metros cuadrados de la mezcla con un espesor de 12.5 cm, efectivamente puesta en obra y aceptada, medida en su lugar después de la compactación.

El cómputo del área se efectuará en base área de la capa de rodadura terminada, medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía, y a la sección transversal establecida en los planos o especificada por el Fiscalizador.

404-4.13.E. Pago.- Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro y transporte del hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta, conformación y compactación, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

N° del Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

405-5.E. Hormigón asfáltico con polímeros
mezclado en planta de 12.5 cm de espesor Metro Cuadrado (m2)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
405-5.E	Hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta de 10 cm de espesor (SMA)	m2

405-5.E. Hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta de 10 cm de espesor

405-5.01.E. Descripción.- Esta especificación se refiere a las características de calidad que debe presentar el cemento asfáltico modificado con polímeros que se utilizará en la elaboración de mezclas en caliente, construidas de acuerdo con lo establecido en las Secciones 510 y 520 de las presentes Especificaciones.

405-5.02.E. Definición.- Los cementos asfálticos modificados con polímeros son ligantes hidrocarbonados resultantes de la interacción física y/o química de polímeros con un cemento asfáltico de los definidos en la Sección 200 de las presentes especificaciones.

Dentro de esta definición quedan comprendidos los cementos asfálticos modificados por vía húmeda.

405-5.03.E. Designación.- La designación del cemento asfáltico modificado con polímeros será por tipos: I, II, III, IV y V, cada uno de los cuales deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 202.1 de la presente Sección.

El diseñador podrá especificar otros tipos de asfalto modificado, si así lo considera necesario para el mejor desempeño del pavimento. En estos casos, el ligante debe responder a un estudio que certifique su desempeño en el largo plazo y debe responder a una especificación particular que se ciña a las normas internacionales validadas.

Algunos de éstos se basarán en el documento “Guide Specifications for Polymer Modified Asphalts”, elaborada por el Comité AASHTO-AGC-ARTBA, Reporte Task Force 31.

Tabla 202.1
Especificaciones de cementos asfálticos modificados con polímeros

Característica	Unidad	Norma de ensayo	Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV		Tipo V	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
ASFALTO ORIGINAL												
Penetración (25° C, 100 g, 5 s)	0.1 mm	INV E-706-07	55	70	55	70	55	70	80	130	15	40
Punto de ablandamiento, anillo y bola	°C	INV E-712-07	58	-	58	-	65	-	60	-	65	-
Ductilidad (5°C, 5 cm/min)	cm	INV E-702-07	-	-	15	-	15	-	30	-	-	-
Recuperación elástica por torsión a 25°C	%	INV E-727-07	15	-	40	-	70	-	70	-	15	-
Estabilidad al almacenamiento (*)												
Diferencia punto de ablandamiento	°C	INV E-726-07 INV E-712-07	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Contenido de agua	%	INV E-704-07	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de ignición mediante copa abierta Cleveland	°C	INV E-709-07	230	-	230	-	230	-	230	-	230	-
Contenido de ceras												
PRUEBAS AL RESIDUO (Ensayo del Horno de lámina asfáltica delgada en movimiento INV E-720-07)												
Pérdida de masa	%	INV E-720-07	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Penetración del residuo luego del calentamiento en lámina delgada en movimiento, % de la penetración original	%	INV E-706-07	65		65		65		60		70	-
Ductilidad (5° C, 5 cm/min)	cm	INV E-702-07	-	-	8	-	8	-	15	-	-	-

(*) No se exigirá este requisito cuando los elementos de transporte y almacenamiento estén provistos de un sistema de homogeneización adecuado, aprobado por el Interventor.

405-5.04.E. Transporte.- Cuando no se fabrique en el lugar de empleo, el transporte del cemento asfáltico modificado con polímeros desde la planta de producción a la planta mezcladora, deberá efectuarse en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Los carrotanques deberán estar dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

El Constructor deberá suministrar el producto cumpliendo las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental de los mismos.

405-5.05.E. Depósitos de almacenamiento.- El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico modificado con polímeros, antes de su uso, se realizará en tanques con dispositivos de calentamiento que permitan mantener la temperatura adecuada del producto para su mezcla con los agregados. Así mismo, dispondrán de una válvula para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte deberán estar dotados de medios mecánicos para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas.

Todas las tuberías y bombas usadas para el trasvase del cemento asfáltico modificado con polímeros, desde el carrotanque de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar acondicionadas para conservar la temperatura, aisladas térmicamente y dispuestas de manera que permitan su limpieza después de cada aplicación y/o jornada de trabajo. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

El tiempo máximo de almacenamiento y la necesidad o no de disponer de sistemas de homogeneización en los carrotanques y en los tanques de almacenamiento, se determinarán en cada caso particular, según las características del cemento asfáltico modificado.

El Interventor deberá comprobar, con la frecuencia que considere pertinente, los sistemas de transporte y transvase y las condiciones de almacenamiento, en todo lo que pueda afectar la calidad del material y podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del asfalto.

405-5.06.E. Modo de empleo.- El empleo del cemento asfáltico modificado con polímeros en la elaboración de mezclas asfálticas se hará conforme lo establezca la Sección de las presentes Especificaciones, correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

405-5.07.E. Controles generales.- Se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros, se cumpla la legislación vigente en lo relacionado con el medio ambiente, la seguridad industrial, el almacenamiento y el transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificar que, durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto y la seguridad de las personas.
- Tomar, cada vez que el Interventor lo estime conveniente, muestras para realizar los ensayos indicados en la Tabla 202.1 y efectuar las respectivas pruebas. Las muestras.

- Verificar que el calentamiento del producto, antes de su mezcla con los agregados pétreos, impida la oxidación prematura del asfalto o la degradación del polímero y se ajuste a las exigencias de la partida de pago en ejecución.

405-5.08.E. Control de recibo de los carrotanques.- A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho y el tipo de asfalto, así como la curva reológica y los resultados de los ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones establecidas en la Tabla 202.1 de la presente Sección. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico modificado con polímeros que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Se deberán tomar dos (2) muestras representativas de cada carrotanque, de al menos un kilogramo (1kg) cada una, de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E-701-07 y sobre una de ellas realizará ensayos de penetración, punto de ablandamiento; y, recuperación elástica, conservando la otra muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando algunas de las partes manifiesten inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las mezclas que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

405-5.09.E. Control del asfalto fabricado en el lugar de empleo.- En este caso, se tomarán dos (2) muestras de al menos un kilogramo (1kg), por cada 50 toneladas de cemento asfáltico modificado fabricado, y sobre una de ellas realizará ensayos de penetración, punto de ablandamiento; y, recuperación elástica, conservando la otra muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las mezclas que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

405-5.10.E. Control a la entrada del mezclador.- Se considerará como lote que se aceptará o rechazará en bloque, a la menor cantidad entre cincuenta (50) toneladas y el peso del producto utilizado en una jornada de trabajo, en la elaboración de un determinado tipo de mezcla.

De cada lote, se tomarán dos (2) muestras de al menos un kilogramo (1 kg) cada una, en algún punto situado entre la salida del tanque de almacenamiento y la entrada al mezclador. Sobre una de las muestras se realizarán los ensayos de penetración y viscosidad y la otra se guardará para pruebas de contraste.

Sobre una de ellas realizará ensayos de penetración, punto de ablandamiento, curva reológica y recuperación elástica, conservando la otra muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contrate no son satisfactorios, se rechazará el producto y las mezclas que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

405-5.11.E. Control adicional.- Una vez al mes, y como mínimo tres (3) veces durante la ejecución de la obra, por cada tipo de cemento asfáltico modificado con polímeros, se realizarán todos los ensayos para comprobar las características especificadas en la Tabla 202.1.

Si el cemento asfáltico modificado con polímeros ha estado almacenado en condiciones atmosféricas normales durante un período superior a quince (15) días, se deberán realizar, como mínimo, sobre dos (2) muestras, una de la parte superior y otra de la parte inferior del depósito de almacenamiento ensayos para determinar la estabilidad al almacenamiento, según normas de ensayo, cuyos resultados deberán cumplir las exigencias de la Tabla 202.1. En caso de no cumplirlas, el Constructor deberá homogeneizar el asfalto, después de lo cual se repetirán las pruebas. Si los resultados de estas últimas no satisfacen lo establecido en la Tabla 202.1, el producto no será aceptado para la ejecución de los trabajos previstos.

404-4.12.E. Medición.- Las cantidades a pagarse por la colocación de hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta serán el número de metros cuadrados de la mezcla con un espesor de 12.5 cm, efectivamente puesta en obra y aceptada, medida en su lugar después de la compactación.

El cómputo del área se efectuará en base área de la capa de rodadura terminada, medida horizontalmente a lo largo del eje de la vía, y a la sección transversal establecida en los planos o especificada por el Fiscalizador.

404-4.13.E. Pago.- Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro y transporte del hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta, conformación y compactación, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarias para el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
405-5.E. Hormigón asfáltico con polímeros mezclado en planta de 10 cm de espesor	Metro Cuadrado (m2)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
406-7.E	Capa de rodadura de micro aglomerado 2.5 cm de espesor	m2

406-7.E. Capa de rodadura de micro aglomerado 2.5 cm de espesor

406-7.01. E. Descripción.- Este trabajo consistirá en la construcción de microaglomerados asfálticos en caliente colocados en capas delgadas con un espesor entre 2 y 3 cm, constituidos por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclado en caliente en una planta central y colocado sobre un pavimento existente, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales.

406-7.02. E. Materiales. - Los agregados a emplear estarán constituidos por roca o grava trituradas totalmente, arenas y relleno mineral, debiendo cumplir con alguna de las exigencias granulométricas que se muestran en la tabla 406-7.1, para los tamaños máximos de 8 ó 10 mm.

Los agregados a utilizar serán limpios, sólidos y resistentes, libres de materiales orgánicos, arcillas u otras materias extrañas. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menos del 25% según la Norma INEN 860.

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayor que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D4791.

Los agregados gruesos retenidos en el tamiz INEN 4.75 mm deben tener cierta angularidad, debiendo contener al menos el 75% en peso de elementos triturados que contengan dos o más caras fracturadas según la Norma ASTM D5821.

TABLA 406-7.1

Tamaño máximo nominal	12,5 mm	10 mm	8 mm	Tz No. 4 (4,75 mm)	Tz No. 8 (2,36 mm)	Tz No. 30 (0,60 mm)	Tz No. 200 (0,075mm)
8 mm	----	100	75-97	25-40	20-35	12-25	7-10
10 mm	100	75-97	----	25-40	20-35	12-25	7-10

Las mismas presentan como característica discontinuidades entre los tamices No 8 y No 4, que son responsable de una excelente macrorugosidad.

Como agregados finos se utilizarán mayormente arenas trituradas, limitándose el contenido de arena natural en la mezcla a un máximo del 10 %. El equivalente de arena se realizará en los agregados pasantes por el tamiz INEN 4.75 mm. Tendrá un valor mínimo de 35% según Norma ASTM D2419.

Los agregados serán de características tales que, al ser impregnados con material bituminoso, más de un 95% de este material bituminoso permanezca impregnando las partículas, después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura.

El material asfáltico que deberá emplearse será un cemento asfáltico de penetración 85-100 mejorado con polímeros, con elevada cohesión interna, para otorgar a las mezclas una gran resistencia al arranque de sus partículas, una cierta capacidad de recuperación elástica y una mejora notable en su resistencia a la deformación plástica. El cemento asfáltico 85-100 que se vaya a utilizar deberá cumplir antes de mezclarse con polímeros las exigencias de la tabla 810-2.1. Las características que deben cumplir los asfaltos ya mejorados con polímeros, bien sean estos elastómeros, como el SBS o el EVA, o plastómeros, como el EE-2, se muestran en la tabla 406-7.2.

TABLA 406-7.2

Penetración (25 °C, 100g, 5s)	50 - 70
Punto de ablandamiento (A y B), °C	> 60

**TABLA 810-2.1.
ESPECIFICACIONES AASHTO MPI-93 PARA CEMENTOS ASFALTICOS**

GRADO DE COMPORTAMIENTO	PG 46-			PG 52-						PG 58-				PG 64-				PG 70-				PG 76-				PG 82-													
	-34	-40	-46	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-10	-16	-22	-28	-34		
Temperatura de diseño máxima en el pavimento promedio 7 días, °C *	< 46			< 52						< 58				< 64				< 70				< 76				< 82													
Temperatura mínima de diseño del pavimento, °C *	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
ASFALTO ORIGINAL																																							
Punto de inflamación, TIS: mínima, °C	230																																						
Viscosidad, ASTM D 4402: * Máx: 3 pa. * Temper ensayo, °C	135																																						
Ensayo de corte dinámico * TF3: G°/sen 5, mínimo, 2.20 kpa, Temperatura de ensayo @ 10 rad/s, °C	46			52						58				64				70				76				82													
ENSAYO SOBRE EL RESIDUO DEL RTOF (T 240)																																							
Perdida de masa, máx. %	1.00																																						
Ensayo de corte dinámico TF3: * G°/sen 5, mínimo, 2.20 kpa, Temperatura de ensayo @ 10 rad/s, °C.	46			52						58				64				70				76				82													
ENSAYO SOBRE EL RESIDUO DE ENVEJECIMIENTO A PRESION																																							
Temperatura de envejecimiento FNV, °C.	90			90						100				100				100 (110)				100 (110)				100 (110)													
Ensayo de corte dinámico TF3 *(G°) sen 5. Máx. 5.000 kpa, Temperatura de ensayo @ 10 rad/s, °C.	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16	34	31	28	25	22	19	27	24	21	18	15	12	9	6	3	0		
REPORTAR																																							
Módulo de rigidez, TPI * S. Máximo, 3.00 Mpa, Temp. de ensayo@60 seg, °C.	-	-	-	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24		
Tracción directa, TF3 * Alargamiento a rotura, mínimo, 1.0 %. Temperatura de ensayo @ 1.0 mm/min, °C	-	-	-	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24		

Notas:

- La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire utilizando un algoritmo del software de Superpave o podría ser prevista por la agencia.
- Este requerimiento puede obviarse al criterio de la agencia si el proveedor garantiza que el ligante asfáltico puede ser adecuadamente bombeado y mezclado a temperaturas que cumplan con las normas de seguridad.
- S es el módulo en creep para 60 seg. de tiempo de carga y m es la pendiente de la curva log. del módulo en creep versus log. del tiempo para dicho tiempo de carga

Para tráfico medio o liviano podrá admitirse el empleo de cementos asfálticos de penetración 60-70 sin modificar con polímeros, siempre que cumplan las exigencias de la tabla 810-2.1. La clasificación del tráfico aparece en la tabla 405-5.2.

Tabla 405-5.2.

Ensayos de acuerdo al método Marshall	T R A F I C O					
	PESADO		MEDIO		LIVIANO	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Nº de golpes	75		50		35	
Estabilidad (libras)	1.800	--	1.200	--	750	--
Flujo (pulgada/100)	8	16	8	18	8	20
% vacíos con aire:						
Carpeta	3	5	3	5	3	5
Base	3	8	3	8	3	8

Nota: % de Vacíos en el agregado mineral (VMA) de acuerdo con el gráfico actualizado del Instituto del Asfalto.

406-7.03. E. Equipo. - Serán necesarias plantas mezcladoras, camiones, equipos para la distribución de la mezcla y compactadores. Estos deberán cumplir los mismos requerimientos mostrados en el numeral 405-5.03 para el caso del hormigón asfáltico mezclado en planta, de las Especificaciones Generales MOP-001-F -2002.

405-5.03. Equipo .-

405-5.03.1. Plantas mezcladoras.- Las plantas para la preparación de hormigón asfáltico utilizadas por el Contratista, podrán ser continuas o por paradas, y deberán cumplir los requisitos que se establezcan más adelante para cada una de ellas específicamente, además de lo cual todas deberán satisfacer las exigencias siguientes:

- Equipo para manejo del asfalto: Los tanques para almacenamiento del asfalto deberán estar equipados con serpentines de circulación de vapor o aceite que permitan un calentamiento seguro, sin que existan probabilidades de producirse incendios u otros accidentes; y con dispositivos que posibiliten un control efectivo de temperaturas en cualquier momento. Los tanques para almacenamiento deberán tener capacidad suficiente de reserva para al menos un día de trabajo sin interrupciones; el sistema de circulación a las balanzas de dosificación, mezcladora, etc., deberá tener capacidad suficiente para un caudal uniforme, y deberá estar provisto de camisas de aislamiento térmico y conservación de la temperatura. Deberá proveerse de dispositivos confiables para medición y muestreo del asfalto de los tanques.
- Secador: La planta deberá estar equipada con un horno secador rotativo para agregados, con suficiente capacidad para proveer los agregados secos y a la temperatura necesaria, a fin de mantener a la mezcladora trabajando continuamente y a su máximo rendimiento. Dispondrá de dispositivos para medición de la temperatura de los agregados al salir del horno, que trabajen con un máximo de error de 5 °C.

El horno secador estará diseñado con una longitud y un número de revoluciones tales que permitan recibir los agregados y movilizarlos hacia la salida en una forma regular y continua, a fin de entregarlos al alimentador de las cribas totalmente secos y en la temperatura necesaria, mediante un flujo permanente, adecuado y sin interrupciones. De todas maneras, el Fiscalizador deberá obtener las muestras necesarias en forma periódica de los agregados transportados a la planta, para comprobar la calidad del secamiento en el núcleo de los mismos.

- c) Cribas y tolvas de recepción: La planta dispondrá de las cribas suficientes para tamizar el agregado proveniente del secador y separarlo en las graduaciones requeridas para alojarlas en las diferentes tolvas individuales de recepción.

Los tamices a utilizarse para la separación de las diferentes graduaciones, no permitirán que cualquier tolva reciba más de un 10% de material de tamaño mayor o menor que el especificado.

Las tolvas para almacenamiento del agregado caliente deberán tener tamaño suficiente, para conservar una cantidad de agregados que permita la alimentación de la mezcladora trabajando a su máximo rendimiento. Existirán al menos tres tolvas para las diferentes graduaciones, y una adicional para el relleno mineral que se utilizará cuando sea necesario. Cada tolva individual estará provista de un desbordamiento que impida la entrada del exceso de material de uno a otro compartimiento, y que descargue este exceso hasta el piso por medio de una tubería, para evitar accidentes.

Las tolvas estarán provistas de dispositivos para control de la cantidad de agregados y extracción de muestras en cualquier momento.

- d) Dispositivos para dosificación del asfalto: La planta estará provista de balanzas de pesaje o de dispositivos de medición y calibración del asfalto, para asegurar que la dosificación de la mezcla se halle dentro de las tolerancias especificadas en la fórmula maestra de obra.

El asfalto medido, ya sea por peso o por volumen, deberá ser descargado a la mezcladora, mediante una abertura o una barra esparcidora cuya longitud será al menos igual a las tres cuartas partes de la longitud de la mezcladora, a fin de lograr una distribución uniforme e inmediata al mezclado en seco.

Los dispositivos para la dosificación estarán provistos de medios exactos de medición y control de temperaturas y pesos o volúmenes. La temperatura será medida en la cañería que conduce el asfalto a las válvulas de descarga a la entrada de la mezcladora.

- e) Colector de polvo: La planta estará equipada con un colector de polvo de tipo ciclón que recolecte el polvo producido en el proceso de alimentación y mezclado.

Este colector estará diseñado en forma de poder devolver, en caso necesario, el polvo recolectado o parte de él a la mezcladora, o de conducirlo al exterior a un lugar protegido para no causar contaminación ambiental.

- f) Laboratorio de campo: Se deberá contar con el equipo necesario para poder realizar ensayos de la categoría 1 según la subsección 810-2.04, con el objetivo de que antes de descargar el cemento asfáltico a los reservorios desde el tanquero-cisterna este sea evaluado y certificado. Se contará también con el equipo necesario para evaluar la composición de las mezclas y la temperatura de fabricación de las mismas.
- g) Medidas de seguridad: Las plantas deberán disponer de escaleras metálicas seguras para el acceso a las plataformas superiores, dispuestas de tal manera de tener acceso a todos los sitios de control de las operaciones. Todas las piezas móviles como poleas, engranajes, cadenas, correas, etc., deberán hallarse debidamente protegidas para evitar cualquier posibilidad de accidentes con el personal. El espacio de acceso bajo la mezcladora para los camiones, deberá ser amplio, para maniobrar con facilidad a la entrada y a la salida. El contratista proveerá además de una plataforma de altura suficiente, para que el Fiscalizador pueda acceder con facilidad a tomar las muestras necesarias en los camiones de transporte de la mezcla.

1.- Exigencias especiales para plantas discontinuas:

- a) Dispositivos de dosificación: Las balanzas para pesar los agregados deberán ser capaces de producir medidas exactas para cada fracción, con una precisión de 0.5% del peso indicado para cualquier carga. Cada fracción que deba pesarse ingresará a un cajón de pesaje suspendido por las balanzas, con capacidad suficiente para recibir la totalidad de la parada con margen de seguridad para evitar el desborde. El cajón permanecerá cerrado y no deberá perder ningún material, hasta completar la parada total de agregados que ingresarán a la mezcladora el momento de la descarga de una manera instantánea. Los soportes del cajón de pesaje estarán libres de cualquier interferencia para permitir un pesaje efectivo en todo momento.

Las balanzas serán de tipo dial sin resortes, de fabricación comercial reconocida y con escala que permita apreciar al menos 5 Kg, empezando su funcionamiento con un peso máximo de 45 Kg. La capacidad total de la balanza será hasta 1.5 veces la capacidad de la mezcladora por paradas.

El dial deberá estar provisto de agujas para señalar los pesos de cada fracción que se vaya vertiendo en el cajón de pesaje. El movimiento de las agujas estará diseñado para evitar cualquier reflexión sobre el dial y el cristal de protección no deberá permitir refracciones que dificulten la lectura precisa.

La balanza para pesar el material bituminoso deberá ser de idéntica factura que las balanzas para agregados, pero la subdivisión mínima de la escala será de 1 Kg y el dial deberá iniciar el control de pesaje con un peso máximo de 5 Kg. La capacidad de estas balanzas para pesar materiales bituminosos será 1.15 veces mayor que el peso del asfalto a agregar a cada parada.

