

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**USO DE EMULSIONES EN LABORES DE
IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL

Eddy Juan Pereyra Rojas

LIMA – PERÚ

2005

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a mis Padres, Hermanos, Maestros y Alma Mater, a quienes debo el haber llegado a cumplir mis sueños y metas de siempre.

DEDICATORIA:

Va dedicado a todas aquellas personas que gracias a su apoyo constante y aliento firme influyeron en mí para lograr mis sueños y metas. Que el objetivo logrado en esta ocasión sea el inicio de metas más ambiciosos y sueños más humanistas.

INDICE

Introducción.....	4
1 Capítulo I Generalidades	
Generalidades	6
2 Capítulo II Marco Teórico	
2.1.0 Las Emulsiones.....	9
2.1.1 Dispersiones	9
2.1.2 Definición De Emulsión	9.
2.1.3 Tipo De Emulsión	10
2.1.4 Importancia Del Tamaño De Partícula En Las Emulsiones ..	11
2.1.5 Los Emulsificantes	12
2.1.6 Tipos De Emulsificantes	13
2.1.7 Estabilidad De Las Emulsiones	14
2.2.0 Las Emulsiones Asfálticas	16
2.2.1 Definición	16
2.2.2 Reseña Histórica	17
2.2.3 Rompimiento de Las Emulsiones	19
2.2.4 Tipo Y Nomenclatura De Las Emulsiones	21
2.2.5 Variables Que Afectan La Calidad De La Emulsión	27
2.2.6 Clasificación Del Material Pétreo	28
2.2.7 Disponibilidad En El Mercado	30
3 Capítulo III Aplicación	
3.1.0 Aplicación	33
3.1.1 Imprimación Asfáltica O Prime Coat	33
3.1.2 Materiales Utilizados	34
3.1.3 Normas Técnicas En Países De La Región	34
3.1.4 Procedimiento Y Equipo Para La Ejecución De Las Labores De Imprimación Asfáltica Con El Material	35
3.1.5 Problemas Observados En La Obra Con Los Métodos Tradicionales	36
3.1.6 Planteamiento De La Nueva Propuesta	37

3.1.7	Comparación De Costos Con Los Métodos Tradicionales Y La Nueva Propuesta	38
3.1.8	Efectos Medioambientales Con Los Métodos Tradicionales Y La Nueva Propuesta	40
3.1.9	Algunas Experiencias En Países De La Región	42
3.1.9.1	Caso Chile	42
3.1.9.2	Caso México	44
	Conclusiones	45
	Bibliografía	47
	Anexos	49

RESUMEN

Durante el proceso de asfaltado de una vía es poca la importancia que se le presta a la tarea de imprimación asfáltica. Vista esta deficiencia los profesionales e instituciones preocupados en el tema vienen difundiendo el uso de la Emulsión Asfáltica en lugar del tradicional RC-250.

El reglamento vigente el EG-2000 en su Capítulo IV especifica el material a usarse para la labor de imprimación asfáltica, pero aun las instituciones del estado y proyectistas no asumen el cambio y mantienen los procesos tradicionales.

Existen básicamente tres tipos de Emulsiones: las catiónicas, aniónicas y las no iónicas. Siendo las más empleadas las catiónicas. Las emulsiones también existen en diferentes grados de rotura las cuales pueden ser de rotura rápida, media o lenta, el empleo de cada una de ellas depende el uso y el material sobre el cual se van a verter. Adicionalmente a ello los investigadores están desarrollando emulsiones modificadas con polímeros para usos específicos, tal es el caso del producto Mobil E-Prime desarrollado por Empresas chilenas y Australianas.

Bitumenes del Perú el único fabricante de Emulsiones en el país, en mercado ofrece emulsiones del tipo catiónica en grados de rotura rápida, media, lenta y súper estables, además de las modificadas con polímeros en los mismos grados de rotura.

El balance económico que se realiza comparando el material tradicional y las emulsiones es clara un bajo costo y mayor rendimiento por día. Además de ello el balance ecológico es mucho más contundente.

Desde todo punto de vista el uso de las emulsiones debe ser generalizada, la reglamentación vigente es clara en ese punto, los resultados económicos y ecológicos son contundentes, solo queda aceptar el cambio.

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El presente informe de suficiencia nace como una inquietud despertada al observar todos los problemas hallados en campo en las diversas obras de pavimentación desde el momento que ingrese al mercado laboral como bachiller hasta la preparación del presente informe.

En el Capítulo 1 pretendo describir la situación actual del mercado respecto de las labores de imprimación asfáltica, que si bien es cierto, no es un tema que preocupe mucho a los profesionales del área, puesto que la bibliografía es escasa, personalmente pienso que es muy importante tener en cuenta este aspecto, por razones económicas y medio ambiental

En el Capítulo 2 me ocupo de todo el marco teórico, es decir, trato de describir todos aquellos conceptos que definen a la Emulsión Asfáltica, partiendo desde su definición como dispersión, también se trata sobre los emulsificantes y estabilidad de las emulsiones. En este capítulo hago una breve reseña histórica para hacer notar que aun cuando el tema es incipiente en nuestro país, en Europa y Norte América ya se usan desde principios del siglo XX.

En el Capítulo 3 pretendo enfocar el uso de las emulsiones asfálticas en nuestro país, que como es conocido su aplicación apenas empieza a encontrar un mercado en micro pavimentos mas no en imprimación asfáltica, además se hace notar lo que indica la reglamentación nacional vigente.

Las conclusiones de este informe pretenden enfocar las ideas principales y además de ello enumerar las conclusiones a la que llegaría cualquier persona interesada en el tema capaz de asimilar cambios en métodos tradicionales de trabajos.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

GENERALIDADES

En los últimos años, muchos esfuerzos científicos y tecnológicos se han dedicado al desarrollo de materiales asfálticos para la construcción de carreteras, ya que las especificaciones de estas son cada día más estrictas. La tecnología en materia asfáltica se ha enfocado al desarrollo de carpetas asfálticas con mayor duración, con menor huella al paso de los vehículos, mayor repelencia al agua, mayor resistencia a la radiación ultravioleta, mayor resistencia a la lluvia, mayor agarre con la llanta, mayor adhesión entre el asfalto y el material pétreo, etc.

El desarrollo tecnológico en emulsiones se da cuando los gobiernos toman conciencia de la importancia de las carreteras de tipo vecinal como arma de desarrollo y mejor calidad de vida de los habitantes en general. Puesto que este tipo de carreteras no justifica el uso de carpetas asfálticas, si justifica el uso de estabilizadores y allí es donde las emulsiones toman un papel importante.

Actualmente el desarrollo de las emulsiones asfálticas esta orientado a los micro pavimentos, pese a ello su aplicación en labores de imprimación asfáltica es importante y en nuestro país es casi obligatoria pues su uso ya es expreso según la Norma Técnica EG-2000 aprobada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en diciembre del 2,000.

CAPITULO 2
MARCO TEORICO

2.1.0 LAS EMULSIONES

2.1.1 DISPERSIONES

Existen varios tipos de dispersiones de partículas de diferentes tamaños en diferentes tipos de medios; entre estas dispersiones se encuentran las emulsiones, las cuales son dispersiones de un líquido en otro. En la siguiente tabla se muestran los diferentes tipos de dispersiones que existen:

Tabla 1

FASE CONTINUA	FASE DISCRETA	SISTEMA
Gas	Líquido	Aerosoles, Niebla, Rocío
Gas	Sólido	Smoke, Aerosol
Líquido	Gas	Espuma
Líquido	Líquido	Emulsión, Solución Coloidal
Líquido	Sólido	Solución, Solución Coloidal, Gel, Suspensión
Sólido	Gas	Espumas Sólidas(Piedra Pómez), Zeolitas
Sólido	Líquido	Gel
Sólido	Sólido	Aleación

2.1.2 DEFINICION DE EMULSION

Las emulsiones son sistemas formados por dos fases parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua (o dispersante) y la otra la fase discreta (o dispersa). Podemos entonces definir a una emulsión como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente.

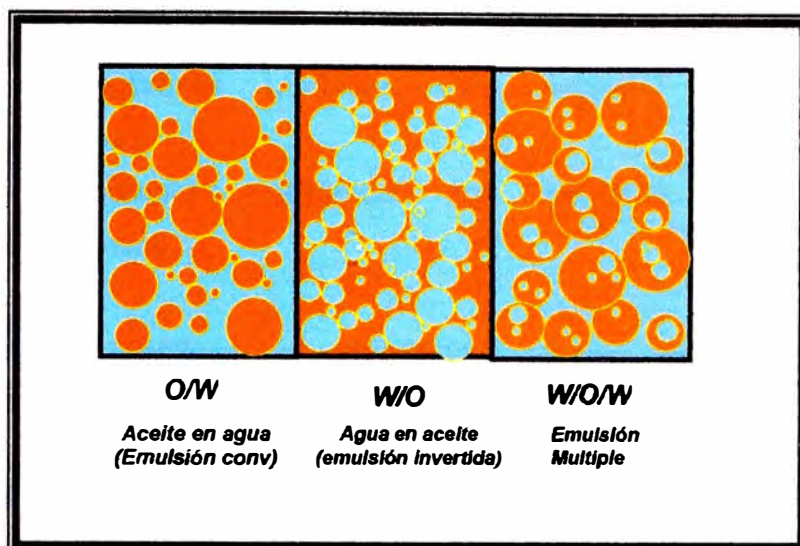


Fig. 1 Esquema de una emulsión

Generalmente el tamaño de la fase discreta está comprendida entre 1 y 10 micrones. Son estos tamaños tan pequeños los que le dan a las emulsiones sus importantes e interesantes propiedades.

Las áreas de aplicación de las emulsiones son:

En Física: Nucleación, metalurgia, aleaciones, cerámicas, cementos, polímeros, filtros, aerosoles, espumas, electroforesis, tratamiento de aguas, purificación de agua, recuperación de petróleo, etc.

En Química: Fenómenos de absorción, intercambio iónico, cromatografía GPC, nefelometría, ósmosis, catálisis, detergentes y jabones, pinturas, adhesivos, tintas, emulsificantes, colorantes, papel, lubricantes, recubrimientos, pigmentos, espesantes, etc.

En Biología: Micro-encapsulación, virus, proteínas, ácidos nucleicos, hematología, alimentos, cosméticos, saborizantes, etc.

2.1.3 TIPOS DE EMULSIONES

Podemos mencionar que existen dos tipos de emulsiones y son:

- **Liofílicas:** si las partículas tienen afinidad con el medio
- **Liofóbicas:** si las partículas no tienen afinidad con el medio.

Si el medio es agua, entonces:

- Las emulsiones **Liofilicas** son conocidas como **Emulsiones Hidrofilicas**.
- Las emulsiones **Liofólicas** son conocidas como **Emulsiones Hidrofólicas**.

Las emulsiones **Liofilicas** son verdaderas soluciones (desde el punto de vista termodinámico), por lo que no es fácil hablar de la superficie de la emulsión. Por el contrario, para emulsiones **Liofólicas**, debido a la diferencia de fases entre las partículas en la emulsión y el medio donde se encuentran dispersas, no existe ningún problema para definir la superficie de la emulsión. Por lo tanto, el concepto de superficie sólo es aplicable a sistemas multi fásicos.

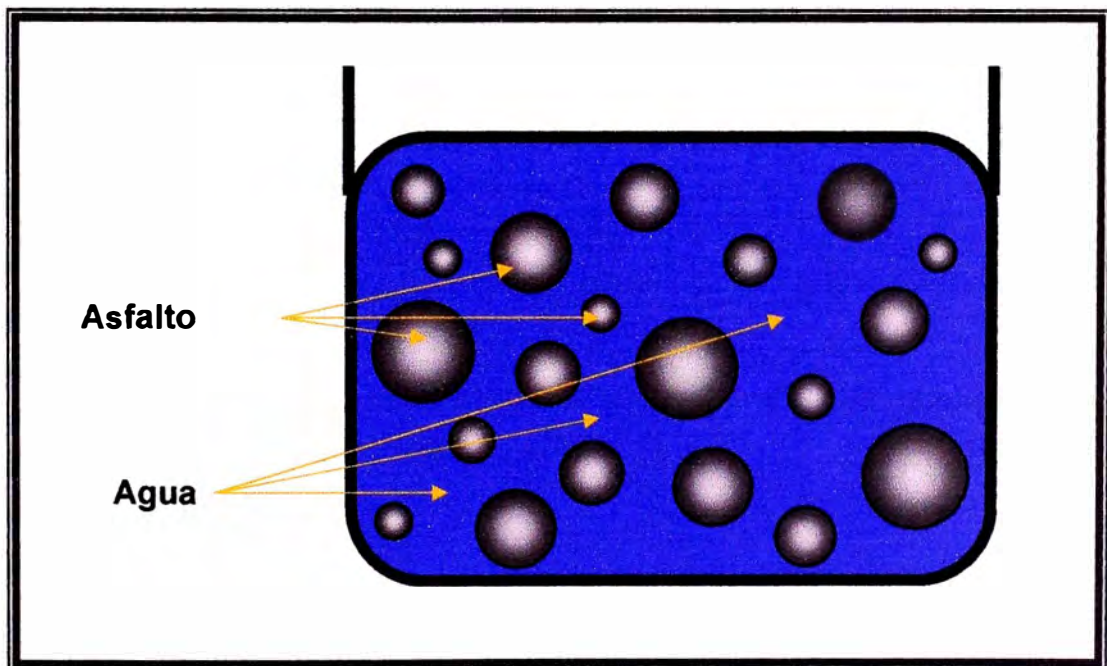


Fig. 2 Representación Esquemática de una Emulsión

2.1.4 IMPORTANCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA EN LAS EMULSIONES

La importancia de las emulsiones no se basa en su composición química, origen o estado físico, sino mas bien el tamaño de sus partículas

Cuando subdividimos un trozo de material, el área total de las partes es mayor que el área original. Esto es debido a que, como el volumen está en función de R^3 , al dividir el radio, por ejemplo a la mitad, el volumen se reduce por un factor de 8 y como la masa es proporcional al volumen, el número de esferas se incrementa por un factor también de 8. Por otro lado, como el área está en función de R^2 , al dividir el radio a la mitad, el área de cada esfera pequeña se reduce por un factor de 4, pero como el número de partículas se incrementa por un factor de 8, entonces hay un aumento neto del área total por un factor de 2.

Después de efectuar n subdivisiones, el radio inicial R_0 se reduce a $(1/2)^n R_0$, mientras que el número de esferas se incrementa a $8^n N_0$, el volumen de cada partícula pequeña es $(1/8)^n V_0$, el área de cada partícula pequeña es $(1/4)^n A_0$ y por lo tanto al área total sufre un incremento neto a $2^n A_{total}$. El área específica de una partícula se define como el cociente entre el área superficial de la partícula y su masa.

$$A_{sp} = \frac{A_{total}}{m_{total}} = \frac{n4\pi R^2}{\rho n \pi R^3 4/3} = \frac{3}{\rho R}$$

Siendo ρ la densidad de la partícula; por lo tanto, el área juega un papel cuya importancia aumenta conforme disminuye R .

2.1.5 LOS EMULSIFICANTES

Los emulsificantes son compuestos orgánicos de peso molecular relativamente elevado; tienen una parte hidrofóbica (generalmente es una cadena hidrocarbonada ya sea lineal o cíclica) que es soluble en el medio orgánico (en nuestro caso en el asfalto) y una parte hidrofílica (generalmente es un grupo polar de tipo orgánico o inorgánico), soluble en el medio acuoso.

Los emulsificantes están compuestos generalmente por un radical alquino R el cual es hidrofóbico y un componente hidrofílico, que se encuentran saponificados y con el contacto con el agua se disocian, quedando con cargas negativas o positivas según el tipo de emulsificante.

2.1.6 TIPOS DE EMULSIFICANTES

El tipo de emulsificante define el tipo de emulsión: los emulsificantes aniónicos, tienen grupos ácidos en su parte hidrofílica, con carga eléctrica negativa; éstos tienen como fórmula general: R-COONa.

Cuando este tipo de emulsificantes se encuentra en un medio acuoso se disocia resultando:



y el grupo carboxilato COO^- se va a la parte hidrofílica, mientras que el radical alquino R se queda en la parte hidrofóbica.

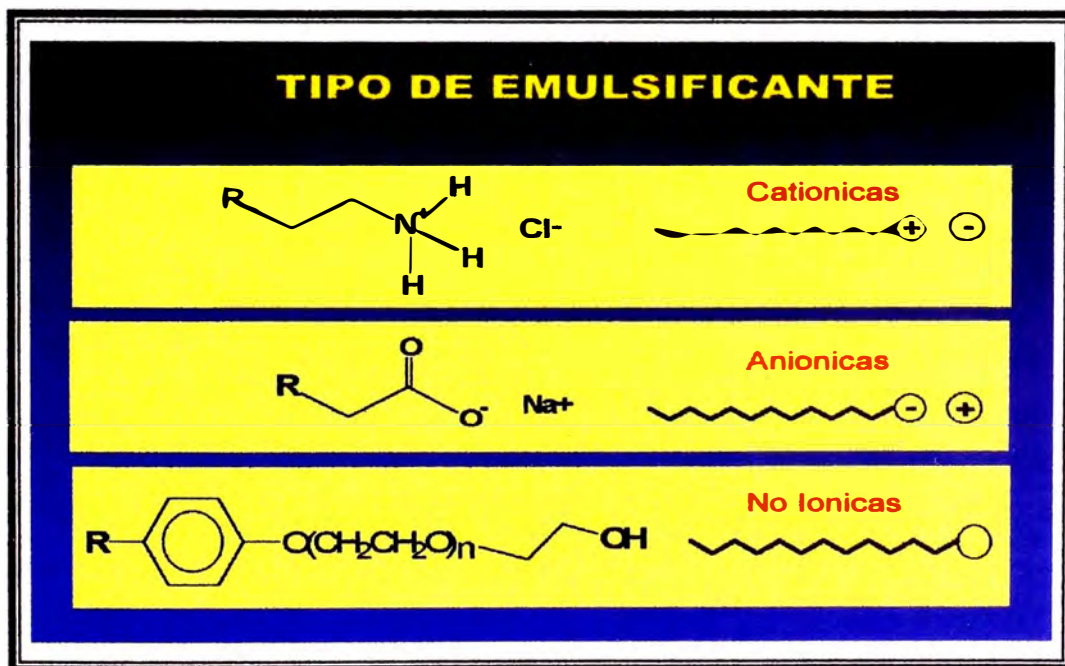


Fig. 3 Esquema de la acción del Emulgente

Los emulsificantes catiónicos son generalmente grupos aminos con carga eléctrica positiva y con fórmula general R-NH₃Cl. Cuando este tipo de emulsificantes actúa en un medio acuoso se disocia resultando:



Y el grupo amino NH_3^+ , se va a la parte hidrofílica, mientras que el radical alquino R se queda en la parte hidrofóbica.

Los emulsificantes son los que, producida la emulsión, se sitúan en su mayor parte en la “interfase”. Su parte hidrofóbica se dirige hacia el asfalto y su parte polar hacia el agua. Con estos emulsificantes iónicos las partículas adquieren cargas eléctricas del mismo signo, repeliéndose entre ellos y estabilizando al sistema.

2.1.7 ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES

Las emulsiones liofílicas, como forman una verdadera solución, son estables indefinidamente. Mientras que las emulsiones liofóbicas, como no son afines al solvente, tratan de separarse en dos fases con el fin de reducir la energía libre superficial de Gibbs, volviéndose inestables. Para una emulsión, mientras mayor área superficial tenga la dispersión (mientras más pequeñas sean las partículas), mayor será la energía libre superficial de Gibbs. Por lo tanto, las emulsiones liofílicas son termodinámicamente estables, mientras que las emulsiones liofóbicas son termodinámicamente inestables.

Debido a que existen diferentes tipos de estabilidad, aquí nos concentraremos en la estabilidad respecto a la separación de fases. Esta inestabilidad significa que las partículas se comienzan a unir formando partículas más grandes. Podemos definir un sistema estable como aquel en que las pequeñas partículas en la emulsión están uniformemente distribuidas en el medio continuo y así permanecen conforme transcurre el tiempo.

Existen 2 procesos diferentes mediante los cuales las partículas de la fase dispersa en la emulsión se unen y son: la Floculación o Coagulación y la Coalescencia.

Floculación o Coagulación: Proceso mediante el cual 2 partículas se unen para formar partículas más grandes. En este proceso no se pierde la

identidad de las partículas originales. En este caso no hay reducción en el área superficial total, sólo se imposibilitan algunos sitios activos.

Coalescencia: Proceso mediante el cual 2 o más partículas se funden para formar una partícula más grande. En este caso, el área superficial total es reducida. En este proceso si se pierde la identidad de las partículas originales.

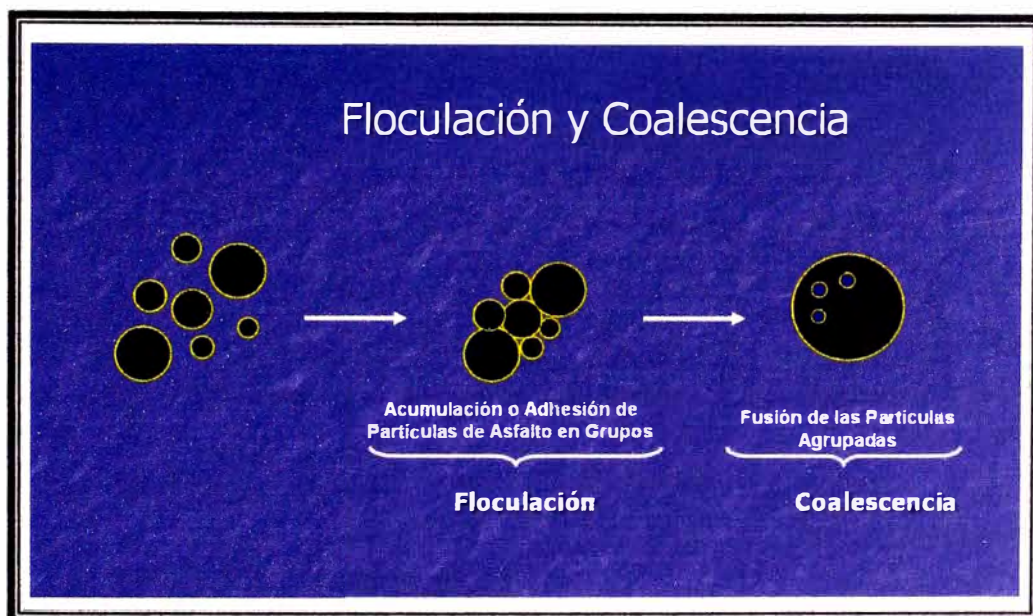


Fig. 4 Representación Gráfica de la Floculación y la Coalescencia

La estabilización de los sistemas coloidales se puede lograr fundamentalmente por dos mecanismos diferentes:

Estabilización Estérica: Esta se obtiene absorbiendo moléculas de polímero en la superficie de las partículas, ya que cuando dos partículas con polímero colocadas en su superficie se aproximan una a otra, éstas se repelen mutuamente debido a un aumento en la concentración de monómero en la región de traslape; este aumento en la concentración produce una presión osmótica que hace que se separen las cadenas poliméricas.

Estabilización por Carga Eléctrica: Esta se obtiene colocando una carga eléctrica neta en la superficie de las partículas y por pura repulsión electrostática se estabiliza la dispersión

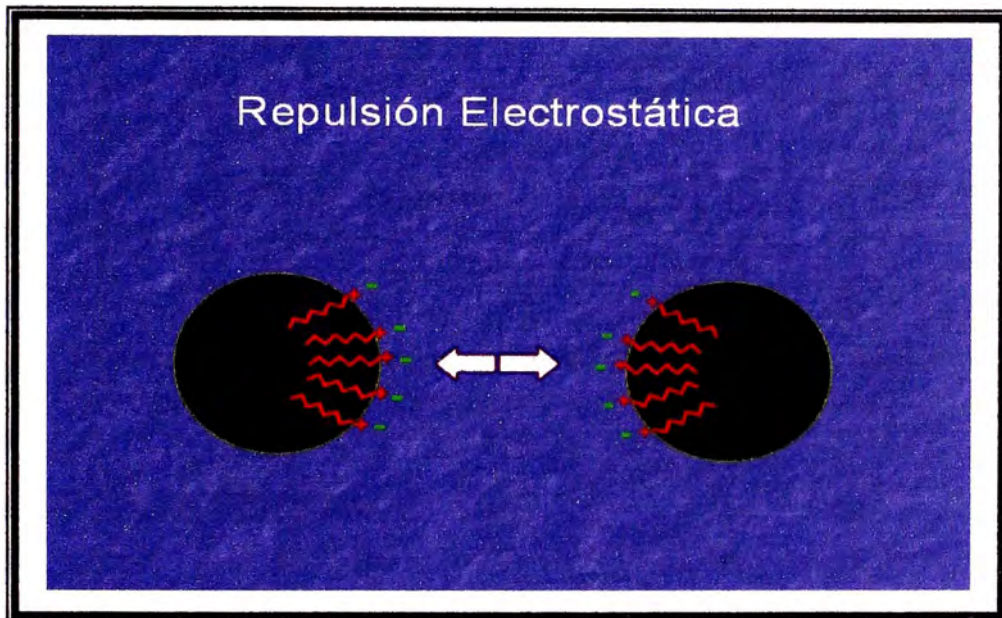


Fig. 5 Representación gráfica de la estabilización por carga eléctrica

2.2.0 LAS EMULSIONES ASFALTICAS

2.2.1 DEFINICION

Son parte de los asfaltos líquidos. Es un sistema heterogéneo de dos fases normalmente inmiscibles como son el asfalto y el agua al que se le incorpora una pequeña cantidad de un agente activador de superficie, tenso activa o emulsificante de base jabonosa o solución alcalina, el cual mantiene en dispersión el sistema, siendo la fase continua el agua y la discreta los glóbulos del asfalto en tamaño entre uno y 10 micrones.

