



CAPÍTULO I

ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS

1.1 GENERALIDADES

A lo largo del transcurso de la historia se ha demostrado la importancia de la existencia de vías de comunicación y con el desarrollo de éstas el perfeccionamiento de las mismas.

El hombre, a medida que forma una agrupación social elemental, empieza a sentir la necesidad de comunicación, para buscar medios de sustento y entrar en relación con sus semejantes, cuando los grupos sociales van integrándose y llegan a adquirir una importancia social, a estas necesidades del individuo se une la aspiración colectiva de una expansión exterior, comercial, económica y cultural. La problemática de la existencia de una buena red de carreteras nos conduce a ser parte de las soluciones y pone en manifiesto la necesidad de un estudio objetivo para la conservación de nuestras carreteras.

En la actualidad se ha establecido la trascendencia económica en la construcción, evaluación y conservación de las carreteras, por el impacto que produce en la economía de los países, de tal manera que es de gran importancia determinar la eficiencia económica de las decisiones adoptadas.

En el presente trabajo se hace un estudio del tema de las emulsiones asfálticas, haciendo énfasis en la importancia que éstas tienen en la moderna tecnología del proceso de asfaltado de carreteras. Aquí se muestra la importancia de este tema desde un punto de vista tecnológico, resaltando las variables importantes en la fabricación de las emulsiones asfálticas. Éstas tienen un sinnúmero de ventajas sobre el asfalto caliente o el rebajado, por lo que es importante extender el empleo de este tipo de tecnología en Bolivia debido al constante crecimiento de su red carretera.



Debido a la importancia de la construcción y mantenimiento de carreteras de buena calidad, en este trabajo se proyecta realizar un estudio detallado sobre la utilización de emulsiones en imprimación y tratamientos asfálticos como una solución al problema existente. Se pretende que este estudio permita demostrar los beneficios que la utilización de emulsiones asfálticas conlleva, haciendo hincapié en la facilidad para su producción.

1.2 ANTECEDENTES

En las últimas dos décadas, mucho esfuerzo científico y tecnológico se ha dedicado al desarrollo de materiales asfálticos para la construcción de carreteras, ya que las especificaciones de éstas 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 vehículos, mayor repelencia al agua (alta hidrofobicidad), mayor resistencia a la radiación ultravioleta, mayor resistencia a la lluvia, mayor agarre con la llanta, mejor adhesión entre el asfalto y el material pétreo, mayor facilidad para la reparación de baches, reparación de baches a baja temperatura, etc. Todas estas condiciones impuestas al asfalto (ya sea modificado o no) dan como resultado una intensa investigación en este campo desarrollando nuevos materiales asfálticos.

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 es 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.

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 sosa 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.

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 85% es del tipo catiónico.

El uso de emulsiones asfálticas creció lentamente por la limitación del tipo de emulsiones disponibles y por la falta de conocimientos sobre su correcta aplicación. En la actualidad se ha desarrollado una amplia gama, obteniendo sustanciales beneficios económicos y ambientales. Hay varios factores que han contribuido al interés en el uso de emulsiones asfálticas, siendo los principales: la crisis energética de comienzos de los años 70, debido a que la producción de emulsiones asfálticas no requiere la incorporación de solventes de petróleo ni de calentamiento; además reduce la contaminación atmosférica, eliminando sustancias hidrocarbonadas.

1.3 JUSTIFICACION

El presente estudio permitirá tener un amplio control en el uso de las emulsiones para los diferentes tipos de aplicación.

En la actualidad se hace necesaria la implementación de soluciones prácticas a la necesidad de construir y/o ampliar la red vial, así como mantenerla debido al incesante incremento del parque automotor. Esto, a su vez, incrementa la demanda de materiales asfálticos, lo que incide paralelamente en la conservación de la energía y del medio ambiente, es de esta manera que la aplicación de emulsiones asfálticas constituyen una alternativa ideal de solución debido a que en condiciones climáticas adversas como la lluvia, alta humedad, etc., no presentan problemas (a diferencia de asfaltos calientes) ya que el medio en el cual viene el asfalto es precisamente agua.



Este es un factor importante, ya que elimina los posibles retrasos en la construcción de carreteras por mal tiempo.

Otra de las razones por las cuales las emulsiones asfálticas representan una solución ideal es que mediante el uso de emulsificantes apropiados, se puede controlar ampliamente el tiempo de ruptura de las emulsiones, ya que es posible tener emulsiones de rompimiento rápido, lento e intermedio. También es necesario hacer hincapié en que una emulsión bituminosa es considerada sin duda la forma más económica, menos contaminante, y de menor consumo energético que existe para aplicar un betún asfáltico en una carretera, la versatilidad de estas aplicaciones se consigue porque es posible actuar sobre muchos parámetros en la emulsión, en la actualidad se ha perfeccionado los sistemas de fabricación y desarrollado la química de los emulgentes para adecuarla a cualquier aplicación, permitiendo fabricar las emulsiones a voluntad en cuanto a viscosidad, velocidad de rotura, naturaleza, características de ligante residual etc. por consecuente es necesario un estudio detallado de la misma.

La realización de este estudio permitirá lograr verificar la siguiente consideración: “en la actualidad las emulsiones asfálticas son la alternativa de mayor viabilidad para lograr carreteras de mejor calidad y contribuyen a la simplificación significativa del procedimiento de asfaltado de carreteras, ya que se aplican en frío, lo cual presenta un ahorro considerable, no nada más en la energía requerida para fundir el asfalto, sino en la maquinaria que se requiere para hacer el fundido in situ”, y a su vez se conseguirá establecer si la misma es aplicable en nuestro medio.

El estudio de la aplicación de emulsiones para tratamientos asfálticos pretende determinar el uso adecuado de las mismas para poder lograr pavimentos de alto desempeño y en aplicaciones económicas y versátiles para el mantenimiento de las vías.