Las balanzas, tanto para los agregados como para el asfalto deberán ser calibradas tantas veces como el Fiscalizador lo juzgue conveniente para asegurar la continuidad y uniformidad del pesaje. El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la calibración, incluyendo las pesas

apropiadas, y deberá prestar todas las facilidades para que se efectúe la comprobación a satisfacción del Fiscalizador.

La precisión del equipo para medir el asfalto estará dentro del 0.5% de tolerancia sobre cualquier peso requerido.

Una vez pesado el asfalto que se utilizará en una parada, se accionarán las válvulas manual o automáticamente, para descargar el asfalto dentro de la mezcladora en un lapso máximo de 15 segundos. La descarga del asfalto deberá producirse en cuanto la mezcladora termine su período de mezclado de los agregados en seco.

- b) Mezcladora: La mezcladora será de paletas giratorias dobles, para mezcla tipo amasado, con un número suficiente de paletas para producir una mezcla homogénea y dentro de las tolerancias fijadas para la fórmula maestra de obra. La separación entre ejes y paletas será tal que no cause fracturación del agregado grueso al momento del mezclado.

La mezcladora podrá ser de cajón cerrado o abierto con tapa móvil, para evitar pérdida del relleno mineral o material fino al momento del mezclado inicial. En todo caso, su diseño permitirá tomar con facilidad las muestras necesarias de la mezcla. Estará equipada con dispositivos exactos para medir y controlar el tiempo de mezclado por cada parada, con precisión de 5 segundos. Contará también con un registrador automático del número de paradas producidas.

2.- Exigencias especiales para plantas continuas:

- a) Dispositivos de dosificación, control y calibración: La planta de mezcla continua deberá incluir los dispositivos necesarios para la dosificación exacta de los agregados y el asfalto, sea por volumen o por peso. Previamente al ingreso al secador de la planta, los agregados en frío deberán estar completamente secos.

Cuando se efectúe un control de los agregados por volumen, cada tolva de almacenamiento individual dispondrá de una compuerta regulable exactamente, para formar el orificio de dosificación volumétrica, el cual será rectangular y ajustable en sus dimensiones, y deberá estar provisto de registradores para indicar la abertura en cualquier momento.

Las aberturas de salida de las tolvas serán calibradas por medio del pesaje de muestras tomadas de cada compartimiento, utilizando el equipo de control de las muestras proporcionado por el Contratista, equipo que permitirá una exactitud de pesaje dentro del 0.5% de error sobre el peso indicado.

Cuando se requiera de relleno mineral, éste será introducido a la mezcladora desde una tolva individual, equipada con un dispositivo exacto para la dosificación, y que trabajará sincronizadamente con los alimentadores del agregado y del asfalto.

- b) Sincronización de la alimentación: La planta deberá contar con los medios adecuados para asegurar una sincronización efectiva entre el suministro de los agregados provenientes de las tolvas a la mezcladora, y el suministro del

asfalto desde el dispositivo de dosificación, para lograr mezclas homogéneas y uniformes.

Las tolvas individuales de los agregados deberán estar provistas de dispositivos de señalización, para indicar el nivel del agregado y detener automáticamente el funcionamiento de la planta cuando la cantidad de agregado en la tolva sea insuficiente. Así mismo, el sistema de almacenamiento del asfalto dispondrá de dispositivos similares para control y parada de la planta en el momento oportuno.

- c) Mezcladora: La planta estará dotada de una mezcladora continua, de diseño capaz de producir una mezcla uniforme dentro de los límites de tolerancia fijados para la fórmula maestra de obra. Las paletas serán reversibles y de ángulo ajustable, para calibrar el paso de la mezcla. El embudo de descarga de la mezcla será tal que permita una descarga rápida y completa de toda la mezcla.

La planta deberá disponer de los datos de fábrica que señalen el régimen de alimentación de los agregados por minuto, para operación a velocidad normal. Deberá contar también con una placa que indique el contenido neto volumétrico de la mezcladora, a los varios niveles marcados en un limnómetro permanente.

405-5.03.2. Equipo de transporte.- Los camiones para el transporte del hormigón asfáltico serán de volteo y contarán con cajones metálicos cerrados y en buen estado. Para el uso, los cajones deberán ser limpiados cuidadosamente y recubiertos con aceite u otro material aprobado, para evitar que la mezcla se adhiera al metal. Una vez cargada, la mezcla deberá ser protegida con una cubierta de lona, para evitar pérdida de calor y contaminación con polvo u otras impurezas del ambiente.

405-5.03.3. Equipo de distribución de la mezcla.- La distribución de la mezcla asfáltica en el camino, será efectuada mediante el empleo de una máquina terminadora autopropulsada, que sea capaz de distribuir el hormigón asfáltico de acuerdo con los espesores, alineamientos, pendientes y ancho especificados.

Las terminadoras estarán provistas de una tolva delantera de suficiente capacidad para recibir la mezcla del camión de volteo; trasladará la mezcla al cajón posterior, que contendrá un tornillo sinfín para repartirla uniformemente en todo el ancho, que deberá ser regulable. Dispondrá también de una plancha enrasadora vibrante para igualar y apisonar la mezcla; esta plancha podrá ser fijada en diferentes alturas y pendientes para lograr la sección transversal especificada.

La descarga de la mezcla en la tolva de la terminadora deberá efectuarse cuidadosamente, en tal forma de impedir que los camiones golpeen la máquina y causen movimientos bruscos que puedan afectar a la calidad de la superficie terminada.

Para completar la distribución en secciones irregulares, así como para corregir algún pequeño defecto de la superficie, especialmente en los bordes, se

usarán rastrillos manuales de metal y madera que deberán ser provistos por el Contratista.

405-5.03.4. Equipo de compactación.- El equipo de compactación podrá estar formado por rodillos lisos de ruedas de acero, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente y rodillos neumáticos autopropulsados. El número necesario de rodillos dependerá de la superficie y espesor de la mezcla que deberá compactarse, mientras se halla en condiciones trabajables.

Los rodillos lisos de tres ruedas deberán tener un peso entre 10 y 12 toneladas, y los tandem entre 8 y 10 toneladas. Los rodillos neumáticos serán de llantas lisas y tendrán una carga por rueda y una presión de inflado convenientes para el espesor de la carpeta. Como mínimo, para carpetas de 5 cm. de espesor compactado, tendrán 1.000 Kg por rueda y presión de inflado de 6.0 Kg/cm².

406-7.04. E. Ensayos y tolerancias. - Los ensayos que se deben realizar para la comprobación de la calidad de los agregados y el material asfáltico serán los indicados en el numeral 810-4.03.

810-4.03. Ensayos y Tolerancias.- Los ensayos para comprobar los requerimientos de los asfaltos diluidos, serán realizados en el Laboratorio Central del Ministerio de Obras Públicas, o en otro laboratorio particular autorizado por el Fiscalizador.

El muestreo y los ensayos correspondientes deben seguir los procedimientos indicados por las normas INEN, y de no haberlos se deberá optar por las correspondientes Normas AASHTO, cuyo detalle se indica en la Tabla 810-2.2.

La mezcla asfáltica deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Porcentaje en peso de ligante:	5,0 % a 5,8% sobre la mezcla.
Porcentaje de vacíos:	superior al 4%.
Estabilidad Marshall (60 °C):	mayor a 1650 libras.
Estabilidad retenida luego de 7 días en agua a temperatura ambiente:	superior al 75 %.

Las briquetas tipo Marshall deberán ser confeccionadas aplicando 50 golpes por cara con el martillo correspondiente dicho método.

Las tolerancias admitidas y las actividades a realizar para el control de calidad de la obra terminada son similares a las mostradas en el numeral 405-5.04 para el hormigón asfáltico mezclado en planta, de las Especificaciones Generales MOP-001-F 2002.

405-5.04. Ensayos y Tolerancias.- Los agregados deberán cumplir los requisitos de calidad, cuyas pruebas están determinadas en la subsección 811-2.03. La granulometría será comprobada mediante el ensayo INEN 696, que se efectuará sobre muestras que se tomarán periódicamente de los acopios de existencia, de las tolvas de recepción en caliente y de la mezcla

asfáltica preparada, para asegurar que se encuentre dentro de las tolerancias establecidas para la fórmula maestra de obra.

811-2.03. Ensayos y Tolerancias.- *Los ensayos de control y verificación que se deben realizar para aceptar o rechazar un agregado, seguirán lo indicado en las normas mencionadas en los diferentes párrafos del numeral anterior. Las exigencias de graduación serán comprobadas mediante ensayos granulométricos, según lo establecido en las Normas INEN 696 y 697.*

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 856 y 857, según corresponda, y el peso unitario de los agregados se determinará de acuerdo a la Norma INEN 854.

La calidad del material asfáltico será comprobada mediante las normas indicadas en la Tabla 810-2.2. para cementos asfálticos.

La mezcla deberá cumplir los requisitos especificados en la Tabla 405-5.2.

Las muestras de hormigón asfáltico serán tomadas de la mezcla preparada de acuerdo con la fórmula maestra de obra, y sometidas a los ensayos según el método Marshall.

El hormigón asfáltico que se produzca en la planta deberá cumplir con la fórmula maestra de obra indicada en el numeral 405-5.05.1, dentro de las siguientes tolerancias:

- a) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz de 1/2" (12.5 mm.) y mayores: $\pm 8\%$.
- b) Peso de los agregados secos que pasen los tamices de 3/8" (9.5 mm.) y N° 4 (4.75 mm.): $\pm 7\%$.
- c) Peso de los agregados secos que pasen los tamices N° 8 (2.36 mm.) y N° 16 (1.18 mm.): $\pm 6\%$.
- d) Peso de los agregados secos que pasen los tamices N° 30 (0.60 mm.) y N° 50 (0.30 mm.): $\pm 5\%$.
- e) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz N° 100 (0.15 mm.): $\pm 4\%$.
- f) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz N° 200 (0.075 mm.): $\pm 3\%$
- g) Dosificación del material asfáltico en peso: $\pm 0.3\%$
- h) Temperatura de la mezcla al salir de la mezcladora: $\pm 10^{\circ}\text{C}$.
- i) Temperatura de la mezcla al colocarla en el sitio: $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

El espesor de la capa terminada de hormigón asfáltico no deberá variar en más de 6 mm. de lo especificado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores medidos, en ningún caso será menor que el espesor establecido en el contrato.

Las cotas de la superficie terminada no deberán variar en más de un centímetro de las cotas establecidas en los planos. La pendiente transversal

de la superficie deberá ser uniforme y lisa, y en ningún sitio tendrá una desviación mayor a 6 mm. con el perfil establecido.

Concluida la compactación de la carpeta asfáltica, el Fiscalizador deberá comprobar los espesores, la densidad de la mezcla y su composición, a intervalos de 500 a 800 metros lineales en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino, mediante extracción de muestras. El contratista deberá rellenar los huecos originados por las comprobaciones, con la misma mezcla asfáltica y compactarla a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago adicional por este trabajo.

Cuando las mediciones de comprobación indicadas señalen para el espesor una variación mayor que la especificada arriba, o cuando el ensayo de densidad indique un valor inferior al 97% de la densidad máxima establecida en el laboratorio, o cuando la composición de la mezcla no se encuentre dentro de las tolerancias admitidas, el Fiscalizador efectuará las mediciones adicionales necesarias para definir con precisión el área de la zona deficiente. En caso de encontrarse sectores inaceptables, tanto en espesor como en composición o en densidad, el Contratista deberá reconstruir completamente el área afectada, a su costa, y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador.

405.5.04 Ensayos y Tolerancias.- Las mezclas asfálticas de Granulometría cerrada (densa) y semicerrada deberán cumplir con los requisitos especificados en la tabla 405.5.4. Las mezclas asfálticas de Granulometría Abierta deben cumplir los mismos requisitos de estabilidad y flujo Marshall establecidos para mezclas anteriores. Adicionalmente a los requisitos ya nombrados será necesario demostrar la resistencia de la mezcla al daño causado por el agua mediante el método ASTM D4867 y el ensayo de tracción indirecta (ASTM D4123, CABEZAL LOTTMAN), debiendo las mezclas mantener una resistencia residual superior al 80 %. En caso de no cumplirse este requisito, se considerará el cambio de agregados o de cemento asfáltico, o el empleo de un aditivo promotor de adherencia.

También se podrá evaluar la resistencia al daño por el agua mediante el ensayo ASTM D3625 de peladura por agua hirviendo; el que no deberá mostrar evidencia alguna de peladura en la mezcla.

En las vías con tráfico catalogado como muy pesado, las mezclas asfálticas a emplearse para la capa de rodadura deben de ser sometidas además a un estudio detallado que incluya:

- Determinación de la curva reológica, es decir, la variación del módulo elástico de la mezcla a diferentes temperaturas.
- Evaluación de su comportamiento ante las deformaciones plásticas.
- Evaluación de su comportamiento a la fatiga.

Ya que estos estudios pueden realizarse con diferentes equipos y procedimientos, los mismos estarán especificados en el contrato.

Para el diseño de las mezclas asfálticas abiertas se recomienda determinar previamente un contenido de asfalto referencial por alguna ecuación que relacione el mismo con la superficie específica de los agregados combinados.

En las mezclas asfálticas tipo E y G, si existe material retenido en el tamiz INEN 25.4 mm, tanto la estabilidad como el flujo se deberán evaluar siguiendo el llamado Método Marshall Modificado. El procedimiento es básicamente el mismo que el método estándar excepto por ciertas diferencias debido al tamaño del agregado, las cuales son:

1. El martillo pesa 10.2 Kg. y tiene 149.4 mm de diámetro. Solo se permite utilizar un equipo mecánico para darle los 457 mm de caída, igual que al método estándar.
2. La briqueta tiene 152.4 mm de diámetro y un promedio de 95.2 mm de altura.
3. Se elabora una briqueta a la vez, la mezcla necesaria para la misma pesa alrededor de 4 Kg.
4. Tanto el molde de compactación como el molde de ensayo serán de 152.4 mm de diámetro.
5. La mezcla es colocada en el molde en dos capas, a cada capa se la debe escarificar con la espátula como a una briqueta estándar.
6. El número de golpes requerido para estas briquetas es 1.5 veces que el requerido para las briquetas de tamaño estándar para obtener una compactación equivalente.
7. La estabilidad mínima será de 2.25 veces y el flujo máximo será 1.5 veces el mismo criterio listado en la tabla 405.5.4 para briquetas de tamaño estándar.
8. Similar al procedimiento estándar, la Tabla No. 405.5.3. debe ser usada para convertir la estabilidad medida a un valor equivalente referido a un espécimen de 95.2 mm de altura.

TABLA 405-5.3

Altura Aproximada (mm)	Volumen del Espécimen (cc)	Factor de Ajuste
88.9	1608 a 1626	1.12
90.5	1637 a 1665	1.09
92.1	1666 a 1694	1.06
93.7	1695 a 1723	1.03
95.2	1724 a 1752	1.00
96.8	1753 a 1781	0.97
98.4	1782 a 1810	0.95
100.0	1811 a 1839	0.92
101.6	1840 a 1868	0.90

Se realizará una serie de 3 extracciones de núcleos como mínimo cada 10.000 m² o por cada 1.000 toneladas de mezcla para la carpeta de rodadura con vista a comprobar la densidad en el sitio. Se harán por lo menos 15 determinaciones de densidades por medio de un densímetro nuclear cada 10.000 m² o por cada 1.000 toneladas de carpeta de rodadura. Los puntos específicos donde se realizarán estas evaluaciones deberán determinarse previamente por métodos estadísticos empleando una tabla de números aleatorios.

TABLA 405.5.4

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
CRITERIOS MARSHALL	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

Notas:

1.- Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayen a 60 °C, se consideran satisfactorias si cumplen con los criterios cuando se ensayan a 38 °C, y se colocan 100mm por debajo de la superficie.

2.- Clasificación del tráfico. Es función de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDP) esperada por el carril de diseño en el momento de poner en funcionamiento la vía, luego de su construcción o de su rehabilitación. Los vehículos pesados no comprenden autos, camionetas ni tractores sin remolque.

TRAFICO	IMDP
Liviano	Menos de 50
Medio	50 a 200
Pesado	200 a 1000
Muy pesado	Más de 1000

TABLA 405-5.5

Tipo de Mezcla	VAM, Mínimo (%)
A	16
B	15
C, D	14
E	13

NOTA: Las mezclas abiertas se excluyen de esta comprobación.

406-7.05. E. Procedimientos de trabajo. - Son los mostrados en el numeral 405-5.05 para el hormigón asfáltico mezclado en planta, de las Especificaciones Generales MOP-001-F 2002.

405-5.05. Procedimientos de trabajo.

405-5.05.1. Fórmula Maestra de Obra.- Antes de iniciarse ninguna preparación de hormigón asfáltico para utilizarlo en obra, el Contratista deberá presentar al Fiscalizador el diseño de la fórmula maestra de obra, preparada en base al estudio de los materiales que se propone utilizar en el trabajo. El Fiscalizador efectuará las revisiones y comprobaciones pertinentes, a fin de autorizar la producción de la mezcla asfáltica. Toda la mezcla del hormigón asfáltico deberá ser realizada de acuerdo con esta fórmula maestra, dentro de las tolerancias aceptadas en el numeral 405-5.04, salvo que sea necesario modificarla durante el trabajo, debido a variaciones en los materiales.

La fórmula maestra establecerá:

- 1) las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados;
- 2) el porcentaje de material asfáltico para la dosificación, en relación al peso total de todos los agregados, inclusive el relleno mineral y aditivos para el asfalto si se los utilizare;
- 3) la temperatura que deberá tener el hormigón al salir de la mezcladora, y
- 4) la temperatura que deberá tener la mezcla al colocarla en sitio.

405-5.05.2. Dosificación y Mezclado.- Los agregados para la preparación de las mezclas de hormigón asfáltico deberán almacenarse separadamente en tolvas individuales, antes de entrar a la planta. La separación de las diferentes fracciones de los agregados será sometida por el Contratista a la aprobación del Fiscalizador. Para el almacenaje y el desplazamiento de los agregados de estas tolvas al secador de la planta, deberá emplearse medios que eviten la segregación o degradación de las diferentes fracciones.

Los agregados se secarán en el horno secador por el tiempo y a la temperatura necesarios para reducir la humedad a un máximo de 1%; al momento de efectuar la mezcla, deberá comprobarse que los núcleos de los agregados cumplan este requisito. El calentamiento será uniforme y graduado, para evitar cualquier deterioro de los agregados. Los agregados secos y calientes pasarán a las tolvas de recepción en la planta asfáltica, desde donde serán dosificados en sus distintas fracciones, de acuerdo con la fórmula maestra de obra, para ser introducidos en la mezcladora.

- a) Dosificación: El contratista deberá disponer del número de tolvas que considere necesarias para obtener una granulometría que cumpla con todos los requerimientos según el tipo de mezcla asfáltica especificada para el respectivo proyecto.

De ser necesario podrá utilizar relleno mineral, que lo almacenará en un compartimiento cerrado, desde donde se lo alimentará directamente a la mezcladora, a través de la balanza para el pesaje independiente de los agregados, en el caso de usarse plantas mezcladora por paradas. Si se utiliza una planta de mezcla continua, el relleno mineral será introducido directamente a la mezcladora, a través de una alimentadora continua eléctrica o mecánica, provista de medios para la calibración y regulación de cantidad.

- b) Mezclado: La mezcla de los agregados y el asfalto será efectuada en una planta central de mezcla continua o por paradas. Según el caso, los agregados y el asfalto podrán ser dosificados por volumen o al peso.

La cantidad de agregados y asfalto por mezclar estará dentro de los límites de capacidad establecida por el fabricante de la planta, para la carga de cada parada o la razón de alimentación en las mezcladoras continuas. De todos modos, de existir sitios en donde los materiales no se agiten suficientemente para lograr una mezcla uniforme, deberá reducirse la cantidad de los materiales para cada mezcla.

La temperatura del cemento asfáltico, al momento de la mezcla, estará entre los 135 °C y 160 °C, y la temperatura de los agregados, al momento de recibir el asfalto, deberá estar entre 120 °C y 160 °C. En ningún caso se introducirá en la mezcladora el árido a una temperatura mayor en más de 10 °C que la temperatura del asfalto.

El tiempo de mezclado de una carga se medirá desde que el cajón de pesaje comience a descargar los agregados en la mezcladora, hasta que se descargue la mezcla. Este tiempo debe ser suficiente para que todos los agregados estén recubiertos del material bituminoso y se logre una mezcla uniforme; generalmente se emplea un tiempo de un minuto aproximadamente.

En caso de que la planta esté provista de dispositivos de dosificación y control automáticos, el contratista podrá utilizarlos ajustándolos a la fórmula maestra y calibrando los tiempos de ciclo.

Si se utilizan plantas de mezcla continua, se introducirá a la mezcladora cada fracción de agregados y el relleno mineral si es necesario, por medio de una alimentadora continua, mecánica o eléctrica, que los traslade de cada tolva individual con abertura debidamente calibrada. El asfalto se introducirá a la mezcladora por medio de una bomba, que estará provista de un dispositivo de calibración y de control de flujo.

La temperatura a la que se debe mezclar los agregados y el cemento asfáltico será proporcionada por el gráfico temperatura-viscosidad según el cemento asfáltico recibido en la planta. Para mezclas cerradas y semicerradas la temperatura de mezclado más adecuada es aquella en que la viscosidad del ligante está comprendida entre 1,5 y 3,0 Poises, mientras que para mezclas abiertas la viscosidad debe estar entre 3,0 y 10,0 Poises. Se tenderá a que la temperatura del cemento asfáltico y los agregados sea la misma.

405-5.05.3. Distribución.- La distribución del hormigón asfáltico deberá efectuarse sobre una base preparada, de acuerdo con los requerimientos contractuales, imprimada, limpia y seca, o sobre un pavimento existente. Esta distribución no se iniciará si no se dispone en la obra de todos los medios suficientes de transporte, distribución, compactación, etc., para lograr un trabajo eficiente y sin demoras que afecten a la obra.

Además, el Fiscalizador rechazará todas las mezclas heterogéneas, sobrecalentadas o carbonizadas, todas las que tengan espuma o presenten indicios de humedad y todas aquellas en que la envoltura de los agregados con el asfalto no sea perfecta.