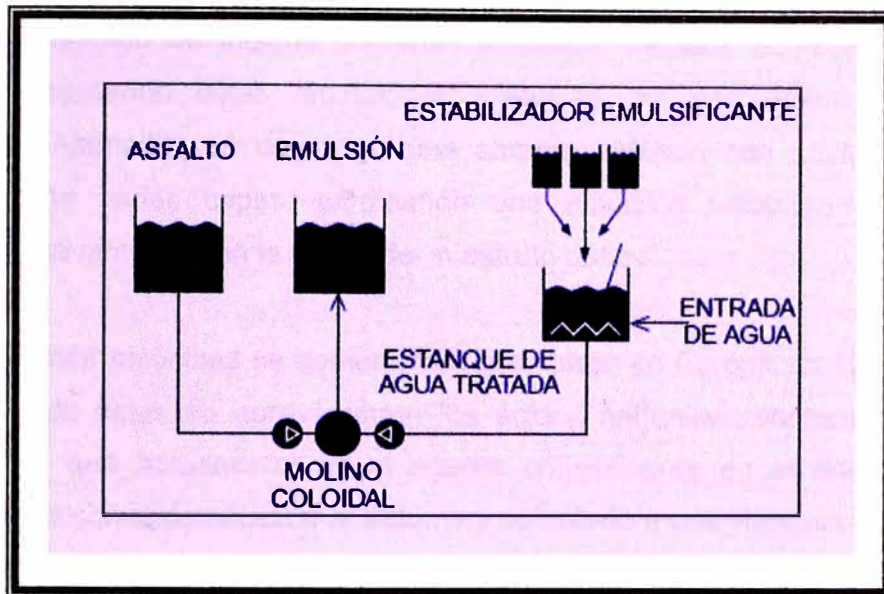


Fig. 6 Representación Esquemática de una Planta de Emulsiones

2.2.2 RESEÑA HISTORICA

Las emulsiones del tipo asfáltico aparecieron en el mercado a principios del siglo XX en diferentes lugares y con usos muy diversos. A principios de 1900 (en 1905) se empleó por primera vez una emulsión asfáltica en la construcción de carreteras en la ciudad de Nueva York; la emulsión utilizada fue del tipo aniónica y se empleó en lugar de los usuales caminos fabricados con material pétreo, como una alternativa para evitar el polvo cuando transitaban los vehículos.



Fot. Carretera antes del tratamiento con Emulsiones



Fot.2 Carretera después del tratamiento con Emulsiones

En 1914 el estado de Indiana comenzó a realizar trabajos de reparación de caminos empleando estas emulsiones aniónicas. En ese mismo año, en Hamburgo, Alemania, se construyó una carpeta asfáltica con un tratamiento superficial de varias capas, empleando una emulsión estabilizada la cual reacciona activamente con la arcilla del substrato pétreo.

Las emulsiones aniónicas se comenzaron a emplear en Europa en 1925. En la fabricación de éstas se aprovecharon los ácidos nafténicos contenidos en el asfalto para que actuaran como el agente emulsificante en el momento de agregar agua con soda cáustica al sistema y someterlo a una vigorosa agitación.

Las emulsiones asfálticas se comenzaron a utilizar en México de 1930 a 1935 para la construcción de caminos. El gran inconveniente que tuvieron fue el largo tiempo de rompimiento de la emulsión, que en la época de lluvias causaba muchos retrasos y graves problemas de construcción. Por este motivo, los asfaltos rebajados ganaron la preferencia del constructor y hasta la fecha, no han podido ser desplazados totalmente.

Las emulsiones asfálticas catiónicas aparecieron en Europa en 1953 y en Estados Unidos hasta 1958. Aparentemente, su aplicación inicial en la construcción de caminos coincidió con la aparición de nuevos productos químicos tenso-activos en el mercado, los cuales tienen, adicionalmente, otros usos como en el campo de las pinturas, en la industria petrolera, en la industria textil, etc.

Al principio, tales emulsiones se usaron únicamente en la construcción de tratamientos superficiales, como riego de liga y de sello. Al reconocerse la ventaja de las emulsiones catiónicas sobre las aniónicas y los rebajados, se inició la búsqueda de un emulsificante que produjera una emulsión de rompimiento lento, capaz de mezclarse con una granulometría para base o para carpeta.

Las emulsiones catiónicas se conocieron en México en el año de 1960. En ese año se hicieron varias pruebas y los ingenieros mexicanos presentaron en el

Congreso Panamericano de Carreteras en Bogotá, Colombia, un trabajo titulado: “Primeras investigaciones realizadas en México con emulsiones asfálticas catiónicas”.

En 1973, los países árabes, poseedores de la mayoría del petróleo mundial, aumentaron el valor del barril de petróleo crudo resultando afectados los derivados del mismo, entre ellos los solventes empleados en los asfaltos rebajados; esto provocó un incremento en el uso mundial de las emulsiones asfálticas.

El 27 de diciembre del año 2000 en nuestro país por Resolución Directorial N° 1146-2000-MTC/15.17 firmada por el entonces Director General de la Dirección General de Caminos Ing. Marco Montalvo Farfan se aprueba la Segunda Edición de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2000. en la que en su Capítulo IV Sección 401 y 421 se reglamenta el uso y aplicación de las Emulsiones Asfálticas en sus diferentes presentaciones.

Los países con mayor producción de emulsiones asfálticas son, en orden de importancia: Estados Unidos, Francia, España y Japón. Entre estos cuatro países se fabrica un 40% aproximadamente de la producción mundial de emulsión asfáltica, que se estima actualmente próxima a los dieciséis millones de toneladas, de la que más del 95% es del tipo catiónico.

2.2.3 ROMPIMIENTO DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS

Cuando uno usa emulsiones asfálticas, es necesario tener control sobre la estabilidad de la emulsión, o sea, se tiene que poder controlar el rompimiento de la misma. Pasado un tiempo determinado, el cual depende de la situación en particular que se esté trabajando, las emulsiones tienen que desestabilizarse para que el asfalto se deposite como una capa sobre el material pétreo.

Este fenómeno de rompimiento o ruptura de la emulsión ocurre debido a la carga eléctrica que tiene el material pétreo. La carga que tiene el material pétreo

En términos generales podemos decir que cuando la emulsión se pone en contacto con el agrado se produce un desequilibrio que la rompe, llevando a las partículas de asfalto a unirse con la superficie del agregado. El agua fluye o se evapora, separándose de las partículas pétreas recubiertas por asfalto. El curado de la Emulsión, etapa posterior al rompimiento, es el tiempo requerido para que el sistema asfalto agregado este apto para su uso.

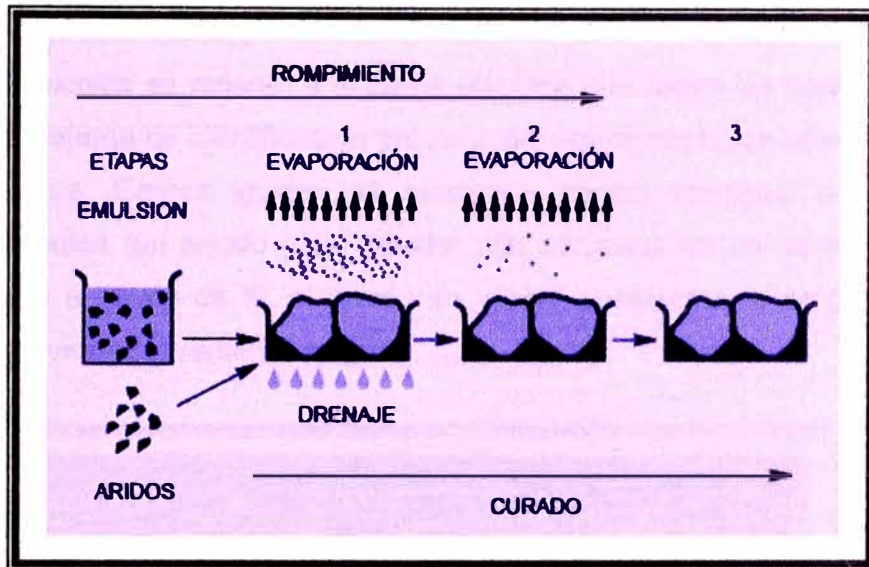


Fig. 7 Representación del Rompimiento de una Emulsión aplicada sobre los agregados

2.2.4 TIPO Y NOMENCLATURA DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS

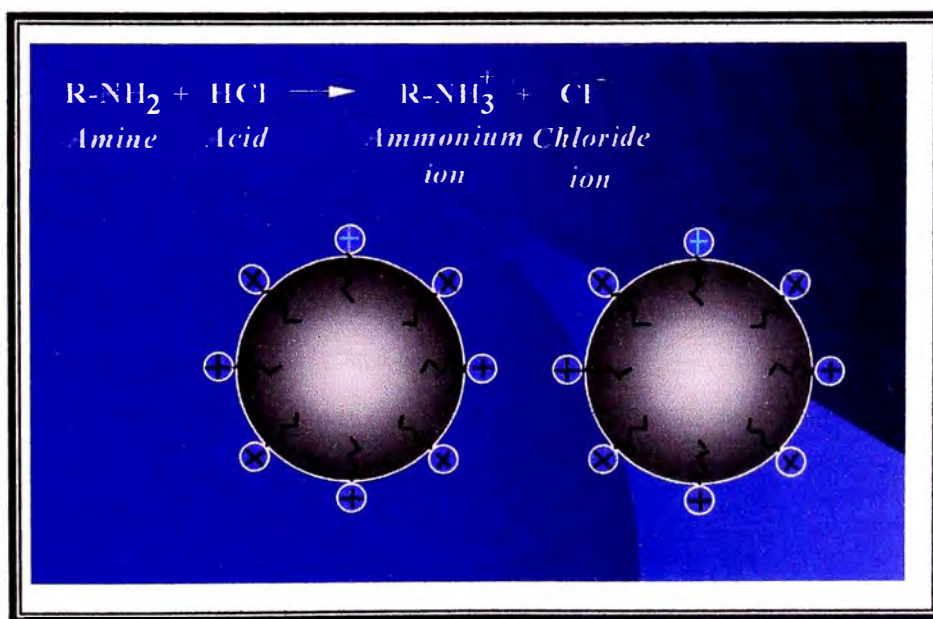
En la naturaleza existe átomo o grupos de átomos que tienen cargas elementales positivas (catión) o negativas (anión), a los cuales se les denomina ión.

En la mayoría de los electrolitos, los iones se unen mediante enlaces de electrovalencia. Los aniones (electronegativos), se forman adquiriendo electrones, mientras los cationes (electropositivos) se originan por pérdida de electrones.

Teniendo en cuenta los enunciados que anteceden, las emulsiones se dividen en tres categorías: aniónica, catiónica y no iónica. Su denominación se refiere a las cargas eléctricas.

- Las emulsiones catiónicas cubren el 95% del mercado y son las más utilizadas.
- Las emulsiones aniónicas cubren el 5% del mercado y generalmente se la utiliza con materiales calcáreos y dolomita.
- Las emulsiones no iónicas no se las utiliza todavía. Algunos investigadores estudian la posibilidad de que esta emulsión pueda suplir a las dos nombradas anteriormente.

Catiónica y Aniónica se refieren a la carga eléctrica que rodea las partículas de asfalto. Este sistema de identificación proviene de una de las leyes básicas de la electricidad, que: Cargas iguales se repelen y cargas opuestas se atraen. Cuando dos polos (un ánodo y un cátodo) son inmersos en un líquido y una corriente pasa a través de él, el ánodo se vuelve positivamente cargado y el cátodo se vuelve negativamente cargado.



Fif. 8 Representación de una emulsión cationica

Si una corriente pasa a través de una emulsión conteniendo partículas de asfalto con carga negativa, ellas migrarán hacia el ánodo –que tiene carga positiva-, de aquí que la emulsión es conocida como aniónica. Recíprocamente, partículas de asfalto con carga positiva se desplazarán hacia el cátodo –que tiene carga

negativa-, y la emulsión es denominada catiónica. Con emulsiones no iónicas, las partículas de asfalto son neutras y por ende no migran a polo alguno.

Las emulsiones son además clasificadas por la velocidad en que las gotas de asfalto se juntan, restaurando la cantidad de cemento asfáltico utilizado. Se emplean además los siguientes términos que han sido adaptados para simplificar y estandarizar esta clasificación:

- RS = (Rapid – setting) rotura rápida
- MS = (medium – setting) rotura media
- SS = (slow – setting) rotura lenta

Así mismo se identifican con letras: la presencia de la letra C significa que la emulsión es Catiónica, la ausencia de la letra C significa que la emulsión es Aniónica, la presencia de las letras H. F. (high – Float) se da únicamente en las emulsiones aniónicas y que son de Alta Flotación.

Los números en la clasificación indican la viscosidad relativa de la emulsión Ejm: CRS-1, el 1 indica la viscosidad y CRS-2, el 2 indica que es más viscoso que el anterior.

Las letras minúsculas de h = (hard) dura y S = (soft) blanda, significa que la presencia del cemento asfáltico es duro o blando. Cuando se necesita mejorar la calidad del cemento asfáltico mediante la incorporación de una cantidad mínima de polímeros al 3% en sólido, aumentando la susceptibilidad térmica del asfalto, se le agrega al nombre de la emulsión la letra P.

Una emulsión de asfalto está íntimamente relacionada con la tendencia a “romper” cuando entra en contacto con un agregado, el tiempo de rotura es el que determina su utilización para un determinado trabajo.

La puesta en servicio de esa obra debe ocurrir el fraguado o curado de la emulsión de asfalto; contrario del hormigón hidráulico, que exige mantener al mayor tiempo posible la humedad, en la emulsión tenemos que liberar químicamente el agua para que la temperatura ambiental la pueda evaporar.

durar desde su inicio y trabajables hasta un tiempo después, que podría ser hasta algunos meses.

Las mezclas se pueden efectuar en mezcladoras y planta ambulante en el camino, o en una planta central, la misma que es transportada al sitio de trabajo. Las mezclas pueden ser almacenadas en sacos sellados para evitar la pérdida de humedad y algunos solventes que tiene en su contenido, también se puede efectuar grandes acopios y tratar de no efectuar más movimiento con ese material hasta su utilización, porque en cada movimiento hay pérdida de humedad.

La emulsión de alta flotación (high float) es una clase de emulsión de rotura media, pero utilizada solamente con emulsión aniónica. Siendo su principal diferencia entre éstas y las otras emulsiones de rotura media, la existencia de una estructura de gel que se le agrega a la solución jabonosa y que al ser sometida al molino coloidal junto con el cemento asfáltico se queda formando como parte en la estructura molecular, del residuo de asfalto, la misma que es medida en el ensayo de flotación. La característica de flotabilidad es que se hace más viscosa y así aumentan el espesor de la película, evitando fluir o migrar, manteniéndose con ésta propiedad hasta temperaturas de 70°C, consecuentemente, los residuos asfálticos de alta flotación son menos susceptibles a cambios de temperaturas y muy resistentes a fluir a altas temperaturas de la costa ecuatoriana.

Emulsión de rotura lenta (CSS).- Se utiliza básicamente en las mezclas con agregado (slurry) y también en las bases asfálticas y estabilización de suelos, en donde la emulsión debe dar el tiempo necesario para permitir mezclarse. Esto tiene mucho que ver con el tipo de agregado que existen de fuentes materiales y de composición mineral diferente, lo que hace que un material sea reactivamente diferente a otro.

En nuestro caso, en las minas alrededor de Picoazá, el basalto presenta un serio problema con la reactividad, puesto que la emulsión que con el se mezcle debe necesariamente estar elaborada con aguas debidamente potabilizada, para que

los sistemas que forman el emulsificante (rápido o lento) sea efectivo y no rompa antes de tiempo.

Cada tipo de agregado necesita una formulación específica de emulsión, para los más reactivos se necesita un porcentaje mayor de emulsificante y que estos sean muy estables, mientras que para los menos reactivos se debe encontrar el equilibrio entre un óptimo tiempo de mezcla y curado.

Se pueden combinar varios tipos de emulsificantes -previa consulta a los proveedores-, mientras que uno le provee estabilidad o tiempo de mezclado, el otro acelera el tiempo de fraguado, todo depende de los porcentajes logrados en laboratorio y probados en el campo en que ejecute. El pH influye en la reacción de la emulsión y en la reacción con el agregado, es importante para mantener las características de compatibilidad entre asfalto, emulsificante y agregados.

La emulsión de rotura lenta es diseñada para lograr mezclas estables, se puede emplear con granulometrías cerradas y abiertas, ambas granulometrías tienen finos, uno más que la otra.

La ventaja de la emulsión de rotura lenta es su trabajabilidad y asegurar una excelente mezcla con el agregado que debe tener un cierto porcentaje de humedad para tratar en lo posible que la mezcla no rompa antes del tiempo programado para el trabajo, porque es más fácil secar la mezcla al sol en caso de que tenga mucha humedad a que en caso contrario la mezcla se rompa o que su trabajabilidad se dificulte.

Esta mezcla dependiendo de su granulometría se utiliza en varios tipos de trabajo en una obra. Puede ser acopiada, para utilizarse posteriormente, o como: una mezcla densa, base asfáltica o capa de rodadura, el inconveniente actual es este último caso, es el tiempo de fraguado que no puede ponerse en servicio inmediatamente, sino a las 48 horas de haberse colocada la carpeta. En cambio cuando se aplica este tipo de emulsión en slurry seal, lechadas asfálticas, los resultados son óptimos y la explicación es que el agua o humedad contenida en

la mezcla, por ser la capa, en este caso más fina se elimina rápidamente, y en poco tiempo la obra esta en servicio.

La viscosidad de una emulsión de rotura lenta es baja, y se la considera de esta forma, porque tiene que “envolver” a los finos, y esta viscosidad se la puede seguir bajando de acuerdo a la necesidad del trabajo que se efectuará, utilizándose además para: estabilización de suelos, riego de vías, riego pulverizado, riego negro, etc. A las Emulsiones Asfálticas puede agregárseles polímeros para modificar la estructura molecular del asfalto y así mejorar las condiciones reológicas del mismo. Además las emulsiones asfálticas de curado rápido que se utilizan para slurry seal, encuadran por una norma aceptada por la I.S.S.A, cuyas especificaciones equivalentes en la ASTM serian D977 y D2397, así también se encuentran en la AASTHO siendo estas las M140 y M208.

La emulsión de curado rápido, su nomenclatura, se le conoce como QS y exclusivamente se la emplea para slurry seal y se le puede agregar polímeros, obteniéndose una carpeta fina de micropavimento que permite mayor durabilidad a la obra, se estima que con una frecuencia de 2000 carros por hora en un autopista duraría de 3 a 4 años de trabajo, en cambio en algunos estados del U.S.A. como California no se la emplea y se utiliza únicamente QS sin polímeros, dando excelentes resultados, por lo que en la actualidad, aquí en el Ecuador, se está trabajando continuamente con este tipo de emulsificantes.

La diferencia entre una emulsión sin polímeros o con éstos, es que en el primer caso no se puede colocar de una sola pasada espesores mayores que el diámetro mayor del agregado, en cambio con polímeros si lo permite, lo que sí varía el uno del otro es que, con polímeros su costo aumenta desde un 50-80% más con respecto al QS.

2.2.5 VARIABLES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA

Existen muchos factores que afectan la producción de Emulsiones Asfálticas, almacenaje, uso y ejecución de una emulsión asfáltica. Entre las variables que tienen un significativo efecto son:

- Propiedades químicas del cemento asfáltico base.
- Dureza y cantidad del cemento asfáltico base.
- Tamaño de la partícula de asfalto en la emulsión.
- Tipo y concentración del agente emulsificante.
- Condiciones de manufacturación como temperatura, presión, y corte de las partículas de asfalto.
- La carga iónica de las partículas en la emulsión.
- Metodología y equipo empleado en la elaboración de la emulsión.
- La propiedad del agente emulsificante.
- La adición de modificadores químicos o polímeros.
- La dureza y el pH del agua.
- El pH de la emulsión.

Estas variables pueden ser alteradas para ajustarse al agregado disponible o a las condiciones constructivas de determinadas obras.

2.2.6 CLASIFICACION DEL MATERIAL PETREO

Debido a que el rompimiento de la emulsión asfáltica se lleva a cabo por la interacción química de ésta con el material pétreo, es necesario conocer el tipo de material pétreo que se tiene, para determinar el tipo de emulsión asfáltica más apropiada.

La corteza terrestre está compuesta básicamente por rocas cristalinas. Estas son materiales flotantes de baja densidad dominados principalmente por el cuarzo (SiO_2) y los feldespatos (silicatos pobres en metal).

El 75% de roca encontrado en la corteza terrestre es el tipo de roca sedimentaria, básicamente formada por meteorización y erosión de la roca ígnea. A continuación se citara a las rocas sedimentarias por el tamaño de sus clastos.

- La grava, sedimento de diámetro mayor a 2 mm son los fragmentos de roca.

- La arena, sedimento de diámetro entre 1/16 a 2 mm predomina el cuarzo con abundante feldespato.
- La arcilla, sedimento con diámetro menor a 1/16 mm

De lo anterior sabemos que el tipo de roca predominante en la corteza terrestre es el que contiene feldespatos y cuarzo (SiO_2) entonces podremos decir que aquellas rocas que contiene gran cantidad de SiO_2 son de carácter ácido, mientras que aquellas que contiene escasa SiO_2 son de carácter básicas. Haciendo la distinción de que estos términos no están relacionados con el PH de las sustancias.

Para cuantificar la acides o basicidad de las rocas diremos:

- Ácidas, son las que tienen más del 66 por ciento de dióxido de silicio (SiO_2); intermedias
- Las que contienen entre 52 y 66 por ciento del mismo mineral y básicas
- Las que contienen menos del 52 por ciento.

En la tabla 2 se muestran rocas representativas de estos grupos.

Tabla 2

ROCAS ACIDAS	ROCAS INTERMEDIAS	ROCAS BASICAS
Granitos	Sienita	Gabro
Granodiorita	Traquita	Basalto
Granito pórfido	Traquiandesita	Peridotito
Riolita	Diorita	Piroxenita
Diacita	Andesita	Diabasa
	Fonolita	Dolerita

Durante muchos años se tuvo la idea que los materiales silíceos ácidos tenían cargas eléctricas negativas y que los materiales silíceos básicos o alcalinos, cargas positivas. Sin embargo, en trabajos de investigación recientes, ha quedado establecido que todos los agregados pétreos tienen cargas eléctricas negativas, incluyendo granitos, calizas, dolomitas, areniscas, basalto y cuarzo.

Por las características de las emulsiones catiónicas ya mencionadas, se prefieren éstas para la realización de trabajos en ingeniería, con todas las ventajas que las mismas presentan sobre los asfaltos rebajados y mezclas asfálticas en caliente.

2.2.8 DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO LOCAL

Las Emulsiones Asfálticas es un tema que data de muchos años a nivel mundial pero ha sido muy pobremente difundido en nuestro medio a pesar de las innumerables ventajas que ofrece respecto del uso de los asfaltos según los métodos tradicionales, esto se ve reflejado a que en nuestro país solo una empresa (BITUMENES DEL PERU SAC) fabrica las Emulsiones Asfálticas en sus presentaciones Estándares y Modificada con Polímetros. Pese a ello existen entidades estatales y privadas involucradas en el tema que a través de conferencias, cursos y publicaciones tratan de promover su uso tal es el caso del Colegio del Ingenieros del Perú (CIP), el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG), Petróleos del Perú S.A. y Universidades.

En la tabla N° 3 da la relacion de emulsiones tanto estandares como Modificadas disponibles en mercado

Tabla N° 3

TIPOS DE EMULSIONES ASFALTICAS DISPONIBLES A NIVEL NACIONAL

EMULSION ASFALTICA ESTANDAR		
ITEM	DESCRIPCION	NOMENCLATURA
01	Emulsión Asfáltica Estándar Catiónica de Rotura Rápida	BP-CRR
02	Emulsión Asfáltica Estándar Catiónica de Rotura Media	BP-CRM
03	Emulsión Asfáltica Estándar Catiónica de Rotura Lenta	BP-CRL
04	Emulsión Asfáltica Estándar Catiónica Superestable	BP-CSE
EMULSION ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMEROS SBR		
ITEM	DESCRIPCION	NOMENCLATURA
01	Emulsión Asfáltica Modificada Catiónica de Rotura Rápida	BP-CRR-1P
02	Emulsión Asfáltica Modificada Catiónica de Rotura Media	BP-CRM-1P
03	Emulsión Asfáltica Modificada Catiónica de Rotura Lenta	BP-CRL-1P
04	Emulsión Asfáltica Modificada Catiónica Superestable	BP-CSE-1P

CAPITULO APLICACION

3.1.0 APLICACIÓN

3.1.1 IMPRIMACION ASFÁLTICA O PRIME COAT

Es un riego asfáltico sobre la superficie de una base granular estabilizada, antes de la ejecución de cualquier revestimiento asfáltico, con el propósito de proveer la suficiente adherencia entre la base y la capa superior, aumentar la cohesión de la superficie de la base ligando las partículas sueltas en la superficie y otorgar un grado de impermeabilización temporal.

La imprimación de las bases, previo a la colocación de la capa asfáltica (mezcla en caliente o tratamiento superficial) cumple diferentes funciones tales como actuar como un supresor de polvo durante el período de construcción y, a la vez, servir como una capa de impermeabilización, otorgando un grado de protección a la base del tráfico temporal y la lluvia. La función principal, sin embargo, es aglomerar la capa superficial de la base granular compactada y proveer una superficie que permita una adherencia entre la base y la capa asfáltica superior. En pavimentos normales, la tensión tangencial en la interfase asfalto-base alcanza valores bajo el umbral de un posible deslizamiento relativo (Figura 9), lo que tiende a variar con espesores menores, donde las tensiones en la interfase pueden ser mayores. La imprimación de la base puede contribuir a soportar dichas tensiones, aunque no se conoce la contribución relativa de ésta.

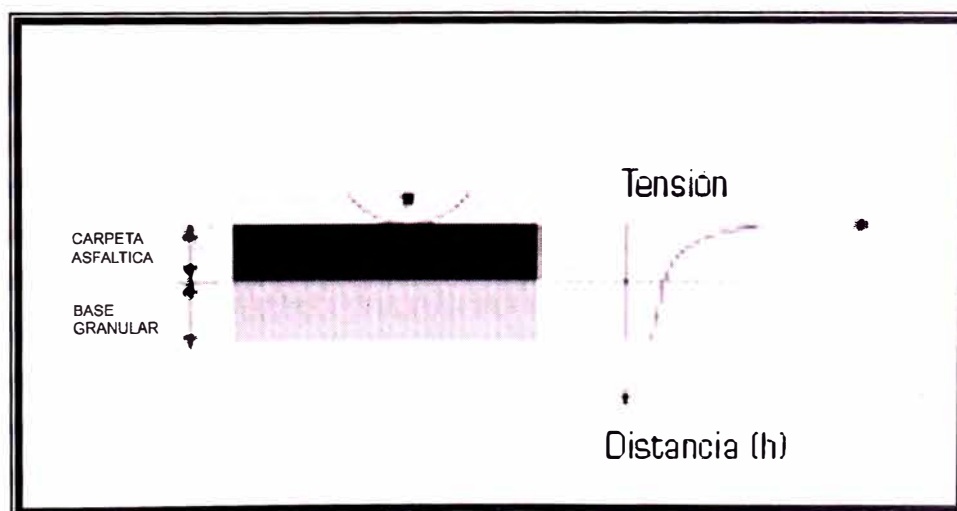


Fig. 9 Representación de Los esfuerzos de Tensión Tangencial en la estructura del pavimento.

Un caso especial de esfuerzos tangenciales sucede con el frenado de vehículos o virajes pronunciados, donde la capa asfáltica es "empujada" horizontalmente. La imprimación actúa como puente de adherencia, permitiendo una correcta transmisión de esfuerzos de corte al interior de la base y asegurando que ambas capas actúen solidariamente. En todo caso, la capa asfáltica debe tener suficiente resistencia como para soportar una falla por desgarramiento causada por los esfuerzos tangenciales ejercidos sobre ésta. Para que la imprimación cumpla de mejor manera su función operacional, es necesario que penetre en la base, cubra y aglomere las partículas, actuando como ligante de la capa superficial de suelo. A profundidades mayores, el suelo debe resistir por sí solo las tensiones de corte inducidas por el tráfico.