Por lo anteriormente expuesto es necesario redundar en el estudio de esta alternativa ya que la misma no únicamente proporciona un ahorro en el proceso de asfaltado de



las carreteras, sino que también mejora la adhesión del asfalto con el material pétreo, con un consecuente incremento en el tiempo de vida de la carpeta asfáltica y una mayor seguridad para el usuario de las mismas entre otras ventajas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

“Realizar un estudio sobre la utilización de emulsiones asfálticas en riegos de imprimación y tratamientos asfálticos, con la finalidad de verificar su uso en mayor escala en los casos donde se consideren beneficiosos, para mejorar de forma sustancial el estado físico de las carreteras logrando que las mismas sean de mejor calidad y posibilitando un tráfico fluido en cualquier época del año.”

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el uso de emulsiones asfálticas respecto a su empleo adecuado en pavimentos de alta performance y en sistemas de mantenimiento económicos pero versátiles.
- Analizar las características, propiedades y procedimientos de utilización de las emulsiones en los pavimentos de carreteras.
- Analizar las ventajas y desventajas que surgirían entorno a la implementación de emulsiones en tratamientos asfálticos y riegos de imprimación en las carreteras.
- Realizar la caracterización y evaluación de emulsiones asfálticas a través de ensayos de laboratorio de manera que se evidencie el cumplimiento con las especificaciones requeridas para su uso en imprimaciones y/o tratamientos asfálticos.
- Realizar la caracterización de los materiales utilizados para la conformación del tratamiento superficial.



- Realizar un seguimiento a la aplicación práctica de riego de imprimación y tratamiento superficial triple en el tramo Entre Ríos – Canaletas entre las progresivas 23+000 y 23+500.
- Determinar los resultados sobre la dosificación, proporciones de distribución de ligante como de agregados pétreos en el tratamiento superficial del tramo de estudio.
- Establecer los resultados del control de calidad realizado a la ejecución de la imprimación y tratamiento superficial en el tramo de estudio.
- Analizar la viabilidad de la aplicación de emulsiones asfálticas para imprimaciones y tratamientos asfálticos en nuestro medio.
- Establecer conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos mediante la realización del presente estudio.

1.5 ALCANCE

El presente trabajo se desarrolla inicialmente definiendo los aspectos generales como la identificación del problema, justificación del tema, objetivos y el contenido que tiene la presente investigación.

Dentro del marco teórico que sustente el presente trabajo se recopiló toda la información básica referente a las emulsiones y su utilización en imprimación y tratamientos para posteriormente analizarla de tal forma que se pueda comprobar si es técnicamente viable. El estudio general de emulsiones asfálticas, se realizara a través de la recopilación bibliográfica, mediante libros, revistas, tesis, páginas de internet referentes al tema de estudio, enriqueceremos nuestros conocimientos teóricos sobre las emulsiones asfálticas en lo referente a composición, clasificación, tipos, grados, usos, cuidados, requisitos que deben cumplir, propiedades, etc., lo cual nos permitirá establecer cuál de ellas sería la más adecuada para ser utilizada en nuestro medio y para la aplicación práctica de nuestro estudio.



La aplicación práctica del presente trabajo se inicia con la caracterización de los agregados y la emulsión asfáltica, determinación de sus propiedades y características y el cumplimiento con las especificaciones además del proceso de la ejecución del riego de imprimación y el tratamiento superficial. Los ensayos de los agregados pétreos serán realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Asfaltos del Servicio Departamental de Caminos Tarija (SE.DE.CA.) y en el Laboratorio de Suelos SOILS TESTING, mientras que los ensayos de la emulsión asfáltica se realizarán en el Instituto de Ensayo de Materiales de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz (UMSA), dichos ensayos deberán cumplir especificaciones exigidas para el presente proyecto basado en las Normas AASTHO.

Se desarrollará un seguimiento a la ejecución de la imprimación y el tratamiento superficial, para esto se controlará todos los pasos del proceso en campo, el equipo utilizado y la operación del mismo. Estos controles se realizarán durante la ejecución del proyecto.

A partir de los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización sobre la emulsión y agregados además de los ensayos de control, se realizará un análisis tecnológico minucioso y se establecerán los parámetros que se consideren de mayor relevancia para riegos de imprimación como para tratamientos superficiales considerando los materiales, dosificaciones, procedimientos, maquinaria y/o herramientas adecuados.

Las conclusiones generales se elaborarán de acuerdo a los resultados que se obtengan en todo el proceso del trabajo incluyendo la caracterización, dosificación, seguimiento de la aplicación en imprimación y tratamiento y el control de calidad. Asimismo en base a la experiencia realizada se emitirán algunas recomendaciones convenientes.

1.5 METODOLOGÍA Y MEDIOS.-

1.5.1 METODOLOGÍA



El proceso metodológico que se seguirá para la realización del presente proyecto de grado será el siguiente:

1. La primera actividad, consta en realizar una investigación bibliográfica para enriquecer nuestros conocimientos referidos al tema en estudio, tanto en ámbitos locales, nacionales e internacionales; con el propósito de adquirir un nivel de conocimiento acorde a la necesidad para la realización del presente trabajo. Esta investigación bibliográfica será desarrollada en libros proporcionados por docentes o profesionales afines al tema y páginas de internet relacionadas con el tema.
2. La segunda actividad, enmarcar nuestro marco teórico de manera que su contenido en base a toda la investigación bibliográfica se enfoque de manera adecuada al tema; es decir en lo referente a agregados para los tratamientos superficiales, emulsiones para las tratamientos superficiales, emulsiones para imprimación, controles en laboratorio, controle en obra y especificaciones exigidas.
3. La tercera actividad, menciona que una vez terminado el marco teórico, se desarrollara el trabajo practico de manera que se ponga en práctica todo lo enunciado en el marco teórico aplicado a agregados conocidos, emulsiones específicas para la conformación de tratamientos e imprimaciones con emulsiones; este es el trabajo más importante del proyecto de grado porque en esta etapa se pretende demostrar la aplicabilidad de imprimaciones y tratamientos superficiales con emulsión asfáltica para considerar efectivamente una alternativa pavimentado. Para la realización de la aplicación práctica del presente proyecto de grado seguiremos los siguientes pasos.
 - Caracterización de los agregados para el tratamiento, realizando los ensayos según normas AASHTO de granulometría, peso específico, desgaste “Los Ángeles”, etc.