Una vez transportada la mezcla asfáltica al sitio, será vertida por los camiones en la máquina terminadora, la cual esparcirá el hormigón asfáltico sobre la superficie seca y preparada. Para evitar el desperdicio de la mezcla debido a lluvias repentinas, el contratista deberá disponer de un equipo de comunicación confiable, entre la planta de preparación de la mezcla y el sitio de distribución en la vía.

La colocación de la carpeta deberá realizarse siempre bajo una buena iluminación natural o artificial. La distribución que se efectúe con las terminadoras deberá guardar los requisitos de continuidad, uniformidad, ancho, espesor, textura, pendientes, etc., especificados en el contrato.

El Fiscalizador determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado. De todos modos, el máximo espesor de una capa será aquel que consiga un espesor compactado de 7.5 centímetros. El momento de la distribución se deberá medir los espesores a intervalos, a fin de efectuar de inmediato los ajustes necesarios para mantener el espesor requerido en toda la capa.

Las juntas longitudinales de la capa superior de una carpeta deberán ubicarse en la unión de dos carriles de tránsito; en las capas inferiores deberán ubicarse a unos 15 cm. de la unión de los carriles en forma alternada, a fin de formar un traslapo. Para formar las juntas transversales de construcción, se deberá recortar verticalmente todo el ancho y espesor de la capa que vaya a continuarse.

En secciones irregulares pequeñas, en donde no sea posible utilizar la terminadora, podrá completarse la distribución manualmente, respetando los mismos requisitos anotados arriba.

405.5.05.4. Compactación.- La mejor temperatura para empezar a compactar la mezcla recién extendida, dentro del margen posible que va de 163 a 85 °C, es la máxima temperatura a la cual la mezcla puede resistir el rodillo sin desplazarse horizontalmente.

Con la compactación inicial deberá alcanzarse casi la totalidad de la densidad en obra y la misma se realizará con rodillos lisos de ruedas de acero vibratorios, continuándose con compactadores de neumáticos con presión elevada. Con la compactación intermedia se sigue densificando la mezcla antes que la misma se enfríe por debajo de 85 °C y se va sellando la superficie. Al utilizar compactadores vibratorios se tendrá en cuenta el ajuste de la frecuencia y la velocidad del rodillo, para que al menos se produzcan 30 impactos de vibración por cada metro de recorrido. Para ello se recomienda usar la frecuencia nominal máxima y ajustar la velocidad de compactación. Con respecto a la amplitud de la vibración, se deberá utilizar la recomendación del fabricante para el equipo en cuestión.

En la compactación de capas delgadas no se debe usar vibración y la velocidad de la compactadora no deberá superar los 5 km/hora. Además, ante mezclas asfálticas con bajas estabilidades el empleo de compactadores neumáticos deberá hacerse con presiones de neumáticos reducidas.

Con la compactación final se deberá mejorar estéticamente la superficie, eliminando las posibles marcas dejadas en la compactación intermedia. Deberá realizarse cuando la mezcla esté aún caliente empleando rodillos lisos metálicos estáticos o vibratorios (sin emplear vibración en este caso).

En capas de gran espesor o ante materiales muy calientes se recomienda dar las dos primeras pasadas sin vibración para evitar marcas difíciles de eliminar posteriormente. Ante esta situación, si se utilizaran rodillos neumáticos, se aconseja comenzar a compactar con presiones bajas en los neumáticos aumentando paulatinamente la misma según el comportamiento de la capa.

Se deben realizar tramos de prueba para establecer el patrón de compactación para minimizar el número de pasadas en la zona apropiada de temperatura y obtener la densidad deseada. El patrón de compactación podrá variar de proyecto en proyecto, según las condiciones climáticas, los equipos utilizados, el tipo de mezcla, el patrón de recorrido, etc. La secuencia de las operaciones de compactación y la selección de los tipos de compactadores tiene que proveer la densidad de pavimentación especificada. El Fiscalizador deberá aprobar el patrón de compactación propuesto por el Contratista para la obra en cuestión.

A menos que se indique lo contrario, la compactación tiene que comenzar en los costados y proceder longitudinalmente paralelo a la línea central del camino, recubriendo cada recorrido la mitad del ancho de la compactadora, progresando gradualmente hacia el coronamiento del camino. Cuando la compactación se realice en forma escalonada o cuando limite con una vía colocada anteriormente, la junta longitudinal tiene que ser primeramente compactada, siguiendo con el procedimiento normal de compactación. En curvas peraltadas, la compactación tiene que comenzar en el lado inferior y progresar hacia el lado superior, superponiendo recorridos longitudinales paralelos a la línea central.

Para impedir que la mezcla se adhiera a las compactadoras, puede que sea necesario mantener las ruedas adecuadamente humedecidas con agua, o agua mezclada con cantidades muy pequeñas de detergente u otro material aprobado. No se admitirá el exceso de líquido ni el empleo de fuel oil para este fin.

En los lugares inaccesibles a los rodillos se deberá efectuar la compactación de la mezcla con pisones mecánicos, hasta obtener la densidad y acabado especificados.

La capa de hormigón asfáltico compactada deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con los alineamientos, espesores, cotas y perfiles estipulados en el contrato. Mientras esté en proceso la compactación, no se permitirá ninguna circulación vehicular.

Cuando deba completarse y conformarse los espaldones adyacentes a la carpeta, deberán recortarse los bordes a la línea establecida en los planos.

El contratista deberá observar cuidadosamente la densidad durante el proceso de compactación mediante la utilización de instrumentos nucleares de la medición de la densidad para asegurar que se está obteniendo la compactación mínima requerida.

405-5.05.5. Sellado.- Si los documentos contractuales estipulan la colocación de una capa de sello sobre la carpeta terminada, ésta se colocará de acuerdo con los requerimientos correspondientes determinados en la subsección 405-6 y cuando el Fiscalizador lo autorice, que en ningún caso será antes de una semana de que la carpeta haya sido abierta al tránsito público.

Especial cuidado deberá tenerse en el riego de adherencia previo a la colocación de la capa, al ser muy grande las fuerzas de cizalla ejercidas por los neumáticos a nivel de esta interfase y para la impermeabilización del soporte, dado el contenido de huecos en estos tipos de mezclas.

Se deberá emplear para el riego una dotación grande, entre 400 y 600 g/m² de ligante residual, en función del estado del soporte. Los materiales asfálticos a utilizar podrán ser asfaltos diluidos de curado rápido o emulsiones catiónicas de rotura rápida. Las mismas deberán cumplir las exigencias de calidad estipuladas en las especificaciones vigentes del MOP.

406-7.06. E. Medición.- Las cantidades a pagarse por la construcción de las capas de rodadura de micro aglomerado, serán los metros cuadrados de superficie cubierta con un espesor compactado especificado. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador.

En casos especiales la medición para el pago podrá también ser efectuada en toneladas de mezcla efectivamente usada para la construcción de la carpeta, de acuerdo con los planos, especificaciones y más estipulaciones contractuales. En este caso, se computarán para el pago las toneladas pesadas y transportadas en los volquetes.

En todo caso, la forma de pago estará determinada en el contrato, sea en toneladas de hormigón suelto o en metros cuadrados de carpeta compactada al espesor requerido.

406-7.07. E. Pago.- Las cantidades determinadas en cualquiera de las formas establecidas en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro de los agregados y el asfalto, la preparación en planta en caliente del hormigón asfáltico, el transporte, la distribución, terminado y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
406-7.E. Capa de rodadura de micro aglomerado 2.5 cm de espesor	Metro Cuadrado (m2)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
RN-01.E	Prueba de carga dinámica en pilotes (PDA)	u

RN-01.E. Prueba de carga dinámica en pilotes (PDA)

RN-01.01 E. Descripción.- Prueba de carga dinámica en pilotes (PDA) Logra determinar la carga última de pilotes o carga de trabajo según se requiera mientras se obtiene información de la distribución de la fricción a lo largo del pilote, carga por punta y evaluación de la integridad del pilote. La prueba se realiza de acuerdo a la norma ASTM-4945-00.

La prueba consiste en dejar caer libremente una masa una altura determinada, cuyo peso está en función de la carga a movilizar (del orden del 1 al 2% de la carga a movilizar) y la geometría del pilote, para obtener mediante instrumentación electrónica la respuesta del sistema. Posteriormente, al analizar las señales de fuerza (deformímetros) y aceleración (acelerómetros) con modelos de interacción suelo/estructura es posible estimar la capacidad de carga estática y detallar su distribución a lo largo del pilote.

El software utilizado para la interpretación de las pruebas es el CAPWAP que combina las mediciones de campo con el PDA, y la ecuación de onda del pilote por medio de un método analítico que puede predecir la capacidad de carga total y estática; la distribución de la resistencia por fricción y la resistencia de la punta considerando valores de amortiguamiento y rigidez del suelo. Adicionalmente permite identificar daños o cambios de impedancia a lo largo del pilote si los hay.

Para la realización de la prueba en pilotes pre excavados y fundidos in situ, es recomendable la ejecución de un pilote un poco más largo en su parte superior, es decir que tenga un cabezal de hormigón reforzado y encamisado para recibir los impactos.

Esto permitirá Instalar los sensores sin problema. Los sensores nunca pueden quedar sumergidos en agua.

Para poder golpear la cabeza del pilote es necesario también recrecimiento de pilote, de un metro de largo aproximadamente, hormigón de igual resistencia que el pilotea ensayar, con un acabado plano y liso que permitiera tener una superficie lo más uniforme posible tanto para la aplicación de la carga como para la instalación de la instrumentación.

Los pilotes serán ensayados a partir de la edad mínima de siete (7) días de hormigonados; en cada caso en particular las tareas de acondicionamiento deberán ser efectuadas por el Cliente conforme a instrucciones a ser emitidas por n/Ingenieros y de acuerdo a las Especificaciones que oportunamente les serán entregadas.

RN-01.02. E. Equipo.

RN-01.02. 01 E.-Equipamiento electrónico de última generación para la realización de los ensayos

PDA compuesto de:

Cuatro pares de sensores (deformímetro + acelerómetro) c/cable de hasta 100m.

- Un Pile Dynamics Analyzer, PDA 8G
- Energía eléctrica (C.A. 110v), eventual
- Geometría y datos de los pilotes
- Martillo o masa para realizar la Prueba de Carga Dinámica
- Instalación y provisión de tubos para el ensayo; debidamente instalados en la armadura.

RN-01.03. E. Procedimientos de trabajo.- El ensayo debe proporcionar información sobre los esfuerzos generados en cada impacto, la capacidad del pilote, la integridad estructural y la eficiencia de la masa de caída libre. Se deben aplicar una serie de impactos y realizar mediciones topográficas en un punto de referencia ubicado en la extensión del pilote con el fin de verificar los niveles de esfuerzo generados en cada golpe.

El primer impacto puede realizarse con una altura de caída de al menos 30cm, las alturas de caída serán crecientes y en cada impacto, se debe monitorear la integridad estructural y los esfuerzos dinámicos del pilote hasta que se aplique suficiente energía de transferencia para activar la capacidad requerida o la capacidad máxima del pilote.

Durante cada impacto, el PDA calcula los esfuerzos de compresión dinámica en la parte superior del pilote y la tensión a lo largo del pilote para que el ingeniero encargado del ensayo tome una decisión inmediata acerca de la continuación de la prueba. Una variable importante para verificar es si el esfuerzo de compresión en el pilote supera la capacidad estructural de este elemento, debido a que el pilote podría romperse durante el ensayo. Si el pilote es parte de la estructura definitiva, es decir, que se usará para la vida útil del proyecto, una buena práctica es que el ensayo finalice cuando el esfuerzo a compresión generado en el pilote sea menor al 80% de la resistencia estructural de diseño de este elemento.

El PDA es capaz de calcular la capacidad movilizada del pilote para una estimación aproximada de la capacidad última del pilote. El software se basa en ecuaciones de onda, las cuales considera las propiedades de elasticidad y masa del pilote, un comportamiento de suelo ideal plástico y un pilote ideal elástico y uniforme. Este método se conoce como The case pile wave o método CASE que obtiene la expresión general de condiciones teóricas y experimentales y expresa la resistencia del suelo como una suma de una componente estática y una componente dinámica.

La resistencia del suelo total tiene una componente estática y una componente dinámica, que depende de un factor de amortiguamiento (J) y velocidad de pilote (V). El factor de amortiguamiento se define en función al tipo de suelo y varía desde 0.5 (suelos granulares gruesos) hasta 1 (arcillas) (Vaidya y Likins, 2013). La velocidad del pilote corresponde a la medición directa en cada impacto durante el ensayo. El CAPWAP (The Case Pile Wave Analysis Program) es un software que mediante un proceso iterativo (Signal Matching) igualan señales o se simulan señales similares a las capturadas con el PDA en la prueba dinámica en campo y estima la resistencia del pilote como la diferencia entre la fuerza medida y la velocidad por la impedancia en el momento inmediatamente anterior al retorno de la onda de esfuerzo desde la punta del pilote. Cuando la resistencia no se reduce por los efectos de amortiguamiento se denomina resistencia del suelo total y cuando se realiza la corrección por los efectos de amortiguamiento se denomina resistencia del suelo estática.

RN-01.04. E. Pago. -

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad
1	PRUEBAS DE CARGA DINÁMICAS PDA EN PILOTES (PILE DYNAMIC ANALYSIS), SEGÚN ASTM D4945-97 (STANDARD TEST METHOD FOR HIGH STRAIN DYNAMIC TESTING OF PILES Y ANALISIS CAPWAP E INFORME (PDA).	U	4,00
2	VISITAS Y MOVILIZACIÓN	U	2,00

N° del Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

RN-01.E. Prueba dinámica en pilotes (PDA)..... Unidad (u)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
RN-02.E	Prueba de integridad de pilotes (PIT)	u

RN-02.E. Prueba de integridad de pilotes (PIT)

RN-02.01.E. Descripción. - Conforme a lo establecido en las Normas de Ensayo más actualizadas (ASTM D 5882- 07). La información a obtener corresponde a la identificación de eventuales anomalías a lo largo del fuste de los pilotes y la verificación de la cota correspondiente al extremo inferior (punta o base del pilote). Se incluye la determinación de fisuras, grietas, roturas, cavernas, cambios en la calidad del hormigón e/o inclusiones de suelo originadas en los procesos de construcción e Instalación de los mismos.

Consiste en golpear la cabeza del pilote con un martillo de mano y obtener mediante instrumentación el movimiento de la cabeza del pilote como consecuencia de la onda de tensión generada.



La onda generada es reflejada por la punta del pilote, por variaciones del terreno que rodea el pilote y por discontinuidades o fallos existentes en el mismo. La onda sónica es captada por un acelerómetro y luego amplificada y digitalizada por un sistema electrónico y convertida en medida de velocidad. La curva obtenida se puede archivar en el equipo para su posterior tratamiento e interpretación. El gráfico de velocidad de un pilote continuo aparece en la pantalla como una línea relativamente recta con dos picos.

El primero de ellos es el causado por el impacto del martillo, mientras que el segundo es causado por la reflexión en la punta del pilote. El programa informático incorpora diferentes técnicas para mejorar y explotar las señales obtenidas, tales como suavizar y promediar los golpes de martillo, la obtención de la curva media de varios pilotes, y la amplificación de la señal con la profundidad de manera lineal o exponencial para compensar los efectos de pérdida de señal con la profundidad. Los pilotes no requieren ninguna preparación especial, únicamente se necesita que se haya realizado ya el descabezado en el momento del ensayo, para que el golpe del martillo se realice sobre hormigón sano y la onda no sea reflejada por discontinuidades o coqueas del hormigón poco compacto existente en la cabeza del pilote antes del descabezado. La edad mínima del hormigón en el momento del ensayo es de siete días, para garantizar un grado de endurecimiento y un módulo de elasticidad que permitan que la onda se propague.

Se trata de un método dinámico que induce una baja deformación en el pilote, denominándose generalmente "método sónico", "ensayo de integridad de baja deformación", "sonic echo" (en inglés) o "ensayo de impedancia mecánica".

Se puede aplicar a cualquier tipo de pilote, no necesita equipo pesado. Dado que el porcentaje estadístico de fallos en pilotes es reducido, se debe ensayar el 100% de los pilotes de la obra si se quiere tener eficacia completa en la detección de fallos. En el caso de que la Dirección de Obra admitiese una reducción del muestreo, este debe ser del 30% como mínimo, aunque se corre el riesgo de detectar solo fallos generalizados y no fallos puntuales, que son los habituales. En el caso de realizarse ensayos en la totalidad de los pilotes o en un muestreo significativo, las cargas admisibles por razón estructural en los pilotes se pueden incrementar en un 25%, de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación español. Los pilotes serán ensayados a partir de la edad mínima de siete (7) días de hormigonados; en cada caso en particular las tareas de acondicionamiento deberán ser efectuadas por el Cliente conforme a instrucciones a ser emitidas por n/Ingenieros y de acuerdo a las Especificaciones que oportunamente les serán entregadas.

Según lo informado por Uds., dichas investigaciones serán efectuadas mediante un (1) viaje a la obra en una jornada de trabajo; condiciones ajenas a nuestra voluntad o estar a disposición del cliente en obra se cobrará como día adicional de trabajo, y condicionado según el desarrollo del Plan de Trabajos.

RN-02.02.E EQUIPOS.

RN-02.02.1.E EQUIPOS. -Equipamiento electrónico de última generación para la realización de los ensayos.

Prueba de Integridad de Pilotes (PIT) Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations compuesto de:

- 1 sensor (acelerómetro).
- 1 martillo instrumentado.
- 1 Sistema de Adquisición de Datos.

RN-01.03.E. Procedimientos de trabajo.

Actividades Preliminares:

El contratista en conjunto con la supervisión determinará la ubicación de los pilotes a realizar ensayos. Las actividades que deberán considerar previo al ensayo son las siguientes:

- Periodo recomendado después del vaciado del concreto del pilote, es recomendable que el ensayo de integridad en pilotes sea realizado después que el concreto del pilote haya curado por un mínimo de (07) siete días o después de que el concreto tenga al menos 75% de su resistencia de diseño. Este tiempo puede ser menor si se ha proveído el uso de concreto con aditivo, en este caso la prueba podrá ser autorizada por el ingeniero a cargo del ensayo.
- Descabezado del pilote, la preparación correcta de la cabeza del pilote es un factor crítico en la ejecución del ensayo, por tal es necesario contar con un concreto en buen estado, si la cabeza del pilote está contaminada, será necesario remover cierta sección del pilote hasta conseguir el concreto sano.

- Preparación de la superficie de golpeo, después de realizado el descabezado se deberá pulir la cara superior del pilote mecánicamente hasta dejar toda la superficie uniformemente horizontal, lisa y limpia (libre de escombros, agua, suciedad, entre otros). Una vez que no se pueda pulir toda la cara del concreto, pueden prepararse pequeñas áreas dentro de la cara del pilote, cada una de estas zonas deberá tener un área cuadrada de 20cm x 20cm. El número mínimo de zonas que se requiere son al menos tres zonas para pilotes de hasta 1.00m de diámetro y 4 zonas para pilotes de 1.50m de diámetro. Todas las pequeñas áreas deberán estar ubicadas de forma que estén distribuidos de forma equitativa en la cara del pilote. Cada una de las pequeñas áreas deberán proporcionar espacio suficiente para fijar el dispositivo de detección de movimiento y una zona libre para el impacto del martillo.
- Debe asegurarse antes de iniciar la prueba que el concreto de los pilotes no esté en contacto directo con ningún tipo de estructura ajena al pilote (solados, zapatas, etc.), ni material de otro tipo.
- Por último, verificar la accesibilidad a las zonas de ensayo. Se debe facilitar un fácil acceso a los pilotes a ensayar y siempre en condiciones de seguridad.

Actividades de Operación:

- El ensayo consiste en realizar impactos verticales con el martillo del equipo PIT sobre las áreas preparadas en la cara del pilote. La onda de compresión introducida por el impacto del martillo viaja desde la cabeza hasta la punta del pilote y es reflejada nuevamente a la parte superior. La onda de llegada es captada por los sensores (acelerómetro). El tiempo y velocidad de viaje de la onda está relacionada con el material y característica del pilote (un cambio en la sección transversal o un cambio en la calidad del material del pilote es percibido con el uso de este método), en el caso que se utilice un martillo instrumentado también se medirá también la fuerza aplicada por el martillo.
- Se aplicará varios impactos sobre el pilote, hasta lograr una buena lectura. Normalmente se dan 6 impactos, pero se darán los necesarios para que las lecturas sean consistentes.

RN-02.04. E. Pago. -

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad
1	PRUEBA DE INTEGRIDAD DE PILOTES (PIT) Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations. ASTM D 5882-07 (D=0.30 M Longitud = 10 metros).	U	24,00
2	VISITAS Y MOVILIZACIÓN	U	1,00

N° del Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

RN-02.E. Prueba de integridad en pilotes (PTI)..... Unidad (u)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
405-8 (3c)E	Sellado de grietas con mastico bituminoso	m

405-8 (3c)E. Sellado de grietas con mastico bituminoso

405-8 (3c)E.1. Descripción. –

El sellado de grietas consiste en conformar (ranurar) la grieta para dejar sus paredes y ancho homogéneos, colocar relleno y una mezcla de mástico bituminoso para la parte superficial.

La cantidad mostrada para propósitos de oferta ha de ser aproximada. El pago actual por el trabajo será determinado por mediciones de campo. Las grietas a ser selladas serán designadas por fiscalización.

405-8 (3c)E.2. Materiales.-

Componente bituminoso. - de base asfáltica, debe ser un componente simple, para mezclar en caliente con el árido a utilizar. El sellado de grietas se podrá realizar en climas templados y en climas cálidos. Este material debe ser suministrado en forma sólida y, que, al derretirse poderse mezclar con el árido seleccionado. La mezcla al aplicarse apropiadamente, forme un componente altamente adhesivo y flexible que resista el agrietamiento en el invierno y el flujo en temperaturas de verano, a su vez resista la carga vehicular que pase sobre la mezcla. El producto debe ofrecer menor viscosidad para una aplicación más fácil, mejorar la resistencia a la temperatura de verano, brindar tiempos de curado más rápidos y mejorar la flexibilidad a bajas temperaturas. El material para sellado de grietas en climas templados o moderados deberá tener temperaturas de funcionamiento límites de 64-10 (grado de temperatura más alto vs. grado de temperatura más bajo), como se indica en la Tabla 409-9.1.