3.1.2 MATERIALES UTILIZADOS

En el Perú es una práctica común utilizar para labores de imprimación asfáltica los asfaltos cortados de baja viscosidad como son el MC-30 y MC-70, además del RC-250.

El reglamento "ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS EG-2000" aprobada el 27 de diciembre del 2000 por Resolución Directorial N° 1146-2000-MTC/15.17 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su Capítulo IV Sección 401 Numeral 401.02 claramente indica los materiales que tendrían que usarse para estas labores y son :

- (a) Emulsiones Asfálticas de curado rápido (CRS-1, CRS-2) diluido con agua, de acuerdo a la textura de la Base
- (b) Podría ser admitido el uso de Asfalto líquido, de grados MC-30, MC-70 ó MC-250.

3.1.3 NORMAS TECNICAS USADAS EN PAISES DE LA REGION

La Norma Técnica EG-2000 ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS en su segunda edición es la

norma vigentes en la cual indica los materiales a utilizarse, características, pruebas que certifiquen la calidad del material, además de las condiciones y procedimientos que deberá reunir la labor de imprimación asfáltica y el proceso constructivo de la pavimentación en general.

La Union Aduanera Centro Americana conformada por Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras y Costa Rica tienen el REGLAMENTO TECNICO UNION ADUANERA CENTRO AMERICANA R-AAC 75.01.XX:04 vigente desde junio del 2004.

Estas normas son concordantes con las normas Americanas AASHTO y ASTM referente a los materiales y normas de diseño de carreteras.

3.1.4 PROCEDIMIENTO Y EQUIPO PARA LA EJECUCION DE LAS LABORES DE IMPRIMACION ASFÁLTICA CON EL NUEVO MATERIAL

La aplicación de emulsiones imprimantes es similar a la de los riegos con asfaltos cortados, utilizándose el mismo equipo (camiones imprimadores) y no requiere cuidados especiales. Debido a su condición de emulsión, se debe recircular previo a su aplicación para mantener su homogeneidad y las tasas de aplicación varían, de acuerdo al tipo de árido y la porosidad de la superficie, entre 0,7 a 1,5 L/m², según las Normas Técnicas vigentes. La capacidad de penetración de la emulsión cumple con el requisito mínimo establecido de 7 mm determinado por la Norma Técnica EG-2000. En materiales con índice de plasticidad alto, la capacidad de penetración disminuye al utilizarlo en bases húmedas.

De acuerdo a la Fig. 10 observamos el procedimiento para una labor de imprimación correcta usando un tanque imprimador con barra rociadora, es importante tener en cuenta que toda la superficie debe quedar uniformemente imprimada, es decir, no se admite superficies en blanco o un insuficiente traslapado que origine heterogeneidad en la imprimación. La velocidad del tanque imprimador es muy importante y debe tenerse en cuenta para una correcta y adecuada tasa imprimación.

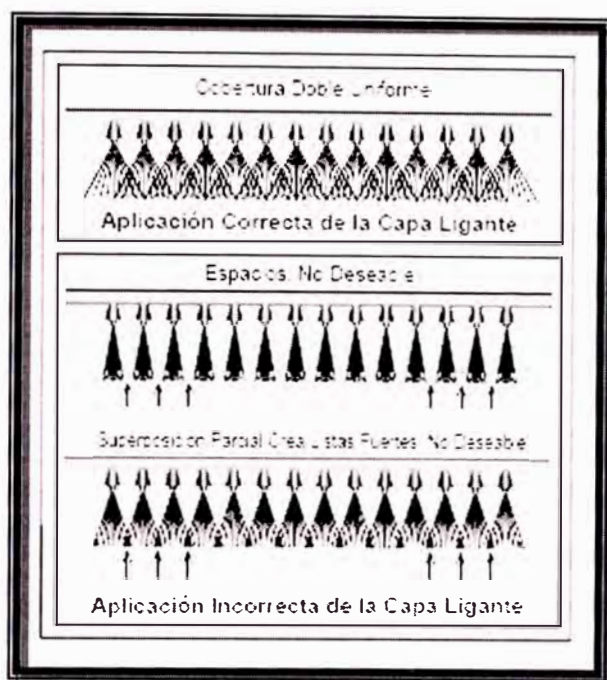


Fig. 10 Representación de los procedimientos correctos e incorrectos para una labor de imprimación asfáltica.

3.1.5 PROBLEMAS OBSERVADOS EN OBRA CON LOS METODOS TRADICIONALES

Al referirnos a métodos tradicionales básicamente nos estamos refiriendo al uso de los materiales que tradicionalmente se usan en nuestro país siendo estos el asfalto cortado de rotura rápida RC-250 y el asfalto cortado de rotura media MC-30 y MC-70. Los problemas básicos observados en obras son:

- **Calentamiento del material,** puesto que el material debe ser colocado a altas temperaturas estos deben calentarse dentro del tanque imprimador, por lo tanto, el empleo de mano de obra altamente calificada y equipo de primer nivel es importante ya que al trabajarse en zonas urbanas se corre el riesgo accidentes por explosión del asfalto en calentamiento.
- **Demoras en el proceso de calentamiento,** el calentamiento del asfalto cortado en un tanque imprimador de unos 1500 galones tarda aproximadamente de 2 a 3 horas perdiéndose horas-hombre y horas-maquina.

- **Penetración del asfalto cortado**, de las observaciones realizadas en muchas jornadas de imprimación se pudo observar una deficiencia en la penetración del asfalto cortado, ya que, aun cuando se siguió estrictamente las indicaciones en las Especificaciones Técnicas de los proyectos el asfalto cortado al salir por la boquilla del dosificador baja abruptamente su temperatura, llegando al suelo a una temperatura muy por debajo de la que se encontraba estando dentro del tanque. En la mayoría de los casos se pudo observar una penetración apenas superior a 3 mm.
- **Factor humano**, es muy común que a las pocas horas de haber realizado la imprimación asfáltica los transeúntes empiecen a circular las calles observándose desprendimientos de áreas en forma de huellas, de la misma forma ocurre con los autos aun cuando las calles queden cerradas con cintas de seguridad.
- **Emisión de solventes**, aun cuando la emisión de solventes en la tarea de imprimación es muy alta por no ser una exposición continua la población no es afectada, mas si las personas que realizan dicha tarea.

3.1.6 PLANTEAMIENTO DE LA NUEVA PROPUESTA

Desde hace varios años distintas entidades tales como: Bitúmenes del Perú SAC, el Colegio de Ingenieros del Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de su Oficina de Apoyo Tecnológico, entre otras, vienen difundiendo el uso de Emulsiones Asfálticas a través de seminarios, conferencias y demostraciones.

El Slurry Seal es el tema mas difundido en este ámbito ya que es usado para preparar los micro pavimentos. Este micro pavimento extenderá la vida útil del mismo. Aunque aun se mantiene el viejo concepto de dar mantenimiento a las vías cuando es muy tarde, el Slurry Seal puede ser colocado después de varios años de uso o cuando la deterioración del pavimento ya ha empezado. Un programa de mantenimiento con Slurry Seal emprendido antes de que la deterioración significativa haya empezado, es esencial e importante para

augmentar y extender al máximo la vida del pavimento. El mantenimiento preventivo es mas rentable que el mantenimiento correctivo.

La Norma Técnica EG-2000 vigente desde diciembre del 2,000 establece claramente el uso en primera instancia de emulsiones asfálticas de rotura Rápida (CRS-1 y CRS-2) por ser un material adecuado y bastante amigable con el medio ambiente dejando en segunda instancia a los asfaltos cortados de rotura media (MC-30, MC-70 y MC-250). Pues bien en la práctica los expedientes técnicos de los proyectos de pavimentación en zonas urbanas contemplan el uso para labores de imprimación asfáltica los asfaltos cortados de rotura rápida (RC-250) y dejando en segunda instancia al asfalto cortado de rotura media (MC-30 y MC-70). En este sentido es importante que las instituciones del estado contemplan también estos cambios, los nuevos materiales y los nuevos diseños al final de cuentas reducen los costos y van de la mano con las nuevas tendencias medio ambientalistas.

3.1.7 COMPARACION DE COSTOS CON LOS METODOS TRADICIONALES Y LA NUEVA PROPUESTA

Para realizar la comparación del costo de un m² de área imprimada con Asfalto Liquido RC-250 y Emulsión Asfáltica haremos los cálculos teniendo en cuenta las siguientes directivas:

- Tomaremos como tasa de riego 0.25 gal/m² que es el comúnmente utilizado con el RC-250
- La cantidad de asfalto vertida en un m² usando el RC-250 deberá ser igual a la cantidad de asfalto utilizando Emulsión Asfáltica.
- La jornada laboral será de 8 horas.

RC-250:

El RC-250 contiene 26% de nafta o Gasolina Pesada.

La dosificación estándar indica que el Liquido Asfáltico debe diluirse con 15 % de kerosene.

De lo anterior deducimos que en 1 galón de Imprimante habrá 62.9 % de Asfalto y el resto serán solventes.

Para 1 m² habrá 15.73% de Asfalto y 9.27 % de solventes.

1 galón = 3.785 litros

Por lo tanto la cantidad de Asfalto será 0.6 litros / m²

EMULSIÓN ASFÁLTICA

La Emulsión Asfáltica contiene 60% de Asfalto y 40% de Agua

Para 1 m² necesitamos 0.6 lt de Asfalto entonces tendremos 0.4 lt de agua

Por lo tanto se usara 1lt/m².

La tasa de riego a usarse será de 0.264 gal/m²

Es importante tomar en cuenta en este punto que los fabricantes recomiendan usar la Emulsión Asfáltica pura y diluirla solo cuando las condiciones de campo lo exijan, como podría ser el caso de superficies muy cerradas. En cuyo caso deberá recalcularse la tasa de riego.

En la tabla siguiente se darán los resultados de los análisis de costos unitarios por m² para una jornada de 8 horas. Cabe recalcar que en la reglamentación vigente no se considera como material para imprimir a la Emulsión Asfáltica Modificada, por lo tanto el valor calculado es solo referencial

Tabla 4

COMPARACION DE COSTOS Y RENDIMIENTOS			
DESCRIPCION	RC-250	EMULSIÓN ASFÁLTICA STANDAR	EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA
Rendimiento (1 día=8 horas)	6,000 m ²	10,000 m ²	10,000 m ²
Costo Directo por m ²	2.06 Soles/m ²	1.45 Soles/m ²	1.66 Soles/m ²

Como se puede observar en la tabla N° 4 el costo por m² de la Imprimación usando Emulsiones Asfálticas Estándares representa un 29.6 % menos y usando la Emulsión Asfáltica Modificada es de 19.4%. Adicionalmente a ello el rendimiento usando Emulsiones representa el 166 % del rendimiento usando el material tradicional.

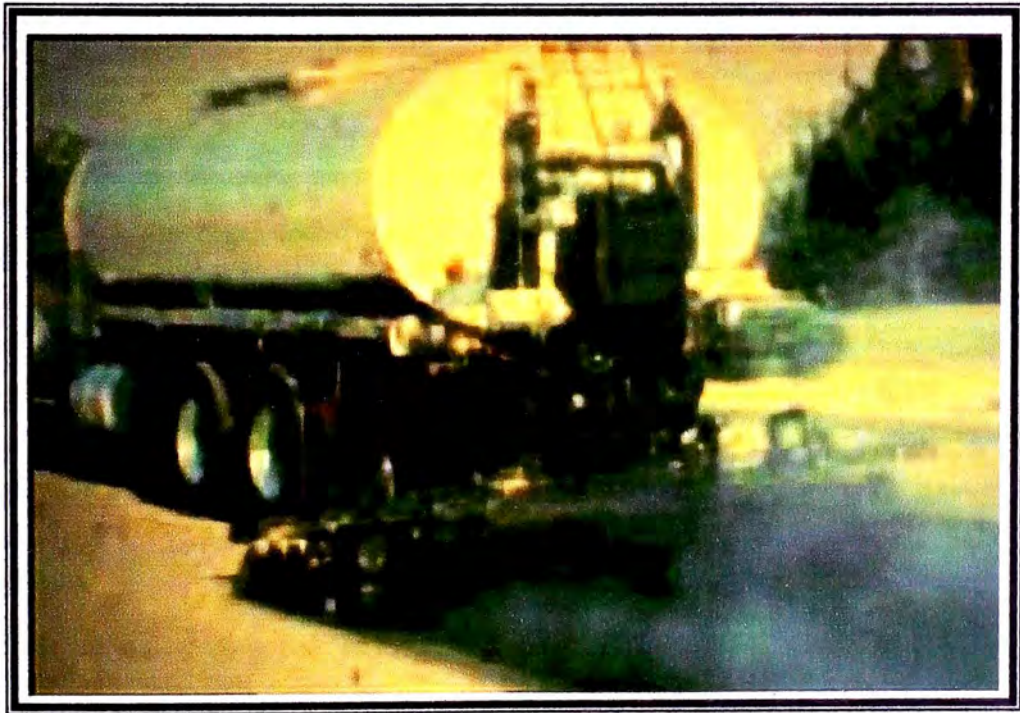
3.1.8 EFECTOS MEDIOAMBIENTALES CON LOS METODOS TRADICIONALES Y LA NUEVA PROPUESTA

Los asfaltos cortados pueden contener hasta un 50% de solvente. Esto implica un alto consumo energético, principalmente por el uso del kerosene y gasolina que son parte componente de los asfaltos líquidos, lo que se reduce significativamente con el uso de la Emulsión Asfáltica. Su uso en terreno reduce grandemente la emisión de hidrocarburos a la atmósfera en comparación con los asfaltos cortados, debido a su menos contenido de solventes volátiles, tal como se demuestra en la Tabla N° 5. Esta contribución a la reducción de emisiones es particularmente importante a nivel urbano, donde se busca utilizar materiales amigables con el medio ambiente.

TABLA N° 5

DESCRIPCION	BASE GRANULAR	
	RC-250	EMULSIÓN ASFALTICA
Contenido de Hidrocarburos, % máx.	37.1	0.0
Dosis Imprimante Gal/m ²	0.25	0.264
Emision, Gal/m ²	0.1	0
Ejemplo: área imprimada 10,000 m²		
Imprimante aplicado a 10,000 m ²	250 gal	250 gal
Emisiones	100gal	0.0 gal

El uso de Asfaltos Líquidos diluidos con solventes tales como la gasolina y kerosene son altamente contaminantes y más aun en zonas urbanas ya que al romper todos estos solventes van al medio ambiente y en zonas urbanas son respiradas por sus pobladores, es importante recalcar que esta no es una exposición constante para dicha población, pero si para aquellas personas que se dedican a estas labores, por ello es importante que se tengan en cuenta todas las medidas de seguridad. También es importante tener en cuenta la temperatura de aplicación por ser elevada existe el riesgo de accidente por explosión.



Fot. 3. Imprimación asfáltica con los materiales tradicionales

En el caso de la Emulsión Asfáltica el diluyente es agua por ello al romper lo que va al medio ambiente es vapor de agua y tal vez una mínima cantidad del solventes, es por ello que su uso tendría que fomentarse, otro aspecto importante es su temperatura de aplicación ya que al no tener que ser elevada si no mas bien a la temperatura ambiente no existe peligro de accidente por explosión.



Fot. 4. Imprimación asfáltica realizada con la Emulsión Asfáltica

3.1.9 ALGUNAS EXPERIENCIAS EN PAISES DE LA REGION **EL CASO MOBIL E-PRIME EN CHILE.**

3.1.9.1 CASO MOBIL E-PRIME (CHILE) (fuente: Informativo Técnico de Asfaltos Chilenos S.A N° 28 Agosto 2000)

Un caso particular es el producto **MOBIL E-PRIME (Emulsiones Especiales de Rotura Controlada Modificada con Polímetros y con Aditivos)** se incorpora al mercado chileno a mediados del año 2000 por la Alianza Empresarial **Asfaltos Chilenos S.A. y Mobil-Bitumen Australia (AsafaIChile-Mobil)**

Frente a la necesidad de resolver las dificultades habituales que suelen enfrentar las empresas constructoras al realizar una imprimación con asfaltos cortados, Asfaltos Chilenos S.A. resolvió incorporar al mercado un nuevo producto: Mobil E-PRIME. Se trata de una emulsión asfáltica de alta tecnología. Su comportamiento es similar al asfalto cortado, obteniendo una penetración adecuada, sin embargo, al contrario de éste, no presenta riesgos en su

inflamable. Además, tiene una mayor rapidez de secado, permitiendo un menor intervalo entre la imprimación y el tratamiento superior, al igual que una alta capacidad de adherencia tanto en bases secas como húmedas.

En palabras del Jefe de Ventas de Pavimentación Asfaltos Chilenos S.A, Sergio Moroso. “Estamos seguros que el mercado sabrá valorar las ventajas de Mobil EPRIME, producto diseñado para un amplio rango de bases compactadas y estabilizadas, que además tiene comprobados beneficios ambientales frente a imprimantes tradicionales y, lo que también es importante, un menor costo”.

Las ventajas de Mobil E-PRIME frente a los imprimantes tradicionales tales como los asfaltos cortados, quedaron de manifiesto a través de un estudio desarrollado por profesionales del DICTUC, encabezados por Guillermo Thenoux ingeniero civil, M. Sc. Ph. D. y profesor de la Escuela de Ingeniería de la P. Universidad Católica de Chile. El propósito del estudio fue analizar en el laboratorio el comportamiento del Mobil-E PRIME, fundamentalmente ante condiciones de aplicación a nivel urbano. “Concluimos –señala Guillermo Thenoux- que este imprimante emulsionado tiene atributos tales como mayor rapidez de curado tanto para bases secas como húmedas, adecuada capacidad de adherencia y de penetración y claras ventajas medioambientales”.

“Con el objeto de lograr la aprobación de Mobil E-PRIME por parte de la Dirección Nacional de Vialidad, Asfaltos Chilenos S.A. realizó una serie de pruebas en terreno, fundamentalmente en contratos de Concesiones. Las pruebas se iniciaron en la obra La Serena-Los Vilos a cargo de Sacyr Chile S.A. donde en Enero de 1999 se aplicó la nueva emulsión asfáltica imprimante con buenos resultados. Para verificar su comportamiento bajo diversas condiciones de aplicación se realizó una segunda prueba esta vez en el tramo Río Bueno-Puerto Montt en Agosto y Diciembre de 1999. Allí se comprobó que Mobil E-PRIME se puede aplicar sobre bases húmedas pues es compatible con el agua y no se “lava” con la lluvia. Lo anterior contribuye a mejorar los costos en la construcción de pavimentos, ya que si se agrega su rapidez de secado -24 horas- permite un menor intervalo entre la imprimación y la colocación de la

mezcla asfáltica, lográndose un avance continuo de las obras lo que es altamente valorado.”

3.1.9.1 CASO MEXICO

Las Emulsiones convencionales en este país tubo entre los años 1930 y 1935 una gran aceptación pero esto fue decreciendo muy rápidamente, básicamente los problemas que hicieron declinar su aplicación han sido: las malas experiencias en obras por empleo de materiales deficientes, mala ejecución de trabajos (maquinaria inadecuada y personal no calificado), deficiente condiciones de almacenaje, entre otros. Aun cuando son expresas las ventajas de las Emulsiones sobre los Asfaltos Rebajados, estos últimos llevan ganando la batalla.

En los últimos años en México viene trabajando en una Emulsión Especial Modificada con Polímetros y con Aditivos de Diferentes Tipos, para que sean empleados en Imprimación, Riegos Negros, Sellado, Riego de Liga, etc.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

De todo lo expuesto es clara las ventajas que ofrecen las Emulsiones Asfálticas sobre los materiales tradicionales. Es importante enumerar también que la reglamentación vigente toma en cuenta este aspecto, tan es así que toma como material principal el uso de las mismas y dejando al Asfalto Cortado de Cura Media en segundo lugar.

A través de todas las obras observadas, el común denominador fueron los altos contaminantes de los materiales tradicionales, además de la pobre penetración aun cuando se tomaron todas las medidas y recomendaciones de las especificaciones técnicas.

En factor a tomar en cuenta es el costo y la facilidad de trabajo que ofrecen las Emulsiones Asfálticas, esto es determinante cuando se trata el tema desde el punto de vista empresarial.

Las nuevas tendencias medioambientales, básicas en los proyectos de gran envergadura, tratan de minimizar el impacto al medio ambiente y la nueva tecnología mostrada fue diseñada con ese criterio ya que el agua actúa como solvente y evitamos el uso de solventes como el kerosene, gasolina o nafta.

Un punto que considero debemos tener en cuenta es la tendencia mundial al uso de las emulsiones en las distintas labores como imprimación asfáltica, estabilización de suelos y micro pavimentos. Países muy cercanos al nuestro tal es el caso de Chile, Brasil y Argentina ya tienen un desarrollo importante en este tema.

Las nuevas tecnologías no deben crear en nosotros incertidumbre, más aun el ser flexible al cambio es una virtud de la práctica ingenieril de la cual debemos sentirnos orgullosos, a diferencia de las demás carreras la ingeniería crea y busca nuevas maneras de mejorar nuestro medio así como la condición de vida de las personas

BIBLIOGRAFIA

TEXTOS Y SEMINARIOS CONSULTADOS

SEMINARIO EMULSIONES ASFALTICAS

Ministerio de transportes y Comunicaciones Junio 2005

1er CONGRESO NACIONAL. OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Instituto de la Construcción y Gerencia Junio 2002

CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

SEPARATAS ING. NESTOR HUAMAN AÑO 2005

PAGINAS WEB CONSULTADAS

www.asfaltoschilenos.cl

www.cepis.ops.oms.org

www.emulsionesasfalticas.com

www.imt.mx

www.normas.imt.mx

www.rebistabit.cl

www.viabilidad.cl

www.biblioteca.upc.es

www.poggi_barbieri.com

www.serna.gob.hn

www.redynet.com.ar

ANEXOS

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

S10
CCCEIC

Página :

2

Análisis de precios unitarios

Obra 0491003 IMPRIMACION ASFALTICA
Fórmula 01 IMPRIMACION ASFALTICA EN LA CIUDAD DE LIMA **Fecha** 15/07/2005

Partida 02.00.00 IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA ESTANDAR
Rendimiento 10,000.000M2/DIA **Costo unitario directo por : M2** 1.45

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.50	0.0004	13.13	0.01
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0008	10.94	0.01
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0008	9.82	0.01
470104	PEON	HH	1.00	0.0008	8.86	0.01
0.04						
Materiales						
130313	EMULSION ASFALTICA ESTANDAR	GLN		0.2640	4.23	1.12
340002	COMBUSTIBLE	GLN		0.0008	12.84	0.01
1.13						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00
490202	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	HM	0.50	0.0004	200.00	0.08
493103	CAMION IMPRIMADOR DE 1500 GLS.	DIA	1.00	0.0001	2,000.00	0.20
0.28						

PRECIOS AL MES DE MARZO DEL 2005
FUENTE: REVISTA COSTOS MARZO 2005

S10
CCCEIC

Página :

3

Análisis de precios unitarios

Obra	0491003	IMPRIMACION ASFALTICA					
Fórmula	01	IMPRIMACION ASFALTICA EN LA CIUDAD DE LIMA				Fecha	15/07/2005
Partida	03.00.00	IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA MODIFICADA					
Rendimiento	10,000.000M2/DIA				Costo unitario directo por : M2		1.66
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	0.50	0.0004	13.13	0.01	
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0008	10.94	0.01	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0008	9.82	0.01	
470104	PEON	HH	1.00	0.0008	8.86	0.01	
						0.04	
	Materiales						
130314	EMULSION ASFALTICA M ODIFICADA	GLN		0.2640	5.04	1.33	
340002	COMBUSTIBLE	GLN		0.0008	12.84	0.01	
						1.34	
	Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.04	0.00	
490202	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	HM	0.50	0.0004	200.00	0.08	
493103	CAMION IMPRIMADOR DE 1500 GLS.	DIA	1.00	0.0001	2,000.00	0.20	
						0.28	

PRECIOS AL MES DE MARZO DEL 2005

FUENTE: REVISTA COSTOS MARZO 2005

FICHA TECNICA Y ESPECIFICACIONES PRODUCTO MOBIL E-PRIME

p a u i m e n t a c i ó n



3 fichas técnicas



FICHAS TÉCNICAS



MOBIL E-PRIMÉ

Descripción

Emulsión asfáltica, de color café oscuro y estado líquido, diseñada y formulada especialmente para imprimaciones de bases granulares.

Propiedades y Ventajas

Es un producto de baja viscosidad, que permita temperaturas de aplicación menores a las de imprimaciones tradicionales; puede aplicarse a temperatura ambiente.

Se puede aplicar en bases secas y húmedas. Posee características de seguridad de manipulación y transporte, a lo que se agregan comprobados beneficios ambientales por su bajo nivel de emanaciones.

Su rapidez de secado, habilidad de penetración y adherencia a bases con distintos tipos de áridos, permite un intervalo de tiempo mucho más corto entre la imprimación y la aplicación de mezclas en caliente o tratamientos superficiales, los que pueden realizarse dentro de 24 horas, al contrario de imprimantes convencionales en los cuales el periodo de espera puede ser de hasta 72 horas.

Especificaciones

Mobil E-Prime producido por Asfaltos Chilenos S.A. cumple con estrictas normas internacionales, establecidas especialmente para las necesidades de desarrollo del producto, las cuales han sido validadas por la Dirección de Vialidad.

Aplicaciones

► Para imprimaciones de un amplio rango de materiales de bases compactadas y estabilizadas. Previa a la aplicación y si ésta se interrumpiera por más de 2 horas, se debe recircular el producto para mantener su homogeneidad. La aplicación se puede realizar a temperatura ambiente y en caso de ser necesario calentar el producto, se recomienda no sobrepasar los 45°C.

Rendimientos

► Dependiendo de la porosidad de la superficie de la base, la dosis a aplicar es entre 0,8 a 1,2 l/m²

Suministro y Almacenamiento

Se comercializa a granel en camiones estanque de 25 toneladas. Para periodos de almacenamiento prolongado (1 mes), sin uso, se recomienda recircular al menos 1 vez por semana. En caso de almacenamiento por más de 3 meses, se debe homogeneizar el producto y enviar una muestra a laboratorio para análisis, previo a su uso. Para las operaciones de carga y descarga, es necesario verificar que los estanques estén suficientemente limpios, a fin de eliminar cualquier grado de contaminación. No debe mezclarse con otros productos tales como asfaltos cortados y emulsiones de distintos grados o polaridad, como tampoco de distintos proveedores.

Seguridad

Se recomienda contar con el equipo de seguridad industrial adecuado, en el manejo de productos asfálticos.

Para mayor información, remítase a la Hoja de Datos de Seguridad del producto.