- Caracterización de la emulsión asfáltica; realizando los ensayos de peso específico, tamizado de la emulsión, viscosidad Saybolt Furol, pruebas de penetración, ductilidad, solubilidad, para lo cual utilizaremos laboratorios externos a la universidad ya sean privados o de instituciones públicas .
- Control en campo de la ejecución tanto de la imprimación como del tratamiento superficial y de las dosificaciones de agregado y emulsión empleados para estos.
- Finalmente, realizaremos una evaluación y análisis de los resultados obtenidos para ver si llegamos al objetivo planteado y en función a ello establecer nuestras conclusiones y recomendaciones.

1.5.2 MEDIOS

1. La elaboración del marco teórico incluirá la recopilación bibliográfica de libros, revistas, internet, etc., cuyo contenido proporcione información concerniente al tema en estudio; aspectos generales de emulsiones, tipos, caracterización, uso, empleo en riegos de imprimación y tratamientos superficiales entre otros.
2. Los ensayos para la caracterización del agregado pétreo se realizarán en el Laboratorio de Suelos del Servicio Departamental de Caminos (SE.DE.CA), mientras que los ensayos de caracterización de la emulsión asfáltica serán realizados en el Laboratorio de Asfaltos del Instituto de Ensayo de Materiales de la Universidad Mayor de San Andrés de la Ciudad de La Paz (U.M.S.A).
3. La aplicación práctica del estudio correspondiente a la ejecución del riego de imprimación y tratamiento superficial triple se realizará en el tramo Canaletas-Entre Ríos entre las progresivas 23+000 a 25+300. Para la ejecución del mismo se emplearán los equipos proporcionados por la empresa constructora, los cuales corresponden a, volquetes, distribuidor de agregado, distribuidor del ligante,



cisterna, sopladora, compactador rodillo liso vibratorio, compactador rodillo neumático.

4. El personal de mano de obra será personal capacitado, se contara con un capataz, peones, ayudantes, operadores, los cuales serán designados a un trabajo específico.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS EMULSIONES

2.1 GENERALIDADES

Se denomina emulsión a un sistema compuesto de dos líquidos inmiscibles de los que uno se dispersa en el otro en forma de gotas diminutas, denominando al primero como FASE DISPERSA y al segundo como FASE CONTINUA.

Las emulsiones o betún asfáltico es el procedente de la destilación del petróleo; del crudo de donde principalmente se obtiene el betún o emulsión. Del crudo en las refinerías se obtiene diversos productos después de pasar por varios procesos o procedimientos, entre los diversos productos que se obtienen se encuentran varios tipos de gases, gasolinas y kerosene, diesel, combustibles y PITCH ASFÁLTICOS. El producto obtenido desde el fondo de la torre de destilación, posterior a la extracción de los componentes livianos, se denomina pitch asfáltico, con el cual se prepara el cemento asfáltico que a temperatura ambiente es un compuesto semisólido.

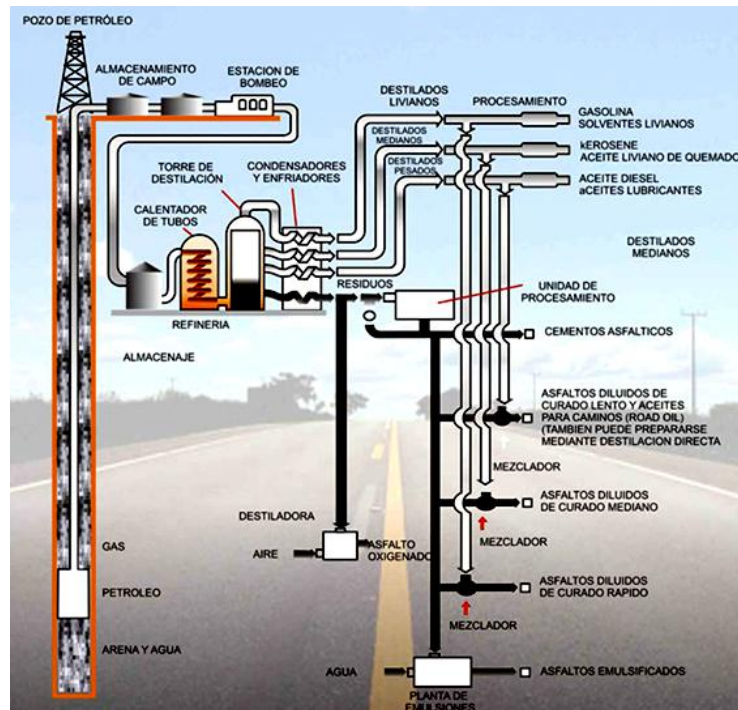


Fig.2.1 esquema del proceso de destilación



El cemento asfáltico se obtiene para diferentes consistencias, que se miden a través del ensayo de penetración o ensayos de viscosidad.

En las emulsiones asfálticas, las dos fases en presencia son agua y asfalto. Si se agitan asfalto fundido y agua caliente se obtiene una emulsión inestable que solo dura el momento de la agitación, tan pronto como cesa esta las partículas de asfalto se unen unas a otras, formando una masa continua separada del agua.

Las emulsiones como ya hemos mencionado están compuestas por cemento asfáltico, agua y un agente emulsificante en las proporciones aproximadas de:

- Cemento Asfáltico: 50% a 63%
- Agua: 35% a 50%
- Agente Emulsificante: 0,5% a 2 %

Para la obtención de la emulsión es necesaria la unión del asfalto con el emulsificante o solución acuosa para ello se utiliza los molinos coloidales.

2.2 DEFINICIÓN

Una emulsión es una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre si y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. 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). Esto puede apreciarse en la *fig.2.2*, en donde se muestra un dibujo esquemático de una emulsión.

Generalmente el tamaño de la fase discreta tiene alguna dimensión lineal entre 1 nanómetro y 1 micra. Son estos tamaños tan pequeños los que les dan a las emulsiones sus importantes e interesantes propiedades, hace incrementar la superficie específica del cemento asfáltico, favoreciendo el mojado, distribución y cohesión con las partículas de agregado.