TABLA 409-9.1
LÍMITES DE TEMPERATURA PARA UTILIZACIÓN DEL MÁSTICO PARA GRIETAS
EN CLIMAS TEMPLADOS

Grado de Temperatura más Bajo (°C)	Grado de Temperatura más Alto (°C)				
	58	64	70	76	82
-4					
-10					
-16					
-22					
-28					
-34					
-40					
-46					

			Indicado para su Uso
			Recomendado
			Límites de funcionamiento
			No Recomendado

En climas tropicales más cálidos, el material sellante de grietas deberá cumplir con temperaturas de funcionamiento límites de 70-4, como se indica en la Tabla 409-9.2.

TABLA 409-9.2
LÍMITES DE TEMPERATURA PARA UTILIZACIÓN DEL MÁSTICO PARA GRIETAS
EN CLIMAS CÁLIDOS

Grado de Temperatura más Bajo (°C)	Grado de Temperatura más Alto (°C)				
	58	64	70	76	82
-4					
-10					
-16					
-22					
-28					
-34					
-40					
-46					

			Indicado para su Uso
			Recomendado
			Límites de funcionamiento
			No Recomendado

La vida de aplicación del mástico al calentarse debe ser de entre 12 y 15 horas. Este tiempo puede ser extendido por la adición de material fresco cuando la cantidad de mástico decrezca en la derretidora. El producto debe agitarse mientras esté siendo aplicado. El material debe permitir recalentarse hasta la temperatura de aplicación al menos una vez después de su calentamiento inicial.

Componente pétreo. - Tanto para el relleno como para la mezcla de mástico el material pétreo debe los agregados consistirán en fragmentos de grava o piedra triturada, completamente secos, limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas. Su coeficiente de desgaste a la abrasión deberá ser menor al 40% y su adhesividad será mayor al 95%. Para los depósitos de los agregados el Fiscalizador podrá exigir la construcción de galpones de protección para prevenir la contaminación de los materiales.

La adherencia entre los agregados a el asfalto que se utilice se comprobará mediante ensayos de peladura en agua hirviendo, fricción y mediante el ensayo francés VIALIT.

Los agregados consistirán en fragmentos de grava o piedra triturada, completamente secos, limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas. Su coeficiente de desgaste a la abrasión deberá ser menor al 40% y su adhesividad será mayor al 95%; deberán satisfacer los requerimientos indicados en la subsección 812-2. La granulometría de los agregados estará dentro de los límites indicados en la Tabla 405-3.1., para diversas graduaciones. Las graduaciones a emplear deberán hallarse especificadas en el contrato. Para los depósitos de los agregados el Fiscalizador podrá exigir la construcción de galpones de protección para prevenir la contaminación de los materiales.

% Pasante	Tamaño
100%	1/2 in
90 - 100%	3/8 in
20 - 100%	3/16 in (Malla #4)
5 - 30%	1/8 in (Malla #8)
0 - 10%	1/16 in (Malla #16)

La adherencia entre los agregados a el asfalto que se utilice se comprobará mediante ensayos de peladura en agua hirviendo, fricción y mediante el ensayo francés VIALIT. La proporción de la mezcla es 30% mástico y 70% componente pétreo.

405-8 (3c)E.3. Equipo.-

El material debe ser calentado y mezclado en una máquina para mezclado de másticos con agregados, con potencia de motor de 20 Hp, quemador de 245.000 BTU, con sistema de gas para calentamiento de herramientas, capacidad de material de 200 galones que contenga un sistema de mezclado por paletas de un solo eje.

405-8 (3c)E.4. Ensayos y Tolerancias

El material de sellado de grietas deberá cumplir las características especificadas en las Tablas 409-9.2. y 409-9.3. para climas moderados y cálidos respectivamente, y deberá ser calentado de conformidad a la Norma ASTM D5078 hasta su temperatura de calentamiento segura.

TABLA 409-9.3
ESPECIFICACIÓN PARA EL MATERIAL UTILIZADO COMO MÁSTICO

ENSAYO	NORMA APLICABLE	Mínimo	Máximo
Punto de Reblandecimiento (°C)	ASTM D36	85	
Resiliencia, 25°C	ASTM D5329	40	70
Viscosidad Brookfield a 204°C	ASTM D 4402		2000 cp
Flujo 60°C, 5h	ASTM D5329		3.0 mm
Penetración de Cono, 25°C	ASTM D5329		75 und
Compatibilidad con Asfalto	ASTM D5329	Pasa	

Previa a su utilización, el contratista deberá presentar una Certificación de Conformidad de la calidad del lote de producción, emitida por el fabricante, así como los resultados específicos de estas pruebas.

405-8 (3c)E.5. Procedimiento de trabajo. -

Generalidades

En el sellado de grietas hay que tener en cuenta dos puntos importantes: el primero y fundamental es que la grieta a tratar este limpia y seca. Esto se lo puede realizar con aire a presión (comprimido) en lugares de clima seco ó con una lanza de aire caliente que permita secar, limpiar y eliminar los elementos orgánicos para lograr una buena adhesión del material de mástico en zonas más húmedas. Este trabajo es fundamental ya que sin el mismo, la adhesividad del sellante bajan considerablemente. El segundo es respetar estrictamente la temperatura del material a aplicarse debido a que a los másticos basados en asfalto se les incorpora otros elementos como polímeros, aditivos y/o ralladura de neumáticos. Para lograr una mayor flexibilidad y adhesión, estos necesitan una temperatura de entre 180 y 200°C, pero no superior a los 210 °C, ya que se podría provocar la cristalización de material, perdiendo este, adhesión y flexibilidad. En el caso de los materiales que tienen ralladura de neumáticos (caucho), la temperatura debe ser superior a los 180°C para permitir que el mismo se disuelva coincidiendo la temperatura máxima con la de los polímeros.

Ruteado de grietas

El ruteo de grietas debe realizarse a 5cm de cada lado del eje de la grieta, con una profundidad total de la losa, se verificará el buen estado de la base donde descansará el material de relleno.

Limpieza

Para una apropiada adhesión las grietas deben ser limpiadas y secadas inmediatamente antes de la instalación del material de relleno y la mezcla de mástico. Después de ensanchar o retirar el material de desecho con técnicas apropiadas, y justo antes de la instalación del producto, la limpieza final debe ser realizada utilizando aire seco a alta presión (comprimido), para remover cualquier polvo restante. Ambos lados de la grieta deben ser limpiados. La superficie debe ser inspeccionada para asegurar una limpieza y secado adecuados.

Instalación

El producto debe ser calentado entre la temperatura de aplicación recomendada y la

máxima temperatura de calentamiento (segura), indicadas en las especificaciones del mismo. La aplicación del producto debe ser supervisada por personal calificado que asegure que la adhesión es adecuada.

La mezcla de mástico debe ser aplicada a la temperatura requerida para llenar la grieta.

Estacionamientos y otras áreas sujetas a movimiento de tráfico lento y pedestre.

- El mástico debe ser lo suficientemente rígido en temperaturas de verano para resistir el desprendimiento y no debe ser aplicado sobre la superficie del pavimento. El producto debe tener un grado de temperatura, al menos un punto sobre la temperatura climática. Para mayor resistencia al desprendimiento, puede considerarse hasta dos puntos más.

Áreas de Derramamiento de Combustible o Aceite. - El material no será utilizado en áreas de derramamiento de combustible o aceite debido a que podría ocurrir ablandamiento.

Precauciones

Desde el momento en que estos productos son calentados a elevadas temperaturas, es esencial que todas las operaciones se manejen con seguridad.

Todo el personal necesita ser prevenido de los peligros del uso de materiales aplicados en caliente y precauciones de seguridad. Antes de su utilización, el personal debe leer y entender el uso del producto y la información de seguridad (MSDS). Además, el usuario debe revisar los requerimientos locales para transportación del producto a elevadas temperaturas, sobre 100°C (212°F).

Peligros asociados con la aplicación de materiales en caliente. - El contacto de la piel con materiales calientes causa quemaduras. La sobre-exposición a humos puede causar irritación en las zonas respiratorias, náusea o dolor de cabeza. Deben ser tomadas precauciones para prevenir el contacto con el material en caliente y para evitar la inhalación de humos de todos quienes se encuentren alrededor. Las precauciones de seguridad deben incluir:

1. Ropa de protección para prevenir el contacto de la piel con el material caliente.
2. Cuidado cuando se añada producto a las derretidoras, para reducir salpicaduras.
3. Cuidado en la operación de barras o contenedores utilizados para la aplicación del producto.
4. Medidas de control de tráfico y peatones que cumpla o exceda los requerimientos locales para prevenir el acceso a áreas de trabajo mientras el producto está en un estado líquido (fundido).
5. Evitar humos del material.
6. Configuraciones de aplicación apropiadas con un mínimo monto de exceso de material.
7. Limpieza apropiada de aplicaciones excesivas o derramamientos de material.

Recarga de la máquina mezcladora de mástico. - No agite cuando añada el producto para evitar salpicado. Si el equipo utilizado requiere de limpieza, siga las instrucciones del fabricante. Si algún solvente es utilizado, asegúrese de que el mismo no contamine

el producto pues podrían ocurrir problemas de dilución y explosión.

Control de Tráfico. - El control de tráfico para este trabajo debe ser considerado fortuito. Todo el control de tráfico y protección incluido colocación, retiro, material, personal y dispositivos serán tantos como se necesite para proveer un lugar de trabajo seguro y mantener los procedimientos para un trabajo de calidad. Todos los dispositivos de control de tráfico y tendido deben cumplir con los estándares locales.

405-8 (3c)E.6. Medición y forma de pago. –

La cantidad a pagarse por Sellado de grietas con mástico bituminoso será en metros lineales de la longitud efectivamente cubierta, medidos en sitio.

405-8 (3c)E.7. Pago. –

Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios contractuales para los rubros designados a continuación. Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro, transporte e instalación del material en sitio; así como por mano de obra, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta sección.

No. Del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
--	---------------------------

405-8 (3c) E. Sellado de grietas con mástico bituminoso.....	Metro lineal (m)
--	------------------

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
406-1 a (E)	Geomalla de fibra de vidrio para pavimentación y repavimento	m2

406-1 a (E). Geomalla de fibra de vidrio para pavimentación y repavimento

406.1.01. Descripción: Este trabajo consistirá en la colocación de la geomalla sobre una de las capas del pavimento, para el refuerzo de capas de concreto asfáltico y el control del reflejo de las discontinuidades existentes, con el objeto de corregir y evitar la propagación de grietas o trizaduras. La colocación de esta geomalla requerirá una superficie nivelada que puede realizarse con la aplicación previa de una capa bituminosa de sellado o un riego bituminoso de adherencia y la colocación de una capa de rodadura asfáltica sobre la geomalla para permitir la circulación vehicular.

406.1.02.E Materiales Deberán cumplir las características establecidas en las condiciones contractuales y especificadas en la Tabla siguiente:

CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	VALORES
MECANICAS			
Factor de eficiencia para control de reflejo de agrietamiento GEF ⁽²⁾	AASHTO T321		>1.5
Resistencia a altas temperaturas (punto de ablandamiento)	ASTM D276	°C	>232
Resistencia a altas temperaturas fusión de vidrio)	ASTM C388	°C	> 820
Propiedades de retracción	CRDRG01	%	Menos del 0.5% @
Elongación máxima a la rotura	ASTM D6637	%	<2
Resistencia a la tensión/deformación	ASTM- D6637	kN/m	80 x 160
RESISTENCIA A LA CARGA CÍCLICA			
Módulo de tensión cíclica ⁽³⁾	ASTM D 7556	kN/m	>800
<p>NOTA:</p> <p>MD: Dirección longitudinal. TD: Dirección transversal.</p> <p>(1) PET: Poliéster de Alta Tenacidad de peso molecular mayor a 25000 g/mol y grupos carboxilos finales menores a 30 m mol/kg, resistente a la degradación por rayos UV (resistencia retenida mayor al 90% evaluada bajo la norma (ASTM D 4355), biológicamente inerte y resistente a ácidos, álcalis y condiciones químicas agresivas presentes naturalmente en los suelos.</p> <p>(2) Evaluación de desempeño realizada en Texas A&M Transportation Institute TTI, ver reporte Use of Fortgrid Asphalt Geogrids to improve the Cracking Performance of HMA.</p> <p>(3). Promedio de los módulos cíclicos encontrados a deformaciones permanentes de 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 3,0 y 4,0% ejecutando 1000 ciclos de carga de +/-0,10% de deformación;</p> <p>(4) Resistencia a la hidrólisis, reporte FHWA-RD 97 142/143/144 y 00-157; (5) Los anchos pueden variar en un rango de +/- 1,0%.</p>			

406-1.02 (1) E. 03 EQUIPO.- El Contratista deberá emplear en este trabajo todo el equipo necesario para la ejecución eficiente y oportuna del mismo. Antes de ser

utilizado, el equipo deberá contar con la aprobación del Fiscalizador.

Los equipos mínimos para la aplicación de la capa bituminosa de sellado, del riego de adherencia y de la carpeta de rodadura establecida en el contrato, serán los especificados en las secciones correspondientes, indicadas en el numeral anterior.

Para la colocación de la geomalla, el contratista deberá disponer como mínimo de rodillos tensores para extenderlo, compresor o equipo de barrido mecánico, Irrigador de asfalto, martillo y grapas o puntillas aceradas con arandela metálica, cepillos de cerda rígida para corregir cualquier arruga y cuchillas o tijeras.

406-1.02 (1) E. 04 ENSAYOS Y TOLERANCIAS. - Las geomallas deberán cumplir con las exigencias mínimas establecidas en la Tabla del numeral 406.1.02. Materiales.

No se permitirá ningún pliegue o arruga en el geotextil extendido en caso de no poder ser corregidas con cepillos de cerdas rígidas, las arrugas deberán ser cortadas y parchadas.

402-7 (1) E. 05 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

1. Generalidades:

La colocación de la geomalla debe realizarse en lo posible mientras el asfalto de la capa bituminosa de sellado se halle caliente a fin de que mantenga sus propiedades de adherencia.

Se preferirá realizar este trabajo cuando la temperatura del aire sea superior a 14° C en caso de utilizarse asfaltos diluidos, y a 18° C en caso de utilizarse emulsiones, a fin de que el tiempo de cura no se dilate.

El Fiscalizador revisará cuidadosamente que la absorción del asfalto de la capa de sellado o del riego de adherencia en el geotextil sea lo más uniforme posible para conseguir la impermeabilización total de ésta.

2. Preparación de la superficie. La superficie en la cual se deba extender la geomalla deberá barrerse y eliminar los escombros perjudiciales y los materiales inapropiados del sitio.

En caso de que existan fisura de un espesor de 3 a 6 mm., estas deberán ser rellenadas con mezclas adecuadas de material asfáltico y arena. Las rajaduras como baches deberán ser corregidos con mezclas de cemento asfáltico o de emulsiones. En algunos casos puede necesitarse la colocación de una capa niveladora de sello luego de efectuado el bacheo. No obstante, cuando se requiera realizar bacheos y arreglos excesivos en la capa de nivelación deberá considerarse que esta especificación ya no será válida para la actividad que se desea realizar en el sitio de intervención.

Finalmente se recomienda conseguir una superficie lo más uniforme posible, seca y libre de cualquier material extraño, antes de extender la geomalla.

3. Aplicación de un riego asfáltico de liga. Se realizará de acuerdo a lo establecido en la subsección 405.6. La proporción del material asfáltico variará de acuerdo a la condición de la capa de pavimento que recibirá la geomalla pero generalmente se emplearán cantidades de 1.0 a 1.3 litros por metro cuadrado, pudiendo reducirse estos valores en un 20% en las curvas cerradas e intersecciones, debido al cambio de velocidad de los vehículos. El riego de adherencia deberá distribuirse mediante el uso de un distribuidor de asfalto

autopropulsado, manteniendo al mínimo el uso de los aplicadores manuales. El ancho de aplicación del riego bituminoso deberá ser aproximadamente 50 cm. mayor que el ancho de colocación de la geomalla.

En caso de no contarse con equipo irrigador, se podrá utilizar equipo de aplicación manual por aspersor, siempre y cuando se garantice una cobertura homogénea del área y un procedimiento efectivo para la verificación de la cantidad de asfalto aplicado.

La verificación de la cantidad de riego de liga deberá ser verificada por la Interventoría o Fiscalización del proyecto.

Se recomienda utilizar emulsión asfáltica catiónica de rompimiento rápido, cantidad a colocar deberá determinarse mediante pruebas de adherencia in situ.

- 4. Prueba de adherencia.** La prueba de adherencia se hará de la siguiente manera: se cortarán tres piezas de 1.0 m² de geomalla y se instalarán sobre la superficie del pavimento a intervenir, previa colocación de tres cuantías diferentes de riego de liga.

Las piezas de geomalla se deberán someterse al paso de un equipo compactador para asegurar su adherencia. A continuación, se deberá medir la resistencia al arrancamiento de la geomalla con un dinamómetro de bolsillo. La cantidad adecuada será aquella para la cual la resistencia al arrancamiento sea mayor o igual a 5.0 kg.

Para superficies asfálticas existentes no se deberán colocar menos de 0.6 kg/m² de asfalto.

En caso de superficies rugosas, es necesario aumentar esta proporción. Por ejemplo, para superficies resultantes de fresado se debe aplicar de 0.8 a 1.0 kg/m² de asfalto. Las cantidades mencionadas corresponden al contenido de betún (asfalto residual) del producto asfáltico que corresponden a asfaltos normales de refinería.

En caso de utilizarse asfaltos modificados emulsiones asfálticas adicionadas o con modificadores de asfaltos, las proporciones podrán variar y deberán ser ajustadas de acuerdo con los ensayos de adherencia que se realicen específicamente con los materiales a utilizar y en sitio y condiciones de construcción.

- 5. Colocación de la geomalla.** La geomalla se debe colocar completamente tensionada y adherida a una superficie uniforme, tersa y seca. Por esta razón las irregularidades existentes, en especial en superficies resultantes del fresado, deben corregirse cubriéndolas con una capa de nivelación de mezcla asfáltica. Cuando se requiera de una capa de nivelación, se recomienda se tenga un espesor de 19 mm ($\frac{3}{4}$ ") como mínimo.
- 6. Extendido de la Geomalla.** Los rollos de geomalla se deben desempacar y desenrollar directamente en el sitio en que se vayan a instalar. Para la colocación se deben seguir los siguientes pasos:

- La geomalla se deberá extender tan pronto rompa la emulsión asfáltica del riego de liga para evitar que el ligante pierda su potencial de adherencia.
- El extendido se podrá hacer a mano o con la ayuda de un aditamento mecánico que permita el movimiento del rollo a medida que se desplaza y facilite su tensionamiento, manteniendo en lo posible el rollo sobre el piso.
- El borde transversal de la geomalla se debe alinear y fijar a la superficie de la vía, utilizando fijaciones mecánicas, tales como grapas metálicas o clavos acerados con arandela metálica en la cabeza, con una longitud de penetración del orden de 40 mm cada 0.20m.
- El rollo de geomalla se debe ir desenrollando gradualmente, aplicando tensión uniforme en los extremos del rollo para mantener su alineamiento y evitar la formación de arrugas.
- Cerca de los bordes de la vía, sardineles, pozos, cámaras y estructuras y en el inicio de las franjas de colocación de mezcla asfáltica, se debe dejar un margen de mínimo 10 cm. En caso de preverse la ocurrencia de lluvias, es recomendable, al final de cada jornada de trabajo, cubrir el extremo de la geomalla con un sobrecancho de mezcla asfáltica, el cual se debe demoler al comienzo de la siguiente jornada para traslapar la geomalla y continuar con el proceso de construcción.
- Las juntas longitudinales se deben dejar con un traslapo de 10 cm. Las juntas transversales deben guardar un traslapo 25 cm como mínimo.
- En las juntas transversales el rollo que termina debe quedar por encima del que inicia para evitar que la geomalla se levante al paso de la extendidora.
- Todos los traslapos deben ser cuidadosamente impregnados con asfalto y asegurados a la superficie mediante anclajes mecánicos para evitar su desplazamiento.
- Una vez se tenga la geomalla debidamente alineada y sin arrugas, ésta se debe someter a la acción de un compactador de llantas, adicionando agua para evitar el desprendimiento del riego de liga y su adherencia a las llantas del equipo. La operación debe hacerse en forma homogénea cubriendo toda la superficie de la geomalla. Para esta operación es fundamental que las llantas del compactador permanezcan limpias.
- En caso de requerirse, la operación anterior puede complementarse con la colocación de fijaciones mecánicas adicionales para garantizar el tensionamiento, evitar la aparición de arrugas y evitar que se levante al paso del equipo de colocación de mezcla asfáltica.
- La geomalla deberá quedar completamente adherida y libre de arrugas, garantizando que su resistencia al arrancamiento es superior a 5 kg/m², lo cual deberá ser verificado cada 5.0 m a lo largo de cada franja o rollo.

406-1.02 (1) E. 06 Medición. - La cantidad a pagarse por la colocación de la geogrilla será por metro cuadrado de geogrilla deberá incluir la compensación total por el suministro, mano de obra, materiales, herramientas, equipo e imprevistos involucrados en el suministro y colocación de la geomalla completamente en el sitio, según se muestre en los planos, según lo requieran estas provisiones especiales y según las instrucciones del fiscalizador.

406-1.02 (1) E. 07 Pago. - Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios contractuales para los rubros designados en la continuación

N° Del Rubro y Designación

Unidad de Medición

406-1 a (E). Geomalla de fibra de vidrio para
pavimentación y repavimentometro cuadrado (m²)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
508-E	Encauzamiento del río	m3

508-E. Encauzamiento del río

508-E.01. Descripción.

Comprende el encauzamiento de todos los cauces existentes hacia el puente en su etapa de construcción y funcionamiento; ubicada según lo indicado en los detalles constructivos.

Consiste en eliminar material acumulado en el lecho del cauce, sea éste material fino sedimentado o grueso, malezas, vegetación, troncos y otros.

En todos los casos se nivelará la gradiente de fondo para lograr un cauce uniforme.

508-E.02. Método de Ejecución.