3 FICHAS TECNICAS

Especificaciones Mobil E-Prime

ENSAYOS	VALORES TÍPICOS	ESPECIFICACIONES		NORMA
	MOBIL E-PRIME	MIN.	MAX.	
Viscosidad a 25°C, (SSU)	48	20	60	NCh2334
Densidad (kg/m³)	970	960	980	NCh2333
Punto de Inflamación (°C)	-100	100		NCh2339
Destilación:				
Residuo (%)	32	20		NCh2347
Acetno (%)	12		15	NCh2347
Al residuo:				
Rotación a 50°C (s)	108	60		ASTM D.139

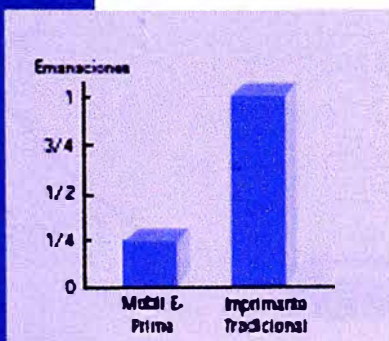
Tabla de aplicaciones recomendadas para imprimación

CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE	TASA DE APLICACIÓN PARA MOBIL E-PRIME (L/m²) (1)	TEMPERATURA DE APLICACIÓN (2)
Cerrada	0.8-0.9	30°C aprox.
Estándar	1.0	20°C aprox.
Ablerta	1.0-1.2	20°C aprox.

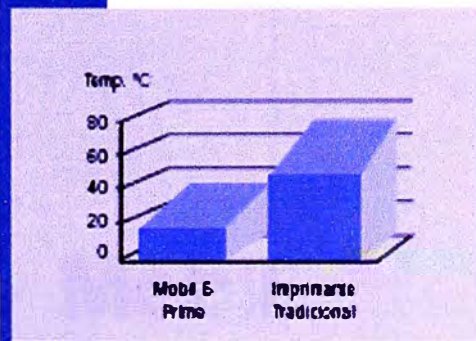
(1) Se recomienda determinar la tasa de aplicación final de acuerdo a las condiciones existentes en terreno.

(2) Esta temperatura podrá ser inferior de acuerdo a las condiciones observadas en la base.

Beneficios Ambientales



Rango de Temperaturas de Aplicaciones



p a v i m e n t a c i ó n



4

especificaciones y ensayos



4



4

ESPECIFICACIONES Y ENSAYOS

TABLA 6

Emulsion Imprimante MOBIL E-PRIME			
ENSAYOS	NORMA	MIN.	MAX.
Viscosidad 25°C, (SSU)	NCh2334	20	60
Punto de Inflamación (°C)	NCh2338	100	
Densidad (Kg/m³)	NCh2333	960	980
Tamizado (%)	NCh2348		0.1
<u>Destilación:</u>			
Residuo (%)	NCh2347	20	
Acete (%)	NCh2347		15
<u>Al residuo:</u>			
Flotación a 50°C (s)	ASTM D-139	60	

TABLA 7

MOBIL MULTIGRADO R.G.			
ENSAYOS	NORMA	MIN.	MAX.
Punto de Ablandamiento (°C)	NCh2337	52	
Penetración a 25°C, 100g. Es. (0.1 mm)	NCh2340	60	80
Ductilidad, 25°C, 5cm/min. (cm)	NCh2342	150	
Mancha (Heptano-Xitol, 20% max. Xitol)	NCh2343	Negativo	
Índice de Penetración	NCh2340	0	
Análisis después de Película Delgada Rotatoria (RTFO)	NCh2346		
- Penetración (% del original)	NCh2340	54	
- Viscosidad Absoluta (a 60°C) (Pa)	NCh2336	18000	

NORMA TECNICA EG-2000
ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA
CONSTRUCCION DE CARRETERAS
CAP IV



Resolución Directoral N° 1146-2000-MTC/15.17

Lima, 27 de diciembre del 2000

CONSIDERANDO:

Que, el Decreto Ley N° 25862, Ley Orgánica del Sector Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, determina que es función de la Dirección General de Caminos, supervisar y en su caso, ejecutar las políticas y normas sobre la Construcción, Mejoramiento, Conservación y Rehabilitación de la Infraestructura de Transportes y Circulación;

Que, dentro de dicho contexto el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción a través del Programa Rehabilitación de Transportes (PRT) - Proyecto Especial Rehabilitación Infraestructura de Transportes (PERT), como parte del Programa de Fortalecimiento Institucional, suscribió Contrato N° 288-95-MTC/15.03.PERT.01 con la firma Barriga Dell'Orto, para la elaboración de las "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-99", con el fin de optimizar la inversión y el desarrollo, incorporar a los presupuestos de obra, los costos que generen la inversión y el desarrollo de los Proyectos que el Sector ejecuta directamente, encarga proyectar, ejecutar y/o supervisar en las recepciones de obra terminada con las responsabilidades respectivas la Dirección General de Caminos.

Que, la Dirección de Carreteras, en Informe N° 076-2000-MTC/15.17.04 HGL y Memorandum N° 5168-2000-MTC/15.17.04, solicita la aprobación de la Segunda Edición de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2000, con el fin de aplicarlo en los Proyectos Viales que ejecuta el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Que, en tal virtud es pertinente dictar el resolutive aprobatorio correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 25862 R.M. N° 247-2000-MTC/15.02 y en uso de las atribuciones contenidas por R.M. N° 434-2000-MTC/15.02

SE RESUELVE:



ARTICULO PRIMERO.- Aprobar la Segunda Edición de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2000, que consta de un tomo de 817 folios, según el siguiente detalle:

- Cap. 1 Preliminares**
- Cap. 2 Movimiento de Tierras**
- Cap. 3 Sub Base y Bases**
- Cap. 4 Pavimento Asfáltico**
- Cap. 5 Pavimento de Concreto Hidráulico**
- Cap. 6 Obras de arte y Drenaje**
- Cap. 7 Transporte**
- Cap. 8 Señalización y Seguridad Vial**
- Cap. 9 Protección Ambiental**
- Anexo 1 Proceso Aleatorio para seleccionar la ubicación de puntos de Muestreo.**
- Anexo 2 Índice de Partidas.**

ARTICULO SEGUNDO.- Disponer que el documento aprobado por el artículo primero, sea aplicado en los Proyectos Viales que ejecuta el MTC

Regístrese y Comuníquese.

A. PRESENTACION

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (EG - 2000)

La Dirección General de Caminos a través de la Oficina de Control de Calidad en cumplimiento a su labor Normativa ha elaborado la Segunda Edición de las especificaciones Generales para Construcción de Carreteras (EG 2000)

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción y en especial la Dirección General de Caminos agradecen la colaboración de todos los profesionales e instituciones que hicieron posible de ésta segunda edición y mantiene su compromiso de actualizarse periódicamente.

Lima, Perú, 2000

B PREFACIO A LA SEGUNDA EDICION

Con la publicación de la primera edición de las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras (EG-99), el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción buscó uniformizar los criterios generales para el empleo de agregados, materiales y procedimientos constructivos empleados en Ingeniería.

En este contexto se establecieron y definieron conceptos en función al nivel de implementación, tipo de equipos y personal involucrado en tareas constructivas, los mismos que son de conocimiento general.

A comienzos del nuevo milenio se presenta la segunda edición de las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000), con las modificaciones acordes al desarrollo actual correspondientes a requerimientos de Calidad de Materiales y Agregados en nuestro medio, las cuales buscan el nivel de calidad de las Obras, acordes con la inversión ejecutada en cada caso.

Las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras EG-2000, son concordantes con las recomendaciones y exigencias establecidas por Instituciones Técnicas reconocidas Internacionalmente como AASHTO, ASTM, Instituto del Asfalto, entre otros, ACI, etc. así también con las condiciones propias y particulares de nuestro país.

C. CAPITULOS

Generalidades

Capítulo 1 : Preliminares

Capítulo 2 : Movimiento de Tierras

Capítulo 3 : Subbases y Bases

Capítulo 4 : Pavimento Asfáltico

Capítulo 5 : Pavimento de Concreto Hidráulico

Capítulo 6 : Obras de Arte y Drenaje

Capítulo 7 : Transporte

Capítulo 8 : Señalización y Seguridad Vial

Capítulo 9 : Protección Ambiental

Anexo 1 : Proceso aleatorio para seleccionar la Ubicación de Puntos de Muestreo

Anexo 2 : Índice de Partidas

CAPITULO IV PAVIMENTO ASFALTICO

Sección 400 : Disposiciones Generales para la Ejecución de Riegos de Imprimación y Liga, Tratamientos Superficiales, Sellos de Arena Asfalto, Lechadas Asfálticas, Mezclas Densas y Abiertas en Frío y en Caliente

Sección 401 : Imprimación Asfáltica

Sección 402 : Riego de Liga

Sección 405 : Tratamientos Superficiales

Sección 406 : Sello de Arena - Asfalto

Sección 407 : Lechada Asfáltica

Sección 410 : Pavimento de Concreto Asfáltico Caliente

Sección 420 : Cemento Asfáltico

Sección 421 : Emulsión Asfáltica

Sección 422 : Asfaltos Diluidos (Cut Back)

Sección 423 : Filler o Relleno Mineral

Sección 424 : Mejoradores de Adherencia

SECCION 400 Disposiciones Generales para la Ejecución de Riegos de Imprimación y Liga, Tratamientos Superficiales, Sellos de Arena Asfalto, Lechadas Asfálticas, Mezclas Densas y Abiertas en Frío y en Caliente

Descripción

400.01 Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos de imprimación y riegos de liga; tratamientos superficiales; lechadas asfálticas; carpetas asfálticas en frío y en caliente.

Materiales

400.02 Los materiales a utilizar deberán responder a los siguientes requerimientos:

(a) Agregados pétreos y polvo mineral

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una

capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad.

Para el objeto de estas especificaciones, se denominará agregado grueso la porción del agregado retenido en el tamiz de 4.75 mm (N° 4); agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 mm (N° 4 y N° 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 mm (N° 200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en cada especificación.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última dentro del conjunto se encuentra definida en la respectiva especificación. Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en cada especificación.

El polvo mineral o llenante provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. Podrá usarse una fracción del material proveniente de la clasificación, siempre que se verifique que no tenga actividad y que sea no plástico. Su peso unitario aparente, determinado por el ensayo de sedimentación en tolueno, deberá encontrarse entre cinco y ocho décimas de gramo por centímetro cúbico (0,5 y 0,8 g/cm³) (BS 812, NLT 176) y su coeficiente de emulsibilidad deberá ser inferior a seis décimas (0,6).

La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral deberá ajustarse a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría.

(b) Cemento asfáltico

El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la **Tabla N° 400-1**, las consideraciones del Proyecto y las indicaciones del Supervisor.

Tabla N° 400-1

Mezclas en Caliente Tipo de Cemento Asfáltico Clasificado según Penetración

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C 15°C	15°C 5°C	Menos de 5°C
40 – 50 ó 60-70 Modificado	ó 60-70	85 – 100 120 - 150	Asfalto Modificado

Los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establecen las **Tablas N° 400-2 y N° 400-3**.

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a temperatura de 175°C.

El cemento asfáltico podrá modificarse mediante la adición de activantes, rejuvenecedores, polímeros, asfaltos naturales o cualquier otro producto garantizado por los productos correspondientes. En tales casos, las especificaciones particulares establecerán el tipo de adición y las especificaciones que deberán cumplir tanto el ligante modificado como las mezclas asfálticas resultantes. La dosificación y dispersión homogénea del producto de adición deberán tener la aprobación del Supervisor.

Tabla N° 400-2

Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Penetración

CARACTERISTICAS	ENSAYO	GRADO DE PENETRACION							
		40-50		60-70		85-100		120-150	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Penetración 25°C, 100 g, 5s, 0.1mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150
Punto de Inflamación COC, °C	MTC E 312	232	-	232	-	232	-	218	-
Ductibilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	MTC E 302	99	-	99	-	99	-	99	-
Susceptibilidad Termica Ensayo de Película delgada en Horno, 3.2 mm, 163°C, 5 hrs	MTC E 316								
-Pérdida de Masa%		-	0.8	-	0.8	-	1	-	1.5
-Penetración del Residuo, % de la Penetración Original	MTC E 304	55	-	52	-	47	-	42	-
-Ductibilidad del Residuo, 25°C 5 cm/min, cm	MTC E 306	-	-	50	-	75	-	100	-
Indice de Susceptibilidad Termica		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
Ensayo de la Mancha con Solvente Heptano-Xileno 20%(opcional)	MTC E 314	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

Tabla N° 400-3

Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Viscosidad

Características	Ensayo	Grado de Viscosidad			
		AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta 60°C, Pa.s (Poises)	MTC E 308	50 ±5 (500 ±100)	100 ±20 (1000 ±200)	200 ±40 (2000 ±400)	400 ±80 (4000 ±800)
Viscosidad Cinemática, 135°C mm ² /s, mínimo	MTC E 301	100	150	210	300
Penetración 25°C, 100 gr. 5s mínimo	MTC E 304	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C,	MTC E 303	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno % masa, mínimo	MTC E 302	99	99	99	99
Susceptibilidad Términa Ensayo de Película Delgada en Horno	MTC E 316				
➤ Viscosidad Absoluta, 60°C, Pa.s (Poises) máximo	MTC E 304	200 -2000	400 -4000	800 -8000	1600 -16000
➤ Ductibilidad, 25°C, 5 cm/min, cm. Mínimo	MTC E 306	100	50	20	10
Ensayo de la mancha con solvente Heptano-xileno	MTC E 314	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

(c) Emulsiones asfálticas

De acuerdo con la aplicación y según lo establezca la respectiva especificación, se utilizarán emulsiones catiónicas de rotura rápida, media o lenta, cuyas características básicas se presentan en la **Tabla N° 400-4**.

Las emulsiones catiónicas podrán ser modificadas mediante polímeros, en tal caso las Especificaciones de calidad, dosificación y dispersión del producto deberán tener la aprobación del Supervisor.

(d) Asfaltos diluidos (Tipo Cutback)

Se aplicarán en determinados casos, según lo establezca la respectiva especificación.

Estos asfaltos pueden ser de curado medio (MC) o curado rápido (RC).

Los asfaltos de curado medio responderán a los requisitos de calidad que se indican en la **Tabla N° 400-5** y los de curado rápido a los de la **Tabla N° 400-6**.

Tabla N° 400-4

Especificaciones para Emulsiones Catiónicas (ASTM D-2397)

TIPO DE EMULSIONES	ROTURA RAPIDA		ROTURA MEDIA				ROTURA LENTA					
	CRS - 1		CRS - 2		CMS-2		CMS - 2h		CSS - 1		CSS - 1h	
1. ENSAYO SOBRE EMULSIONES	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Viscosidad												
• Saybolt Furol a 25 C Seg	20	100							20	100	20	100
• Saybolt Furol a 50 C Seg			100	400	50	450	50	450				
Estabilidad de Almacenamiento												
• Sedimentación a los 7 días %		1		1		1		1		1		1
Destilación												
• Contenido de Asfalto Residual %	60		65		65		65		57		57	0
• Contenido de Disolventes %		3		3		12		12				
Tamizado												
• Retenido T 20 (850 mm)		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1
Rotura												
• Dioctilsulfosuccinato sódico %	40		40									
• Mezcla con cemento %												2
Carga Partícula	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
Recubrimiento del agregado y resistencia de desplazamiento												
• Con agregado seco					Buena							

TIPO DE EMULSIONES	ROTURA RAPIDA		ROTURA MEDIA		ROTURA LENTA							
	CRS - 1	CRS - 2	CMS-2	CMS - 2h	CSS - 1	CSS - 1h						
• Con agregado seco					Buena							
• Con agregado seco y acción del					Satisfactoria							
• Con agregado húmedo					Satisfactoria							
• Con agregado húmedo y acción del					Satisfactoria							
DESTILACION												
Penetración (25°C, 100 gr, 5 seg) 0.1 mm.	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
Ductilidad (25°C, 5 cm/m) cm	40		40		40		40		40		40	
Tricloroetileno %	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

(e) Aditivos mejoradores de adherencia

En caso de que los requisitos de adhesividad indicados en cada especificación no sean satisfechos, no se permitirá el empleo del agregado, salvo que se incorpore un producto mejorador de adherencia de calidad reconocida, en una proporción que deberá ser aprobada por el Supervisor

(f) Temperatura de Aplicación del Material Bituminoso

El material bituminoso a utilizar en los diferentes trabajos según la especificación respectiva será obligatoriamente aplicado dentro de los rangos establecidos por la carta viscosidad - temperatura debidamente aprobado por el Supervisor.

Equipo

400.03 Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

Tabla N° 400-5

Requisitos de Material Bituminoso Diluido de Curado Medio

Características	Ensayo	MC-30		MC-70		MC-250	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad Cinemática a 60°C, mm ² /s	MTC E 301	30	60	70	140	250	500
Punto de Inflamación (TAG, Copa abierta) °C	MTC E 312	38		38		66	
Destilación, volumen total destilado hasta 360°C, %Vol	MTC E 313	40	25	0	20	0	10
➤ A 190°C		75	70	20	60	15	55
➤ A 225°C			93	65	90	60	87
➤ A 260°C							
➤ A 315°C							
Residuo de la destilación a 315°C		50		55		67	
Pruebas sobre el residuo de la destilación	MTC E 306	100	-	100		100	-
➤ Ductilidad a 25°C, 5 cm/min., cm. Penetración a 25°C, 100 gr., 5 seg. (*)	MTC E 304	120	250 120	120 30	250 120	120 30	250 120
➤ Viscosidad absoluta a 60°C, Pa.s		30					
➤ Solubilidad en tricloetileno, %	MTC E 302	99		99		99	
Contenido de agua, % del volumen		-	0,2	-	0,2	-	0,2

Tabla N° 400-6

**Requisitos de Material Bituminoso Diluido para Curado Rápido
(AASHTO M-81)**

Características	Ensayo	RC-70		RC-250		RC-800	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad Cinemática a 60°C, mm ² /s	MTC E 301	70	140	250	500	800	1600
Punto de Inflamación (TAG, Capa abierta) °C	MTC E 312	-	-	27	-	27	-
Destilación, volumen Total destilado hasta 360°C, %Vol.	MTC E 313						
A 190°C		10	-	-	-	-	-
A 225°C		50	-	35	-	15	-
A 260°C		70	-	60	-	45	-
A 316°C	85	-	80	-	75	-	
Residuo de la destilación a 360°C		55		65	-	75	-
Pruebas sobre el residuo de la destilación							
Ductilidad a 25°C, 5cm/min., cm.	MTC E 306	100	-	100	-	100	-
Penetración a 25°C, 100 gr., 5 seg. (*)	MTC E 304	80	120	80	120	80	120
		60	240	60	240	60	240
Viscosidad absoluta a 60°C, Pa.s	MTC E 302	99	-	99	-	99	-
Solubilidad en tricloetileno, %							
Contenido de agua, % del volumen		-	0.2	-	0.2	-	0.2

(*) Opcionalmente se puede reportar Penetración en vez de viscosidad.

Tabla N° 400-7

Rangos de Temperatura de Aplicación (°C)

Tipo y Grado del Asfalto	Rangos de Temperatura	
	En Esparcido o Riego	En Mezclas Asfálticas (1)
Asfaltos Diluidos:		
MC-30	30-(2)	-
RC-70 o MC-70	50-(2)	-
RC-250 o MC-250	75-(2)	60-80(3)
RC-800 o MC-800	95-(2)	75-100(3)
Emulsiones Asfálticas		
CRS-1	50-85	-
CRS-2	60-85	-
CMS-2	40-70	50-60
CMS-2h; CSS-1; CSS-1h	20-70	20-70
Cemento Asfáltico		
Todos los grados	140 máx (4)	140 máx (4)

- (1) Temperatura de mezcla inmediatamente después de preparada.
 (2) Máxima temperatura en la que no ocurre vapores o espuma
 (3) Temperatura en la que puede ocurrir inflamación. Se deben tomar precauciones para prevenir fuego o explosiones.
 (4) Se podrá elevar esta temperatura de acuerdo a las cartas temperatura-viscosidad del fabricante.

Requerimientos de Construcción

400.04 Explotación de materiales y producción de agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, la cual no implica

necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Contratista no cumple con estos requerimientos, el Supervisor exigirá los cambios que considere necesarios.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán ejecutar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá efectuarlos en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Contratista remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas, debiendo cumplir con lo indicado en la **Subsección 05.06**.

400.05 Fórmulas de trabajo para mezclas asfálticas, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas

Antes de iniciar el acopio de los materiales, el Contratista deberá suministrar para verificación del Supervisor muestras de ellos, del producto bituminoso por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el tratamiento o mezcla. El Supervisor después de las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los materiales, solicitará al Contratista definir una "FÓRMULA DE TRABAJO" que obligatoriamente deberá cumplir las exigencias establecidas en la especificación correspondiente. En dicha fórmula se consignará la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en ellos que deben mezclarse, junto con el polvo mineral, para obtener la gradación aprobada.

En el caso de mezclas y lechadas asfálticas deberán indicarse, además, el porcentaje de ligante bituminoso en relación con el peso de la mezcla y el porcentaje de aditivo respecto al peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria. Si la mezcla es en frío y requiere la incorporación de agua, deberá indicarse la proporción de ésta.

En el caso de mezclas en caliente también deberán señalarse:

Los tiempos requeridos para la mezcla de agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.

- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de los agregados y el ligante. En ningún caso se introducirán en el mezclador agregados pétreos a una temperatura que sea superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15 °C).
- Porcentaje de filler respecto al peso de la mezcla, en caso sea necesario su utilización.
- Las temperaturas máximas y mínimas al salir del mezclador.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga de los elementos de transporte.
- La temperatura mínima de la mezcla al inicio y terminación de la compactación.

Cuando se trate de tratamientos superficiales, el Contratista deberá informar al Supervisor las cantidades de ligante asfáltico y agregados pétreos para los distintos riegos, incluyendo la posible incorporación de aditivos.

La aprobación definitiva de la fórmula de trabajo por parte del Supervisor no exime al Contratista de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida por la respectiva especificación.

Las tolerancias que se admiten en los trabajos específicos se aplican a la Fórmula de Trabajo que es única para toda la ejecución de la obra. La fórmula aprobada sólo podrá modificarse durante la ejecución de los trabajos, si se produce cambios en los materiales, canteras o si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Supervisor.

400.06 Tramo de prueba en mezclas nuevas, tratamientos y lechadas asfálticas

Antes de iniciar los trabajos, el Contratista emprenderá un tramo de prueba para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas de acuerdo con el Supervisor, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de la mezcla o tratamiento, de manera que se cumplan los requisitos de la respectiva especificación.

En el caso de la construcción de lechadas asfálticas se hace necesario la compactación en aquellas áreas donde el espesor sea mayor que $\frac{1}{4}$ " (6 mm.).

El Supervisor tomará muestras del tratamiento, lechada o mezcla, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Contratista deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas en los equipos y sistemas o, si llega a ser necesario, en la fórmula de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones.

El Supervisor determinará si es aceptable la ejecución de los tramos de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

En el caso de tratamientos superficiales y lechadas asfálticas se definirán en esta fase sus tiempos de rotura y curado, con el fin de que se puedan tomar las provisiones necesarias en el control del tránsito público.

En caso que los tramos de prueba sean rechazados o resulten defectuosos el Contratista deberá levantarlo totalmente, transportando los residuos a las zonas

de depósito indicadas en el Proyecto u ordenados por el Supervisor. El Contratista deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de producción de agregados, preparación de mezcla, extensión y compactación hasta que ellos resulten satisfactorios para el Supervisor, debiendo repetirse los tramos de prueba cuantas veces sea necesario. Todo esto a costo del Contratista.

El empleo de pavimento asfáltico en la construcción de carreteras requiere tener un adecuado manejo ambiental, dado que las consecuencias pueden ser grandes. Para lo cual, se requiere realizar una serie de acciones complementarias para que sus efectos negativos se minimicen o eviten y no altere el ecosistema.

Para realizar las actividades de suministrar y aplicar materiales diversos a una base, la cual ha sido preparada con anterioridad, es necesario considerar las implicancias ambientales para ser tratados adecuadamente.

Durante la aplicación del material bituminoso, el contratista deberá contar con extintores, dispuestos en lugares de fácil accesibilidad para el personal de obra, debido a que las temperaturas en las que se trabajan pueden generar incendios.

En estas etapas, se debe contar con un botiquín permanente que reúna los implementos apropiados para cualquier tipo de quemaduras que pudiera sufrir el personal de obra. Además, es conveniente dotar al personal de obra que trabaja directamente en las labores de aplicación del material bituminoso, con equipos idóneos para la protección de los gases que emanen de éstas.

Se debe disponer, si las condiciones así lo requieren, de un personal exclusivo para vigilar y evitar que personas ajenas a las obras ingresen a las zonas de obra, para que no retrasen las labores y salvaguardar su integridad física. También se debe disponer de un vehículo para casos en que ocurran eventuales accidentes.

Se debe dar la protección adecuada para evitar que se manche y dañe la infraestructura adyacente a la vía, ya que los costos de rehabilitación de lo

dañado puede ser muy elevado. Se debe proteger veredas, cursos de agua, jardines, áreas verdes naturales, zonas arqueológicas, etc.

En las áreas que han sido tratadas, no se debe permitir el paso de vehículos, para lo cual se instalarán las señalizaciones y desvíos correspondientes, sin que perturbe en gran medida el normal tránsito de los vehículos. En las probables zonas críticas indicadas en el proyecto se debe dar una protección adecuada contra los factores climáticos, geodinámicos, etc., a fin de que no se retrasen las obras y aumenten los costos que han sido determinados para estas actividades.

400.07 Aceptación de los trabajos

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

(a) Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar la implementación para cada fase de los trabajos de lo especificado en la Sección 103 de este documento.
- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- Verificar que las plantas de asfalto y de trituración estén provistas de filtros, captadores de polvo, sedimentadores de lodo y otros aditamentos que el Supervisor considere adecuados y necesarios para impedir emanaciones de elementos particulados y gases que puedan afectar el entorno ambiental.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos en la **Subsección 400.02.**
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado del tramo de prueba, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados,

así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas.

- Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como control de las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación de las mezclas (los requisitos de temperatura son aplicables sólo a las mezclas elaboradas en caliente).
- Efectuar ensayos de control de mezcla, extracción de asfalto y granulometría en lechadas asfálticas.
- Ejecutar ensayos para verificar las dosificaciones de agregados y ligante en tratamientos superficiales, así como la granulometría de aquellos.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones de ligante en riegos de liga e imprimaciones.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezclas o lechadas asfálticas durante el período de ejecución de las obras.
- Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda.

El Contratista rellenará inmediatamente con mezcla asfáltica, a su costo, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en la respectiva especificación.

También cubrirá, sin costo para el MTC, las áreas en las que el Supervisor efectúe verificaciones de la dosificación de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Tanto las condiciones de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas, se indican en las especificaciones correspondientes. Todos los ensayos y mediciones requeridas para el recibo de los trabajos especificados, estarán a cargo del Supervisor. Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor y a satisfacción de éste.

Medición

400.08 La medición se efectuará de la siguiente forma:

(a) Ejecución de riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas

La unidad de medida será el metro cuadrado (m²), aproximado al entero, de todo trabajo ejecutado a satisfacción del Supervisor, de acuerdo a lo exigido en la especificación respectiva.