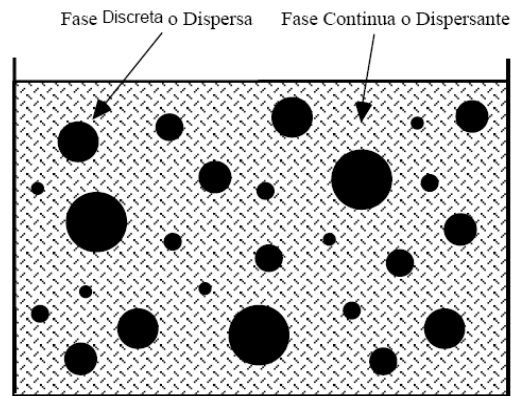


Fig. 2.2 Diagrama esquemático de una emulsión

En la emulsión que se utiliza en la tecnología en frío se pueden distinguir dos fases: una discontinua formada por las gotitas esféricas de cemento asfáltico y una continua formada por el medio en el cual se dispersan.

El cemento asfáltico es por naturaleza hidrófobo, lo cual provoca la unión entre glóbulos dando lugar a otros de tamaño mayor, provocando la separación del cemento asfáltico y del agua. Para evitar la coalescencia de los glóbulos de cemento asfáltico se adiciona un agente estabilizador denominado emulgente o emulsificante.

2.3 TIPOS DE EMULSIONES

Dentro de las emulsiones asfálticas podemos distinguir dos grandes grupos que se determinan de acuerdo a la carga eléctrica que poseen, esto principalmente depende del tipo de emulsificador:

- ✓ Emulsiones Aniónicas que son las de carga negativa.
- ✓ Emulsiones Catiónicas que son las de carga positiva.

2.3.1 EMULSIONES ANIÓNICAS

Como ya se mencionó este tipo de emulsión está cargado negativamente por ende trata de unirse con elementos que estén cargados positivamente.

Los emulgentes empleados en la fabricación de las emulsiones aniónicas son normalmente oleatos de sodio o potasio (jabones de sodio) del tipo $R-COO-Na^+$ (ácidos grasos).



Fig.2. 3 Emulsión Aniónica

El radical R queda sumergido en glóbulos de cemento asfáltico y el grupo COO- unido a él queda en la fase acuosa donde se disocian los cationes Na^+ .

Las moléculas del agente emulsionante cubren completamente el glóbulo de cemento asfáltico como se muestra en la *fig.2.4*, quedando tapizado de radicales negativos y actúan como si estuvieran cargados negativamente.

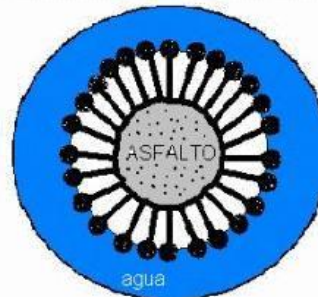


Fig.2. 4 Glóbulo de Cemento Asfáltico Cubierto De Moléculas Del Agente Emulsionante

Esta carga negativa impide el contacto directo de los distintos glóbulos de asfalto, por lo que tienden a mantenerse separados y mantienen estable la emulsión.

En la práctica, para lograr una protección eficaz del glóbulo de asfalto se emplea la cantidad de emulgente necesaria para lograr que sus moléculas tapicen totalmente su superficie y la situación del glóbulo de asfalto en la emulsión terminada es la indicada en la siguiente figura 2.5.

A causa de su carga negativa, los glóbulos de cemento asfáltico de una emulsión aniónica tiene especial afinidad por las superficies iónicamente positivas como son los áridos tipo calizas (CaCo_3), dolomitas y basaltos.

La representación que se emplea en las figuras de ejemplo de las moléculas de las emulsiones (una cabeza grande o voluminosa seguida por una cola larga) es muy parecida a la realidad. Los jabones de metales bivalentes suelen producir emulsiones



de agua en asfaltos, lo que puede explicarse por análogas considerables geométricas.

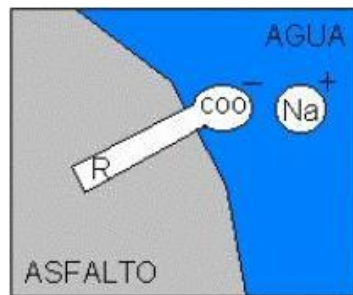


Fig. 2.5 Situación Del Glóbulo De Asfalto En La Emulsión Aniónica Terminada

Cuando el asfalto empleado contiene una elevada proporción de ácidos nafténicos pueden fabricarse emulsiones aniónicas utilizando como emulsificante los jabones formados por los ácidos nafténicos de los asfaltos con un álcali. Dentro de las emulsiones aniónicas se puede encontrar las emulsiones:

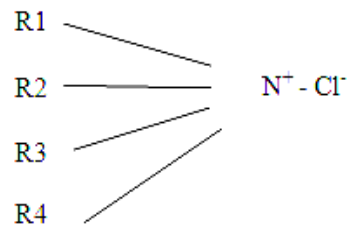
- Emulsiones de quiebre lento (RS – 1, RS – 2)
- Emulsiones de quiebre medio (MS – 1, MS – 2, MS – 2h)
- Emulsiones de quiebre rápido (SS – 1, SS – 1h)

Dependiendo de la rapidez de quiebre se clasifican y esto va dependiendo según la proporción y tipos de emulsificantes empleados, se obtienen según estos las emulsiones de mayor o menor rapidez de quiebre, o sea la velocidad con que las partículas de asfalto recubren el agregado pétreo separándose del agua.

2.3.2 EMULSIONES CATIONICAS

Estas son aquellas en que las partículas de asfalto están cargadas positivamente, por lo que representan afinidad por los grupos cargados negativamente y por ende contrariamente a las emulsiones aniónicas que tratamos anteriormente.

Los emulgentes ocupados para la obtención de estas emulsiones Cationicas son normalmente sales de amonio cuaternario de tipo:



o amina grasa (diamina, amido-amina, imidazolina).

Los radicales R1, R2, R3, R4 se sumergen en los glóbulos de asfaltos y el nitrógeno queda en la fase acuosa donde se disocian los aniones Cl^- que es uno de los muchos que se pueden emplear en la práctica para la elaboración de los diversos tipos de emulsiones.