Estos trabajos de limpieza se harán a mano y/o máquina, usando herramientas menores: picos, palas, combas, martillos neumáticos (de ser necesario) y otros que complementarán el trabajo de la maquinaria, la cual efectuaría la eliminación de los escombros o material de río.

El material producto del encauzamiento será colocado y acomodado a una distancia mínima de 20 m en las cercanías de la zona de trabajo, de manera que no interfiera con el cauce del río.

508-E.03. Medición.

La unidad de medida será por metro cúbico (m³), medido en su posición original.

Para el cálculo de volúmenes de material removido se utilizará el método de áreas medias, tal como se describe en la sección de Movimiento de Tierras.

508-E.04. Pago.

Las cantidades establecidas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios contractuales para cada uno de los rubros abajo designados y que consten en el contrato.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la excavación y disposición del material, incluyendo su transporte, colocación, esparcimiento, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación, o su desecho, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarios para la ejecución de los trabajos descritos en esta subsección.

Nº del Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

508-E. Encauzamiento del río.....Metro cúbico (m³)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
217-01E	Monitoreo de ruido ambiental y laboral	u

217-01E. Monitoreo de ruido ambiental y laboral

217 01. Descripción. Esta especificación establece los criterios técnicos, ambientales y normativos para la medición del nivel de presión sonora en ambientes externos (ruido ambiental) y ambientes internos (ruido laboral), dichas mediciones y sus resultados aportaran a determinar el nivel de ruido presente en el entorno ambiental y laboral, facilitando al Contratista, Fiscalizador y Supervisión del MTOP, la aplicación de medidas de mitigación, control y prevención de afectaciones a los componentes ambientales presentes en el entorno así como afectaciones a los trabajadores de la obra; conociendo además si los niveles de ruido cumplen o no con los niveles establecidos en la normativa ambiental según el tipo de uso de suelo del sector intervenido, así como con los niveles permitidos de ruido laboral establecidos en la norma respectiva.

217 02. Procedimientos de Trabajo. - El Contratista en coordinación con el Fiscalizador y Supervisor Ambiental del MTOP establecerán los lugares de medición de los niveles de ruido, considerando las fuentes emisoras de ruido fijas y móviles que se encuentren presentes en el proyecto, número de mediciones a realizar, así como la definición del tipo de medición requerida, sea esta ruido ambiental o ruido laboral; una vez definidos estos criterios, el Contratista con la aprobación del Fiscalizador realizará las mediciones de ruido para lo cual contratará un laboratorio acreditado por el SAE, los resultados serán reportados al Fiscalizador y MTOP dentro del informe correspondiente.

217 03. Medición. Las cantidades que han de pagarse por estos trabajos será por cada punto de monitoreo o medición realizada por el laboratorio acreditado por el SAE y verificada por el Fiscalizador.

217 04. Pago. Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios que consten en el contrato, para el rubro abajo designado.

No. del Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

217-01E. Monitoreo de ruido ambiental y laboral.....Unidad (u)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
230-(2)Ae	Tasas Ambientales (Pago por Obtención de Registro Ambiental)	u
230-(2)Be	Tasas Ambientales (Pago Pronunciamiento de IAC; Control y Seguimiento)	u

230-(2) Ae. Tasas Ambientales (Pago por Obtención de Registro Ambiental)

230-(2) Be. Tasas Ambientales (Pago Pronunciamiento de IAC; Control y Seguimiento)

230-(2).01. Descripción. - Las tasas ambientales se relacionan al Pago de los Servicios Administrativos de Regulación, Control y Seguimiento ambiental ante requerimientos de autorizaciones administrativas y al derecho de aprovechamiento de madera en pie, en cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

El Pago de los Servicios Administrativos de Regulación, Control y Seguimiento ambiental se lo realiza en conformidad con lo que estipula el Código Orgánico del Ambiente COA en el Art. 185, que se refiere a la emisión de las autorizaciones administrativas, el cual establece que los proyectos, obras o actividades que requieran de autorizaciones administrativas, deberán realizar los pagos por los servicios administrativos que correspondan. Una vez que la Autoridad Ambiental competente verifique que se ha cumplido con los requisitos establecidos en este Código y demás normativa secundaria, se procederá a la emisión de la respectiva autorización administrativa; esto de acuerdo a las Tasas Ambientales establecidas en el Acuerdo Ministerial 083B que reforma el Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

El Acuerdo Ministerial 041 fija el Derecho de aprovechamiento de madera en pie; en razón que el Art. 1 de dicho acuerdo, establece el derecho de aprovechamiento de madera en pie, de los árboles provenientes de bosques naturales, sean estos de dominio público o privado, estableciendo en tres dólares de los Estados Unidos de Norte América por metro cúbico de madera el pago del pie de monte.

230-(2).02. Procedimiento. - El proceso de Pago de los Servicios Administrativos (Tasas Ambientales) a la Autoridad Ambiental, comprenden:

Pago de las Tasas Ambientales de acuerdo con lo que establece el Acuerdo Ministerial No. 83B del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica:

- Pago por servicios administrativos que requieren autorizaciones administrativas del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (Permisos Ambientales).
- Pronunciamiento respecto a actualizaciones o modificaciones de Planes de Manejo Ambiental 10 % costos de la elaboración del PMA Mínimo USD 100,00
- Pago por Control y Seguimiento Ambiental: $PCS = PID * Nt * Nd$
 $PID =$ Pago por inspección diaria 80,00 (El valor por inspección es el costo diario de viático profesional de tercer nivel).
 $Nt:$ Número de técnicos para el control y seguimiento.
 $Nd:$ Número de días de visita técnica

- d) Pronunciamiento respecto a Informes Ambientales de cumplimiento IAC (10% costo de la elaboración mínimo 50,00). Los informes según la normativa se deben presentar anualmente. La elaboración de los IAC, será de responsabilidad de la Supervisión Ambiental.
- e) Pronunciamiento respecto a Auditorías Ambientales de Cumplimiento AAC (10% del costo de la elaboración de la Auditoría Ambiental de cumplimiento; mínimo 200,00). Las Auditorías Ambientales según la normativa ambiental vigente se deben presentar la primera al año de emitida la Licencia Ambiental, la segunda a los tres años subsiguientes y una final al cierre de las actividades del proyecto. La elaboración de las AAC, será de responsabilidad de un Consultor o Compañía Consultora Ambiental acreditada ante el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
- f) Derecho de aprovechamiento de madera en pie.
Tasa de Derecho de aprovechamiento de madera en pie, USD 3,00 por m3 de madera en pie.

El procedimiento para el pago de las por servicios administrativos que requieren los permisos ambientales emitidos por la autoridad ambiental (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica), es el siguiente:

- a) Pago por servicios administrativos que requieren autorizaciones administrativas del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (Permisos Ambientales).
 - El proponente del proyecto (MTOPE), solicitará al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, la revisión y pronunciamiento de los informes y auditorías de cumplimiento del plan de manejo ambiental aplicado al o los proyectos. La solicitud deberá seguir los lineamientos de la autoridad ambiental.
 - El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica MAAE revisará y evaluará los informes y/o auditorías de cumplimiento del plan de manejo ambiental y notificará al proponente con la aprobación u observaciones si las hubiere, las que deberán ser atendidas por el proponente hasta lograr su aprobación.
 - Una vez emitido pronunciamiento favorable al informe y/o auditoría ambiental, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica notificará al proponente con el valor de la tasa ambiental a cancelar, según lo establecido en los Acuerdos Ministeriales 083B y 041, respectivamente
 - El pago de las tasas ambientales estará a cargo del Contratista quien realizará los depósitos respectivos en la cuenta bancaria del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, previa gestiones de parte del MTOPE (solicitud de emisión de facturas).

El proponente del proyecto remitirá la factura (s) del o los pagos realizados al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica para obtener las aprobaciones de los informes presentados.

- b) Derecho de aprovechamiento de madera en pie
 - Conforme a lo que establece la normativa ambiental vigente, Acuerdo Ministerial 041 del Ministerio del Ambiente, el proponente del proyecto a través de la empresa contratista, previo al inicio de los trabajos realizará el pago de la tasa

de Pie de Monte. Este trámite deberá seguir los lineamientos de la autoridad ambiental.

- El pago de esta tasa estará a cargo del Contratista quien realizará el depósito respectivo en la cuenta bancaria del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, previa gestiones de parte del MTOP (solicitud de emisión de facturas).
- El proponente del proyecto remitirá la factura del pago realizados al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

230-(2).03. Medición y Pago. - Dada la naturaleza del rubro, se medirá por UNIDAD (Tasa Ambiental) y el pago corresponderá al valor de las Tasas Ambientales que correspondan en base al Acuerdo Ministerial 83-B del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

No. de Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

230-(2)Ae. Tasas Ambientales (Pago por Obtención de Registro Ambiental).....Unidad
230-(2)Be. Tasas Ambientales (Pago Pronunciamiento de IAC; Control y Seguimiento).....Unidad

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
406-3(E)	Reciclaje de pavimento rígido	m2

406-3(E). Reciclaje de Pavimento Rígido

406-3(E).01. Descripción. – Este trabajo consistirá en la recuperación y reutilización de los agregados existentes en pavimentos antiguos, en los cuales se hallan constituyendo capas hidráulicas.

La tecnología conocida como “Resonant Rubblizing” (o Rubblizing o Resonant Braker) es considerada como una tecnología de reciclado in-situ de pavimentos de concreto. El término en español que se ha utilizado para esta técnica es “Micro-fracturación” o “Fracturación por Resonancia”. La tecnología emplea un martillo rompedor que aplica una carga vibratoria (de alta frecuencia y baja amplitud) en la superficie del pavimento, fracturando el concreto por resonancia y transformándolo en una capa equivalente a una capa granular no adherida de alto módulo. El trabajo presenta un estado del arte de la tecnología de micro-fractura del pavimento y un resumen de la experiencia recogida en proyectos en

diferentes países desde el año 2000 enfatizando en la experiencia y obstáculos encontrados durante el proceso de transferencia tecnológica en 9 países. El trabajo describe y discute las principales preguntas de ingeniería que se han generado en el proceso de transferencia tales como: método de diseño, capacidad estructural, restricciones de constructivas, rendimientos, manejo del tránsito durante el proceso constructivo, control de calidad y otros.

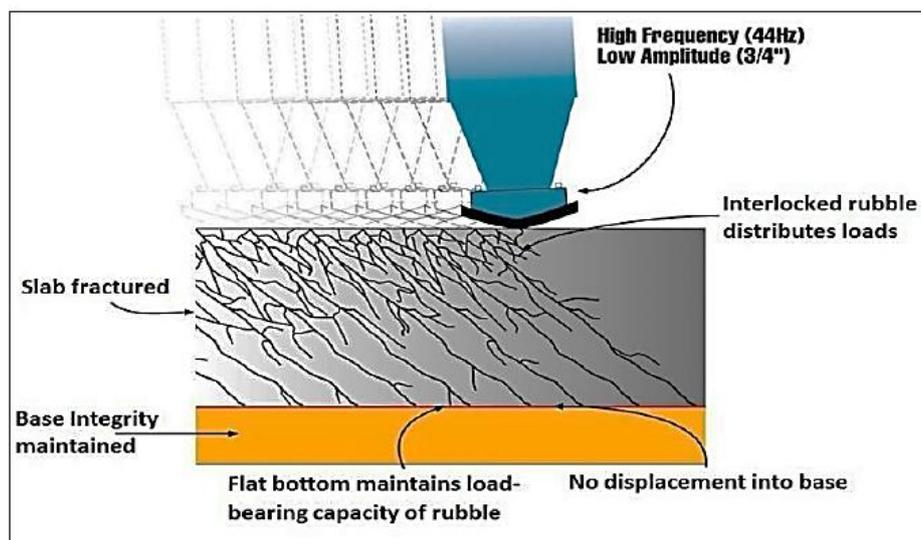
Estos agregados serán empleados como parte del material que se utilizará en la construcción de una nueva capa recicladas, con procesos de preparación y de

pulverizada in situ y que serán colocadas sobre las capas subyacentes del pavimento antiguo, en cumplimiento de las disposiciones contractuales y con las alineaciones, pendientes, secciones transversales constantes en los planos del contrato y las mejores prácticas internacionales.

La micro-fracturación es técnicamente factible cuando una losa se encuentra agrietada pero que no presenta síntomas de colapso a nivel de sub-rasante, es decir, la subrasante se encontraría consolidada; en general los valores de CBR serán mayores a los valores de CBR medidos en calicatas laterales. Si la sub-rasante se encuentra consolidada no es recomendable alterarla de ninguna forma, ya sea a través de reconstrucción o fracturar las losas con energía potencial. En este caso la técnica de Rubblizing resulta recomendable debido a que el proceso de micro-fracturación no altera la estabilidad de la sub-rasante.

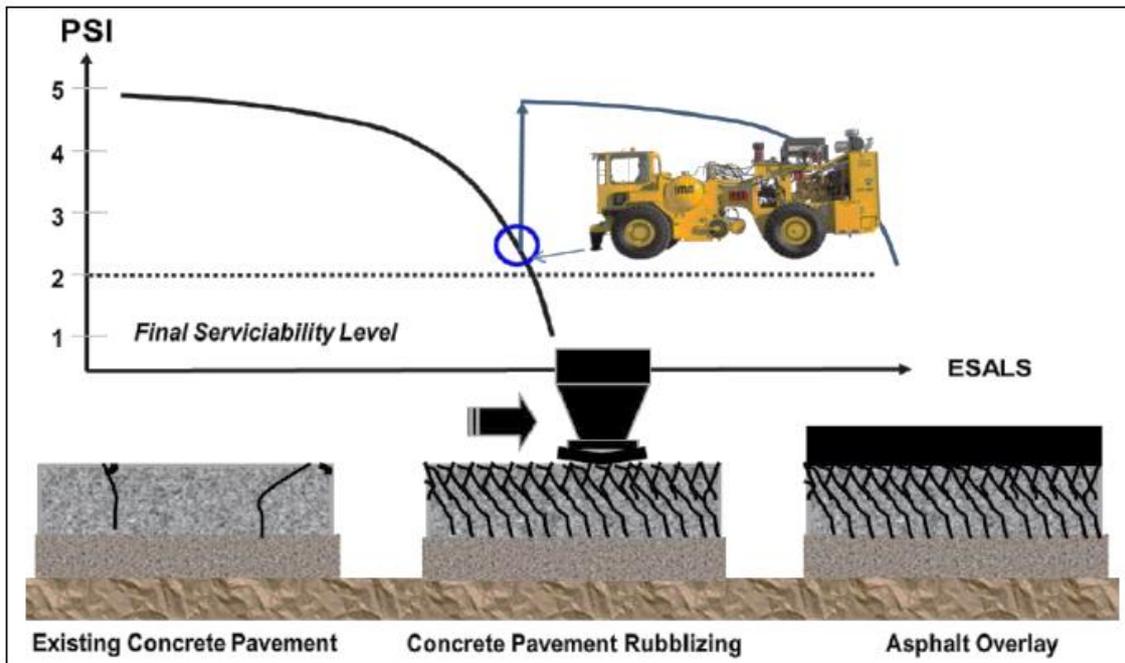
La AASHTO y gran parte de la literatura utiliza el término Rubblizing para referirse a toda técnica que fracture el pavimento de concreto en trozos pequeño (Rubble=Escombros). No obstante, la gran diferencia entre Resonant Rubblizing respecto de otras técnicas que se utilizan para fracturar pavimentos de concreto es que esta es la única técnica que no utiliza energía potencial para fracturar el concreto. En términos mecánicos, la fractura no se produce por tracción y corte; en este caso la fractura se produce por energía de resonancia la cual provoca que la grieta se inicie en la superficie del pavimento y se propague hasta la interfaz de la capa de concreto con la siguiente capa. En la interfaz con la siguiente capa, la energía se disipa 100% y las capas inferiores no se ven afectadas.

La fractura por energía potencial necesariamente produce desplazamiento relativo entre los trozos de hormigón la cual requiere ser acomodada y densificada lo cual puede afectar las capas inferiores. En la fractura por resonancia la caída del martillo es de 1,5 a 2,5 cm y se repite con una frecuencia de aproximada de 44 Hz, transformando el concreto en un material con propiedades similares a las de un material granular de alto módulo el cual presenta un patrón como el que se muestra esquemáticamente, en la siguiente imagen:



El concepto de reciclado con la técnica de Resonant Rubblizing, muestra que una vez que el pavimento de concreto alcanza su vida útil, es posible transformar las losas de concreto en una base granular de alto módulo a través de fracturar el pavimento por vibración resonante. Luego, sobre el pavimento fracturado se puede construir un pavimento de

asfalto con nulo riesgo de reflexión de grietas, cuya durabilidad pasa a depender únicamente del espesor de la carpeta asfáltica que se diseñe. El rango de espesor de la carpeta asfáltica, que se ha utilizado en diferentes proyectos esta entre 100 mm a un máximo de 200 mm, como el que se muestra esquemáticamente, en la siguiente imagen:



406-3(E).02. Materiales. - Se emplearán los materiales recuperados de capas de pavimento rígido hidratados para su compactación y control de polvo.

Se deberá proceder al desgarramiento de la capa de rodadura vieja para obtener el material suficiente, que se lo deberá pulverizar, donde será reducido a tamaños inferiores al máximo especificado para la base reciclada final.

La granulometría que deba emplearse en el trabajo, deberá hallarse determinada en los estudios definitivos. Se utilizará oxígeno para el equipo oxicorte para arrancar los pedazos de acero de refuerzo que sobresalgan.

En general, para la capa reciclada, será compactada con agua.

406-3(E).03. Equipo. - El Contratista deberá disponer del equipo necesario en condiciones satisfactorias para el Fiscalizador, quien lo deberá aprobar previamente a su utilización en el trabajo.

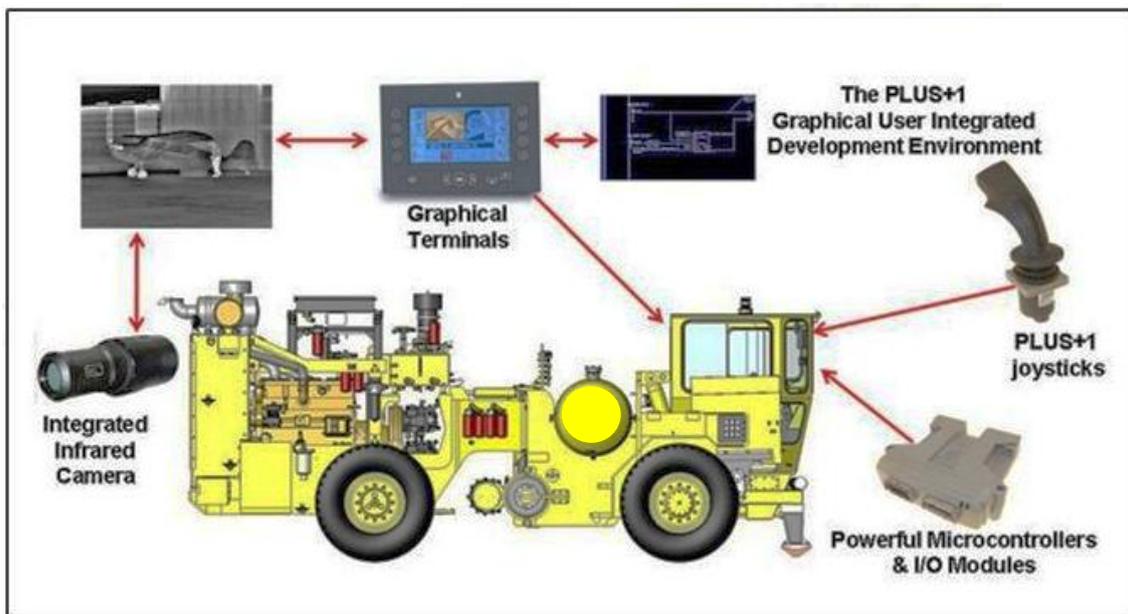
El equipo a utilizarse será una pulverizadora con martillo único o múltiples martillos, autopropulsada; equipo de pulverización especializado y de uso exclusivo para el tipo de trabajos de pulverización (reciclaje de pavimento hidráulico); equipo de compactación de 10 Ton. de doble rodillo liso, distribuidor de agua y que cuente además con los accesorios necesarios para el proceso de reciclaje.

El equipo "Rompedor Resonante" posee un martillo montado en el extremo de una viga de acero de gran espesor. El martillo vibra, golpeando el pavimento a una alta frecuencia

(entre 42 y 46 Hertz) y una pequeña amplitud (entre 1,25 a 2,5 centímetros). El efecto vibratorio acompañado de la carga puntual aplicada por el contrapeso sobre el martillo, produce, una rotura y propagación instantánea de una grieta la cual recorre el espesor completo de la losa sin desplazamiento de los trozos fracturados. El resultado de este proceso son trozos de concreto fragmentado y frecuentemente trabados entre sí.

DATOS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA:

A continuación, se muestra una imagen de la máquina con algunos de sus componentes clave resaltados. La tecnología de haz resonante: la máquina de desbaste y frotación del concreto es capaz de frotar o romper el concreto a una velocidad de 7,000 yardas cuadradas por día y el concreto tiene un espesor de 26”.



EL VIGA RESONANTE:

Los controles electrónicos permiten la ruptura y el despalillado de precisión. El sistema flexible e integrado lleva el control de la máquina al siguiente nivel de rendimiento y confiabilidad. Operado desde un solo control de palanca universal, la Viga Resonante se puede adaptar instantáneamente a las diferentes dinámicas del pavimento de concreto. Esto brinda la tranquilidad de saber que podemos romper cualquier pavimento de concreto, al tiempo que producimos un tamaño de partícula consistente.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Capacidades de llenado de servicio:

- Sistema hidráulico 250 l.
- Depósito de combustible 750 l
- Depósito de agua 1250 l
- Aceite de motor 30 l.

Motor: Caterpillar C-15

- Turbocharged 550 caballos de fuerza a 1950 rpm.

Equipo eléctrico:

- Alternador motor 24 voltios 60 amperios.
- Baterías (2) 220 amperios / hora

Datos del sistema hidráulico:

- Equipado con un sistema de control hidráulico electrónico Sauer Danfoss Plus One
- Integra sistemas hidráulicos, de motor y de visión.
- Proporcionar infinito control de la máquina.
- Habilita la seguridad de la máquina y la limitación de funcionamiento
- El sistema hidráulico total es flujo completo devuelto, filtrado a 3 micras absolutas
- Diseño personalizado para prolongar la vida útil del servicio hidráulico.
- El enfriamiento adecuado está asegurado con un intercambiador de calor de aire forzado.