El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Supervisor.

El material bituminoso se medirá de acuerdo a lo indicado en la especificación respectiva.

No se medirá ninguna área por fuera de tales límites.

(b) Ejecución de mezclas densas y abiertas en frío y en caliente

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla suministrada y compactada en obra a satisfacción del Supervisor, de acuerdo con lo exigido por la especificación respectiva.

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

El material bituminoso se medirá de acuerdo a lo indicado en la especificación respectiva.

No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

(c) Ejecución de bacheos con mezcla asfáltica

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de bacheo con mezcla asfáltica ejecutado a satisfacción del Supervisor, de acuerdo con lo exigido por la especificación respectiva.

El volumen se determinará multiplicando la superficie en donde el Supervisor haya autorizado el trabajo, por el espesor compacto promedio en que se haya colocado la mezcla, de acuerdo con la especificación respectiva.

Pago

400.09 Ejecución de riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado, para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Supervisor.

En los casos en que el trabajo incluya el empleo de agregados pétreos, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de su adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; la obtención de licencias ambientales, las instalaciones provisionales, los costos de

arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, lavado, suministro de los materiales pétreos, desperdicios, cargas, transportes, descargas, clasificación, transporte al punto de aplicación, colocación, mezcla (en el caso de lechadas asfálticas) y compactación de los materiales utilizados, en los casos en que ello corresponda.

También, deberá incluir los costos de la definición de la fórmula de trabajo cuando se requiera, los del tramo de prueba y todo costo relacionado con la correcta ejecución de cada trabajo, según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

En todos los casos, el precio deberá incluir el suministro en el sitio, almacenamiento, desperdicios y aplicación de agua y aditivos mejoradores de adherencia y de control de rotura que se requieran; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser manchados por riegos de asfalto, así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Se excluye del pago el costo de suministro y aplicación en el sitio de los materiales bituminosos, que se pagarán de acuerdo a la especificación respectiva.

400.10 Ejecución de mezclas abiertas y densas en caliente

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico, para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aceptada a satisfacción por el Supervisor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de licencias ambientales para la explotación de los agregados y la elaboración de las mezclas; las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, lavado, suministro de los materiales

pétreos, desperdicios, elaboración de las mezclas, cargas, transporte interno y descargas de agregados y mezclas; así como el transporte al punto de aplicación, la colocación, nivelación y compactación de las mezclas elaboradas.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de la definición de la fórmula de trabajo, del tramo de prueba y todo costo relacionado con la correcta ejecución de cada trabajo, según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

Se excluyen del precio unitario el suministro del producto asfáltico para la mezcla, el cual se pagará de acuerdo con la especificación respectiva. En caso de requerirse filler como aglomerante de mezcla y mejorador de adherencia, también estará excluido del precio unitario de la mezcla.

Otros tipos de aditivos se incluirán dentro del precio de la mezcla

Sección 401 : Imprimación Asfáltica

Descripción

401.01 Bajo este ítem, el Contratista debe suministrar y aplicar material bituminoso a una base o capa del camino, preparada con anterioridad, de acuerdo con las Especificaciones y de conformidad con los planos. Consiste en la incorporación de asfalto a la superficie de una Base, a fin de prepararla para recibir una capa de pavimento asfáltico.

Materiales

401.02 El material bituminoso a aplicar en este trabajo será el siguiente:

- (a) Emulsiones Asfálticas de curado rápido (CRS-1, CRS-2) diluido con agua, de acuerdo a la textura de la Base .
- (b) Podría ser admitido el uso de Asfalto líquido, de grados MC-30, MC-70 ó MC-250 que cumpla con los requisitos de la **Tabla N° 400-5**.

El tipo de material a utilizar deberá ser establecido en el Proyecto o según lo indique el Supervisor. El material debe ser aplicado tal como sale de planta, sin agregar ningún solvente o material que altere sus características.

La cantidad por m² de material bituminoso, debe estar comprendido entre 0,7 - 1,5 lt/m² para una penetración dentro de la capa granular de apoyo de 7 mm por lo menos, verificándose esto cada 25m.

Antes de la iniciación del trabajo, el Supervisor aprobará la tasa de aplicación del material de acuerdo a los resultados del tramo de prueba **Subsección 300.05**.

Equipo

401.03 Se aplica lo especificado en la **Subsección 400.03** de este documento.

Adicionalmente se deberá cumplir lo siguiente:

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza y carrotanques irrigadores de agua y asfalto.

El equipo para limpieza estará constituido por una barredora mecánica y/o una sopladora mecánica. La primera será del tipo rotatorio y ambas serán operadas mediante empuje o arrastre con tractor. Como equipo adicional podrán utilizarse compresores, escobas, y demás implementos que el Supervisor autorice.

El carrotanque imprimador de materiales bituminosos deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no podrá encontrarse cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

Requerimientos de Construcción

401.04 Clima

La capa de imprimación debe ser aplicada solamente cuando la temperatura atmosférica a la sombra este por encima de los 10°C y la superficie del camino esté razonablemente seca y las condiciones climáticas, en la opinión de la Supervisión, se vean favorables (no lluviosos, ni muy nublado).

401.05 Preparación de la Superficie

La superficie de la base que debe ser imprimada (impermeabilizada) debe estar en conformidad con los alineamientos, gradientes y secciones típicas mostradas en los planos y con los requisitos de las Especificaciones relativas a la Base Granular.

Antes de la aplicación de la capa de imprimación, todo material suelto o extraño debe ser eliminado por medio de una barredora mecánica y/o un soplador mecánico, según sea necesario. Las concentraciones de material fino deben ser removidas por medio de la cuchilla niveladora o con una ligera escarificación. Cuando lo autorice el Supervisor, la superficie preparada puede ser ligeramente humedecida por medio de rociado, inmediatamente antes de la aplicación del material de imprimación.

401.06 Aplicación de la Capa de Imprimación

Durante la ejecución el Contratista debe tomar las precauciones necesarias para evitar incendios, siendo el responsable por cualquier accidente que pudiera ocurrir.

El material bituminoso de imprimación debe ser aplicado sobre la base completamente limpia, or un distribuidor a presión que cumpla con los requisitos indicados anteriormente. El Contratista dispondrá de cartones o papel grueso que acomodará en la Base antes de imprimir, para evitar la superposición de riegos, sobre una área ya imprimada, al accionar la llave de riego debiendo existir un empalme exacto. El material debe ser aplicado uniformemente a la temperatura y a la velocidad de régimen especificada por el Supervisor. En general, el régimen debe estar entre 0,7 a 1,5 lts/m², dependiendo de cómo se halle la textura superficial de la base.

La temperatura del material bituminoso en el momento de aplicación, debe estar comprendida dentro de los límites establecidos en la **Tabla N° 400-7**, y será aplicado a la temperatura que apruebe el Supervisor.

Al aplicar la capa de imprimación, el distribuidor debe ser conducido a lo largo de un filo marcado para mantener una línea recta de aplicación. El Contratista debe determinar la tasa de aplicación del ligante y hacer los ajustes necesarios. Algún área que no reciba el tratamiento, debe ser inmediatamente imprimada usando una manguera conectada al distribuidor. Si las condiciones de tráfico lo permiten, la aplicación debe ser hecha sólo en la mitad del ancho de la Base. Debe tenerse cuidado de colocar la cantidad correcta de material bituminoso a lo largo de la junta longitudinal resultante. Inmediatamente después de la aplicación de la capa de imprimación, ésta debe ser protegida por avisos y barricadas que impidan el tránsito durante el período de curado (4 días aprox.).

401.07 Protección de las Estructuras Adyacentes

La superficie de todas las estructuras y árboles adyacentes al área sujeta a tratamiento, deben ser protegidas de manera tal, que se eviten salpicaduras o

manchas. En caso de que esas salpicaduras o manchas ocurran, el Contratista deberá, por cuenta propia, retirar el material y reparar todo daño ocasionado.

401.08 Apertura al Tráfico y Mantenimiento

El área imprimada debe airearse, sin ser arenada por un término de 24 horas, a menos que lo ordene de otra manera el Supervisor. Si el clima es frío o si el material de imprimación no ha penetrado completamente en la superficie de la base, un período más largo de tiempo podrá ser necesario. Cualquier exceso de material bituminoso que quede en la superficie después de tal lapso debe ser retirado usando arena, u otro material aprobado que lo absorba y como lo ordene el Supervisor, antes de que se reanude el tráfico.

El Contratista deberá conservar satisfactoriamente la superficie imprimada hasta que la capa de superficie sea colocada. La labor de conservación debe incluir, el extender cualquier cantidad adicional de arena u otro material aprobado necesario para evitar la adherencia de la capa de imprimación a las llantas de los vehículos y parchar las roturas de la superficie imprimada con mezcla bituminosa. En otras palabras, cualquier área de superficie imprimada que resulte dañada por el tráfico de vehículos o por otra causa, deberá ser reparada antes de que la capa superficial sea colocada, a costo del Contratista.

401.09 Aceptación de los trabajos

(a) Controles

Se aplica todo lo que sea pertinente de la **Subsección 400.07(a)**

(b) Calidad del material asfáltico

A la llegada de cada camión termotanque con cemento asfáltico o emulsión asfáltica para el riego, el Contratista deberá entregar al Supervisor un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que éste cumple con las condiciones especificadas en las Subsecciones 400.02(c) ó 400.02(d) de la Sección 400 de las presentes especificaciones, según el material bituminoso que se esté utilizando.

El Supervisor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de material bituminoso que no se encuentren respaldados por la certificación de calidad del fabricante. En el caso de empleo de asfalto diluido, el Supervisor comprobará mediante muestras representativas (mínimo una muestra por cada 9000 galones o antes si el volumen de entrega es menor), el grado de viscosidad cinemática del producto, mientras que si está utilizando emulsión asfáltica, se comprobará su tipo, contenido de agua y penetración del residuo. En todos los casos, guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, cuando el Contratista o el fabricante manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las **Tablas N° 400-4, 400-5 ó 400- 6**, según el caso de estas especificaciones.

(c) Dosificación

El Supervisor se abstendrá de aceptar áreas imprimadas donde la dosificación varíe de la aprobada por él en más de diez por ciento (10%).

Medición

401.10 Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.08(a)** de este documento. El precio incluye la aplicación de arena cuando sea requerido. El material bituminoso se medirá de acuerdo al tipo de material y régimen de riego aprobado por el Supervisor aplicado al área establecida según **Subsección 400.08(a)** de este documento.

Pago

401.11 Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.09** de este documento.

El material bituminoso se pagará de acuerdo con el tipo de material utilizado y según lo establecido en la **Sección 421** o **422** de este documento.

Item de Pago	Unidad de Pago
401.A Imprimación Asfáltica	Metro cuadrado(m ²)

Sección 402 : Riego de Liga

Descripción

402.01 En esta especificación se establecen los requisitos para la aplicación de material asfáltico sobre una superficie bituminosa o una de concreto de Cemento Portland, previa a la extensión de otra capa bituminosa. El riego de liga debe ser muy delgado y debe cubrir uniformemente el área a ser pavimentada.

Materiales

402.02 Los materiales asfálticos que se pueden utilizar para la aplicación del Riego de Liga son:

- Cemento Asfáltico 40/50; 60/70; 85/100 o 120/150, según requisitos establecidos en la **Tabla N° 400-2**.
- Emulsión Catiónica de rotura rápida CRS-1 o CRS-2 (según **Tabla N° 400-4, Sección 400**).

El tipo de material asfáltico debe ser seleccionado e indicado en los planos del Proyecto y debe satisfacer los requisitos establecidos en la **Subsección 400.02(b)** y **400.02(c)** de este documento.

Con suficiente anticipación al comienzo de los trabajos de Riego de Liga, "El Contratista" debe someter a la aprobación de la Supervisión muestra (s) del material asfáltico del tipo seleccionado. No se deben iniciar dichos trabajos sin la previa aprobación, por escrito, de dicho material por la Supervisión.

De acuerdo al tipo de material asfáltico seleccionado, se debe determinar la cantidad de litros de material asfáltico que se debe aplicar por metro cuadrado de base, a menos que esa información estuviese indicada en los planos. El cuadro siguiente debe servir como guía para hacer dicha determinación:

Cantidad de Aplicación de Material Asfáltico para Riego de Liga

Material Asfáltico	Tipo	Cantidad (l/m ²)
Cemento Asfáltico	40/50; 60/70; 80/100 o 120/150	0,1 – 0,4
Emulsión diluida con agua en partes iguales	CRS-1 o CRS-2	0,2 – 0,7

Equipo

402.03 Se aplica lo indicado en la **Subsección 401.03** de este documento.

Adicionalmente podrá utilizarse cocinas asfálticas portátiles con elementos de irrigación a presión o de una extensión del tanque imprimador con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

No se permitirá el uso de regaderas manuales recipientes perforados u otros implementos que no garanticen una aplicación homogénea del riego de liga sobre la superficie.

Requerimientos de Construcción

402.04 Preparación de la Superficie

La superficie sobre la cual ha de aplicarse el riego deberá cumplir todos los requisitos de uniformidad exigidos para que pueda recibir la capa asfáltica según lo contemplen los documentos del Proyecto. De no ser así, el Contratista deberá realizar todas las correcciones previas que le indique el Supervisor.

La superficie deberá ser limpiada de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial para el trabajo, empleando barredoras o sopladoras mecánicas en sitios accesibles a ellas y escobas manuales donde aquellas no puedan acceder.

402.05 Aplicación del Material Bituminoso

El control de la cantidad de material asfáltico aplicado en el Riego de Liga se debe hacer comprobando la adherencia al tacto de la cubierta recién regada. La variación, permitida de la proporción (L/m²) seleccionada, no debe exceder en 10%, por exceso o por defecto, a dicha proporción.

Durante la aplicación del Riego de Liga, el Contratista debe tomar todas las precauciones necesarias para evitar cualquier contacto de llamas o chispas con los materiales asfálticos y con gases que se desprenden de los mismos. El Contratista es responsable por los accidentes que puedan ocurrir por la omisión de tales precauciones.

El riego solo se aplicará cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa bituminosa, para que presente las condiciones de adherencia requeridas.

No se requerirá riego de liga en el caso de mezclas asfálticas colocadas como máximo dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) de la colocación de la primera capa asfáltica y no haya habido tránsito vehicular, ni contaminación de la superficie.

No se permitirán riegos de liga cuando la temperatura ambiental a la sombra y de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5°C) o haya lluvia o apariencia que pueda ocurrir.

La secuencia de los trabajos de pavimentación asfáltica se debe planear de manera que las áreas que sean cubiertas con el Riego de Liga se les aplique el mismo día la capa asfáltica subsiguiente.

El Contratista debe tomar las precauciones necesarias para evitar que con el riego del material asfáltico se manchen sumideros, cunetas, barandas, etc. Igualmente debe proteger la vegetación adyacente a la zona para evitar que sea salpicada o dañada. El Contratista está obligado a limpiar y a reparar todo lo que resulte afectado por el Riego de Liga sin recibir compensación alguna por tales trabajos.

402.06 Aceptación de los trabajos

(a) Controles

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.07(a)** de este documento, en lo que es pertinente a esta especificación.

(b) Calidad del material bituminoso

A la llegada de cada camión termotanque con cemento asfáltico o emulsión asfáltica para el riego de liga, el Contratista deberá entregar al Supervisor un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que éste cumple con las condiciones especificadas en las **Subsecciones 400.02(b)** ó **400.02(c)** de la **Sección 400** de las presentes especificaciones, según el material bituminoso que se esté utilizando.

El Supervisor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de material bituminoso que no se encuentren respaldados por la certificación de calidad del fabricante. En el caso de empleo de cemento asfáltico, el Supervisor comprobará, mediante muestras representativas mínimo una cada 9000 galones ó antes si el volumen de entrega es menor, el grado de viscosidad absoluta del producto, mientras que si está utilizando emulsión asfáltica, se comprobará su tipo, contenido de agua y penetración del residuo. En todos los casos, guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, cuando el Contratista o el fabricante manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las **Tablas N° 400-2, N° 400-3 ó N° 400-4**, según el caso, de las presentes especificaciones.

Medición

402.07 Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.08(a)** de este documento. El material bituminoso se medirá de acuerdo al tipo de material y régimen de riego aprobado por el Supervisor aplicado al área establecida según **Subsección 400.08(a)** de este documento.

Pago

402.08 Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.09** de este documento.

El material bituminoso se pagará de acuerdo con el tipo de material utilizado y según lo establecido en la **Sección 420** ó **421** de este documento.

Item de Pago	Unidad de Pago
402.A Riego de Liga	Metro cuadrado (m ²)

Sección 405 : Tratamientos Superficiales

Descripción

405.01 Este trabajo consiste en la ejecución de una capa o de capas múltiples de tratamiento asfáltico de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicadas en los planos y documentos del proyecto o determinados por el Supervisor.

Los distintos tratamientos superficiales asfálticos comprenden en el caso de un tratamiento simple la aplicación inicial de un revestimiento de imprimación, un revestimiento de liga y un revestimiento de agregado pétreo.

Para tratamientos múltiples se repite la aplicación de un revestimiento de liga y un revestimiento de agregado pétreo, para cada una de las capas a ser aplicadas.

Materiales

405.02 Los materiales para ejecutar estos trabajos serán:

(a) Agregados Pétreos

Los agregados pétreos para la ejecución del tratamiento superficial deben cumplir con las exigencias de calidad siguientes:

Ensayos	Especificaciones
Partículas fracturadas del agregado grueso con Una cara fracturada (MTC E 210)	85% mín.
Partículas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% mín.
Partículas Chatas y alargadas (MTC E-221)	15% máx
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de sodio (MTC E 209)	12% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (MTC E 519)	+95
Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212)	3% máx.
Sales solubles Totales (MTC E 219)	0.5% máx.

Además, los agregados triturados y clasificados deberán presentar una gradación uniforme, que se ajustará a alguna de las franjas granulométricos que se indican en la **Tabla N° 405-1**.

Tabla N° 405-1

Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales

Tamiz	Porcentaje que pasa			
	Tipo de Material			
	A	B	C	D
25,0 mm. (1")	100	-	-	-
19,0 mm. (3/4")	90 – 100	100	-	-
12,5 mm. (1/2")	10 – 45	90 – 100	100	-
9,5 mm. (3/8")	0 – 15	20 – 55	90 – 100	100
6,3 mm. (1/4")	-	0 – 15	10 – 40	90 – 100

4,75 mm. (N° 4)	0 –5	-	0 –15	20 –55
2,36 mm. (N° 8)	-	0 – 5	0 - 5	0 –15
1,18 mm. (N° 16)	-	-	-	0 – 5

El tipo de material y su respectiva gradación corresponderá a la establecida en los estudios del proyecto o será la que determine el Supervisor.

(b) Material Bituminoso

El material bituminoso a ser aplicado de acuerdo a lo indicado en los planos y documentos del proyecto, podrá ser:

- Cemento Asfáltico que cumpla con las características que se dan en las **Tablas N° 400-2 y N° 400-3.**
- Emulsión Catiónica de rotura rápida del tipo CRS-2, la cual deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en la **Tabla N° 400-4.**
- Asfaltos Diluidos que cumplan los requisitos de calidad establecidos en las **Tablas N° 400-5 y 400-6.**

El material bituminoso de acuerdo a la aplicación y al tipo de tratamiento establecido será distribuido dentro de los rangos de temperatura determinados en la carta viscosidad - temperatura .

(c) Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se requiera y sea establecida en el proyecto o por el Supervisor, deberá ajustarse a lo descrito en la **Subsección 400.02(e)** y según lo especificado en la **Sección 424.**

Equipo

405.03 Se aplica lo descrito en la **Subsección 400.03** de la **Sección 400.**

Para la ejecución del tratamiento superficial se requieren, básicamente, equipos para la explotación de agregados, una planta de trituración y clasificación de

agregados, equipo para la limpieza de la superficie, distribuidor del material bituminoso, esparcidor de agregado pétreo, compactadores neumáticos y herramientas menores.

(a) Equipo para la elaboración y clasificación de agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental.

(b) Equipo para la aplicación del ligante bituminoso

Consistirá en un carro tanque imprimador de las características descritas en la **Subsección 401.03** de la **Sección 401**.

Para áreas inaccesibles al carro tanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carro tanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

(c) Equipo para la extensión del agregado pétreo

Se emplearán distribuidoras de agregados autopropulsadas o extendedoras mecánicas acopladas a volquetes, que sean aprobados por el Supervisor y garanticen un esparcido uniforme del agregado.

(d) Equipo de compactación

Se emplearán rodillos neumáticos de un peso superior a cinco toneladas (5 t). Sólo podrán emplearse rodillos metálicos lisos si, a juicio del Supervisor, su acción no produce fractura de los agregados pétreos.

El ancho mínimo compactado por el rodillo neumático será de 1.5 m. y la mínima presión de contacto de los neumáticos con el suelo será de 550 kilopascales.

Requerimientos de Construcción

405.04 Explotación y producción de agregados

Se aplica lo establecido en la Subsección 400.04 de la Sección 400.

405.05 Preparación de la superficie existente

La construcción del tratamiento no se iniciará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar, tenga la compactación y densidad adecuada, las cotas y dimensiones indicadas en los planos o definidos por el Supervisor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo a lo establecido en la Sección correspondiente al nivel o partida de obra sobre el que se aplicará el tratamiento.

Antes de la construcción del tratamiento se efectuará una imprimación previa de la superficie. Ella se realizará de acuerdo con lo establecido en la Sección 401 de las presentes especificaciones. No se permitirá la construcción del tratamiento mientras el riego de imprimación no haya completado su curado y, en ningún caso, antes de veinticuatro horas (24 h), transcurridas desde su aplicación.

En el momento de aplicar el ligante bituminoso, la superficie deberá estar seca y libre de cualquier sustancia que resulte objetable, a juicio del Supervisor.

405.06 Tramo de Prueba

Se aplica lo establecido en la Subsección 400.06 de la Sección 400.

405.07 Aplicación del ligante bituminoso

Antes de la aplicación del ligante bituminoso se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de material

bituminoso disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos.

La dosificación elegida del ligante se aplicará de manera uniforme a una temperatura que se halle entre los rangos indicados en la **Subsección 400.02(f)**, evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se colocarán fajas de papel grueso tipo Kraft, de ancho no menor a un metro (1,0 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución deberán limpiarse al final de la jornada.

Por ningún motivo se permitirá la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a diez grados Celsius (10°C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Durante la aplicación deberán protegerse todos los elementos que señale el Supervisor, tales como sardineles, vallas, cabezales de alcantarillas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se permitirá descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera.

No se permitirá ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

405.08 Extensión y compactación del agregado pétreo

La extensión del agregado se realizará de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Supervisor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. La distribución del agregado se hará de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm - 20 cm) de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego,

con el objeto de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

Las operaciones de compactación se realizarán con el rodillo neumático y comenzarán inmediatamente después de la aplicación del agregado pétreo. En zonas en tangente, la compactación se iniciará por el borde exterior avanzado hacia el centro. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior de acuerdo con las instrucciones del Supervisor. La compactación continuará hasta obtener una superficie lisa y estable en un tiempo máximo de treinta (30) minutos, contado desde el inicio de la extensión del agregado pétreo. En ningún caso se aceptará menos de tres pasadas completas del rodillo.

405.09 Aplicación del ligante bituminoso en tratamientos múltiples

Las siguientes capas del ligante bituminoso para tratamientos múltiples serán aplicados en la cantidad y temperaturas indicadas en el proyecto y aprobado por el Supervisor. Cada capa sucesiva se aplicará dentro de las 24 horas siguientes a la construcción de la capa anterior.

El ancho de franja en que se aplique cada riego debe variar en relación con el empleado en el anterior en unos veinte centímetros (20 cm.), en más o menos, con el fin de impedir que la junta de construcción longitudinal se superponga con la de la anterior capa, para obtener una superficie uniforme.

405.10 Extensión y Compactación del agregado pétreo en tratamientos múltiples

La extensión se realizará en la cantidad indicada en el Proyecto y aprobado por el Supervisor, de la misma forma que la indicada en la **Subsección 405.08** inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso correspondiente.

En la capa final de superficie de un tratamiento múltiple y según lo ordene el Supervisor puede utilizarse un rodillo liso cilíndrico metálico para mejorar la apariencia de la capa final y su transitabilidad.

405.11 Dosificación del Tratamiento Superficial

(a) Tratamiento Superficial Simple (TS)

La tasa de aplicación de material bituminoso y agregado pétreo serán las que se determinen de acuerdo a diseño.

En la **Tabla N° 405-2** se dan cantidades aproximadas de los materiales, que deben ser ajustados para las condiciones locales de cada proyecto y aprobados por el Supervisor antes de su aplicación, de acuerdo a la secuencia de operaciones.

Tabla N° 405-2

Cantidades aproximadas de material para tratamiento superficial simple (TS)

Secuencia de Operaciones	Tipo de Tratamiento (1)	
	TS1	TS2
Aplicación de material bituminoso (L/m ²)		
<ul style="list-style-type: none"> • Emulsión Asfáltica • Cemento Asfáltico o Asfalto Diluido 	1,5 – 1,7	1,0 – 1,25
Distribución de agregado (2) (Kg/m ²)	14,0 – 16,0	10,0 – 12,0
Gradación del agregado pétreo	B	C

(1) Gradación del Agregado Pétreo según **Tabla N° 405-1**.

(2) Las masas del agregado corresponden a un peso específico de 2.65 determinados según MTC E 205 y MTC E 206. Se deben efectuar correcciones proporcionales para agregados que tengan pesos específicos mayores de 2.75 o menores de 2.55.

El proyecto deberá indicar el tipo de tratamiento superficial simple, el tipo de agregado pétreo y el tipo de material bituminoso.

(b) Tratamiento Superficial Múltiple (TM)

Consiste en la aplicación de dos o más capas de ligante bituminoso y agregados pétreos, cada una de las cuales debe estar indicado en los documentos del proyecto.

Las cantidades aproximadas de materiales a utilizar se dan en las **Tablas N° 405-3** y **405-4**, las que deben ser ajustadas para las condiciones locales de cada proyecto y aprobadas por el Supervisor antes de su aplicación, de acuerdo a la secuencia de operaciones.

Tabla N° 405-3

Cantidades aproximadas de materiales para Tratamiento Superficial Múltiple(TMA) (Usando cemento asfáltico o asfalto diluido)

Secuencia de Operaciones (1)	Tipo de Tratamiento			
	TMA1	TMA2	TMA3	TMA4
Primera Capa				
Aplicar material asfáltico (L/m ²)	1,0 – 1,2	1,2 – 1,5	0,7 – 1,0	1,3 – 1,5
Distribución agregados: (kg/m ²) (2)				
Gradación C	11 - 13			
Gradación B		17 - 19		
Gradación A			19 – 21	25 - 27
Segunda Capa				
Aplicar material asfáltico (L/m ²)	0,5 – 0,6	1,0 – 1,2	1,2 – 1,4	1,5 – 1,7
Distribución agregados: (kg/m ²) (2)				
Gradación D	4 - 6	06 - 8		
Gradación C			5 - 7	09 - 11
Tercera Capa				

Aplicar material asfáltico (L/m ²)		0,5 – 0,7		0,9 – 1,1
Distribución agregados: (kg/m ²) (2)				
Gradación D		03 - 5		05 - 7

- (1) Gradación del Agregado Pétreo según **Tabla N° 405-1**.
- (2) Las masas del agregado corresponden a un peso específico de 2.65 determinados según AASHTO-T84 y AASHTO-T85. Se deben efectuar correcciones proporcionales para agregados que tengan pesos específicos mayores de 2.75 o menores de 2.55.
- (3) Después de la última distribución de agregado, aplicar una capa final de gradación D en las áreas en que no haya sido absorbido el material asfáltico y compactar.