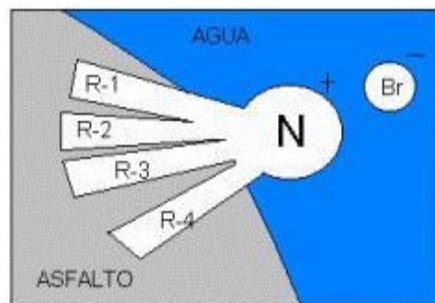


Fig.2. 6 Esquema Sumersión De Los Radicales
En El Glóbulo De Asfalto

En las emulsiones catiónicas se clasifican al igual que las emulsiones aniónicas de acuerdo a su velocidad de quiebre o sea a una clasificación de emulsiones de quiebre rápido, medio y lento. Las siglas o comúnmente llamadas son:

- Catiónicas de quiebre rápido (Cationic rapid setting): CRS – 1, CRS – 2
- Catiónicas de quiebre medio (Cationic médium setting): CMS – 1, CMS – 2, CMS – 2h
- Catiónicas de quiebre lento (Cationic slow setting): CSS – 1, CSS – 1h.

En general las emulsiones producen en las mezclas asfálticas un recubrimiento más delgado en material pétreo. Su uso se ha estado ampliando por las mismas razones que los asfaltos cortados han ido disminuyendo, debido a que no se produce tanta contaminación debido a que el vehículo solvente para la elaboración de los asfaltos



con estas emulsiones es agua por lo que se evapora no produciendo polución.

Por ejemplo:

CSS – 3K – Emulsión Catiónica (K) de quiebre lento (S) y 3 que tiene viscosidad entre 250 y 500 S.S.F.

Además se puede incluir otra característica adicional según sea la dureza del residuo asfáltico que si está entre 40 y 90 de penetración la emulsión se denominará con la letra h al final de su nombre.

Por ejemplo:

RS - 3 kh

RS = Quiebre rápido (Rapid Setting)

3 = Viscosidad 250 a 500 segundos saybolt Furol.

k = Catiónica (se usa con áridos de carga negativa).

h = residuo duro (de penetración entre 40 y 90)

2.4 COMPOSICIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

Una emulsión asfáltica consiste de tres ingredientes básicos: asfalto, agua y un agente emulsivo. En algunas ocasiones la emulsión puede contener otros agentes aditivos, como estabilizantes, mejoradores de recubrimiento, mejoradores de adherencia, o agentes de control de rotura.

Es bien sabido que el agua y el asfalto no se mezclan, excepto en condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipos de alta especialización y aditivos químicos. Mezclar agua y asfalto es una tarea similar a la del mecánico que intenta lavar, solo con agua, sus manos engrasadas. Solo con detergente o con un agente jabonoso la grasa puede ser exitosamente removida. Las partículas de jabón rodean a los glóbulos de grasa, rompen la tensión superficial que los mantiene unidos y permiten que sean eliminados.

Algunos de los mismos principios físicos y químicos se aplican a la formulación, producción y uso de emulsiones asfálticas. El objetivo es lograr una dispersión



estable del cemento asfáltico en el agua – suficientemente estable para ser bombeada, almacenada durante tiempo prolongado y mezclada. Más aun, la emulsión deberá “romper” rápidamente tras entrar en contacto con el agregado en un mezclador, o tras ser distribuida sobre la cancha – “rotura” es la separación del agua del asfalto. Al curar el residuo asfáltico conserva toda la capacidad adhesiva, la durabilidad y la resistencia al agua propias del cemento asfáltico con el cual fue elaborado.

2.4.1 EL CEMENTO ASFÁLTICO

El cemento asfáltico es elemento básico de la emulsión asfáltica y en la mayoría de los casos, constituye entre un 50 y un 70% de la emulsión. La química del asfalto es una materia compleja y no es necesario para el caso, examinar todas las propiedades del cemento asfáltico si afectan significativamente la emulsión final. Sin embargo no hay una correlación exacta entre las propiedades del asfalto y la facilidad con que el asfalto puede ser emulsionado. Si bien la dureza de la base de cemento asfáltico puede variar, la mayoría de las emulsiones es hecha con asfaltos con un rango de penetraciones 60-250. En ocasiones. Las condiciones climáticas pueden requerir una base asfáltica más dura o más blanda. En cualquier caso la compatibilidad química entre el agente emulsivo y el cemento asfáltico es esencial para la producción de una emulsión estable.

El asfalto proviene principalmente de la refinación del crudo de petróleo. El asfalto está compuesto básicamente de grandes moléculas de hidrocarburos y su composición química es variada. La estructura coloidal del asfalto depende de la naturaleza química y del porcentaje de moléculas de hidrocarburos y de la relación entre estas. Las variadas propiedades químicas y físicas del asfalto, entonces se deben esencialmente a las variaciones en la fuente del crudo y en los métodos de refinación. Naturalmente las propiedades del cemento asfáltico afectaran el comportamiento del residuo asfáltico en el camino.

La compleja interacción de las complejas moléculas hace casi imposible predecir con precisión el comportamiento de un asfalto que será emulsificador. Por esta razón,



sobre la producción de emulsiones asfálticas se realizan constantemente controles de calidad. Cada comerciante de emulsiones tiene sus propias formulaciones y técnicas de producción. Ellas han sido desarrolladas para alcanzar óptimos resultados con el cemento asfáltico y los químicos emulsivos empleados.

En la práctica se recomienda que el ligante presente las siguientes características:

- ✓ Estado coloidal: tipo sol y sol-gel
- ✓ Contenido de asfáltenos: 18% - 26%
- ✓ Contenido de resinas: 30% - 42%
- ✓ Contenido de aceites: 44% - 50%
- ✓ Contenido de resinas cálcicas cíclicas aromáticas: 15% del contenido de resinas.
- ✓ Contenido de parafinas: bajo.
- ✓ Contenido de ácidos nafténicos: alto (índice de acides mayor que 1).
- ✓ Índice de penetración: entre -1 y +1.
- ✓ Bajo contenido de sal.

2.4.2 EL AGUA

El segundo componente en una emulsión asfáltica es el agua. Su contribución a las propiedades deseadas en el producto no puede ser minimizada. El agua puede contener minerales u otros elementos que afectan la producción de emulsiones asfálticas estables. Consecuentemente el agua potable puede no ser adecuada para las emulsiones asfálticas.