Accionamiento del oscilador hidráulico:

- Bomba de accionamiento del oscilador – Pistón giratorio, control de desplazamiento electrónico, bomba de desplazamiento variable – Motor del oscilador
- Azis doblado, motor de desplazamiento fijo (180 cc)

Control de haz (oscilación):

- Control digital computarizado para precisión de amplitud y frecuencia de haz resonante.

Gobierno:

- La dirección asistida hidráulica – articulación de 30 grados a la izquierda y derecha proporciona un radio de giro de 5,2 metros en el interior y un radio de giro de 7 metros en el exterior

Controles:

- Control Remoto Electrónico (ERC) – El control operado por una sola mano con palanca eléctrica de tipo simple le brinda al operador un control completo de avance, retroceso, velocidad y frenado.

Sistema de agua:

- El tanque de agua de llenado rápido proporciona agua para el enfriamiento de los componentes y la limpieza de la máquina con la capacidad de eliminar el polvo.

Tracción hidrostática de la rueda:

- Bomba de accionamiento a tierra – Bomba de desplazamiento variable de pistón giratorio (máx. 180 cc)
- Desplazamiento electrónico controlado.
- Motores de accionamiento de tierra
- (2) Motores de desplazamiento fijo (89 cc) Sunstrand modelo 23

Bujes de par de la rueda trasera:

- Cubos de torsión, impulsados hidráulicamente.

Sistema de frenado:

- Frenado de servicio provisto a través de la bomba hidrostática / circuito del motor.
- Frenos de estacionamiento a través de un disco múltiple, frenos de liberación hidráulica.
- El circuito de seguridad integrado activa automáticamente los frenos cuando se apaga el motor o cuando se pierde la presión hidráulica.

Velocidad:

- Trabajo máximo: 13 km / hr.
- Max Travel: 25km / hr

Taxi:

- Fácilmente accesible con ventanas de vista completa para una excelente visibilidad
- La cabina también incorpora una cámara trasera de infrarrojos con asiento ajustable de lujo integrada en el sistema de control de pantalla táctil para mejorar la visión nocturna y facilitar el respaldo.
- Espejo retrovisor
- Calentador

Dispositivo de advertencia de seguridad:

- Alarma de retroceso: aviso sonoro de 123 db
- Luz estroboscópica: montada en la cabina para una máxima visibilidad

406-3(E).04. Ensayos y Tolerancias. - Los ensayos a efectuarse para comprobar la calidad de los materiales y de la mezcla, así como las tolerancias permitidas, serán granulometría y ensayos de densidad de campo, que deberán estar sujetas a los resultados del tramo de prueba.

406-3(E).05. Procedimientos de trabajo.

406-3(E).05.1. Generalidades. - Al iniciarse los trabajos, el Contratista deberá presentar al Fiscalizador los parámetros obtenidos de los tramos de prueba. El Fiscalizador efectuará las revisiones y comprobaciones pertinentes a fin de autorizar la ejecución de la capa

reciclada.

Micro-fracturación: Consiste en pasar el equipo (martillo demoledor) directamente sobre el pavimento de concreto. Los espesores de losa de concreto que puede fracturar el equipo están entre 150 a 550 mm. El martillo vibra a una frecuencia de 30 a 50 Hz y una amplitud relativamente pequeña de 10 a 25 mm. El ancho del martillo es de 250 mm y necesita de una sola pasada para producir la fractura en el espesor completo del pavimento y en el ancho de 250 mm (para un carril de 3,6 m se requiere 14 a 15 pasadas en paralelo y no superpuestas). El rendimiento promedio es de 5.000 a 7.000 m² por jornada de trabajo de 7-8 horas.

406-3(E).05.2. Proceso constructivo

- *Paso 1: Proceso Constructivo - Fracturación*

El proceso de Rubblizing se realiza a lo largo de la calzada, idealmente en longitudes que van desde 500 hasta 1.500 metros. Cada pasada del martillo rompedor (Rompedor resonante) cubre un ancho de entre 20 y 25 centímetros y a una velocidad de hasta 10 Kilómetros por hora, Figura 1. El triturado se realiza en todo el ancho de la calzada asegurando que en una jornada de trabajo se cubrirá el ancho y largo de la pista o carril.

El proceso de fragmentado debe comenzar en un borde de la losa de concreto. El proceso es secuencial, es decir, una vez que se ha fragmentado una franja, se debe pulverizar la franja paralela adyacente, hasta completar el ancho de la losa entre ambas juntas longitudinales. Para cuando el equipo deba transitar por los bordes longitudinales externos de las losas, la superficie adyacente sobre la cual se apoyarán y rodarán los neumáticos debe encontrarse nivelada y con resistencia suficiente para asegurar la estabilidad del equipo. Es posible que en algunos casos se recomienda dejar un borde longitudinal externo de la losa (no superior a 20 - 25 cm) sin triturar; esto es, si las condiciones laterales no permiten al equipo operar con seguridad en el borde del camino.

Si existiera acero de refuerzo en la superficie del pavimento pulverizado, este no deberá removerse. En el caso que pedazos de acero sobresalgan de la superficie, estos deberán ser removidos para evitar cualquier daño al equipo de Rubblizing o a otros equipos de construcción. Las mallas o pedazos de acero de refuerzo que sobresalgan no deben ser arrancados, solo podrán ser cortados al ras de la superficie con equipo de oxicorte. Las barras de traspaso de carga en general pueden ser removidas fácilmente en caso de aparecer en la superficie, pero, no se considera necesario.

La emisión de polvo durante el proceso es muy localizada (Figura 1) no obstante, en zonas urbanas si se requiere, se puede emplear riegos de agua moderados (0,5 l/m²).

No se debe permitir transitar y maniobrar con equipos y maquinarias de construcción sobre el material triturado. Solo se permitirá transitar los camiones cisternas y a los camiones proveedores de mezcla asfáltica.



Figura 1. Martillo rompedor

- Paso 2: Proceso Constructivo - Compactación

Se utiliza el concepto “Compactación” debido a que el principio de pasar un compactador sobre un pavimento micro-fracturado con la técnica de Rubblizing no es obtener densidad. La compactación se requiere para aplanar la superficie fracturada y dar un pequeño acomodo a algunas piezas de concreto sueltas.

La pasada de compactador se debe realizar al término de la operación de Rubblizing. Se deben efectuar 3 a 4 pasadas de rodillo liso vibratorio de peso mínimo de 10 toneladas y de amplitud y frecuencia variable. La velocidad del rodillo no debe superar los 6.5 km/h (1.8 m/seg). Figura 2. La compactación puede realizarse después de terminada la operación de Rubblizing o poco antes del proceso de colocación de capa de refuerzo siendo más recomendable realizarlo previo a la colocación de la capa asfáltica. Al término de la operación de compactación la superficie debe verse pareja y uniforme y no se permitirá la entrega tránsito, así como la operación de equipos y maquinaria de construcción con excepción de los equipos y maquinarias asociados a la colocación de la carpeta asfáltica.

En los lugares inaccesibles a los rodillos, se deberá efectuar la compactación de la capa recuperada con pisones mecánicos, hasta obtener la densidad especificada.



Figura 2. Compactación

406-3(E).05.3. Tratamiento de las capas inferiores. - Las capas del pavimento antiguo que quedaren en sitio, por la naturaleza del proceso no podrán ser tratadas a excepción

de excepción de petición del fiscalizador por tratarse de un tramo sumamente afectado.

406-3(E).05.4. Dosificación y mezclado. - El material de reciclado de pavimento no requerirá mezclado adicional ni añadir agregados para el proceso de reciclaje de pavimento rígido.

406-3(E).05.5. Distribución. - El material reciclado, quedará distribuida in situ preparado para la compactación.

406-3(E).05.6. Compactación. - Se procederá a su compactación por medio de rodillos lisos de ruedas de acero. La compactación inicial de la capa reciclada se efectuará con rodillos doble lisos tándem de al menos 12 toneladas, iniciando a los bordes de la capa y avanzando hacia el centro; superponiendo una parte del ancho de la rueda en cada pasada posterior, excepto en los peraltes en donde se iniciará la compactación en el borde inferior. El proceso se realizará, hasta conseguir la densidad especificada. Se deberá tomar mucho cuidado con el uso de los rodillos, con las cargas, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos del material reciclado.

Al término del proceso de Rubblizing se debe “aplanar” el material de la superficie con 3 a 4 pasadas de un rodillo vibrador (simple o tándem). Este último proceso se define como aplanado debido a que no se requiere densificar la capa, solo se requiere aplanar las partículas sueltas de la superficie.

En los lugares inaccesibles a los rodillos, se deberá efectuar la compactación de la capa recuperada con pisones mecánicos, hasta obtener la densidad especificada.

La capa recuperada compactada deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con los alineamientos, espesores, cotas y perfiles estipulados en la propuesta técnica definitiva. Mientras la compactación no se haya terminado, no se permitirá ninguna circulación vehicular.

406-3(E).06. Medición. - Las cantidades a pagarse por el reciclaje de capa de pavimento rígido, serán los metros cuadrados de superficie reciclada con un espesor compactado especificado en el contrato o determinado por el Fiscalizador. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador.

406-3(E).07. Pago. - Las cantidades determinadas en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes. Estos precios y pago constituirán la compensación total por la recuperación, pulverización in situ con máquinas especializadas, el suministro de agua y la compactación de la capa reciclada; así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

Nº del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
406-3(E). Reciclaje de Pavimento Rígido.....	Metro cuadrado (m2)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
RN-001	Colocación de puntos GPS	u

RN-001. Colocación de puntos GPS

RN-001.01. Descripción. -

Se define como colocación de puntos GPS, a la construcción de 2 hitos o referencias georreferenciadas preferentemente con una estación RTK de alta precisión certificado y calibrado.

RN-001.02. Procedimiento. -

Se deberá construir hitos o referencias estables de hormigón 20 cmx 20 cm de altura = 40 cm con placas metálicas las mismas que permanecerán fijas en un sitio de fácil acceso para la colocación de equipos topográficos, los mismos que deberán tener registro de coordenadas georreferenciadas para posteriores trabajos de replanteo y nivelación.

La ubicación de esta pareja de puntos GPS se realizarán cada 10 kilómetros a lo largo de la vía, este trabajo será realizado por personal profesional calificado y experimentado supervisado por el Fiscalizador.

RN-001.03. Equipo. -

Además del personal idóneo, el Contratista deberá suministrar todo equipo, materiales, transporte y cualquier otro elemento necesario para la adecuada ejecución de los trabajos encomendados a él y descritos en este numeral.

Como mínimo este equipo deberá contar de equipo de transporte, equipo de precisión RTK.

RN-001.04. Medición y pago. -

El pago se realizará por unidad de hito GPS realizada.

Nº del Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

RN-001. Colocación de puntos GPSUnidad (u)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
RN-002	Topografía auxiliar	Ha

RN-002. Topografía auxiliar

RN-002.01. Descripción. -

Se define como topografía auxiliar en el terreno, al levantamiento topográfico integral del terreno en su planimetría y altimetría para su posterior implantación en archivo CAD.

RN-002.02. Procedimiento. -

Se deberá hacer el levantamiento topográfico con equipos de precisión certificados y calibrados como Estación Total o RTK para la elaboración de planos en planimetría y altimetría en archivo CAD, esto servirá para diseño y evaluación del terreno para los diferentes Especialistas de Obra.

Los trabajos de Topografía Auxiliar estarán a cargo de personal profesional experimentado.

Las áreas a realizar la Topografía Auxiliar del proyecto serán identificadas en los planos y/o órdenes del Fiscalizador.

RN-002.03. Equipo

Además del personal idóneo, el Contratista deberá suministrar todo equipo, materiales, transporte y cualquier otro elemento necesario para la adecuada ejecución de los trabajos encomendados a él y descritos en este numeral.

Como mínimo este equipo deberá contar de equipo de transporte Estación Total o RTK.

RN-002.04. Pago. -

La unidad de medida para el pago de este rubro se realizará por Hectárea, con aproximación de dos decimales.

N° del Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

RN-002.Topografía auxiliarHectárea (Ha)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
RN-003	Replanteo y nivelación de vías	km

RN-003. Replanteo y nivelación de vías

RN-003.01. Descripción

Se define como replanteo el trazo en el terreno, confirmación de longitudes y niveles llevados de los planos de ingeniería y/o órdenes del Fiscalizador al sitio donde se construirá el proyecto como paso previo a la construcción.

Se deberá colocar referencias estables de ejes; las mismas que permanecerán fijas durante todo el proceso de construcción.

El Contratista deberá suministrar, colocar y referenciar adecuadamente todas las estacas y puntos de control de la construcción que él requiera para la debida ubicación y trazado de los varios elementos de la obra.

El Contratista será el único responsable de la precisión de las líneas y cotas de dichos elementos, y él deberá informar al Fiscalizador de cualquier error o discrepancia aparentes que él encuentre en levantamientos previos, planos u otros documentos contractuales, para su corrección o debida interpretación, antes de que se proceda con el trabajo pertinente.

Todo trabajo de levantamiento y estacado de construcción deberá efectuarse por personal calificado, que tenga experiencia en este ramo y sea aceptado por el Fiscalizador. El trabajo se realizará bajo la supervisión directa de un ingeniero o topógrafo calificado y aceptado por el Fiscalizador.

El Contratante se reserva el derecho de revisar y verificar el control de la construcción que lleva el Contratista, en cualquier momento, durante el avance de la obra. Se informará al Contratista de los resultados de dichas revisiones y verificaciones, sin que de manera alguna el Contratista quede exonerado de responsabilidad en la precisión de la ubicación y trazado de todos los componentes de la obra.

El Contratista deberá corregir o reemplazar por su cuenta cualquier trabajo deficiente por errores e imprecisión en sus operaciones de estacado y trazado, o por descuido en informar oportunamente al Fiscalizador de los errores en el trabajo realizado por el Contratante, para que éste los corrija.

En caso de ser necesario, como consecuencia de errores, imprecisión o falta o inoportuna información ya mencionados, realizar estudios adicionales o rediseño de alguna parte de la obra, todo el costo que ocasionen dichos estudios o rediseño, además de cualquier trabajo adicional y no previsto en el contrato que resulte de ellos, será por cuenta del Contratista.

Establecido el verdadero perfil del terreno y realizados los ajustes correspondientes con relación al proyecto vertical o confinado este, se sacan los datos de corte o relleno con los cuales se iniciarán la colocación de las estacas y puntos laterales en el terreno a

base de los cuales se calcularán las áreas de volúmenes correspondientes al movimiento de tierras.

RN-003.02. Equipo

Además del personal idóneo, el Contratista deberá suministrar todo equipo, materiales, transporte y cualquier otro elemento necesario para la adecuada ejecución de los trabajos encomendados a él y descritos en este numeral.

Como mínimo este equipo deberá contar de equipo de transporte, Estación total, nivel, etc.

Medición. -

Cuando el contrato no contenga un rubro de pago para estacas o estacado de construcción, el costo relacionado con este trabajo será considerado como incluido en el pago efectuado por todos y cada uno de los rubros constantes en el contrato.

RN-003.03. Pago. -

El Contratante será responsable de todo el estacado y las mediciones que éste requiere para la determinación de las cantidades de pago. Si el Contratante así lo requiere, el Contratista deberá entregar, para su revisión y uso, una copia de toda la información que se ha utilizado en el estacado y trazado de la obra.

La cantidad determinada en el numeral anterior se pagará al precio contractual para el rubro abajo designado y que consta en el contrato.

Nº del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
---	---------------------------

RN-003. Replanteo y nivelación de vías	Kilómetro (km)
--	----------------

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
RN-004	Diseño vertical de la vía, incluye informe final	km

RN-004. Diseño vertical de la vía, incluye informe final

RN-004.01. Descripción. –

Se define como Diseño vertical de Vía, el diseño de la manera más conveniente las nuevas cotas de proyecto en toda su geometría, teniendo en cuenta que habrá cambio de cotas en el proceso constructivo de la Vía y adicionalmente se hará un informe detallado de los nuevos diseños de altimetría, sus causas, fundamentación e implantación en archivo CAD.

RN-004.02. Procedimiento. –

La ejecución de estos trabajos estará en concordancia con lo señalado en la normativa

vigente. Este proyecto debe ser diseñado de acuerdo a las normas de Diseño Geométrico del MOP 2003, el Constructor propondrá los cambios, con el fin de mejorar las condiciones de seguridad y de operación de la vía, considerando en lo posible minimizar los movimientos de tierras, la necesidad de expropiaciones y los costos operativos de los usuarios de la carretera. Todo cálculo, aseveración, estimación o dato, deberá estar justificado en lo conceptual y en lo analítico. No se aceptarán estimaciones o apreciaciones del Constructor sin el debido respaldo.

Previo al trabajo de diseño, el constructor deberá tener el levantamiento topográfico georreferenciado del componente geométrico de la vía tanto horizontal como vertical con equipos de precisión certificados y calibrados para la elaboración de planos en planimetría y altimetría en archivo CAD.

Este levantamiento estará a cargo de personal profesional experimentado y servirá para diseño y evaluación del especialista Vial.

El informe final de este Diseño deberá contener los nuevos diseños de altimetría, sus causas, fundamentación e implantación en archivo CAD, las cuales serán aprobadas y avaladas por el Fiscalizador.

RN-004.03. Equipo.-

Además del personal idóneo, el Contratista deberá suministrar todo equipo, materiales, transporte y cualquier otro elemento necesario para la adecuada ejecución de los trabajos encomendados a él y descritos en este numeral.

Como mínimo este equipo deberá contar con ordenador con software de diseño vial.

RN-004.04. Medición y pago. -

la unidad de medida para el pago de este rubro se realizará por Km, con aproximación de dos decimales.

N° del Rubro de Pago y Designación

Unidad de Medición

RN-004. Diseño vertical de vía, incluye informe final.....kilómetro (Ha)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
405-5 E.	Capa de rodadura de hormigón asfáltico aditivado y mezclado en planta de 12.50 cm de espesor	m2

405-5 E. Capa de rodadura de hormigón asfáltico aditivado y mezclado en planta de 12.50 cm de espesor

405-5.01. Descripción. - Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.

405.5.02 Materiales.- El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado en el contrato y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o medio se permitirá el empleo de cemento asfáltico 85 – 100. Para vías o carriles especiales donde se espere el paso de un tráfico muy pesado, se admitirá el empleo de cementos asfálticos mejorados. La clasificación del tráfico se muestra en la tabla 405-5.4. El cemento asfáltico que se utilice deberá cumplir con los requisitos de calidad señalados en la Norma INEN:2510 “Derivados de Ligante Asfáltico”.

Los agregados que se emplearán en el hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral. Estos agregados deberán cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 811.2, para agregados tipo A, B o C. Los agregados estarán compuestos en todos los casos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

Las mezclas asfálticas a emplearse en capas de rodadura para vías de tráfico pesado y muy pesado deberán cumplir que la relación entre el porcentaje en peso del agregado pasante del tamiz INEN 75micrones y el contenido de asfalto en porcentaje en peso del total de la mezcla (relación filler/betún), sea mayor o igual a 0,8 y nunca superior a 1,2. Para la mezcla asfáltica deberán emplearse una de las granulometrías indicadas en las tablas 405-5.1.

En el contrato se determinará el tipo y graduación de los agregados, de acuerdo con las condiciones de empleo y utilización que se previene para la carpeta asfáltica.

Tabla 405-5.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
3/4" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
1/2" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

405.5.02.1 Aditivo.- Adicionalmente se debe emplear el uso de aditivos que: a través de los enlaces químicos de estos, aumenten la adherencia entre el agregado y el asfalto, y de ésta manera se reduce el desprendimiento y mejora la resistencia a la fatiga; que permitan una mayor distancia para el transporte; que sature los poros y cavidades de la

superficie del agregado en un tiempo máximo de 60 segundos para mitigar el fenómeno de oxidación; que aumenten de forma considerable los valores de TSR y que finalmente se refleje en el contenido de asfalto en la mezcla, al igual que se extienda la vida útil del asfalto.

Dosificación

Se recomienda dosificar del 0,05-0,1%, en función al peso del cemento asfáltico. Para asfaltos modificados como (PMB/SBS/SBR/EVA/SRMB), RAP/RAS, la dosificación usada va de 0,075-0,125% de Zycotherm, en función al peso del cemento asfáltico.

Mezclado

Inyección por goteo antes que el tanquero cargue en la refinería.

Inyección por goteo, antes que el asfalto sea almacenado en la planta, deben recircular el tanque para lograr una mejor mezcla.

405.5.02.2 Betún asfáltico. -

Los cementos asfálticos son residuos de la destilación del petróleo y se caracterizan por permanecer en estado semisólido a la temperatura del ambiente. Los cementos asfálticos mezclados con agregados forman el hormigón asfáltico, empleado en pavimentos, en las capas de rodadura o base.

El cemento asfáltico que deberá emplearse será de penetración 60 - 70 u 85 – 100. Según las normas INEN 2 515 – Productos derivados del Petróleo. Viscosidad del cemento asfáltico (clasificación por viscosidad).

El proveedor del cemento asfáltico deberá ensayar cada tanquero con el material destinado a proyectos carreteros, suministrando en cada envío dos copias del boleto de entrega, una para el Contratista y otra para el Fiscalizador. El boleto de entrega deberá contener la información siguiente:

- Fecha
- Comprador
- Nombre y Número del Proyecto de Destino
- Galones (litros) netos
- Peso neto
- Número de Identificación (Camión, tanque, placa, etc.)
- Temperatura de carga
- Resultados de los ensayos correspondientes a la Categoría 1.