El proyecto deberá indicar el tipo de tratamiento superficial múltiple, el tipo de agregado y el tipo de material bituminoso.

405.12 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Una vez terminada la compactación de cada capa, se barrerá la superficie del tratamiento para eliminar todo exceso de agregados que haya quedado suelto sobre la superficie, operación que deberá continuarse aún después de que el tramo con el tratamiento haya sido abierto al tránsito.

El material sobrante deberá ser recogido por el Contratista, quien lo dispondrá en los sitios que indique el Supervisor.

405.13 Apertura al tránsito

Siempre que sea posible, deberá evitarse todo tipo de tránsito sobre la capa recién ejecutada durante las veinticuatro (24) horas siguientes a su terminación. Si ello no es factible, deberán tomarse medidas para que los vehículos no circulen a una velocidad superior a treinta kilómetros por hora (30 Km/h). Durante los 45 minutos iniciales después de concluida la compactación, la velocidad no debe ser mayor de quince kilómetros por hora (15 Km/h).

Tabla N° 405-4

**Cantidades aproximadas de materiales para Tratamiento Superficial
Múltiple (TME) (Usando Emulsión Asfáltica)**

Secuencia de Operaciones (1)	Tipo de Tratamiento			
	TME1	TME2	TME3	TME4
Primera Capa				
Aplicar material asfáltico (L/m ²)	1,8 – 2,0	1,3 – 1,5	1,8 – 2,0	2,0 – 2,3
Distribución agregados: (kg/m ²)				
Gradación C	11 - 13			
Gradación B		15 - 17		
Gradación A			17 – 19	19 – 21
Segunda Capa				
Aplicar material asfáltico (L/m ²)	1,0 – 1,2	1,0 – 1,2	1,0 – 1,	1,0 – 1,2
Distribución agregados: (kg/m ²)				
Gradación D	4 - 6	3 - 5		
Gradación C			7 - 9	9 – 11
Tercera Capa				
Aplicar material asfáltico (L/m ²)		1,0 – 1,2	1,0 – 1,2	1,0 – 1,2
Distribución agregados: (kg/m ²)				
Gradación D		3 - 5	3 - 5	4 - 6

- (1) Gradación del Agregado Pétreo según **Tabla N° 405-1**.
- (2) Las masas del agregado corresponden a un peso específico de 2.65 determinados según AASHTO-T84 y AASHTO-T85. Se deben efectuar correcciones proporcionales para agregados que tengan pesos específicos mayores de 2.75 o menores de 2.55.
- (3) Después de la última distribución de agregado, aplicar una capa final de gradación D en las áreas en que no haya sido absorbido el material asfáltico y compactar.

405.14 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución del tratamiento, tales como juntas irregulares, defectos transversales en la aplicación del ligante o el agregado, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Contratista, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor, sin costo alguno para el MTC.

405.15 Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

Se aplica lo indicado en la Subsección 400.07(a) de la Sección 400.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

(1) Calidad del Material Bituminoso

En relación con la calidad del material bituminoso por emplear en la ejecución del tratamiento superficial se aplican los mismos criterios de control expuestos en la Subsección 401.09(b) de la Sección 401 y 410.18(b) de la Sección 410, según sea el tipo de material bituminoso especificado.

(2) Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinará:

- El desgaste en la máquina de Los Angeles, según norma de ensayo MTC E 207.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 209.
- La adherencia, ensayo MTC E 519.
- Partículas Chatas y Alargadas MTC E 221

Cuyos resultados deberán cumplir las exigencias indicadas en la **Subsección 405.02(a)**.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración o partículas muy aplanadas o alargadas, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

En la **Tabla N° 405-5** se indica los ensayos y frecuencias requeridas.

(c) Calidad del producto terminado

El pavimento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la zona pavimentada no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos o la determinada por el Supervisor.

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la obra ejecutada por jornada de trabajo, en la cual el Supervisor efectuará los controles indicados a continuación:

(1) Tasa de aplicación

En sitios ubicados al azar se efectuarán en cada una de las capas de tratamiento y diariamente, como mínimo, tres (3) determinaciones de las tasas de aplicación de ligante y agregados pétreos. Las tasas medias de aplicación de ligante (TML) y de agregados (TMA) por jornada, no podrán variar en más de diez por ciento (10%) de las autorizadas por el Supervisor como resultado del tramo de prueba (TPL y TPA).

$$0,9 \text{ TPL} \leq \text{TML} \leq 1,1 \text{ TPL}$$

$$0,9 \text{ TPA} \leq \text{TMA} \leq 1,1 \text{ TPA}$$

(2) Textura

Por jornada se efectuarán, como mínimo, dos determinaciones de la resistencia al deslizamiento (ASTM E303) y de la profundidad de textura con el círculo de arena. En relación con la primera, ningún valor individual podrá ser inferior a cuarenta y cinco centésimas (0,45) y en cuanto a la segunda, el promedio de las dos lecturas deberá ser, cuando menos, igual a un milímetro y dos décimas (1,2 mm), sin que ninguno de los valores individuales sea inferior a un milímetro (1,0 mm).

(3) Rugosidad

Medida en unidades IRI, la rugosidad no podrá ser superior a dos metros cincuenta centímetros por kilómetro (2,5 m/km), salvo que la especificación particular establezca un límite diferente.

Esta exigencia no se aplicará cuando el tratamiento se construya sobre un pavimento existente. En este caso la rugosidad del tratamiento terminado será indicada en los planos y documentos del proyecto.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias indicadas en el presente numeral, deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor y a satisfacción de éste.

Para la medición de rugosidad se seguirá lo especificado en la **Subsección 410.18(f)(5)**.

Medición

405.16 Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.08(a)** de la **Sección 400** de estas especificaciones.

La medición se efectuará cuando todas las capas que componen el Proyecto hayan sido concluidas y aceptadas satisfactoriamente por el Supervisor. El

material bituminoso se medirá de acuerdo a las tasas de aplicación resultantes de lo indicado en la **Subsección 405.15(c)(1)** aplicado al área de cada capa.

Pago

405.17 Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.09** de la **Sección 400** de estas especificaciones.

Se excluye del pago la imprimación de la base, que se pagará con lo especificado en la **Sección 401** y el material bituminoso de liga de cada capa de tratamiento que se pagará de acuerdo con lo indicado en la **Sección 420, 421** ó **422** según corresponda.

Item de Pago	Unidad de Pago
405.A Tratamiento superficial simple	Metro cuadrado(m ²)
405.B Tratamiento superficial múltiple	Metro cuadrado (m ²)

"n" indica el número de capas a aplicar.

Tabla N° 405-5

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	250m ³	Pista Dist. Agregado
	Tasa de aplicación		250m ³	Pista Dist. Agregado
	Partículas fracturadas	MTC E 210	250m ³	Cantera

	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	250m ³	Cantera
	Abrasión	MTC E 207	1000 m ³	Cantera
	Pérdida en Sulfato de Sodio	MTC E 209	1000 m ³	Cantera
	Adhesividad		1000 m ³	Cantera
Tratamiento Superficial	Resistencia al Deslizamiento (1)	MTC E 1004	por día	Pista Compactada
	Profundidad de textura (1)	MTC E 1005	1 por día	Pista Compactada
Material Bituminoso	Según tipo de material. Ver 405.02(b)		\sqrt{N} (2)	Tanque térmico al llegar a obra

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica.

(1) Solo en la última capa.

(2) N representa el número de tancadas de 30,000 L de material bituminoso requerido en la obra.

Sección 406 : Sello de Arena - Asfalto

Descripción

406.01 Este trabajo consiste en la aplicación de un material bituminoso sobre la superficie de un pavimento existente, seguida por la extensión y compactación de una capa de arena, de acuerdo con lo que establece esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del Supervisor.

Materiales

406.02 Los materiales a utilizar para ejecutar estos trabajos serán:

(a) Agregados pétreos

Estarán constituidos por agregado fino que cumpla las exigencias de calidad siguientes.

Pérdida en Sulfato de Na. (MTC E 209)	12% Máx
Pérdida en Sulfato de Mg. (MTC E 209)	18% Máx.
Adhesividad (Riedel Weber) (MTC E 220)	6 min.
Indice de Plasticidad (MTC E 111)	NP
Equivalente de Arena (MTC E 114)	70% Mín.

Su gradación deberá encontrarse dentro de los siguientes límites:

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	Pobrementemente Gradada	Bien Gradada	Arenas Limosas
12.5 mm (1/2")	100	100	100
4,75 mm (N° 4)	75 - 100	75 – 100	75 – 100
30 µm (N° 50)	-	15 – 30	-
150µm (N° 100)	-	-	15 – 65
75 µm (N° 200)	0 - 12	5 – 12	12 – 20

(b) Material bituminoso

Será una emulsión catiónica de rotura rápida, de los tipos CRS-1 o CRS-2, que cumpla los requisitos de calidad indicados en la **Tabla N° 400-4** o un cemento asfáltico según requisitos de calidad establecidos en la **Tabla N° 400-2** ó **400-3**.

El Proyecto debe definir el tipo de material a utilizar.

Equipo

406.03 En relación con el equipo requerido para los trabajos, resulta aplicable lo descrito en la **Subsección 405.03** de este documento.

Si el Supervisor lo considera apropiado, se puede utilizar un sistema manual para esparcir la arena.

Requerimientos de Construcción

406.04 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.04** de este documento.

406.05 Dosificación del sello

Las cantidades por aplicar de material bituminoso y arena se definirán en el sitio de los trabajos en función del estado de la superficie por proteger, las condiciones ambientales de la región y la intensidad y magnitud del tránsito circulante. Como guía, dichas cantidades oscilan entre cinco décimas y un litro y medido por metro cuadrado ($0,5 \text{ l/m}^2$ - $1,5 \text{ l/m}^2$) de ligante residual y entre ocho y trece kilogramos por metro cuadrado ($8,0 \text{ kg/m}^2$ - $13,0 \text{ kg/m}^2$) de arena.

406.06 Preparación de la superficie existente

Antes de aplicar el riego del material bituminoso, la superficie deberá encontrarse seca y libre de polvo, tierra o cualquier otra sustancia objetable.

Las reparaciones previas que requiera el pavimento, deberán efectuarse conforme lo indiquen las especificaciones correspondientes.

406.07 Aplicación del ligante bituminoso

Se aplica lo indicado al respecto en la **Subsección 405.07**.

406.08 Extensión y compactación de la arena

Se aplica lo que establece al respecto en la **Subsección 405.08**. Si el Supervisor lo aprueba, el esparcido de la arena podrá ser manual con ayuda de palas.

406.09 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Estas operaciones se efectuarán de acuerdo con lo establecido en la **Subsección 405.12**.

406.10 Apertura al tránsito

Se aplica lo establecido en la **Subsección 405.13**.

406.11 Reparaciones

Se efectuarán de acuerdo con las instrucciones de la **Subsección 405.14**.

406.12 Aceptación de los trabajos

(a) Controles

Rige todo lo que resulte aplicable de la **Subsección 400.07(a)**, de la **Sección 400**.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancia

(1) Calidad del material bituminoso

Se aplica lo establecido en la **Subsección 405.15(b)(1)** de la **Sección 405**.

(2) Calidad de la arena.

De cada procedencia de la arena y para cualquier volumen previsto se tomarán dos (2) muestras y para cada fracción de ellas se determinarán:

- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o de magnesio, según norma de ensayo MTC E 209.
- La adhesividad, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 220.

- El equivalente de arena, según norma de ensayo MTC E 114.
- La plasticidad (normas de ensayo MTC E 716).

Cuyos resultados deberán cumplir las exigencias indicadas en la **Subsección 406.02(a)** de esta especificación.

En la **Tabla N° 406-1** se indican los ensayos y sus frecuencias requeridas.

(c) Calidad del producto terminado

En el área ejecutada durante una jornada de trabajo se efectuarán dos (2) determinaciones de la aplicación del ligante y el agregado pétreo, ninguna de las cuales podrá variar en más de diez por ciento (10%), en relación con las autorizadas por el Supervisor, salvo que se demuestre que el área con dosificación por fuera de la tolerancia presenta un comportamiento satisfactorio y se garantice en cualquier punto, un coeficiente de resistencia al deslizamiento (MTC E 1004) no menor de cuarenta y cinco centésimas (0,45). Si estos requisitos no se cumplen, se rechazará el tramo construido durante la jornada.

Medición

406.13 Se aplica lo descrito en la **Subsección 400.08(a)** de la **Sección 400** de este documento.

El material bituminoso se medirá de acuerdo a la tasa de aplicación establecida por el Supervisor aplicada al área determinada y aprobada por el Supervisor

Pago

406.14 Se aplica lo descrito en la **Subsección 400.09** de la **Sección 400** de este documento.

Se excluye del pago el material bituminoso que se pagará de acuerdo con lo indicado en la **Sección 420** o **421** según corresponda.

Item de Pago	Unidad de Pago
406.A Sello de arena-asfalto	Metro cuadrado(m ²)

Tabla N° 406-1

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de Muestreo
Arena	Granulometría	MTC E 204	150 m ³	Pista
	Pérdida en Sulfato de Na	MTC E 209	1000 m ³	Cantera
	Adhesividad (Riedel-Weber)	MTC E 220	1000 m ³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	150m ³	Cantera
Material Bituminoso	Según tipo de material (Ver Subsección 406.02(b))		\sqrt{N} (1)	Tanques al llegar a obra

(1) N representa el número de tancadas de 30,000 L de material bituminoso requerido en la obra.

Sección 407 : Lechada Asfáltica**Descripción**

407.01 Este trabajo consiste en la elaboración de una mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica, polvo mineral y, eventualmente, aditivos, y su posterior aplicación sobre la superficie de una vía, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicados en los planos o determinados por el Supervisor.

Materiales

407.02 Los materiales a usar para la ejecución de este trabajo será:

(a) Agregados pétreos y polvo mineral

Los agregados pétreos y el polvo mineral para la construcción de la lechada asfáltica deberán cumplir los requisitos de calidad exigidos para ellos en la **Subsección 406.02** de este documento.

La mezcla de agregados y polvo deberá ajustarse a alguna de las gradaciones que se indican a continuación:

Tamiz	Porcentaje que pasa				
	LA-1	LA-2	LA-3	LA-4	LA-5
12,5 mm (1/2")					
9,5mm (3/8")					
4,75mm (N° 4)	100	-	-	-	-
2,36 mm (N° 8)	85 – 100	100	100	-	-
1,18 mm (N° 16)	60 – 85	70 – 90	85 – 100	100	100
600 mm (N° 30)	40 – 60	45 – 70	65 – 90	95 - 100	95 – 100
300 mm (N° 50)	28 – 45	28 – 50	45 – 70	65 – 90	85 – 98
180 mm (N° 80)	19 – 34	19 – 34	30 – 50	40 – 60	55 – 90
75 mm (N° 200)	12 – 25	12 – 25	18 – 30	24 – 42	35 – 55
	7 – 18	7 – 18	10 – 20	15 – 30	20 – 35
	04 - 8	5 – 15	5 - 15	10 - 20	15 - 25

La gradación por utilizar estará indicada en los estudios técnicos del proyecto y dependerá del estado de la superficie y la función que vaya a cumplir la lechada.

(b) Material bituminoso

Será una emulsión catiónica de rotura lenta y superestable del tipo CSS1-h, que cumpla los requisitos indicados en la **Tabla N° 400-4**.

El empleo de una emulsión de otro tipo implica la aplicación de una especificación particular.

(c) Agua

El agua para la preenvuelta deberá ser blanda, potable y exenta de materia orgánica. Su calidad deberá ser tal, que no afecte el proceso normal de elaboración, rotura y curado de la lechada. Su pH, medido de acuerdo con la norma ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5,5 - 8,0) y el contenido de sulfatos, expresado como SO₄= y determinado según norma de ensayo ASTM D-516 no podrá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l).

(d) Aditivos para control de rotura

Cuando las características del proyecto exijan un control especial de los tiempos de rotura y apertura al tránsito, se emplearán aditivos cuyas características se definirán en las especificaciones particulares de construcción.

Equipo

407.03 Rige lo indicado en la **Subsección 400.03**, más lo que se describe a continuación.

El equipo deberá incluir elementos para la explotación y elaboración de agregados pétreos; una mezcladora móvil para la fabricación y extensión de la lechada; elementos para la limpieza de la superficie, elementos para el humedecimiento de la superficie y herramientas menores para correcciones localizadas durante la extensión de la lechada.

La mezcladora móvil será de tipo continuo, dotada de las tolvas, tanques y dispositivos necesarios, sincronizados para dosificar los agregados, el llenante,

el agua, la emulsión y los aditivos que requiera la lechada; tendrá, además, un mezclador y una capa repartidora provista de dispositivos para evitar pérdidas laterales y de una maestra regulable de caucho que permita el correcto reparto, extensión y buena terminación de la lechada.

Requerimientos de Construcción

407.04 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.04** de este documento.

407.05 Diseño de la lechada y obtención de la fórmula de trabajo

Rige todo lo que resulte pertinente de la **Subsección 400.05** de este documento.

La consistencia apropiada de la lechada se determinará en el laboratorio por medio de la prueba del cono de consistencia (norma de ensayo MTC E 416).

El contenido óptimo de ligante se determinará mediante los ensayos mecánicos de abrasión en pista húmeda, según la norma MTC E 417 y absorción de arena en la máquina de rueda cargada. Para la elección del óptimo, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Pérdida máxima admisible en el ensayo de abrasión= 0,08 g/cm²
- Absorción máxima admisible de arena en el ensayo de rueda cargada:

Tránsito medio diario (vehículos)	Absorción admisible (g/cm ²)
menos de 300	0,08
300 – 1500	0,07
más de 1500	0,06

Salvo que los ensayos del diseño indiquen lo contrario, la composición de la lechada se ajustará a lo establecido en la siguiente tabla:

TIPO DE AGREGADO	LA-1	LA-2	LA-3	LA-4	LA-5
Ligante residual (% en peso sobreagregados).	5,5 – 7,5	6,5 – 12,0	7,5 – 13,5	10 – 16	12 – 20
Agua preenvuelta (% en peso sobreagregados).	8 – 12	10 – 15	10 -15	10 – 20	10 - 20
Agua total (% en peso sobreagregados)	10 – 20	10 – 20	10 – 20	10 - 30	15 - 40
Cantidad de lechada (kg/m ²)	15 – 25	10 – 15	7 – 12	02 - 6	02 - 5

407.06 Preparación de la superficie existente

Antes de proceder a la aplicación de la lechada asfáltica, la superficie que habrá de recibirla se limpiará de polvo, barro seco o cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o máquinas sopladoras.

Sólo se permitirá el uso de escobas manuales en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos.

407.07 Tramo de Prueba

Se aplica lo indicado en la Subsección 400.06 de este documento.

407.08 Elaboración y aplicación de la lechada asfáltica

Una vez preparada y antes de iniciar la extensión de la lechada, la superficie por tratar deberá ser humedecida con agua de manera uniforme en una cantidad que fijará el Supervisor, a la vista del estado de la superficie y las condiciones climatológicas prevalecientes.

La lechada preparada en el cajón mezclador de la máquina pasará a través de una compuerta vertedero a la caja repartidora, la cual se encargará de distribuirla de manera uniforme sobre la superficie.

El avance del equipo se hará paralelamente al eje de la carretera y su velocidad se ajustará para garantizar una aplicación correcta de la lechada y una superficie uniforme.

No se permitirá la elaboración y aplicación de la lechada si la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie son inferiores a diez grados Celsius (10°C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

407.09 Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo longitudinales no podrán presentar traslapos ni áreas sin cubrir y las acumulaciones que se produzcan serán alisadas manualmente de manera inmediata, antes de la rotura de la emulsión. Los traslapos de las juntas transversales serán igualmente alisados antes de la rotura de la emulsión, de modo que no se presenten cambios apreciables en la uniformidad de la superficie.

407.10 Aplicación en varias capas

En caso de estar prevista una segunda aplicación de lechada, ésta no podrá efectuarse hasta cuando haya curado por completo el material extendido en la primera aplicación.

407.11 Apertura al tránsito

Deberá impedirse la circulación de todo tipo de tránsito sobre las capas que no hayan curado completamente. El tiempo requerido para dicho curado depende del tipo de emulsión, las características de la mezcla y las condiciones climáticas y será definido en la obra por el Supervisor.

407.12 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución de la lechada asfáltica, tales como juntas irregulares, deficiencias o excesos de dosificación, irregularidades en el alineamiento, huellas del tránsito sobre la lechada sin curar,

etc., deberán ser corregidos por el Contratista, sin costo para la entidad contratante, a plena satisfacción del Supervisor.

407.13 Aceptación de los trabajos

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

(a) Controles

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.07(a)**.

(b) Calidad de la emulsión

La calidad de emulsión deberá ser sustentada para cada tanque de transporte, por un certificado de calidad del fabricante según lo especificado en la Sección 03 de este documento.

(c) Calidad del agua

Siempre que el Supervisor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua empleada, verificará su pH y su contenido de sulfatos.

(d) Calidad de los agregados pétreos y el polvo mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- El desgaste en la máquina de Los Angeles, según norma de ensayo MTC E 207.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o de magnesio, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 209.
- El equivalente de arena, según norma de ensayo MTC E 114.
- La plasticidad, en acuerdo a las normas MTC E 111.
- Sales Solubles Totales MTC E219.

Así mismo, para cada procedencia del polvo mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y sobre ellas se determinarán:

- La densidad aparente.
- El coeficiente de emulsibilidad.

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en las presentes especificaciones, so pena del rechazo de los materiales defectuosos.

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

Además, efectuará las siguientes verificaciones:

- Determinación de la granulometría de los agregados (MTC E 204), una (1) vez por jornada.
 - Determinación de la plasticidad de la fracción fina (MTC E 110), una (1) vez cada 150 m³.
 - Determinación del equivalente de arena (MTC E 114), una (1) vez cada 150 m³.
 - Determinación de la adhesividad, una (1) vez cada 1000 m³
 - Determinación del desgaste Los Angeles (MTC E 207) y la solidez (MTC E 209), al menos una (1) vez cada 1000 m³.
- (1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica

Sobre el polvo mineral se efectuarán pruebas de densidad aparente y coeficiente de emulsibilidad a razón de una (1) vez por semana, como mínimo, y siempre que se cambie la procedencia del polvo.

(e) Composición y resistencia de la lechada

(1) Contenido de asfalto

Para efectos del control se considerará como lote la lechada extendida en cada jornada de trabajo, de la cual el Supervisor extraerá un mínimo de cinco (5) muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, de un peso aproximado de dos kilogramos (2 kg) cada una, las cuales empleará en la determinación del contenido de asfalto (MTC E 502) y la granulometría de los agregados (MTC E 503).

El contenido medio de asfalto residual del tramo construido en la jornada (ART%) no deberá diferir del contenido de asfalto establecido en la fórmula de trabajo (ARF%) en más de medio por ciento (0.5%).

$$\text{ARF \%} - 0,5\% \leq \text{ART \%} \leq \text{ARF \%} + 0,5\%$$

A su vez, sólo se admitirá un valor de contenido de asfalto residual de muestra individual (ARI%) que se aparte en más de uno por ciento (1.0%) del valor medio del tramo.

$$\text{ART \%} - 1,0\% \leq \text{ARI \%} \leq \text{ART\%} + 1,0\%$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se rechazará el tramo construido durante la jornada.

(2) Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica deberá encajar dentro de la franja adoptada.

(3) Resistencia

Por cada jornada se extraerán tres (3) muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, con las cuales se elaborarán especímenes para los ensayos de abrasión en pista húmeda (MTC E417) y absorción de arena en la máquina de rueda cargada.

Si el desgaste medio (dm) o la absorción media de arena (Am), superan los valores definidos en la fórmula de trabajo (dt) y (At) en más de diez por ciento (10%), se rechazará el tramo construido durante la jornada.

$$dm \leq 1,1 dt$$

$$Am \leq 1,1 At$$

(f) Calidad del producto terminado

El pavimento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pavimento tratado con lechada asfáltica no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos o la determinada por el Supervisor.

Además, durante cada jornada, el Supervisor efectuará los siguientes controles:

(1) Tasa de aplicación

En sitios ubicados al azar, se efectuarán como mínimo tres (3) determinaciones diarias de la tasa de aplicación de la lechada sobre la superficie. La tasa media de aplicación (TMA), en kg/m^2 , no podrá variar en más de diez por ciento (10%) de la autorizada como resultado del tramo de prueba, so pena del rechazo del tramo construido durante la jornada.

$$0,90 TME \leq TMA \leq 1,10 TME$$

(2) Textura

Por jornada de trabajo deberán efectuarse, como mínimo, dos (2) pruebas de resistencia al deslizamiento (MTC E 1004) y dos (2) de

profundidad de textura con el Método del Círculo de Arena (MTC E 1005). En relación con la primera, ningún valor individual podrá presentar un valor inferior a cuarenta y cinco centésimas (0.45), y respecto de la segunda, el promedio de las dos lecturas deberá ser cuando menos igual a seis décimas de milímetro (0.6 mm), sin que ninguno de los dos valores (PTI) sea inferior en más de diez por ciento (10%) al promedio mínimo exigido.

PTI \geq 0,54 mm

(3) Rugosidad

La rugosidad, medida en unidades IRI, no podrá ser superior a dos metros por kilómetro (2 m/km), salvo que las especificaciones particulares establezcan un límite diferente.

Esta exigencia no se aplicará cuando la lechada asfáltica se construya sobre un pavimento existente. En este caso los planos y documentos del Proyecto deberán indicar el nivel de rugosidad aceptable.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias indicadas en el presente numeral, deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor y a satisfacción de éste.

Para la medición de rugosidad se seguirá lo especificado en la **Subsección 410.18(f)(5)**.

Medición

407.14 Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.08(a)** de este documento.

El material bituminoso y el volumen de emulsión será determinado según lo indicado en la **Subsección 407.13(e)** y **421.06**

Pago

407.15 Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.09** de este documento.

Se excluye del pago la emulsión asfáltica que se pagará de acuerdo a lo indicado en la **Sección 421**.

Item de Pago	Unidad de Pago
407.A Lechada Asfáltica	Metro cuadrado(m ²)

Sección 410 : Pavimento de Concreto Asfáltico Caliente

Descripción

410.01 Generalidades

Este trabajo consistirá en la colocación de una capa asfáltica bituminosa fabricada en caliente y, construida sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con la presente especificación.

Las mezclas bituminosas para empleo en pavimentación en caliente se compondrán de agregados minerales gruesos, finos, filler mineral y material bituminoso.