El agua encontrada en la naturaleza puede ser inadecuada debido a las impurezas, sea en solución o en suspensión coloidal. Preocupa particularmente la presencia de iones de calcio y de magnesio. Estos iones favorecen la formación de una emulsión catiónica estable. De hecho, frecuentemente soluciona fluoruro de calcio a las emulsiones catiónicas, con el objeto de aumentar la estabilidad durante el almacenamiento.



Estos mismos iones, sin embargo pueden ser perjudiciales para emulsiones aniónicas. Y esto se debe a que las sales de calcio y de magnesio, insolubles en agua, se forman en la reacción con sales de sodio y potasio, solubles en agua normalmente utilizadas como emulsivos. De igual forma aniones de carbonatos y bicarbonatos pueden facilitar, gracias a su efecto “Amortiguador” la estabilización de emulsiones, pero pueden desestabilizar emulsiones catiónicas al reaccionar con emulsivos compuestos de hidrocioratos de aminas solubles en agua.

Aguas que contienen partículas no deberían utilizarse en la elaboración de emulsiones. Dichas aguas pueden ser particularmente perjudiciales para las emulsiones catiónicas. Comúnmente tales partículas están cargadas negativamente, y absorben rápidamente los agentes emulsivos, desestabilizando la emulsión. El uso de aguas impuras puede resultar un desequilibrio en los componentes de la emulsión, lo que puede afectar en forma adversa la performance o causar una rotura prematura.

2.4.3 EL EMULSIFICANTE

Los emulsificantes son compuestos orgánicos de peso molecular relativamente elevado (entre 100 y 300); 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 alkilo 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. En la *fig.2. 7* se muestra una representación pictórica de la emulsión aniónica y la catiónica.

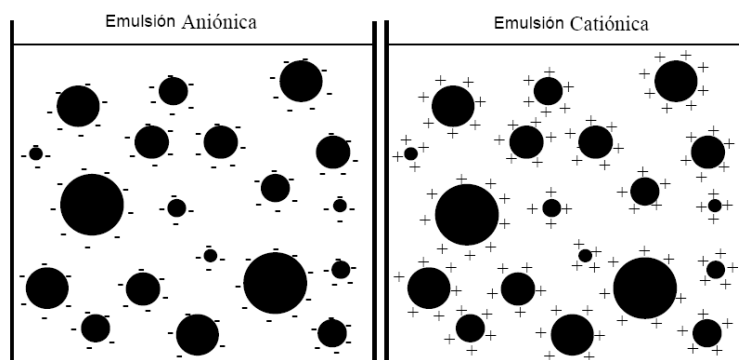


Fig. 2.7 Representación Esquemática De Las Emulsiones Aniónica Y Catiónica

Las propiedades de las emulsiones asfálticas dependen en gran medida en los agentes químicos utilizados como emulsivos. Aunque cuantitativamente es menor que el cemento asfáltico, se considera como el elemento esencial para su producción. Tienen como su función principal estabilizar y evitar la coalescencia de la emulsión (unión de los glóbulos de cemento asfáltico).

El emulsificante permite rompimiento oportuno o cambia la tensión superficial en el área de contacto con el agregado. Pueden ser del tipo aniónico, catiónico según su carga eléctrica se desplace al ánodo o al cátodo. Su molécula consta de una parte muy afín con el cemento asfáltico que queda firmemente anclada en él, y de otra parte cargada iónicamente, dando lugar a la formación de la micela de asfalto con sus cargas eléctricas alrededor, generando fuerzas repulsivas, responsables de la estabilidad de la emulsión. Para la formulación de la emulsión es necesario tener un amplio conocimiento sobre las características físico-químicas del emulgente. Pequeñas variaciones en su constitución pueden influir de manera negativa en la calidad final de la emulsión.

Teniendo en cuenta la definición de los emulsificantes, se pueden clasificar y hacer referencia según su carácter iónico en:

- Emulsionantes aniónicos
- Emulsionantes catiónicos
- Emulsionantes anfólitos
- Emulsionantes no iónicos

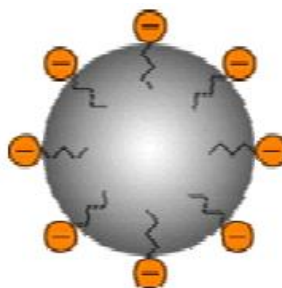
2.4.3.1 LOS EMULSIFICANTES ANIÓNICOS

Se trata de tensoactivos que se ionizan en solución acuosa para dar origen a iones orgánicos cargados negativamente, que son los responsables de la actividad superficial. En la *Fig. 2.8* se esquematiza la orientación de los glóbulos del ligante.

Entre los emulsificantes aniónicos se encuentran:

- Sales alcalinas de ácidos grasos
- Sales Metálicas de ácidos grasos
- Sales de base orgánica y de ácidos grasos

Las más utilizadas son las sales alcalinas de ácidos grasos.



*Fig.2. 8 Orientación Del Emulsificante
En El Glóbulo Del Ligante*

2.4.3.2 LOS EMULSIFICANTES CATIONÍCOS

Son los tensoactivos que se ionizan en solución acuosa y que originan los iones orgánicos cargados positivamente responsables de la actividad superficial. Los tensoactivos más utilizados son:

- Alquilaminas
- Alquilamidoaminas
- Heterociclos nitrogenados de tipo imidazolina

Estos reaccionan solos o en asociación y deben estar en forma de sales.

Durante la fabricación de la emulsión, los cationes son absorbidos por los glóbulos asfálticos, la parte lipófila (afinidad por el agua) se vuelve hacia el interior y el radical NH_3^+ se sitúa en la interface cemento asfáltico / agua. Los aniones permanecen en el agua y los glóbulos de betún están cargados positivamente por la acumulación de grupos NH_3^+ en la periferia.



Este hecho asegura, por un lado la estabilidad de la emulsión, por repulsión electrostática y por otro una buena afinidad del glóbulo de betún frente a las superficies minerales cargadas negativamente.

Se ve que al tomar contacto el ligante asfáltico con el agua y el emulgente en el molino y como consecuencia de la energía entregada en éste, el asfalto se dispersa en forma de glóbulos que son mantenidos estables por la acción del emulsificante, y cuyos diámetros no superan los 25 micrones aproximadamente; la mayoría de ellos son inferiores a 10 micrones.