405-5.03. Equipo. –

405-5.03.1. Plantas mezcladoras. - Las plantas para la preparación de hormigón asfáltico utilizadas por el Contratista, podrán ser continuas o por paradas, y deberán cumplir los requisitos que se establezcan más adelante para cada una de ellas específicamente, además de lo cual todas deberán satisfacer las exigencias siguientes:

- a) **Equipo para manejo del asfalto:** Los tanques para almacenamiento del asfalto deberán estar equipados con serpentines de circulación de vapor o aceite que permitan un calentamiento seguro, sin que existan probabilidades de producirse incendios u otros accidentes; y con dispositivos que posibiliten un control efectivo

de temperaturas en cualquier momento. Los tanques para almacenamiento deberán tener capacidad suficiente de reserva para al menos un día de trabajo sin interrupciones; el sistema de circulación a las balanzas de dosificación, mezcladora, etc., deberá tener capacidad suficiente para un caudal uniforme, y deberá estar provisto de camisas de aislamiento térmico y conservación de la temperatura. Deberá proveerse de dispositivos confiables para medición y muestreo del asfalto de los tanques.

- b) **Secador:** La planta deberá estar equipada con un horno secador rotativo para agregados, con suficiente capacidad para proveer los agregados secos y a la temperatura necesaria, a fin de mantener a la mezcladora trabajando continuamente y a su máximo rendimiento. Dispondrá de dispositivos para medición de la temperatura de los agregados al salir del horno, que trabajen con un máximo de error de 5°C.

El horno secador estará diseñado con una longitud y un número de revoluciones tales que permitan recibir los agregados y movilizarlos hacia la salida en una forma regular y continua, a fin de entregarlos al alimentador de las cribas totalmente secos y en la temperatura necesaria, mediante un flujo permanente, adecuado y sin interrupciones. De todas maneras, el Fiscalizador deberá obtener las muestras necesarias en forma periódica de los agregados transportados a la planta, para comprobar la calidad del secamiento en el núcleo de los mismos.

- c) **Cribas y tolvas de recepción:** La planta dispondrá de las cribas suficientes para tamizar el agregado proveniente del secador y separarlo en las graduaciones requeridas para alojarlas en las diferentes tolvas individuales de recepción.

Los tamices a utilizarse para la separación de las diferentes graduaciones, no permitirán que cualquier tolva reciba más de un 10% de material de tamaño mayor o menor que el especificado.

Las tolvas para almacenamiento del agregado caliente deberán tener tamaño suficiente, para conservar una cantidad de agregados que permita la alimentación de la mezcladora trabajando a su máximo rendimiento. Existirán al menos tres tolvas para las diferentes graduaciones, y una adicional para el relleno mineral que se utilizará cuando sea necesario. Cada tolva individual estará provista de un desbordamiento que impida la entrada del exceso de material de uno a otro compartimiento, y que descargue este exceso hasta el piso por medio de una tubería, para evitar accidentes.

Las tolvas estarán provistas de dispositivos para control de la cantidad de agregados y extracción de muestras en cualquier momento.

- d) **Dispositivos para dosificación del asfalto:** La planta estará provista de balanzas de pesaje o de dispositivos de medición y calibración del asfalto, para asegurar que la dosificación de la mezcla se halle dentro de las tolerancias especificadas en la fórmula maestra de obra.

El asfalto medido, ya sea por peso o por volumen, deberá ser descargado a la mezcladora, mediante una abertura o una barra esparcidora cuya longitud será al menos igual a las tres cuartas partes de la longitud de la mezcladora, a fin de lograr una distribución uniforme e inmediata al mezclado en seco.

Los dispositivos para la dosificación estarán provistos de medios exactos de medición y

control de temperaturas y pesos o volúmenes. La temperatura será medida en la cañería que conduce el asfalto a las válvulas de descarga a la entrada de la mezcladora.

- e) **Colector de polvo:** La planta estará equipada con un colector de polvo de tipo ciclón que recolecte el polvo producido en el proceso de alimentación y mezclado.

Este colector estará diseñado en forma de poder devolver, en caso necesario, el polvo recolectado o parte de él a la mezcladora, o de conducirlo al exterior a un lugar protegido para no causar contaminación ambiental.

- f) **Laboratorio de campo:** Se deberá contar con el equipo necesario para poder realizar ensayos de la categoría 1 según la Norma INEN:2510 “Derivados de Ligante Asfáltico”, con el objetivo de que antes de descargar el cemento asfáltico a los reservorios desde el tanquero-cisterna este sea evaluado y certificado. Se contará también con el equipo necesario para evaluar la composición de las mezclas y la temperatura de fabricación de las mismas.
- g) **Medidas de seguridad:** Las plantas deberán disponer de escaleras metálicas seguras para el acceso a las plataformas superiores, dispuestas de tal manera de tener acceso a todos los sitios de control de las operaciones. Todas las piezas móviles como poleas, engranajes, cadenas, correas, etc., deberán hallarse debidamente protegidas para evitar cualquier posibilidad de accidentes con el personal. El espacio de acceso bajo la mezcladora para los camiones, deberá ser amplio, para maniobrar con facilidad a la entrada y a la salida. El contratista proveerá además de una plataforma de altura suficiente, para que el Fiscalizador pueda acceder con facilidad a tomar las muestras necesarias en los camiones de transporte de la mezcla.

1.- Exigencias especiales para plantas discontinuas:

- a) **Dispositivos de dosificación:** Las balanzas para pesar los agregados deberán ser capaces de producir medidas exactas para cada fracción, con una precisión de 0.5% del peso indicado para cualquier carga. Cada fracción que deba pesarse ingresará a un cajón de pesaje suspendido por las balanzas, con capacidad suficiente para recibir la totalidad de la parada con margen de seguridad para evitar el desborde. El cajón permanecerá cerrado y no deberá perder ningún material, hasta completar la parada total de agregados que ingresarán a la mezcladora el momento de la descarga de una manera instantánea. Los soportes del cajón de pesaje estarán libres de cualquier interferencia para permitir un pesaje efectivo en todo momento.

Las balanzas serán de tipo dial sin resortes, de fabricación comercial reconocida y con escala que permita apreciar al menos 5 Kg, empezando su funcionamiento con un peso máximo de 45 Kg. La capacidad total de la balanza será hasta 1.5 veces la capacidad de la mezcladora por paradas.

El dial deberá estar provisto de agujas para señalar los pesos de cada fracción que se vaya vertiendo en el cajón de pesaje. El movimiento de las agujas estará diseñado para evitar cualquier reflexión sobre el dial y el cristal de protección no deberá permitir refracciones que dificulten la lectura precisa.

La balanza para pesar el material bituminoso deberá ser de idéntica factura que las balanzas para agregados, pero la subdivisión mínima de la escala será de 1 Kg y el dial deberá iniciar el control de pesaje con un peso máximo de 5 Kg. La capacidad de estas balanzas para pesar materiales bituminosos será 1.15 veces mayor que el peso del asfalto a agregar a cada parada.

Las balanzas, tanto para los agregados como para el asfalto deberán ser calibradas tantas veces como el Fiscalizador lo juzgue conveniente para asegurar la continuidad y uniformidad del pesaje. El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la calibración, incluyendo las pesas apropiadas, y deberá prestar todas las facilidades para que se efectúe la comprobación a satisfacción del Fiscalizador.

La precisión del equipo para medir el asfalto estará dentro del 0.5% de tolerancia sobre cualquier peso requerido.

Una vez pesado el asfalto que se utilizará en una parada, se accionarán las válvulas manual o automáticamente, para descargar el asfalto dentro de la mezcladora en un lapso máximo de 15 segundos. La descarga del asfalto deberá producirse en cuanto la mezcladora termine su período de mezclado de los agregados en seco.

- b) **Mezcladora:** La mezcladora será de paletas giratorias dobles, para mezcla tipo amasado, con un número suficiente de paletas para producir una mezcla homogénea y dentro de las tolerancias fijadas para la fórmula maestra de obra. La separación entre ejes y paletas será tal que no cause fracturación del agregado grueso al momento del mezclado.

La mezcladora podrá ser de cajón cerrado o abierto con tapa móvil, para evitar pérdida del relleno mineral o material fino al momento del mezclado inicial. En todo caso, su diseño permitirá tomar con facilidad las muestras necesarias de la mezcla. Estará equipada con dispositivos exactos para medir y controlar el tiempo de mezclado por cada parada, con precisión de 5 segundos. Contará también con un registrador automático del número de paradas producidas.

2.- Exigencias especiales para plantas continuas:

- a) **Dispositivos de dosificación, control y calibración:** La planta de mezcla continua deberá incluir los dispositivos necesarios para la dosificación exacta de los agregados y el asfalto, sea por volumen o por peso. Previamente al ingreso al secador de la planta, los agregados en frío deberán estar completamente secos.

Cuando se efectúe un control de los agregados por volumen, cada tolva de almacenamiento individual dispondrá de una compuerta regulable exactamente, para formar el orificio de dosificación volumétrica, el cual será rectangular y ajustable en sus dimensiones, y deberá estar provisto de registradores para indicar la abertura en cualquier momento.

Las aberturas de salida de las tolvas serán calibradas por medio del pesaje de muestras tomadas de cada compartimiento, utilizando el equipo de control de las muestras proporcionado por el Contratista, equipo que permitirá una exactitud

de pesaje dentro del 0.5% de error sobre el peso indicado.

Cuando se requiera de relleno mineral, éste será introducido a la mezcladora desde una tolva individual, equipada con un dispositivo exacto para la dosificación, y que trabajará sincronizadamente con los alimentadores del agregado y del asfalto.

- b) **Sincronización de la alimentación:** La planta deberá contar con los medios adecuados para asegurar una sincronización efectiva entre el suministro de los agregados provenientes de las tolvas a la mezcladora, y el suministro del asfalto desde el dispositivo de dosificación, para lograr mezclas homogéneas y uniformes.

Las tolvas individuales de los agregados deberán estar provistas de dispositivos de señalización, para indicar el nivel del agregado y detener automáticamente el funcionamiento de la planta cuando la cantidad de agregado en la tolva sea insuficiente. Así mismo, el sistema de almacenamiento del asfalto dispondrá de dispositivos similares para control y parada de la planta en el momento oportuno.

- c) **Mezcladora:** La planta estará dotada de una mezcladora continua, de diseño capaz de producir una mezcla uniforme dentro de los límites de tolerancia fijados para la fórmula maestra de obra. Las paletas serán reversibles y de ángulo ajustable, para calibrar el paso de la mezcla. El embudo de descarga de la mezcla será tal que permita una descarga rápida y completa de toda la mezcla.

La planta deberá disponer de los datos de fábrica que señalen el régimen de alimentación de los agregados por minuto, para operación a velocidad normal. Deberá contar también con una placa que indique el contenido neto volumétrico de la mezcladora, a los varios niveles marcados en un limnómetro permanente.

405-5.03.2. Equipo de transporte. - Los camiones para el transporte del hormigón asfáltico serán de volteo y contarán con cajones metálicos cerrados y en buen estado. Para el uso, los cajones deberán ser limpiados cuidadosamente y recubiertos con aceite u otro material aprobado, para evitar que la mezcla se adhiera al metal. Una vez cargada, la mezcla deberá ser protegida con una cubierta de lona, para evitar pérdida de calor y contaminación con polvo u otras impurezas del ambiente.

405-5.03.3. Equipo de distribución de la mezcla. - La distribución de la mezcla asfáltica en el camino, será efectuada mediante el empleo de una máquina terminadora autopropulsada, que sea capaz de distribuir el hormigón asfáltico de acuerdo con los espesores, alineamientos, pendientes y ancho especificados.

Las terminadoras estarán provistas de una tolva delantera de suficiente capacidad para recibir la mezcla del camión de volteo; trasladará la mezcla al cajón posterior, que contendrá un tornillo sinfín para repartirla uniformemente en todo el ancho, que deberá ser regulable. Dispondrá también de una plancha enrasadora vibrante para igualar y apisonar la mezcla; esta plancha podrá ser fijada en diferentes alturas y pendientes para lograr la sección transversal especificada.

La descarga de la mezcla en la tolva de la terminadora deberá efectuarse cuidadosamente, en tal forma de impedir que los camiones golpeen la máquina y causen

movimientos bruscos que puedan afectar a la calidad de la superficie terminada.

Para completar la distribución en secciones irregulares, así como para corregir algún pequeño defecto de la superficie, especialmente en los bordes, se usarán rastrillos manuales de metal y madera que deberán ser provistos por el Contratista.

405-5.03.4. Equipo de compactación. - El equipo de compactación podrá estar formado por rodillos lisos de ruedas de acero, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente y rodillos neumáticos autopropulsados. El número necesario de rodillos dependerá de la superficie y espesor de la mezcla que deberá compactarse, mientras se halla en condiciones trabajables.

Los rodillos lisos de tres ruedas deberán tener un peso entre 10 y 12 toneladas, y los tándems entre 8 y 10 toneladas. Los rodillos neumáticos serán de llantas lisas y tendrán una carga por rueda y una presión de inflado convenientes para el espesor de la carpeta. Como mínimo, para carpetas de 5 cm. de espesor compactado, tendrán 1.000 Kg por rueda y presión de inflado de 6.0 Kg/cm².

405-5.04. Ensayos y Tolerancias. - Los agregados deberán cumplir los requisitos de calidad, cuyas pruebas están determinadas en la subsección 811-2. La granulometría será comprobada mediante el ensayo INEN 696, que se efectuará sobre muestras que se tomarán periódicamente de los acopios de existencia, de las tolvas de recepción en caliente y de la mezcla asfáltica preparada, para asegurar que se encuentre dentro de las tolerancias establecidas para la fórmula maestra de obra.

La calidad del material asfáltico será comprobada mediante las normas indicadas en la **comprueben el cumplimiento de las especificaciones constantes en la Tabla 7 de la enmienda a la norma vigente INEN 2515:2010, a la llegada de los tanqueros a la planta de obra** para cementos asfálticos.

Las muestras de hormigón asfáltico serán tomadas de la mezcla preparada de acuerdo con la fórmula maestra de obra, y sometidas a los ensayos según el método Marshall. El hormigón asfáltico que se produzca en la planta deberá cumplir con la fórmula maestra de obra indicada en el numeral 405-5.05.1, dentro de las siguientes tolerancias:

- a) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz de 1/2" (12.5 mm.) y mayores: $\pm 8\%$.
- b) Peso de los agregados secos que pasen los tamices de 3/8" (9.5 mm.) y N^o. 4 (4.75 mm.): $\pm 7\%$.
- c) Peso de los agregados secos que pasen los tamices N^o 8 (2.36 mm.) y N^o 16 (1.18 mm.): $\pm 6\%$.
- d) Peso de los agregados secos que pasen los tamices N^o 30 (0.60 mm.) y N^o 50 (0.30 mm.): 5% .
- e) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz N^o 100 (0.15 mm.): $\pm 4\%$.
- f) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz N^o 200 (0.075 mm.): $\pm 3\%$
- g) Dosificación del material asfáltico en peso: $\pm 0.3\%$
- h) Temperatura de la mezcla al salir de la mezcladora: $\pm 10^{\circ}\text{C}$.
- i) Temperatura de la mezcla al colocarla en el sitio: $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

El espesor de la capa terminada de hormigón asfáltico no deberá variar en más de 6 mm. de lo especificado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores

medidos, en ningún caso será menor que el espesor establecido en el contrato.

Las cotas de la superficie terminada no deberán variar en más de un centímetro de las cotas establecidas en los planos. La pendiente transversal de la superficie deberá ser uniforme y lisa, y en ningún sitio tendrá una desviación mayor a 6 mm. con el perfil establecido.

Concluida la compactación de la carpeta asfáltica, el Fiscalizador deberá comprobar los espesores, la densidad de la mezcla y su composición, a intervalos de 500 a 800 metros lineales en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino, mediante extracción de muestras. El contratista deberá rellenar los huecos originados por las comprobaciones, con la misma mezcla asfáltica y compactarla a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago adicional por este trabajo.

Cuando las mediciones de comprobación indicadas señalen para el espesor una variación mayor que la especificada arriba, o cuando el ensayo de densidad indique un valor inferior al 97% de la densidad máxima establecida en el laboratorio, o cuando la composición de la mezcla no se encuentre dentro de las tolerancias admitidas, el Fiscalizador efectuará las mediciones adicionales necesarias para definir con precisión el área de la zona deficiente. En caso de encontrarse sectores inaceptables, tanto en espesor como en composición o en densidad, el Contratista deberá reconstruir completamente el área afectada, a su costa, y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador.

405.5.04 Ensayos y Tolerancias. - Las mezclas asfálticas de Granulometría cerrada (densa) y semicerrada deberán cumplir con los requisitos especificados en la tabla 405.5.4. Las mezclas asfálticas de Granulometría Abierta deben cumplir los mismos requisitos de estabilidad y flujo Marshall establecidos para mezclas anteriores. Adicionalmente a los requisitos ya nombrados será necesario demostrar la resistencia de la mezcla al daño causado por el agua mediante el método ASTM D4867 y el ensayo de tracción indirecta (ASTM D4123, CABEZAL LOTTMAN), debiendo las mezclas mantener una resistencia residual superior al 80 %. En caso de no cumplirse este requisito, se considerará el cambio de agregados o de cemento asfáltico, o el empleo de un aditivo promotor de adherencia. También se podrá evaluar la resistencia al daño por el agua mediante el ensayo ASTM D3625 de peladura por agua hirviendo; el que no deberá mostrar evidencia alguna de peladura en la mezcla.

En las vías con tráfico catalogado como muy pesado, las mezclas asfálticas a emplearse para la capa de rodadura deben de ser sometidas además a un estudio detallado que incluya:

- Determinación de la curva reológica, es decir, la variación del módulo elástico de la mezcla a diferentes temperaturas.
- Evaluación de su comportamiento ante las deformaciones plásticas.
- Evaluación de su comportamiento a la fatiga.

Ya que estos estudios pueden realizarse con diferentes equipos y procedimientos, los mismos estarán especificados en el contrato.

Para el diseño de las mezclas asfálticas abiertas se recomienda determinar previamente un contenido de asfalto referencial por alguna ecuación que relacione el mismo con la superficie específica de los agregados combinados.

En las mezclas asfálticas tipo E y G, si existe material retenido en el tamiz INEN 25.4 mm, tanto la estabilidad como el flujo se deberán evaluar siguiendo el llamado Método Marshall Modificado. El procedimiento es básicamente el mismo que el método estándar excepto por ciertas diferencias debido al tamaño del agregado, las cuales son:

1. El martillo pesa 10.2 Kg. y tiene 149.4 mm de diámetro. Solo se permite utilizar un equipo mecánico para darle los 457 mm de caída, igual que al método estándar.
2. La briqueta tiene 152.4 mm de diámetro y un promedio de 95.2 mm de altura.
3. Se elabora una briqueta a la vez, la mezcla necesaria para la misma pesa alrededor de 4 Kg.
4. Tanto el molde de compactación como el molde de ensayo serán de 152.4 mm de diámetro.
5. La mezcla es colocada en el molde en dos capas, a cada capa se la debe escarificar con la espátula como a una briqueta estándar.
6. El número de golpes requerido para estas briquetas es 1.5 veces que el requerido para las briquetas de tamaño estándar para obtener una compactación equivalente.
7. La estabilidad mínima será de 2.25 veces y el flujo máximo será 1.5 veces el mismo criterio listado en la tabla 405.5.4 para briquetas de tamaño estándar.
8. Similar al procedimiento estándar, la Tabla No. 405.5.3. debe ser usada para convertir la estabilidad medida a un valor equivalente referido a un espécimen de 95.2 mm de altura.

TABLA 405-5.3

Altura Aproximada (mm)	Volumen del Espécimen (cc)	Factor de Ajuste
88.9	1608 a 1626	1.12
90.5	1637 a 1665	1.09
92.1	1666 a 1694	1.06
93.7	1695 a 1723	1.03
95.2	1724 a 1752	1.00
96.8	1753 a 1781	0.97
98.4	1782 a 1810	0.95
100.0	1811 a 1839	0.92
101.6	1840 a 1868	0.90

Se realizará una serie de 3 extracciones de núcleos como mínimo cada 10.000 m² o por cada 1.000 toneladas de mezcla para la carpeta de rodadura con vista a comprobar la densidad en el sitio. Se harán por lo menos 15 determinaciones de densidades por medio de un densímetro nuclear cada 10.000 m² o por cada 1.000 toneladas de carpeta de rodadura. Los puntos específicos donde se realizarán estas evaluaciones deberán determinarse previamente por métodos estadísticos empleando una tabla de números aleatorios.

TABLA 405.5.4

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
Capa de Rodadura	70	----	70	----				
Intermedia o base	60	----	60	----				

Notas:

1. Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayen a 60°C, se consideran satisfactorias si cumplen con los criterios cuando se ensayan a 38°C, y se colocan 100mm por debajo de la superficie.

2. Clasificación del tráfico. Es función de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDP) esperada por el carril de diseño en el momento de poner en funcionamiento la vía, luego de su construcción o de su rehabilitación. Los vehículos pesados no comprenden autos, camionetas ni tractores sin remolque.

TRAFICO	IMDP
Liviano	Menos de 50
Medio	50 a 200
Pesado	200 a 1000
Muy pesado	Más de 1000

TABLA 405-5.5

Tipo de Mezcla	VAM, Mínimo (%)
A	16
B	15
C, D	14
E	13

Nota: Las mezclas abiertas se excluyen de esta comprobación.

405-5.05. Procedimientos de trabajo.

405-5.05.1. Fórmula Maestra de Obra. - Antes de iniciarse ninguna preparación de hormigón asfáltico para utilizarlo en obra, el Contratista deberá presentar al Fiscalizador el diseño de la fórmula maestra de obra, preparada en base al estudio de los materiales que se propone utilizar en el trabajo. El Fiscalizador efectuará las revisiones y comprobaciones pertinentes, a fin de autorizar la producción de la mezcla asfáltica. Toda la mezcla del hormigón asfáltico deberá ser realizada de acuerdo con esta fórmula maestra, dentro de las tolerancias aceptadas en el numeral 405-5.04, salvo que sea necesario modificarla durante el trabajo, debido a variaciones en los materiales.

La fórmula maestra establecerá:

- las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados;
- el porcentaje de material asfáltico para la dosificación, en relación al peso total de todos los agregados, inclusive el relleno mineral y aditivos para el asfalto si se los utilizare;
- la temperatura que deberá tener el hormigón al salir de la mezcladora; y,
- La temperatura que deberá tener la mezcla al colocarla en sitio.