Las mezclas asfálticas que se especifican en esta sección corresponden a dos tipos:

- (a) Mezcla Asfáltica Normal (MAC)
- (b) Mezcla Superpave Nivel 1

Materiales

410.02 Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

(a) Agregados Minerales Gruesos

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.02(a)**. Los agregados gruesos, deben cumplir además con los siguientes requerimientos:

Tabla N° 410-1

Requerimientos para los Agregados Gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	MTC E 209	12% máx.	10% máx.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		18 máx.	15% máx.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	40% máx..	35% máx.
Indice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	Según Tabla 410-4	
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.00%	Según Diseño
Adherencia	MTC E 519	+95	

(b) Agregados minerales finos

Se aplica lo que es válido al respecto de la **Subsección 400.02(a)**. Adicionalmente deberá cumplir con los requerimientos de la **Tabla N° 410-3**.

Tabla N° 410-3

Requerimientos para los Agregados Finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	MTC E 209	Según Tabla 410-5	
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	Según Tabla 410-6	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	6% mín.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max 4	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.50%	Según Diseño

Tabla N° 410-4

Requerimientos para Caras Fracturadas

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
≤ 3	65/40	50/30
> 3 – 30	85/50	60/40
> 30	100/80	90/70

Nota: La notación "85/80" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 80% tiene dos caras fracturadas.

Tabla N° 410-5

Requerimientos del Equivalente de Arena

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Porcentaje de Equivalente Arena (mínimo)
≤ 3	45
> 3 – 30	50
> 30	55

Tabla N° 410-6

Angularidad del Agregado Fino

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
≤ 3	30 mín.	30mín.
> 3 – 30	40 mín.	40 mín.
> 30	40 mín.	40 mín.

(c) Gradación

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente serán establecidos por el Contratista y aprobado por el Supervisor.

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino según lo establecido en el acápite (a) y (b) de esta Subsección el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el uno por ciento (1%) de partículas deleznales según ensayo.

MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

(1) Mezcla Asfáltica Normal (MAC)

La gradación de la mezcla asfáltica normal (MAC) deberá responder a alguno de los siguientes husos granulométricos.

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80 -100	100	-
12,5 mm (1/2")	67- 85	80 - 100	-
9,5 mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100
4,75 mm (N° 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2,00 mm (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 mm (N° 40)	14 - 25	17- 28	16 - 29
180 mm (N° 80)	8 -17	8 -17	9 -19
75 mm (N° 200)	04 - 8	04 - 8	05 - 10

(2) Mezcla Superpave

En las **Tablas N° 410-7** y **410-8** se incluyen las características que deben cumplir las mezclas de agregados para tamaño nominal máximo del agregado de 19 y 25 mm respectivamente.

La curva granulométrica del agregado debe quedar dentro de los puntos de control y principalmente fuera de la zona restrictiva. Se recomienda que la curva pase por debajo de esta zona restrictiva.

El tipo de asfalto a utilizar en estas mezclas, debe ser según clasificación Superpave - Shrp, AASHTO, MP-1; así mismo la calidad de los agregados deberán regirse a lo establecido por la metodología Shrp.

Tabla N° 410-7

Graduación Superpave para Agregado de tamaño nominal máximo de 19 mm.

Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control		Linea de Máx. Densidad	Zona de Restric.		Formula de Mezcla	Tolerancia
				Mínimo	Máximo		
25		100,0	100,0				
19,00	100,0	90,0	88,4				
12,50			73,2				
9,50			59,6				
4,75			49,5			*	(6)
2,36	49,0	23,0	34,6	34,6	34,6	*	(6)
1,18			25,3	22,3	28,3		*
0,60			18,7	16,7	20,7	*	(4)
0,30			13,7	13,7	13,7	*	(3)
0,15			10,0				
0,075	8,0	2,0	7,3			*	(2)

* El Contratista especificará los valores con aproximación al 0.1%

() Desviaciones aceptables (\pm) de los valores de la Fórmula

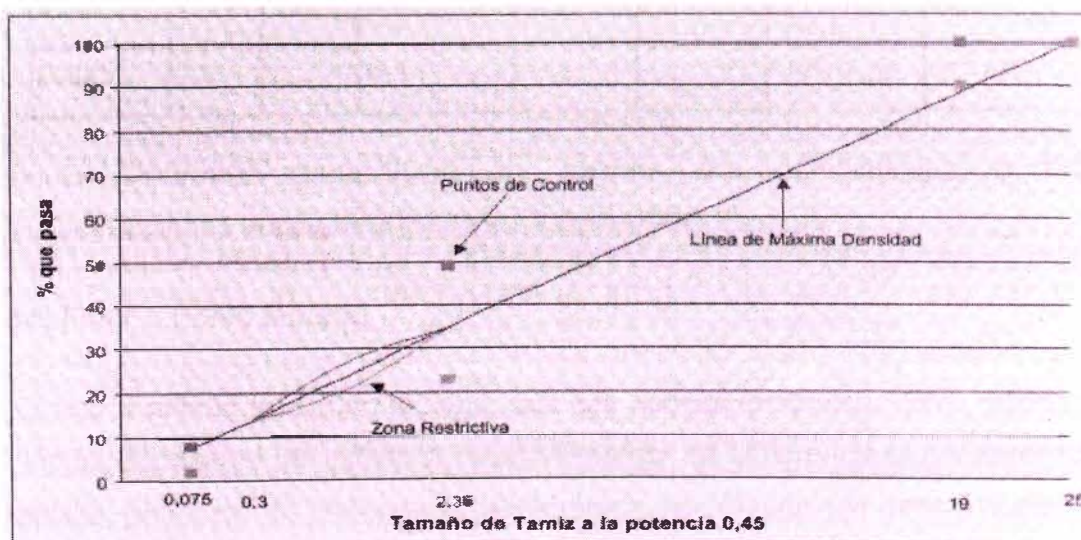


Tabla N° 410-8

Graduación Superpave para Agregado de tamaño nominal máximo de 19 mm.

Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control		Linea de Máxima Densidad	Zona de Restricción		Fórmula de Mezcla	Tolerancia
				Mínimo	Máximo		
37,5		100,0	100,0				
25,0	100,0	90,0	83,3				
19,00			73,6				
12,50			61,0				
9,50			53,9			*	(6)
4,75			39,5	39,5	39,5	*	(6)
2,36	45,0	19,0	28,8	26,8	30,8		
1,18			21,1	18,1	24,1	*	(4)
0,60			15,6	13,6	17,6	*	(3)
0,30			11,4	11,4	11,4		
0,15	7,0	1,0	8,3			*	(2)
0,075			6,1				

* El Contratista especificará los valores con aproximación al 0.1%
 () Desviaciones aceptables (\pm) de los valores de la Fórmula.

(d) Filler o Polvo Mineral

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada, no plástica que deberá cumplir la norma AASHTO M-303 y lo indicado en la **Sección 423**.

De no ser cal, será polvo de roca. La cantidad a utilizar se definirá en la fase de diseños de mezcla según el Método Marshall.

(e) Cemento Asfáltico

El Cemento Asfáltico deberá cumplir con lo especificado en la **Subsección 400.02(b)** de este documento.

(f) Fuentes de Provisión o Canteras

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.04** de este documento. Adicionalmente el Supervisor deberá aprobar los yacimientos de los agregados, relleno mineral de aportación y cemento asfáltico, antes de procederse a la entrega de dichos materiales.

Las muestras de cada uno de estos, se remitirán en la forma que se ordene y serán aprobados antes de la fabricación de la mezcla asfáltica.

Equipo

410.03 Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.03** de este documento.

Adicionalmente se deberá considerar lo siguiente:

(a) Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta de trituración constará de una trituradora primaria y una secundaria obligatoriamente. Una terciaria siempre y cuando se requiera. Se deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental de acuerdo a lo indicado en las **Subsecciones 05.06, 05.11, 300.03 y 300.04.**

(b) Planta mezcladora

La mezcla de concreto asfáltico se fabricará en plantas adecuadas de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire.

Las tolvas de agregados en frío deberán tener paredes resistentes y estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear y deberá tener aprobación del Supervisor.

En las plantas del tipo tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación de agregados en frío deberá ser ponderal y tener en cuenta su humedad para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de plantas de aceptarán sistemas de dosificación de tipo volumétrico.

La planta estará dotada de un secador que permita el secado correcto de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla. El sistema de extracción de polvo deberá evitar su emisión a la atmósfera o el vertido de lodos a cauces de agua o instalaciones sanitarias.

Las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, estarán dotadas, así mismo, de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres (3) y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar Inter. contaminaciones. Dichas tolvas en caliente estarán dotadas de un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; de un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva baje del que proporcione el caudal calibrado y de un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas.

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

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto deberá permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo.

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

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de los mismos. La instalación estará dotada de sistemas independientes de almacenamiento y alimentación del llenante de recuperación y adición, los cuales deberán estar protegidos contra la humedad.

Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior al medio por ciento (0,5%). Los dispositivos de dosificación del llenante y ligante tendrán, como mínimo, una sensibilidad de medio kilogramo (0,5 kg). El ligante deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

En las instalaciones de tipo continuo, las tolvas de agregados clasificados calientes deberán estar provistas de dispositivos de salida, que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. Estos dispositivos deberán ser calibrados antes de iniciar la fabricación de cualquier tipo de mezcla, en condiciones reales de funcionamiento.

El sistema dosificador del ligante deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo. En las plantas de mezcla

continua, deberá estar sincronizado con la alimentación de los agregados pétreos y el llenante mineral.

En las plantas continuas con tambor secador-mezclador se deberá garantizar la difusión homogénea del asfalto y que ésta se realice de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

En las instalaciones de tipo continuo, el mezclador será de ejes gemelos.

Si la planta posee tolva de almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte.

En la planta mezcladora y en los lugares de posibles incendios, es necesario que se cuente con un extintor de fácil acceso y uso del personal de obra.

Antes de la instalación de la planta mezcladora, el contratista deberá solicitar a las autoridades correspondientes, los permisos de localización, concesión de aguas, disposición de sólidos, funcionamiento de para emisiones atmosféricas, vertimiento de aguas y permiso por escrito al dueño o representante legal. Para la ubicación se debe considerar dirección de los vientos, proximidad a las fuentes de materiales, fácil acceso y cumplir lo estipulado en las **Subsecciones 05.06, 05.11, 300.03 y 300.04.**

Los trabajadores y operarios más expuestos al ruido, gases tóxicos y partículas deberán estar dotados con elementos de seguridad industrial y adaptados a las condiciones climáticas tales como: gafas, tapaoídos, tapabocas, casco, guantes, botas y otras que se crea pertinente.

(c) Equipo para el transporte

Tanto los agregados como las mezclas se transportarán en volquetes debidamente acondicionadas para tal fin. La forma y altura de la tolva será tal, que durante el vertido en la terminadora, el volquete sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello.

Los volquetes deberán estar siempre provistos de dispositivos que mantengan la temperatura, así como para proteger debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir emisiones contaminantes.

(d) Equipo para la extensión de la mezcla

La extensión y terminación de las mezclas densas en caliente se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de precompactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar. La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Supervisor.

Asimismo, deberá poseer sensores electrónicos para garantizar la homogeneidad de los espesores.

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

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

(e) Equipo de compactación

Se deberán utilizar rodillos autopropulsados de cilindros metálicos, estáticos o vibratorios, triciclos o tándem y de neumáticos. El equipo de compactación será aprobado por el Supervisor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación. Para Vías de Primer orden los rodillos lisos se restringen a los

denominados tipo tandem, no permitiéndose el uso de los que poseen dos llantas traseras neumáticas. Para otros tipos de vías se aconseja el uso de equipos tándem, mas no restringe exclusivamente a éste.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Además, deberán poseer controladores de vibración y de frecuencia independientes. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compactación adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

(f) Equipo accesorio

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la mezcla.

Al término de obra se desmontarán las plantas de asfalto, dejando el área limpia y sin que signifique cambio alguno al paisaje o comprometa el medio ambiente.

Requerimientos de Construcción

410.04 Mezcla de Agregados

Las características de calidad de la mezcla asfáltica, deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso que se indican en la

Tabla N° 410-9 y 410-10, según corresponda al tipo de mezcla que se produzca, de acuerdo al diseño del proyecto y lo indicado por el Supervisor.

Tabla N° 410-9

Requisitos para Mezcla de Concreto Bituminoso

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall (MTC E 504)	8 kN (815	5,34 kN (544	4,45 kN (453
1.Estabilidad (mín) Kg)			
2.Flujo 0.25 mm	8 – 14	8 – 16	8 – 2
3.Porcentaje de vacíos con aire (1)	3 – 5	03 - 5	03 – 5
(MTC E 505)	Ver Tabla 410-10		
4.Vacíos en el agregado mineral (Ver Tabla 410-10)	75	50	50
5.Compactación, núm. de golpes en cada capa de testigo			
c. Inmersión – Compresión (MTC E 518)	2,1	2,1	1,4
1.Resistencia a la compresión Mpa mín.	70	70	70
2.Resistencia retenida % (mín)			
d. Resistencia Conservada en la Prueba de Tracción indirecta (mín) (MTC E 521)	70	70	70
e. Relación Polvo – Asfalto	0,6 – 1,3	0,6 – 1,3	0,6 – 1,3
f. Relación Est./flujo (2)	1700 – 2500		

- (1) A la fecha (1999) se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor) 2% con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3 000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.
- (2) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est./flujo sea de la menor magnitud posible tendiéndose hacia el límite inferior.

El Índice de Compactabilidad mínimo será 5. El Índice de Compactabilidad se

define como: $\frac{1}{GEB\ 50\ y\ GEB\ 5}$

Siendo GB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Tabla 410-10

Vacios mínimos en el agregado mineral (VMA)

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm. (N° 8)	21	-
4,75 mm. (N° 4)	18	-
9,5 mm. (3/8")	16	15
12,5 mm. (1/2")	15	14
19 mm. (3/4")	14	13
25 mm. (1")	13	12
7,5 mm. (1 1/2")	12	11
50 mm. (2")	11.5	10.5

Nota: Los valores de esta Tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas que se dan en la **Subsección 410.02(c)**.

Para el caso de mezclas tipo Superpave nivel 1, deberán tenerse en cuenta los requerimientos de la **Tabla N° 410-9** numeral e., así como los solicitados en las **Tablas 410-10 a 410-13.**

Tabla 410-11

Mezcla Asfáltica Tipo Superpave Requerimientos Generales

Parámetros de Diseño	Requerimientos
Porcentaje de vacíos con aire a los giros de diseño, Ndis.	4
Porcentaje de la densidad máxima a los giros iniciales, Nini. 89% máx.	89% máx.
Porcentaje de la densidad máxima a los giros máximos, Nmáx. 98% máx	98% máx.
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta (MTC E 521) 80	80

Tabla 410-12

Mezcla asfáltica tipo Superpave Vacíos llenos con asfalto (VFA)

Tráfico (millones de ejes equivalentes)	VFA
≤ 0,3	70 – 80
> 0,3 – 3	65 – 78
>3	65 – 75

Tabla 410-13

Mezcla Asfáltica SuperpaveGiros de Compactación

Tráfico (millones de ejes equivalentes)	Temperatura promedio alta del aire											
	< 39°C			39 – 40°C			41 – 42°C			43 – 44°C		
	N _{ini}	N _{dis}	N _{máx.}	N _{ini}	N _{dis}	N _{máx.}	N _{ini}	N _{dis}	N _{máx.}	N _{ini}	N _{dis}	N _{máx.}
≤ 0,3	7	68	104	7	74	114	7	78	121	7	82	127
> 0,3 – 1	7	76	117	7	83	129	7	88	138	8	93	146
> 1 – 3	7	86	134	8	95	150	8	100	158	8	105	167
> 3 – 10	8	96	152	8	106	169	8	113	181	9	119	192
> 10 – 30	8	109	174	9	121	195	9	128	208	9	135	220
> 30 – 100	9	126	204	9	139	228	9	146	240	10	153	253
> 100	9	142	233	10	158	262	10	165	275	10	172	288

410.05 Fórmula para la Mezcla en Obra

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.05** de este documento y adicionalmente:

(a) Gradación

La Gradación de la mezcla será la que se indica en el Proyecto, de acuerdo a lo que se especifica en la **Subsección 410.02(c)(1)** o **410.02(c)(2)** para mezcla asfáltica normal (MAC) o Superpave del nivel 1, respectivamente.

(b) Aplicación de la Fórmula de mezcla en obra y tolerancias

Todas las mezclas provistas, deberán concordar con la fórmula de mezcla en obra, fijada por el Supervisor, dentro de las tolerancias establecidas en la **Subsección 410.05(e)**.

Diariamente (en un mínimo de una) para los inertes y dos para la mezcla el Supervisor extraerá muestras para verificar la uniformidad requerida de dicho producto. Cuando por resultados desfavorables o una variación de sus condiciones lo hagan necesario, el Supervisor podrá fijar una nueva fórmula para ejecutar la mezcla para la obra. De todas maneras, la fórmula de trabajo será revisada completamente cada que se cumpla un tercera parte de la meta física del proyecto.

(c) Métodos de Comprobación

Cuando se compruebe la existencia de un cambio en el material o se deba cambiar el lugar de su procedencia, se deberá preparar una nueva fórmula para la mezcla en Obra, que será presentada y aprobada antes de que se entregue la mezcla que contenga el material nuevo. Los agregados para la obra serán rechazados cuando se compruebe que tienen porosidades y otras características que requieran, para obtener una mezcla equilibrada, un régimen mayor o menor del contenido de bitumen que el que se ha fijado a través de la especificación.

(d) Composición de la Mezcla de Agregados

La mezcla se compondrá básicamente de agregados minerales gruesos, finos y relleno mineral (separados por tamaños), en proporciones tales que se produzca una curva continua, aproximadamente paralela y centrada al huso granulométrico especificado y elegido. La fórmula de la mezcla de Obra será determinada para las condiciones de operación regular de la planta asfáltica.

La fórmula de la mezcla de obra con las tolerancias admisibles, producirá el huso granulométrico de control de obra, debiéndose producir una mezcla de agregados que no escape de dicho huso; cualquier variación deberá ser investigada y las causas serán corregidas.

Las mezclas con valores de estabilidad muy altos y valores de flujos muy bajos, no son adecuadas cuando las temperaturas de servicio fluctúan sobre valores bajos.

(e) Tolerancias

Las tolerancias admitidas en las mezclas son absolutamente para la formula de trabajo, estarán dentro del huso de especificación y serán las siguientes:

Parámetros de Control	Variación permisible en % en peso totalde áridos
Nº 4 o mayor	± 5%
Nº8	± 4%
Nº30	± 3%
Nº200	± 2%
Asfalto	± 0.3%

410.06 Recomendaciones para mezclas asfálticas en climas fríos con altitud mayor de 3 000 m.s.n.m. y cambios muy marcados entre las máximas y mínimas temperaturas

Para casos de pavimentos bituminosos ubicados en zonas con altitud mayor de 3 000 m.s.n.m. en que generalmente existen climas severos con alta pluviosidad y gradientes térmicas diarias altas, situación climática muy frecuente en el país, es preciso tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se deberá proporcionar una mezcla rica en cemento asfáltico, de ser posible superior a 6%, sin embargo, ello dependerá de las condiciones propias de obra.
- El diseño de la mezcla deberá ser claramente indicado en el proyecto.
- Se recomienda el uso de cal hidratada, como material aglomerante, espesante de mezcla y mejorador de adhesividad.
- En caso de requerirse aditivos mejoradores de adhesividad del par agregado-bitumen será indicado en el Proyecto.

Estas recomendaciones prevalecerán sobre los usos, costumbre y criterios empleados rutinariamente para el proporcionamiento y diseño de mezclas asfálticas en caliente.

410.07 Limitaciones climáticas

Las mezclas asfálticas calientes se colocarán únicamente cuando la base a tratar se encuentre seca, la temperatura atmosférica a la sombra sea superior a 10°C en ascenso y el tiempo no esté neblinoso ni lluvioso; además la base preparada debe estar en condiciones satisfactorias.

410.08 Preparación de la superficie existente

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

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Contratista deberá efectuar un riego adicional de adherencia, a su costa, en la cuantía que fije el Supervisor.

410.09 Tramo de Prueba

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.06** de este documento.

410.10 Elaboración de la mezcla

Los agregados se suministrarán fraccionados. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente

homogénea y deberá poderse acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los ciento cincuenta milímetros (150 mm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50%) y el cien por ciento (100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, no debiendo ser ni superior ni inferior, lo que permitirá mantener el nivel de llenado de las tolvas en caliente a la altura de calibración.

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

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

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

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, se introducirá en el mezclador al mismo tiempo, la cantidad de asfalto requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado. La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla a la volqueta.

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

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de cinco grados Celsius (5°C) a la temperatura del asfalto.

El cemento asfáltico será calentado a una temperatura tal, que se obtenga una viscosidad comprendida entre 75 y 155 SSF (según Carta Viscosidad-Temperatura proporcionado por el fabricante) y verificada en laboratorio por la Supervisión.

En mezcladores de ejes gemelos, el volumen de materiales no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en

posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios ($2/3$) de su altura.

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

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

410.11 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetes hasta una hora de día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Supervisor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla deberán tomarse las precauciones necesarias para que al descargarla sobre la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase del tramo de prueba. Al realizar estas labores, se debe tener mucho cuidado que no se manche la superficie por ningún tipo de material, si esto ocurriese se deberá de realizar las acciones correspondientes para la limpieza del mismo por parte y responsabilidad del contratista.

410.12 Extensión de la mezcla

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

A menos que se ordene otra cosa, la extensión comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La mezcla se colocará en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales, y para conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

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

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

Al realizar estas labores, se debe tener mucho cuidado que no se manche la superficie por ningún tipo de material, si esto ocurriese se deberá de realizar las acciones correspondientes para la limpieza del mismo por parte y responsabilidad del contratista.

No se permitirá la extensión y compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura

ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a diez grados Celsius (10°C).

410.13 Compactación de la mezcla

La compactación deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos, según haya sido dispuesto durante la ejecución del tramo de prueba y dentro del rango establecido en la carta viscosidad - temperatura.

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

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

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si es preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

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

Si se diseña una mezcla tipo Superpave, deberá entenderse que dado el tipo de mezcla, los procesos de compactación deberán ser diferentes, en especial, en la

temperatura, amplitud y frecuencia de la compactación inicial, el tiempo de espera o "zona tierna", el tipo de equipos y temperatura en la compactación intermedia y final.

En la etapa de tramo de prueba se podrá probar, para mezclas tipo Superpave, con la siguiente rutina inicial, la cual deberá ajustarse de acuerdo con los resultados obtenidos:

- Compactación inicial.

Rodillo tandem vibratorio, entrando a una temperatura entre 145° C y 150° C. Inicialmente se dan dos (2) pasadas con amplitud alta a 3 000 - 3 200 VPM y luego dos (2) pasadas con amplitud baja a 3 000 - 3 400 VPM

- Zona Tierna

En esta etapa se deberá esperar que la temperatura baje hasta 115°C sin operar ningún equipo sobre la mezcla.

- Compactación intermedia

Rodillo neumático de 20 a 22 Toneladas de peso, ejerciendo una presión de contacto por llanta entre 520 Kpa y 550 Kpa, en dos (2) a cuatro (4) pasadas, en un rango de temperatura entre 95° C y 115°C.

- Compactación final

Rodillo tandem vibratorio usado en modo estático, haciendo tres (3) pasadas en un rango de temperatura entre 70°C y 95°C.

410.14 Juntas de trabajo

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

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, deberán cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A

todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les aplicará una capa uniforme y ligera de asfalto antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

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

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

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

En casos de carreteras ubicadas por encima de 3 000 m.s.n.m. las juntas longitudinales deben ser efectuadas con el uso de dos distribuidores de asfalto trabajando simultáneamente en cada carril pavimentado. Esto permitirá obtener una junta monolítica y cerrada.

Se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales y de quince centímetros (15 cm) en el caso de las longitudinales.

410.15 Pavimento sobre puentes y viaductos

Las losas de los puentes si así está dispuesto en el proyecto o autorizado por el Supervisor se pavimentarán con una mezcla densa en caliente de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa aplicación del riego de liga de esta especificación.

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

410.16 Apertura al tránsito

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado podrá abrirse al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente.

410.17 Reparaciones

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

410.18 Aceptación de los trabajos

(a) Controles

Lo que resulte aplicable de la **Subsección 400.07(a)** de este documento.

(b) Calidad del cemento asfáltico

El Supervisor efectuará las siguientes actividades de control:

- (1) Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega y por cada carro termotanque, la curva viscosidad - temperatura y el grado de penetración del asfalto. En todos los casos, guardará una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando el Contratista o el proveedor manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.

- (2) Efectuar con la frecuencia que se indica en la Tabla N° 410-11 o antes siempre que se sospechen anomalías, controles de las demás características descritas en la Tabla N° 400-3.
- (3) Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico incorporado en las mezclas que haya aceptado a satisfacción.

c) Calidad de los agregados pétreos y el polvo mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán seis (6) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- (1) El desgaste en la máquina de Los Angeles, según la norma MTC E 207.
- (2) Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o de magnesio, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 209.
- (3) El equivalente de arena, de acuerdo con la norma MTC E 114.
- (4) La plasticidad, aplicando las normas MTC E 111.
- (5) Sales solubles Totales de acuerdo a la norma MTC E 219
- (6) Adherencia entre el agregado y el bitumen según la norma MTC E 220 / MTC E 517.

Así mismo, para cada procedencia del polvo mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y sobre ellas se determinarán

- La densidad aparente.
- El coeficiente de emulsibilidad.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en la **Subsección 400.02(a)**.

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

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

Además, efectuará las siguientes verificaciones de calidad y frecuencias que se indican en la **Tabla N° 410-11** para el agregado de cada tolva en frío.

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

- Densidad aparente y coeficiente de emulsibilidad, al menos una (1) vez a la semana y siempre que se cambie de procedencia del filler.
- Granulometría y peso específico, una (1) prueba por suministro.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 410.02**.

(c) Composición de la mezcla

(1) Contenido de asfalto

Por cada jornada de trabajo se tomará un mínimo de dos (2) muestras y se considerará como lote, el tramo constituido por un total de cuando menos seis (6) muestras, las cuales corresponderán a un número entero de jornadas.

En la **Tabla N° 410-11** se establecen los controles de calidad y frecuencias de los ensayos.

El porcentaje de asfalto residual promedio del tramo (ART %) tendrá una tolerancia de dos por mil (0.2%), respecto a lo establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

$$ARF \% - 0,2 \% \leq ART \% \leq ARF \% + 0,2 \%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor medio del tramo (ART%) en más de tres por mil (0.3%), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART \%} - 0,5 \% \leq \text{ARI \%} \leq \text{ART \%} + 0,5 \%$$

Un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del tramo.

(2) Granulometría de los agregados

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

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la **Subsección 410.05(e)**.

(d) Calidad de la mezcla

(1) Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras se moldearán probetas (dos por muestra), para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo Marshall (MTC E 504); paralelamente se determina la densidad media de las cuatro probetas moldeadas (De).