El tamaño de las partículas de la emulsión es función del emulsificante, de la energía mecánica aplicada en el momento de la fabricación, de la naturaleza y cantidad de ligante y de las condiciones hidrodinámicas en las que se efectúa el proceso de emulsificación.

De su dispersión dependen directa o indirectamente la estabilidad al almacenamiento, la viscosidad, reactividad y adhesividad, propiedades importantísimas de las emulsiones asfálticas. La distribución del tamaño de partículas condiciona las propiedades antes mencionadas.

Una vez que las partículas están formadas, en el proceso de fabricación, se deberán estabilizar (entre ellas) y evitar coalescerse dentro del molino coloidal y fuera de éste. El emulsificante adsorbido por las partículas posee una repulsión eléctrica entre ellas (como una barrera). Si esta barrera es vencida, las partículas floculan entre sí produciendo grumos lo cual afecta a la coalescencia. La floculación y la coalescencia pueden ocurrir también por contacto con minerales (etapas importantes en el rompimiento y curado de la emulsión).

Cuando el glóbulo de asfalto, por la presencia del emulsificante en su superficie, adquiere carga positiva, la emulsión es catiónica (por equipo de electrólisis se puede determinar ya que existe concentración en el electrodo NEGATIVO, CÁTODO).

Si la carga del glóbulo es negativa, se está en presencia de una emulsión aniónica y en



el equipo de electrólisis la concentración se producirá en el electrodo POSITIVO, ÁNODO.

Como ejemplo, para formular una emulsión catiónica rápida el porcentaje de emulsificante puede variar entre 0.15 a 0.3 (del porcentaje de ligante) obteniendo un pH entre 2 y 4, si se utiliza una diamina grasa. Para la formulación de una emulsión media, el porcentaje de emulsivo varía entre 0.5 a 0.8, su pH será variable entre 1.5 a 4 utilizando la misma diamina grasa.

2.5 ROMPIMIENTO Y CURADO DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

2.5.1 ROTURA

Para que la emulsión asfáltica cumpla su objetivo final, esto es, actuar como ligante, el agua debe separarse de la fase asfáltica y evaporarse. Esta separación se denomina “rotura” (breaking). En forma simplificada y sencilla se puede definir que una emulsión rompe, cuando ésta se pone en contacto con un agregado pétreo, iniciándose la separación del asfalto del agua y el recubrimiento del agregado pétreo con una película del mismo.

El agua debe entonces, liberarse y finalmente evaporarse. En la *fig. 2.9* se esquematiza el proceso. En el momento del contacto entre la emulsión y la superficie mineral se establece una competencia sobre la superficie mineral, entre la capacidad de adsorción del emulsificante libre de la emulsión y la capacidad de adsorción del emulsificante en la interface agua / cemento asfáltico de las partículas de cemento asfáltico.

La adsorción de estas partículas de cemento asfáltico conduce a una reacción de heterofloculación sobre la superficie mineral que suele conducir a la rotura. El ligante asfáltico depositado tendrá, prácticamente, las mismas propiedades que si hubiera sido aplicado en caliente o por medio de un solvente de petróleo, resultando el espesor de la película menor que en los otros casos.

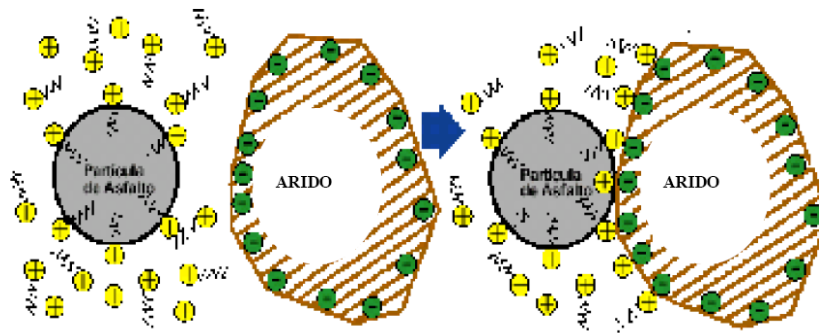


Fig. 2.9 Proceso Inicial De Rompimiento De Una Emulsión

La velocidad de rotura está controlada básicamente por el tipo específico y la concentración del agente emulsivo. Sin embargo, hay otros factores, enumerados más adelante, que juegan también un importante rol en la rotura de la emulsión. Con el fin de alcanzar resultados óptimos, es necesario controlar todos esos factores para satisfacer los requerimientos específicos del uso en obra de las emulsiones asfálticas. El proveedor debería poseer más información concerniente al uso óptimo de sus emulsiones.

La velocidad, en el proceso de rotura, nos define la estabilidad a través del tiempo, entiéndase almacenamiento, manipuleo, transporte y colocación, y la clasificación de las emulsiones. Por todo lo expuesto se puede clasificar a las emulsiones de acuerdo al emulsificante en:

Emulsiones Aniónicas de rotura

- Rápida
- Media
- Lenta

Emulsiones Cationicas de rotura

- Rápida
- Media
- Lenta
- Superestables
- De Imprimación
- De Rotura Controlada (especiales)
- Reciclado en Frío



En el caso de emulsiones catiónicas y aniónicas de roturas rápida y media, la disposición inicial de las gotitas de emulsión asfáltica sobre el agregado tiene lugar por medio de fenómenos electroquímicos.

Para emulsiones de rotura lenta, el mecanismo es la evaporación de agua. Para el caso de mezclas densas, se requiere más tiempo para permitir el mezclado y la compactación. Consecuentemente, las emulsiones utilizadas en mezclas se diseñan para una rotura retardada. Una emulsión de rotura rápida tendrá un corto tiempo de rotura (entre uno y cinco minutos luego de aplicada), mientras que emulsiones de rotura media o rotura lenta pueden insumir un tiempo considerablemente mayor.

2.5.2 CURADO

El curado involucra el desarrollo de las propiedades mecánicas del cemento asfáltico. El resultado final es una película cohesiva continua que mantiene a los agregados con una fuerte unión de carácter adhesivo. Para que esto suceda, el agua debe evaporarse completamente, y las partículas de la emulsión asfáltica tienen que coalescer y unirse al agregado. El agua se elimina por evaporación, por la aplicación de presión (rodillado), y por absorción por el agregado.