405-5.05.2. Dosificación y Mezclado. – Los agregados para la preparación de las mezclas de hormigón asfáltico deberán almacenarse separadamente en tolvas individuales, antes de entrar a la planta. La separación de las diferentes fracciones de los agregados será sometida por el Contratista a la aprobación del Fiscalizador. Para el almacenaje y el desplazamiento de los agregados de estas tolvas al secador de la planta, deberá emplearse medios que eviten la segregación o degradación de las

diferentes fracciones.

Los agregados se secarán en el horno secador por el tiempo y a la temperatura necesarios para reducir la humedad a un máximo de 1%; al momento de efectuar la mezcla, deberá comprobar que los núcleos de los agregados cumplan este requisito. El calentamiento será uniforme y graduado, para evitar cualquier deterioro de los agregados. Los agregados secos y calientes pasarán a las tolvas de recepción en la planta asfáltica, desde donde serán dosificados en sus distintas fracciones, de acuerdo con la fórmula maestra de obra, para ser introducidos en la mezcladora.

- a. Dosificación: El contratista deberá disponer del número de tolvas que considere necesarias para obtener una granulometría que cumpla con todos los requerimientos según el tipo de mezcla asfáltica especificada para el respectivo proyecto.

De ser necesario podrá utilizar relleno mineral, que lo almacenará en un compartimiento cerrado, desde donde se lo alimentará directamente a la mezcladora, a través de la balanza para el pesaje independiente de los agregados, en el caso de usarse plantas mezcladora por paradas. Si se utiliza una planta de mezcla continua, el relleno mineral será introducido directamente a la mezcladora, a través de una alimentadora continua eléctrica o mecánica, provista de medios para la calibración y regulación de cantidad.

- b. Mezclado: La mezcla de los agregados y el asfalto será efectuada en una planta central de mezcla continua o por paradas. Según el caso, los agregados y el asfalto podrán ser dosificados por volumen o al peso.

La cantidad de agregados y asfalto por mezclar estará dentro de los límites de capacidad establecida por el fabricante de la planta, para la carga de cada parada o la razón de alimentación en las mezcladoras continuas. De todos modos, de existir sitios en donde los materiales no se agiten suficientemente para lograr una mezcla uniforme, deberá reducirse la cantidad de los materiales para cada mezcla.

La temperatura del cemento asfáltico, al momento de la mezcla, estará entre los 135°C y 160°C, y la temperatura de los agregados, al momento de recibir el asfalto, deberá estar entre 120°C y 160°C. En ningún caso se introducirá en la mezcladora el árido a una temperatura mayor en más de 10°C que la temperatura del asfalto.

El tiempo de mezclado de una carga se medirá desde que el cajón de pesaje comience a descargar los agregados en la mezcladora, hasta que se descargue la mezcla. Este tiempo debe ser suficiente para que todos los agregados estén recubiertos del material bituminoso y se logre una mezcla uniforme; generalmente se emplea un tiempo de un minuto aproximadamente.

En caso de que la planta esté provista de dispositivos de dosificación y control automáticos, el contratista podrá utilizarlos ajustándolos a la fórmula maestra y calibrando los tiempos de ciclo.

Si se utilizan plantas de mezcla continua, se introducirá a la mezcladora cada fracción de agregados y el relleno mineral si es necesario, por medio de una alimentadora continua, mecánica o eléctrica, que los traslade de cada tolva individual con abertura debidamente calibrada. El asfalto se introducirá a la mezcladora por medio de una

bomba, que estará provista de un dispositivo de calibración y de control de flujo.

La temperatura a la que se debe mezclar los agregados y el cemento asfáltico será proporcionada por el gráfico temperatura-viscosidad según el cemento asfáltico recibido en la planta. Para mezclas cerradas y semicerradas la temperatura de mezclado más adecuada es aquella en que la viscosidad del ligante está comprendida entre 1,5 y 3,0 Poises, mientras que para mezclas abiertas la viscosidad debe estar entre 3,0 y 10,0 Poises. Se tenderá a que la temperatura del cemento asfáltico y los agregados sea la misma.

405-5.05.3. Distribución. - La distribución del hormigón asfáltico deberá efectuarse sobre una base preparada, de acuerdo con los requerimientos contractuales, imprimada, limpia y seca, o sobre un pavimento existente.

Esta distribución no se iniciará si no se dispone en la obra de todos los medios suficientes de transporte, distribución, compactación, etc., para lograr un trabajo eficiente y sin demoras que afecten a la obra.

Además, el Fiscalizador rechazará todas las mezclas heterogéneas, sobrecalentadas o carbonizadas, todas las que tengan espuma o presenten indicios de humedad y todas aquellas en que la envoltura de los agregados con el asfalto no sea perfecta.

Una vez transportada la mezcla asfáltica al sitio, será vertida por los camiones en la máquina terminadora, la cual esparcirá el hormigón asfáltico sobre la superficie seca y preparada. Para evitar el desperdicio de la mezcla debido a lluvias repentinas, el contratista deberá disponer de un equipo de comunicación confiable, entre la planta de preparación de la mezcla y el sitio de distribución en la vía.

La colocación de la carpeta deberá realizarse siempre bajo una buena iluminación natural o artificial. La distribución que se efectúe con las terminadoras deberá guardar los requisitos de continuidad, uniformidad, ancho, espesor, textura, pendientes, etc., especificados en el contrato.

El Fiscalizador determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado. De todos modos, el máximo espesor de una capa será aquel que consiga un espesor compactado de 7.5 centímetros. El momento de la distribución se deberá medir los espesores a intervalos, a fin de efectuar de inmediato los ajustes necesarios para mantener el espesor requerido en toda la capa.

Las juntas longitudinales de la capa superior de una carpeta deberán ubicarse en la unión de dos carriles de tránsito; en las capas inferiores deberán ubicarse a unos 15 cm. de la unión de los carriles en forma alternada, a fin de formar un traslapo. Para formar las juntas transversales de construcción, se deberá recortar verticalmente todo el ancho y espesor de la capa que vaya a continuarse.

En secciones irregulares pequeñas, en donde no sea posible utilizar la terminadora, podrá completarse la distribución manualmente, respetando los mismos requisitos anotados arriba.

405.5.05.4 Compactación. - La mejor temperatura para empezar a compactar la mezcla recién extendida, dentro del margen posible que va de 163°C a 85°C, es la máxima temperatura a la cual la mezcla puede resistir el rodillo sin desplazarse horizontalmente.

Con la compactación inicial deberá alcanzarse casi la totalidad de la densidad en obra y la misma se realizará con rodillos lisos de ruedas de acero vibratorios, continuándose con compactadores de neumáticos con presión elevada. Con la compactación intermedia se sigue densificando la mezcla antes que la misma se enfríe por debajo de 85°C y se va sellando la superficie.

Al utilizar compactadores vibratorios se tendrá en cuenta el ajuste de la frecuencia y la velocidad del rodillo, para que al menos se produzcan 30 impactos de vibración por cada metro de recorrido. Para ello se recomienda usar la frecuencia nominal máxima y ajustar la velocidad de compactación. Con respecto a la amplitud de la vibración, se deberá utilizar la recomendación del fabricante para el equipo en cuestión.

En la compactación de capas delgadas no se debe usar vibración y la velocidad de la compactadora no deberá superar los 5 km/hora. Además, ante mezclas asfálticas con bajas estabilidades el empleo de compactadores neumáticos deberá hacerse con presiones de neumáticos reducidas.

Con la compactación final se deberá mejorar estéticamente la superficie, eliminando las posibles marcas dejadas en la compactación intermedia. Deberá realizarse cuando la mezcla esté aún caliente empleando rodillos lisos metálicos estáticos o vibratorios (sin emplear vibración en este caso).

En capas de gran espesor o ante materiales muy calientes se recomienda dar las dos primeras pasadas sin vibración para evitar marcas difíciles de eliminar posteriormente. Ante esta situación, si se utilizaran rodillos neumáticos, se aconseja comenzar a compactar con presiones bajas en los neumáticos aumentando paulatinamente la misma según el comportamiento de la capa.

Se deben realizar tramos de prueba para establecer el patrón de compactación para minimizar el número de pasadas en la zona apropiada de temperatura y obtener la densidad deseada. El patrón de compactación podrá variar de proyecto en proyecto, según las condiciones climáticas, los equipos utilizados, el tipo de mezcla, el patrón de recorrido, etc. La secuencia de las operaciones de compactación y la selección de los tipos de compactadores tiene que proveer la densidad de pavimentación especificada. El Fiscalizador deberá aprobar el patrón de compactación propuesto por el Contratista para la obra en cuestión.

A menos que se indique lo contrario, la compactación tiene que comenzar en los costados y proceder longitudinalmente paralelo a la línea central del camino, recubriendo cada recorrido la mitad del ancho de la compactadora, progresando gradualmente hacia el coronamiento del camino. Cuando la compactación se realice en forma escalonada o cuando límite con una vía colocada anteriormente, la junta longitudinal tiene que ser primeramente compactada, siguiendo con el procedimiento normal de compactación. En curvas peraltadas, la compactación tiene que comenzar en el lado inferior y progresar hacia el lado superior, superponiendo recorridos longitudinales paralelos a la línea central.

Para impedir que la mezcla se adhiera a las compactadoras, puede que sea necesario mantener las ruedas adecuadamente humedecidas con agua, o agua mezclada con cantidades muy pequeñas de detergente u otro material aprobado. No se admitirá el exceso de líquido ni el empleo de fuel oil para este fin.

En los lugares inaccesibles a los rodillos se deberá efectuar la compactación de la mezcla con pisones mecánicos, hasta obtener la densidad y acabado especificados.

La capa de hormigón asfáltico compactada deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con los alineamientos, espesores, cotas y perfiles estipulados en el contrato. Mientras esté en proceso la compactación, no se permitirá ninguna circulación vehicular.

Cuando deba completarse y conformarse los espaldones adyacentes a la carpeta, deberán recortarse los bordes a la línea establecida en los planos.

El contratista deberá observar cuidadosamente la densidad durante el proceso de compactación mediante la utilización de instrumentos nucleares de la medición de la densidad para asegurar que se está obteniendo la compactación mínima requerida.

405-5.05.5. Sellado. – Si los documentos contractuales estipulan la colocación de una capa de sello sobre la carpeta terminada, ésta se colocará de acuerdo con los requerimientos correspondientes determinados en la subsección 405-6 y cuando el Fiscalizador lo autorice, que en ningún caso será antes de una semana de que la carpeta haya sido abierta al tránsito público.

405-5.06. Medición. - Las cantidades a pagarse por la construcción de las carpetas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta, serán los metros cuadrados de superficie cubierta con un espesor compactado especificado. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador.

En casos especiales la medición para el pago podrá también ser efectuada en toneladas de mezcla efectivamente usada para la construcción de la carpeta, de acuerdo con los planos, especificaciones y más estipulaciones contractuales. En este caso, se computarán para el pago las toneladas pesadas y transportadas en los volquetes.

En todo caso, la forma de pago estará determinada en el contrato, sea en toneladas de hormigón suelto o en metros cuadrados de carpeta compactada al espesor requerido.

405-5.07. Pago. -Las cantidades determinadas en cualquiera de las formas establecidas en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro de los agregados y el asfalto, la preparación en planta en caliente del hormigón asfáltico, el transporte, la distribución, terminado y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de Medición
---	---------------------------

405-5 E. Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de 12.50 cm de espesor.....	Metro cuadrado (m2)
--	---------------------

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
406-8.1 (Ec)	Micro-fresado de pavimento rígido	m2

406-8.1 (Ec). Micro-fresado de pavimento rígido

406-8.1.01. Descripción. - Este trabajo consiste en la obtención de nuevos perfiles longitudinales y transversales de un pavimento rígido, mediante su microfresado en frío, de acuerdo con los alineamientos y dimensiones indicados en los documentos del proyecto y las instrucciones del fiscalizador.

La operación referida al microfresado de un pavimento rígido, se aplica cuando existe suficiencia estructural, y tiene como objetivo principal el reducir las irregularidades considerablemente, lo que mejora la serviciabilidad y a la vez prolonga la vida útil del servicio.

Este procedimiento elimina sustancialmente las irregularidades creadas por el efecto del escalonamiento de juntas y por deformaciones originadas por los cambios de temperatura y/o durante la construcción u operación de la estructura, así como también aumenta la fricción entre neumáticos y pavimento, tratando el hidrodeshlizamiento.

406-8.1.02. Materiales. - Este requisito no es aplicable en la presente especificación.

406-8.1.03. Equipo. - El equipo mínimo indicado y señalado que deberá disponer el Contratista para la preparación, ejecución y acabado del microfresado de pavimento rígido es:

Una máquina fresadora cuyo estado, tambor, potencia, controles de nivelación y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo.

Una o varias volquetas.

Un equipo de limpieza.

El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina fresadora autopropulsada y la adición de un tambor especial para microfresado con puntas de tungsteno o similar, que tenga una distancia entre picas menor a 8mm, y cuyo estado, potencia, y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo, para suavizar y dar una textura adecuada a la superficie. La profundidad de microfresado debe ser de entre 0 y 30 mm; y la configuración de las picas en el tambor debe ser 3 o 4 vueltas.

El equipo debe ser revisado periódicamente para asegurarse que está trabajando adecuadamente; en especial, se deberá comprobar el estado de las picas y la necesidad de mantenimiento o reemplazo por desgaste, verificando su estado, potencia y capacidad productiva, garantizando el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el Fiscalizador observa deficiencias o mal funcionamiento de la máquina, ordenará su inmediata reparación o reemplazo.

406-8.1.04. Procedimiento de trabajo. - Preparación de la superficie existente.

Inmediatamente antes de las operaciones de microfresado, la superficie de pavimento

deberá encontrarse limpia y, por lo tanto, el Constructor deberá adelantar las operaciones de barrido y/o soplado que se requieran para lograr tal condición.

El microfresado solo se realiza una vez terminados todos los trabajos de reparación de juntas, cambios de losas, reparación de baches, reparación de grietas y otros, salvo el resellado de juntas y grietas que se debe hacer con posterioridad. Para obtener un mejor resultado, el equipo debe trabajar avanzando en sentido contrario al del tránsito.

Micro fresado del pavimento rígido

El microfresado se efectuará sobre el área que apruebe el fiscalizador, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del hormigón existente.

La operación se ejecutará de manera que produzca o mantenga siempre una pendiente transversal hacia el exterior de las vías en tratamiento. Las vías de aceleración, deceleración u otras adyacentes a la que se está microfresando deberán mantenerse, como mínimo, en toda la longitud necesaria para asegurar el drenaje de la vía.

El microfresado debe ejecutarse de manera que las superficies adyacentes a una junta o grieta queden en el mismo plano. El objetivo del trabajo es eliminar todos los escalonamientos existentes en juntas y grietas, mejorar la textura superficial y disminuir substancialmente la rugosidad del pavimento.

Se deberán proveer los medios adecuados para remover los residuos que produce el microfresado, los que deberán retirarse antes que eventualmente lo haga el tránsito o el viento, o que escurran hacia pistas en servicio o hacia el drenaje del camino. Dicho tratamiento puede involucrar maquinaria evector-aspiradora o maquinaria hidro propulsora.

El tratamiento tendrá como resultado una superficie que deberá quedar perfectamente lisa y de apariencia uniforme, con una textura formada por ranuras longitudinales paralelas al borde del pavimento. El número de ranuras por metro para producir el efecto requerido dependerá de las características del agregado del concreto y deberá establecerse mediante pruebas. No se usarán ranurados cuyo espaciamiento impida cumplir con los requisitos exigidos. Cuando, por cualquier causa sea necesario repasar el fresado, se deberá tratar cada vía en todo su ancho.

El material extraído deberá ser transportado y acopiado en los lugares que indiquen los documentos del proyecto o que establezca el Fiscalizador y será de propiedad del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

Durante la manipulación del material microfresado, deberá evitarse su contaminación con suelos u otros materiales extraños.

En proximidades de bocas de pozos y en otros sitios inaccesibles al equipo de microfresado, el pavimento deberá removerse empleando otros métodos que den lugar a una superficie apropiada.

El trabajo de microfresado se podrá realizar en varias capas, hasta alcanzar el espesor del proyecto, debiendo quedar una superficie nivelada y sin fracturas.

En la eventualidad de que al término de una jornada de trabajo no se complete el microfresado en todo el ancho de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, cuya altura supere cinco centímetros (5 cm), deberán ser suavizados de manera que no impliquen peligro para el tránsito automotor. Igual precaución se tomará en los bordes transversales que queden al final de cada jornada.

Cualquiera que sea el método utilizado por el Constructor, los trabajos de microfresado no deberán producir daños a objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca de la zona de acción de sus equipos y, por lo tanto, deberá tomar las precauciones que corresponda, siendo de su responsabilidad todos los daños y perjuicios que en dichos elementos se ocasionen durante el desarrollo de los trabajos. Al efecto, el Fiscalizador estará facultado para exigir la modificación o incremento de todas las medidas de seguridad que se hayan adoptado inicialmente.

Disposiciones adicionales. Los procedimientos que se utilicen para realizar los trabajos especificados no deberán afectar, en forma alguna, otras áreas del pavimento y demás elementos del camino no incluidos en el trabajo; cualquier daño deberá ser reparado como parte de esta operación.

Los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a botaderos autorizados, dejando el área de los trabajos completamente limpia.

406-8.1.05. Condiciones para recepción de trabajos. - Durante la ejecución de los trabajos, el Fiscalizador verificará el funcionamiento del equipo empleado y levantará los perfiles que considere necesarios.

El criterio de aceptación para el microfresado será el índice de rugosidad internacional (IRI), que deberá reducirse en el % (porcentaje establecido en el contrato) respecto al estado de la superficie anterior a la ejecución de los trabajos. Para establecer este valor, se realizará una medición de IRI con anterioridad a los trabajos y otra tras la finalización de éstos y con anterioridad a su recepción.

El Fiscalizador se abstendrá de aceptar en el acopio todo material que resulte contaminado, como consecuencia de una manipulación incorrecta por parte del Constructor.

406-8.1.06. Medición. - La unidad de medida del pavimento rígido microfresado será el metro cuadrado (m²), aproximado al entero, de superficie microfresada de acuerdo con las exigencias de esta especificación y las dimensiones y cotas señaladas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Fiscalizador.

El área tratada se determinará multiplicando la longitud microfresada por el ancho tratado, el cual estará establecido en los planos del proyecto o será fijado por el Fiscalizador.

No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

406-8.1.07. Pago. - El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con esta especificación y a satisfacción plena del Fiscalizador.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de limpieza previa que requiera la superficie, el microfresado para alcanzar las cotas o espesores que indique el proyecto; cargue, descargue y acopio del material microfresado en los sitios establecidos; la reparación a satisfacción de todos los elementos que hayan sido afectados por la ejecución de los trabajos; la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito público durante el lapso de ejecución de los trabajos y en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del microfresado del pavimento.

Como se ha indicado, se deberá controlar los índices de rugosidad antes de la aplicación del microfresado y luego del mismo.

El transporte de microfresado se pagará con el rubro correspondiente según la Sección 309.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de medida
406-8.1 (Ec). Micro-fresado de pavimento rígido.....	Metro Cuadrado (m2)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD
309-6(2)Ec2	Transporte de material de microfresado	m3-km

309-6(2)Ec2. Transporte de material de microfresado

SECCIÓN 309. TRANSPORTE

309-1.01 Descripción. - Este trabajo consistirá en el transporte autorizado de los materiales necesarios para la construcción de la plataforma del camino, préstamo importado, mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado, agregados para mezcla asfáltica, capa de rodadura, construcción de subbase de agregados, base de agregados, agregados para doble tratamiento bituminoso, gaviones, material filtrante, escollera de piedra suelta, micropavimentos, material de fresado y material de microfresado para los cuales está previsto el pago de transporte en los formularios de propuestas.

El material excavado de la plataforma del camino será transportado sin derecho a pago alguno en una distancia de 500m.; pasados los cuales se reconocerá el transporte correspondiente.

309-1.02. Medición. - Las cantidades de transporte a pagarse serán los metros cúbicos-kilómetro o fracción de km. medidos y aceptados, calculados como el resultado de multiplicar los m³ de material efectivamente transportados por la distancia en km. de transporte de dicho volumen.

Los volúmenes para el cálculo de transporte de materiales de préstamo importado, el mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado, la estabilización con material pétreo, serán los mismos volúmenes establecidos para su pago de conformidad con su rubro correspondiente, m³-km. o fracción de km, luego de su compactación.

El volumen para el transporte de capa de rodadura, subbase y de base se medirá en la calzada, luego de su compactación. La distancia de transporte medida en km. será la distancia que exista desde el centro de gravedad del sitio de obtención (fuentes de materiales) hasta el centro de gravedad del lugar de colocación de los materiales, pasando por la planta de procesamiento, siguiendo la medida a lo largo del eje del camino o por la ruta más corta que señale el Fiscalizador como factible y satisfactoria.

El volumen para el cálculo de transporte de agregados para micropavimento, material de fresado y microfresado serán los mismos volúmenes establecidos para su pago de conformidad con su rubro correspondiente, m³-km. o fracción de km.

El volumen para el cálculo de transporte de material filtrante, será el volumen establecido para su pago de conformidad con su rubro correspondiente, m³-km. o fracción de km.

Si el contratista prefiere utilizar materiales provenientes de una fuente localizada a mayor distancia que aquellas que fueron fijadas en los planos, disposiciones especiales o por el Fiscalizador, la distancia de transporte se medirá como si el material hubiera sido transportado desde el sitio fijado en los planos, disposiciones especiales o por el Fiscalizador.

En caso de que, para cumplir con las especificaciones respectivas, fuera necesario obtener materiales de dos o más fuentes diferentes, los volúmenes para el cálculo de transporte se determinarán multiplicando el volumen de la subbase o del base medido en la calzada después de la compactación, por el porcentaje de cada material empleado en la obra, determinado por el laboratorio de la Fiscalización. La suma de los productos de estos volúmenes parciales por sus respectivas distancias de transporte, constituirán los m³-km. a pagarse por concepto de transporte.

309-1.03. Pago. - Las cantidades establecidas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios contractuales para cada uno de los rubros abajo designados y que consten en el contrato.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el transporte de los materiales, incluyendo la mano de obra, equipo, herramientas, y operaciones conexas necesarias para ejecutar los trabajos descritos en esta subsección.

N° del Rubro de Pago y Designación	Unidad de medida
309-6(2)Ec2. Transporte de material de microfresado.....	m3-km