La estabilidad media de las cuatro (4) probetas (Em) deberá ser como mínimo, igual al noventaicinco por ciento (95%) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (Et).

$$E_m \geq 0,95 E_t$$

Además, la estabilidad de cada probeta (Ei) deberá ser igual o superior al noventa por ciento (90%) del valor medio de estabilidad, admitiéndose.

$$E_i \geq 0,8 E_m$$

El incumplimiento de alguna de estas exigencias acarrea el rechazo del tramo representado por las muestras.

(2) Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m) deberá encontrarse entre el noventa por ciento (90%) y el ciento diez por ciento (110%) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (F_t), pero no se permitirá que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en **Tabla N° 410-9.**

$$0,90 F_t \leq F_m \leq 1,10 F_t$$

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el Supervisor decidirá, al compararlo con las estabilidades, si el tramo debe ser rechazado o aceptado.

(e) Calidad del producto terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Supervisor. La cota de cualquier punto de la mezcla densa compactada en capas de base o rodadura, no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada.

Además, el Supervisor estará obligado a efectuar las siguientes verificaciones:

(1) Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos una (1) por cada doscientos cincuenta metros cuadrados (250 m²) y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de seis (6) determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se elegirán de acuerdo al anexo N°1 "Proceso Aleatorio para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo azar.

La densidad media del tramo (D_m) deberá ser, cuando menos, el noventa y ocho por ciento (98%) de la media obtenida al compactar en el laboratorio con la técnica Marshall, las cuatro (4) probetas por jornada de trabajo (D_e), que se indicaron en la **Subsección 410.18(e)(1)** de esta especificación.

$$D_m \geq 0,98 D_e$$

Además, la densidad de cada testigo individual (D_i) deberá ser mayor o igual al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad media de los testigos del tramo (D_m).

$$D_i \geq 0,97 D_m$$

El incumplimiento de alguno de estos dos requisitos implica el rechazo del tramo por parte del Supervisor.

La toma de muestras testigo se hará de acuerdo con norma MTC E 509 y las densidades se determinarán por alguno de los métodos indicados en las normas MTC E 506, MTC E 508 Y MTC E 510.

(2) Espesor

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

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser, cuando menos, igual al noventa y cinco por ciento (95%) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.95 e_d$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo.

(3) Lisura

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de cinco milímetros (5 mm) en capas de rodadura o diez milímetros (10 mm) en capas de base y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Supervisor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

(4) Textura

En el caso de mezclas compactadas como capa de rodadura, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (MTC E 1004) luego del curado de la mezcla deberá ser, como mínimo, de cuarenta y cinco centésimas (0.45) en cada ensayo individual, debiendo efectuarse un mínimo de dos (2) pruebas por jornada de trabajo.

(5) Regularidad superficial o Rugosidad

La regularidad superficial de la superficie de rodadura será medida y aprobada por el Supervisor, para lo cual, por cuenta y cargo del contratista, deberá determinarse la rugosidad en unidades IRI.

Para la determinación de la rugosidad podrán utilizarse métodos topográficos, rugosímetros, perfilómetros o cualquier otro método aprobado por el Supervisor.

La medición de la rugosidad sobre la superficie de rodadura terminada, deberá efectuarse en toda su longitud y debe involucrar ambas huellas por tramos de 5 km, en los cuales las obras estén concluidas, registrando mediciones parciales para cada kilómetro. La rugosidad, en términos IRI, tendrá un valor máximo de 2,0 m/km. En el evento de no satisfacer este requerimiento, deberá revisarse los equipos y procedimientos de esparcido y compactado, a fin de tomar las medidas correctivas que conduzcan a un mejoramiento del acabado de la superficie de rodadura.

(6) Medición de deflexiones sobre la carpeta asfáltica terminada

Se efectuarán mediciones de deflexión en los dos carriles, en ambos sentidos cada 50 m y en forma alternada. Se analizará la deformada o la curvatura de la deflexión obtenida de por lo menos tres valores por punto y se obtendrán indirectamente los módulos de elasticidad de la capa asfáltica. Además, la deflexión característica obtenida por sectores homogéneos se comparará con la deflexión admisible para el número de repeticiones de ejes equivalentes de diseño.

Para efecto de la medición de deflexiones podrá emplearse la viga Benkelman o el FWD; los puntos de medición estarán referenciados con el estacado del proyecto, de tal manera que exista una coincidencia con relación a las mediciones que se hayan efectuado a nivel de subrasante según se indican en las **Subsecciones 205.20 y 210.12(d)**.

Se requiere un estricto control de calidad tanto de los materiales como de la fabricación de la mezcla asfáltica, de los equipos para su extensión y compactación, y en general de todos los elementos involucrados en la puesta en obra de la mezcla asfáltica. De dicho control forma parte la medición de las deflexiones y el subsecuente cálculo de los módulos elásticos de las capas que se mencionan en el primer párrafo. La medición de deflexiones sobre la carpeta asfáltica terminada tiene como finalidad la evaluación, diagnóstico y complementación de los diferentes controles que deben realizarse a la carpeta asfáltica, asimismo, determinar las deflexiones características por sectores homogéneos, cuyos resultados, según lo previsto en el diseño, deberán teóricamente ser menores a la deflexión admisible.

La medición de deflexiones sobre la carpeta asfáltica terminada, se efectuará al finalizar la obra como control final de calidad del pavimento terminado y para efectos de recepción de la obra.

En cuanto a la responsabilidad de estos trabajos y la provisión de personal, equipos e insumos, se cumplirá lo establecido en la **Subsección 210.12(d)** de este documento.

Medición

410.19 Se aplica lo descrito en la **Subsección 400.08(b)** de este documento.

Para determinar la cantidad de asfalto por pagar, se calculará el peso de la mezcla asfaltada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra y aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada en cada jornada de ejecución.

Pago

410.20 Se aplica lo descrito en la **Subsección 400.10** de este documento.

Se excluye del pago el cemento asfáltico utilizado en la mezcla que se pagará de acuerdo a lo establecido en la **Sección 420**.

Item de Pago	Unidad de Pago
410.A Pavimento de Concreto Asfáltico Caliente (MAC)	Metro cúbico(m ³)
410.B Pavimento Superpave (Nivel 1)	Metro cúbico (m ³)

Tabla N° 410-11

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	200 m ³	Tolva en frío
	Plasticidad	MTC E 110	200 m ³	Tolva en frío
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	500 m ³	Tolva en frío
	Equivalente arena	MTC E 114	1000 m ³	Tolva en frío
	Indices de aplanamiento y		500 m ³	Tolva en frío

	alargamiento agregado Grueso			
	Desgaste Los Angeles	MTC E 207	1000 m ³	Tolva en frío
	Angularidad del agregado fino	MTC 222	1000 m ³	Tolva en frío
	Perdida en sulfato de sodio	MTC E 209	1000 m ³	Tolva en frío
Mezcla Asfáltica	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría		2 por día	Pista/planta
	Ensayo Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista/planta
	Temperatura		Cada volquete	Pista/planta
	Densidad	MTC E 506, MTC E 508 y MTC E 510	1 cada 250 m ²	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m ²	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
Cemento Asfáltico	Según 410.18(b)		\sqrt{N} (*)	Tanques Térmicos al llegar a obra

(*) N representa el número de tancadas de 30 000 l de cemento asfáltico requeridos en la obra.

Sección 420 : Cemento Asfáltico

Descripción

420.01 Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico en el sitio de colocación de mezclas asfálticas en caliente, construidas de acuerdo con lo establecido en la **Sección 410** de las presentes especificaciones, de riegos de liga, tratamientos superficiales y sello arena-asfalto en el que se utilice este material.

Materiales

420.02 Material bituminoso

El material por suministrar será cemento asfáltico clasificado por viscosidad o por grado de penetración de acuerdo con las características del proyecto y que cumpla los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 400.02(b)** de la **Sección 400**.

Los materiales por suministrar generan emisiones debido al proceso de calentamiento, por lo que se recomienda ubicar los tanques que contienen dichos elementos en zonas alejadas de centros urbanos o asentamientos humanos con el propósito de que dichas emisiones no afecten la salud de las personas. En caso de que los materiales sean vertidos accidentalmente, deberán recogerse incluyendo el suelo contaminado y colocarlos en las áreas de disposición de desechos que hayan sido autorizados por la autoridad correspondiente o donde el Supervisor estime conveniente.

Equipo

420.03 En adición a las consideraciones generales de la **Sección 400** que resulten aplicables, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

(a) Vehículos de transporte

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción a la planta

mezcladora, deberá efectuarse en caliente y a granel, en carros termotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles.

Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

Antes de cargar los termotanques se debe examinar el contenido y remover todo el remanente de transportes anteriores que puedan contaminar el material. Las válvulas de abastecimiento deben llevar un precinto de seguridad del proveedor.

(b) Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico, antes de su uso, se realizará en tanques con dispositivos de calentamiento que permitan mantener la temperatura necesaria del asfalto para su mezcla con los agregados. Los tanques de almacenamiento deben ser destinados para un determinado tipo de producto asfáltico, que debe estar identificado con una inscripción en el tanque que así lo indique.

(c) Protección al personal

Es necesario dotar con elementos de seguridad al personal de obra tales como tapabocas, cascos, guantes, y otros que se crean pertinentes, a fin de evitar sean afectados por la emisión de gases tóxicos así como por las probables quemaduras que pueda ocurrir al realizar estas actividades.

(d) Elementos de seguridad

Se debe disponer para el personal de obra un botiquín, y un extintor de manera tal que pueda ser accesible y utilizado de manera fácil. Por otro lado, el contratista debe proteger los cruces con cuerpo de agua y colocar barreras que impidan la contaminación del drenaje natural.

Requerimientos de Construcción

420.04 El Contratista suministrará el cemento asfáltico cumpliendo las disposiciones legales al respecto, en especial las referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental.

El empleo del cemento asfáltico en la elaboración de mezclas asfálticas se hará conforme lo establece la Sección correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

420.05 Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Exigir un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que el producto cumple las condiciones especificadas en la **Subsección 400.02(b)**.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificar que durante el vaciado de los termotanques no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto y la seguridad de las personas.
- Tomar, cada vez que lo estime conveniente, muestras para los ensayos que exige la **Subsección 410.18(b)** de la **Sección 410** y efectuar las respectivas pruebas.
- Verificar que el calentamiento del asfalto, antes de su mezcla con los agregados pétreos, impida la oxidación prematura del producto y se ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.

Medición

420.06 La unidad de medida del cemento asfáltico será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla en caliente, debidamente aceptada por el Supervisor. La misma unidad se adoptará para el caso de riegos de liga y tratamientos superficiales de utilizarse este material.

Pago

420.07 El pago se hará al precio unitario del contrato, por el cemento asfáltico efectivamente incorporado en las mezclas en caliente en su posición final, riegos de liga y tratamientos superficiales recibidas a satisfacción por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro del asfalto en obra, manejo, almacenamiento, calentamiento y transportes entre la planta de producción del asfalto y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

Ítem de Pago	Unidad de Pago
420.A Cemento Asfáltico de penetración 40-50	Kilogramo (Kg.)
420.B Cemento Asfáltico de penetración 60-70	Kilogramo (Kg.)
420.C Cemento Asfáltico de penetración 85-100	Kilogramo (Kg.)
420.D Cemento Asfáltico de penetración 120-150	Kilogramo (Kg.)
420.E Cemento Asfáltico de grado AC-5	Kilogramo (Kg.)
420.F Cemento Asfáltico de grado AC-10	Kilogramo (Kg.)
420.G Cemento Asfáltico de grado AC-20	Kilogramo (Kg.)
420.H Cemento Asfáltico de grado AC-40	Kilogramo (Kg.)

Sección 421 : Emulsión Asfáltica

Descripción

421.01 Esta especificación se refiere al suministro de una emulsión asfáltica, del tipo y características de rotura apropiados, en el sitio de ejecución de riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas, construidos de acuerdo con lo establecido en la especificación correspondiente al ítem en ejecución y conforme a las exigencias de la presente especificación.

Materiales

421.02 Material bituminoso

El material bituminoso por suministrar será una emulsión asfáltica catiónica, cuyo tipo y características de rotura dependerán del ítem del cual vaya a formar parte.

Deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 400.02(c)** de la **Sección 400**.

En el caso de requerirse una emulsión asfáltica de diferentes características, su suministro se realizará conforme lo establezca la respectiva especificación particular.

Equipo

421.03 En adición a las consideraciones generales que resulten aplicables de la **Sección 400**, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

(a) Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de mezcla o de colocación se realizará a granel, en carrotanques que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

Antes de cargar los vehículos se debe examinar su contenido y remover todo el remanente de transportes anteriores que puedan contaminar el material. Las válvulas de abastecimiento deben llevar un precinto de seguridad del proveedor.

(b) Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica, antes de su uso, se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales deberán encontrarse en posiciones diametralmente opuestas. Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento.

Deberán, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión, cuando ésta deba almacenarse por tiempo prolongado.

Requerimientos de Construcción

421.04 El Contratista suministrará la emulsión asfáltica cumpliendo las disposiciones legales al respecto, en especial las referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental.

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, efectuados sobre muestras representativas de la entrega. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Supervisor.

El Supervisor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

El empleo de la emulsión asfáltica en la elaboración de riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas, se hará conforme se establece en la especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

421.05 Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

En relación con esta especificación, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Exigir para cada envío de emulsión asfáltica un Certificado de Calidad del Producto, así como la garantía del fabricante de que dicho producto cumple las condiciones especificadas en la **Subsección 400.02(c)**.
- 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.
- Tomar muestras para los ensayos que se indican en la **Subsección 401.09(b)**, según corresponda y efectuar las pruebas respectivas.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Al respecto, el Supervisor efectuará además las siguientes verificaciones:

- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de emulsión asfáltica incorporada en riegos, tratamientos, sellos de arena-asfalto, lechadas, las mezclas y estabilizaciones.

Medición

421.06 La unidad de medida de la emulsión asfáltica será el litro (L), aproximado al litro completo, de emulsión incorporada en los riegos de imprimaciones, liga, tratamientos superficiales y sello arena-asfalto ejecutadas a satisfacción del Supervisor.

El volumen utilizado se calculará considerando la tasa de aplicación promedio de cada jornada, aplicada al área cubierta en la misma según lo indicado en la **Subsección 400.08(a)**.

El volumen de emulsión se calculará considerando una densidad de 1 kg/l. Para efectos de pago, se considerará siempre una emulsión asfáltica con una concentración de 60%; por lo tanto, si la emulsión suministrada y utilizada tiene una concentración diferente, se hará la conversión correspondiente mediante la expresión:

Siendo C la concentración de la emulsión empleada, en porcentaje.

Pago

421.07 El pago se hará al precio unitario del contrato, por la emulsión asfáltica efectivamente aplicada en los riegos de imprimación, de liga, tratamientos superficiales, sello arena-asfalto y lechadas asfálticas, recibidas a satisfacción por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro de la emulsión en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación de la emulsión y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios, y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

Item de Pago	Unidad de Pago
421.A Emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-1	Litro (L)
421.B Emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2	Litro (L)
421.C Emulsión asfáltica de rotura media CMS-2	Litro (L)
421.D Emulsión asfáltica de rotura media CMS-2h	Litro (L)
421.E Emulsión asfáltica de rotura lenta CSS-1	Litro (L)
421.F Emulsión asfáltica de rotura rápida CSS-1h	Litro (L)

El volumen de emulsión se calculará considerando una densidad de 1 kg/l. Para efectos de pago, se considerará siempre una emulsión asfáltica con una concentración de 60%; por lo tanto, si la emulsión suministrada y utilizada tiene una concentración diferente, se hará la conversión correspondiente mediante la expresión:

Siendo C la concentración de la emulsión empleada, en porcentaje.

Pago

421.07 El pago se hará al precio unitario del contrato, por la emulsión asfáltica efectivamente aplicada en los riegos de imprimación, de liga, tratamientos superficiales, sello arena-asfalto y lechadas asfálticas, recibidas a satisfacción por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro de la emulsión en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación de la emulsión y el sitio de colocación final. Además, deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios, y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

Item de Pago	Unidad de Pago
421.A Emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-1	Litro (L)
421.B Emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2	Litro (L)
421.C Emulsión asfáltica de rotura media CMS-2	Litro (L)
421.D Emulsión asfáltica de rotura media CMS-2h	Litro (L)
421.E Emulsión asfáltica de rotura lenta CSS-1	Litro (L)
421.F Emulsión asfáltica de rotura rápida CSS-1h	Litro (L)

Sección 422 : Asfaltos Diluidos (Cut Back)

Descripción

422.01 Esta especificación se refiere al suministro de un asfalto diluido del tipo y características apropiadas en el sitio de aplicación de riegos de imprimación y tratamientos superficiales, según lo indique el Proyecto o lo autorice el Supervisor.

Materiales

422.02 Material Bituminoso

El material por suministrar será un asfalto diluido de curado medio o rápido, cuyo tipo y característica dependerán del trabajo en el cual vaya a ser aplicado.

Deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 400.02(d)** de la **Sección 400** de estas especificaciones.

Equipo

422.03 Se deberán considerar los mismos requerimientos que se indican en la **Subsección 420.03** de la **Sección 420**.

Requerimientos de Construcción

422.04 El Contratista suministrará el asfalto diluido cumpliendo las disposiciones legales al respecto, en especial las referentes a dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental.

El empleo de asfalto diluido se hará de acuerdo a lo establecido en el proyecto y conforme lo establece la sección correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

El asfalto diluido deberá ser aplicado tal como salió de la planta del proveedor, sin efectuar ninguna adición de solvente o material que altere sus características de calidad.

422.05 Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Exigir un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que el producto cumple las condiciones de calidad especificadas en la **Subsección 400.02(d)**.
- Verificar el estado de funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificar que durante el vaciado de los termotanques no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto y la seguridad de las personas.
- Tomar cada vez que lo estime conveniente, muestras para los ensayos que exige la **Subsección 401.09(b)** según corresponda y efectuar las pruebas respectivas.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancia

al respecto, el Supervisor efectuará además las siguientes verificaciones:

- Determinar la cantidad de asfalto diluido incorporado en riegos de imprimación y tratamientos superficiales.

Medición

422.06 La unidad de medición del asfalto diluido, según el tipo utilizado, será el litro (L), aproximado al litro completo de asfalto diluido incorporado en los riegos de imprimación y tratamientos superficiales ejecutadas a satisfacción del Supervisor.

El volumen utilizado se calculará considerando la tasa de aplicación promedio de cada jornada, aplicada al área cubierta según lo indicado en la **Subsección 400.08(a)** de estas especificaciones.

Pago

422.07 El pago se hará al precio unitario de contrato, por el asfalto diluido efectivamente aplicado en los riegos de imprimación y de tratamientos superficiales recibidas a satisfacción por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro del asfalto diluido en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación del asfalto diluido y el sitio de colocación final. Además deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios y en general todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

Item de Pago	Unidad de Pago
422.A Asfalto diluido Tipo MC-30	Litro (L)
422.B Asfalto diluido Tipo MC-70	Litro (L)
422.C Asfalto diluido Tipo MC-250	Litro (L)
422.D Asfalto diluido Tipo RC-70	Litro (L)
422.E Asfalto diluido Tipo RC-250	Litro (L)
422.F Asfalto diluido Tipo RC-30	Litro (L)

Sección 423 : Filler o Relleno Mineral

Descripción

423.01 Esta especificación está referida a la utilización de un relleno mineral en las mezclas asfálticas preparadas y distribuidas en caliente.

Materiales

423.02 El relleno mineral que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante de la mezcla asfáltica o como mejorador de adherencia será de

preferencia la cal hidratada que deberá cumplir los requisitos que se especifican en la norma AASHTO-M303.

Con mayor precaución y con la aprobación del Supervisor sujeto a pruebas y ensayos de la mezcla podrá utilizarse polvo calcáreo procedente de trituración de rocas. En este caso, se deberá cumplir la siguiente granulometría:

Malla	% Retenido(en peso)
Residuo máximo en la malla de 600 mm (N° 30)	3%
Residuo máximo en la malla de 75 mm (N° 200)	20%

Equipo

423.03 Se deberá cumplir:

(a) Empaque

Para su traslado al sitio de las obras, el filler mineral podrá empacarse en bolsas o a granel.

(b) Vehículos de transporte

Si el suministro se hace en bolsas, el transporte podrá efectuarse en cualquier camión convencional. El vehículo deberá disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte.

Si el suministro se realiza a granel, deberán emplearse camiones adecuados para tal fin, dotados de dispositivos mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

En todos los casos, los vehículos deberán cumplir las disposiciones legales vigentes en relación con pesos, dimensiones y control de contaminación ambiental.

(c) Depósitos de almacenamiento

El depósito para el filler mineral suministrado en bolsas deberá ser ventilado y cubierto y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

Los silos de almacenamiento de filler suministrados a granel deberán estar completamente aislados contra la humedad y dispondrán de sistemas apropiados para su rápido llenado y vaciado.

Requerimientos de Construcción

423.04 La incorporación del filler mineral a las mezclas asfálticas en caliente se hará en la proporción definida en el diseño de éstos y en la fórmula de trabajo establecida según la **Subsección 400.05** de la **Sección 400**.

El abastecimiento se hará en la misma planta de asfalto utilizando tolvas especiales para el material y sistemas que impidan la pérdida. La dosificación debe ser uniforme y constante durante todo el proceso de elaboración de la mezcla.

423.05 Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Llevar un registro detallado del período de almacenamiento de cada lote, impidiendo el empleo de cualquier material con posterioridad a su fecha de vencimiento.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte, almacenamiento y abastecimiento a la planta.
- Verificar que durante el manejo del filler mineral no se efectúen manipulaciones y traslados que puedan afectar su calidad.

- Comprobar la correcta incorporación del filler mineral en la mezcla.
- Tomar, cada vez que lo estime conveniente, muestras del producto para la ejecución eventual de pruebas de control

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Supervisor deberá comprobar que con la cantidad de filler mineral efectivamente incorporado en la mezcla se obtiene la cohesividad y comportamiento de la mezcla.

Medición

423.06 La unidad de medición será el kilogramo. La determinación del metrado en Obra será mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Frm} = \frac{\text{Wasfx Vasfx Prm}}{100}$$

Donde:

Fr.m. : Peso del Relleno Mineral a pagar (Kg.).

Wasf : Peso Unitario de la Mezcla Asfáltica (Kg/cm³) en plataforma.

Vasf : Volumen (m³ a valorizar en el mes) de Carpeta Asfáltica y/o Base Asfáltica en su posición final de colocación.

Pr.m. : Porcentaje en peso del relleno mineral por m³ de Mezcla Asfáltica, establecido en la fórmula de trabajo.

Los valores Wasf, Vasf y Pr.m. se determinan por el promedio del mes en concordancia con los ensayos diarios de laboratorio, los cuales no excederán por ningún concepto lo estipulado en las fórmulas de diseño aprobadas por la Supervisión.

Pago

423.07 El peso determinado en la forma descrita anteriormente, se pagará por kilogramo (Kg.), con el precio unitario del contrato. Este precio será compensación total por la adquisición, carguío, transporte a obra, descarga, acopio, almacenaje y desperdicio del material.

Item de Pago	Unidad de Pago
423.A Filler Mineral (Cal Hidratada)	Kg.
423.A Filler Mineral (Polvo de roca triturada)	Kg.

Sección 424 : Mejoradores de Adherencia

Descripción

424.01 Esta especificación se refiere al suministro de mejoradores de adherencia en el sitio de colocación de tratamientos o mezclas asfálticas, elaboradas de conformidad con lo establecido en las Secciones correspondientes de estas especificaciones, a plena satisfacción del Supervisor.

Materiales

424.02 Para el mejoramiento de la adherencia entre los productos bituminosos y los agregados pétreos se podrán emplear:

- Aditivos producidos comercialmente de calidad certificada.
- Cenizas (AASHTO M 295)
- Cal (AASHTO M 303)
- Base tipo amina

El mejorador seleccionado, previamente en el Expediente Técnico, deberá garantizar el grado de afinidad requerido entre el par asfalto-agregado, según el tratamiento o mezcla que se irá a ejecutar. En el caso de los aditivos el Contratista deberá adjuntar la documentación sobre la efectividad del producto ofrecido, bien sea en trabajos de campo o experiencias de laboratorio.

Debe entenderse que en la selección de los mejoradores de adherencia, primarán los factores inherentes en cada uno de los diseños de mezclas asfálticas, es decir, el par asfalto-agregado deberá cumplir los requerimientos respectivos en cada especificación.

Equipo

424.03 Se deberá cumplir:

(a) Empaque

Para su traslado al sitio de las obras, el aditivo podrá empacarse en tambores y/o en bolsas. Las bolsas sólo podrán emplearse cuando el aditivo sea sólido.

(b) Vehículos de transporte

Si el suministro se hace en tambores o bolsas, el transporte podrá efectuarse en cualquier camión convencional. El vehículo deberá disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte.

En todos los casos, los vehículos deberán cumplir las disposiciones legales vigentes en relación con pesos, dimensiones y control de contaminación ambiental.

(c) Depósitos de almacenamiento

El depósito de los aditivos suministrados en tambores o bolsas deberá ser ventilado y cubierto y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

Requerimientos de Construcción

424.04 La incorporación de los mejoradores de adherencia en los tratamientos y mezclas se hará en la proporción definida en el diseño de éstos.

424.05 La adición de aditivo deberá realizarse previamente en un mezclador de suelo, agregando el porcentaje de diseño a uno de los agregados de la mezcla asfáltica, preferiblemente el más fino. El porcentaje será comprobado mediante ensayos granulométricos antes y después del mezclador.

424.06 Para garantizar la homogeneidad durante construcción de los aditivos mejoradores de adherencia, se deberán usar tanques verticales con agitadores mecánicos, en los cuales se almacenará la mezcla bitumen-aditivo en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

424.07 Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Llevar un registro detallado del período de almacenamiento de cada lote, impidiendo el empleo de cualquier aditivo con posterioridad a su fecha de vencimiento.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificar que durante el manejo del aditivo no se efectúen operaciones que puedan afectar su calidad.
- Comprobar la correcta incorporación del aditivo en el tratamiento o mezcla.
- Tomar, cada vez que lo estime conveniente, muestras del producto para la ejecución eventual de pruebas de control.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Supervisor deberá comprobar que con la cantidad de aditivo efectivamente incorporada en el tratamiento o mezcla se obtiene la adhesividad exigida y no se admitirá al respecto ninguna tolerancia.

Medición

424.08 No habrá lugar a medida, para efectos de pago separado, del aditivo mejorador de adherencia que se deba incorporar en los tratamientos o mezclas que lo requieran, para garantizar el cumplimiento de las exigencias de adhesividad de la respectiva especificación.

Pago

424.09 No habrá pago separado por el mejorador de adherencia. Por lo tanto, los costos de suministro, patente, manejo, almacenamiento, desperdicios, carga, transporte, descarga, incorporación y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de los trabajos, deberán incluirse en el precio unitario del tratamiento o mezcla respectivo.