La evaporación del agua puede ser bastante rápidamente bajo condiciones climáticas favorables, pero excesiva humedad, bajas temperaturas, o lluvias inmediatamente después de la aplicación pueden demorar un curado apropiado.

Cuando se usan emulsiones de rotura lenta y media en mezclas de pavimentación, el empleo de agregados ligeramente húmedos facilita el proceso de mezclado y recubrimiento. En las emulsiones de rotura lenta, el desarrollo de la resistencia depende principalmente de la evaporación y la absorción.

Las emulsiones para mezclas usualmente contienen algún solvente de petróleo para facilitar el proceso de mezclado y recubrimiento. Durante el curado, parte de este solvente se evapora. Recientemente, se ha puesto énfasis en el desarrollo de emulsiones para mezclado sin solventes. Por ejemplo, el curado de micro-



aglomerado (micro-surfacing) es lo suficientemente rápido para liberar el camino al tráfico en el lapso de una hora.

2.5.3 FACTORES QUE AFECTAN LA ROTURA Y EL CURADO

Algunos de los factores que afectan las velocidades de rotura y curado de las emulsiones asfálticas son:

- Absorción de agua –un agregado de textura áspera, poroso, acelera el tiempo de rotura al absorber agua de la emulsión.
- Contenido de humedad de los agregados-si bien los agregados húmedos pueden facilitar el recubrimiento, tienden a hacer más lento el proceso de curado al incrementar el tiempo necesario para la evaporación.
- Condiciones climáticas-la temperatura, la humedad, y la velocidad del viento tienen influencia en la velocidad de evaporación del agua, en la migración del emulsivo y en las características de liberación del agua. Usualmente, pero no siempre, la rotura ocurre de manera más rápida en tiempos cálidos. Las altas temperaturas pueden originar la información de “piel” en tratamientos superficiales (chip-seals), atrapando el agua y retardando el curado. Recientemente se han desarrollado formulaciones químicas para romper rápidamente a bajas temperaturas.
- Fuerzas mecánicas- la presión de los rodillos y, hasta cierto punto, el tráfico a baja velocidad, desalojan al agua de la mezcla y ayudan a lograr la cohesión, el curado y la estabilidad de mezcla.
- Superficie específica-una mayor superficie específica de los agregados, particularmente finos en excesos o agregado sucio, acelera la rotura de la emulsión.
- Química de superficies- la intensidad de la carga de la superficie del agregado, en combinación con la intensidad de la carga del agente emulsivo, puede influir marcadamente en la velocidad de rotura, en particular en el caso de emulsiones catiónicas, iones de calcio y de magnesio presentes en la superficie del agregado



pueden reaccionar con y desestabilizar a ciertos emulsivos aniónicos, acelerando la rotura.

- Temperatura de la emulsión y del agregado-la rotura se demora cuando las temperaturas de la emulsión y del agregado son bajas. Esto es particularmente evidente en el caso de micro-aglomerados.
- Tipo y cantidad de emulsivo- el surfactante empleado en la elaboración de la emulsión determina las características rotura de los grados de emulsiones para sellados y para mezclas.

Estos factores deben ser considerados en la determinación del tiempo de trabajo luego de que la emulsión ha sido distribuida o ha sido mezclada con el agregado en la obra. La mejor fuente información es el proveedor de la emulsión.

2.6 REQUISITOS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ASFÁLTICAS

TABLA 2.1 ESPECIFICACIONES PARA EMULSIONES ANIONICAS (AASHTO T 140 -70)														
ENSAYOS SOBRE LA EMULSION														
TIPO	QUIEBRE RAPIDO				QUIEBRE MEDIO						QUIEBRE LENTO			
	RS-1		RS-2		MS-1		MS-2		MS-2h		SS-1		SS-1h	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Viscosidad Saybolt-Furol a (50°C) S	20	100			20	100	100		100		20	100	20	100
Decantación en 5 días			75	400										
Estabilidad para almacenaje a 24 hrs. %		1		1		1		1		1		1		1
Demulsibilidad en 35 ml. 0.02 NCaCl ₂ %	60		60											
Demulsibilidad en 50 ml. 0.01 NCaCl ₂ %								30						
Mezcla con cemento %											2.0		2.0	
Tamizado %	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10	
ENSAYO EN EL RESIDUO DE DESTILACIÓN														
Penetración a 25°C, 100gr. S	100	200	100	200	100	200	100	200	40	90	100	200	40	90
Ductilidad a 25°C, 5 (cm/min), cm	40		40		40		40		40		40		40	
Solubilidad en tricloroetileno %	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

TABLA 2.2 ESPECIFICACIONES PARA EMULSIONES CATIONICAS (AASHTO T-208)													
ENSAYOS SOBRE LA EMULSION													
TIPO	QUIEBRE RAPIDO				QUIEBRE MEDIO				QUIEBRE LENTO				
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	



Viscosidad Saybolt-Furol a (25°C) S									20	100	20	100
Viscosidad Saybolt-Furol a (50°C) S	20	100	100	400	50	450	50	450				
Decantación en 5 días		5		5		5		5		5		5
Estabilidad para almacenaje a 24 hrs. %		1		1		1		1		1		1
Ensayo de carga de la partícula		positiva		positiva		positiva		positiva		positiva		positiva
Mezcla con cemento %										2.0		2.0
Tamizado ret N°20 %		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10
Destilación aceite destilado en % de volumen		3		3		12		12				
Residuo %	60		65		65		65		57		57	
ENSAYO EN EL RESIDUO DE DESTILACIÓN												
Penetración a 25°C, 100gr. S	100	250	100	250	10	250	40	90	10	250	40	90
Ductilidad a 25°C, 5 (cm/min), cm	40		40		40		40		40		40	
Solubilidad en tricloroetileno %	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

2.7 ELABORACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Las emulsiones asfálticas son usualmente producidas a través de un molino coloidal, sin embargo otros equipos de dispersión son posibles. En el molino coloidal la energía es aplicada al sistema pasando la mezcla del asfalto caliente y la fase acuosa entre un disco giratorio, conocido como rotor y un estator fijo. El rotor así como el estator pueden estar ranurados o dentados con la finalidad de crear flujo con turbulencia.

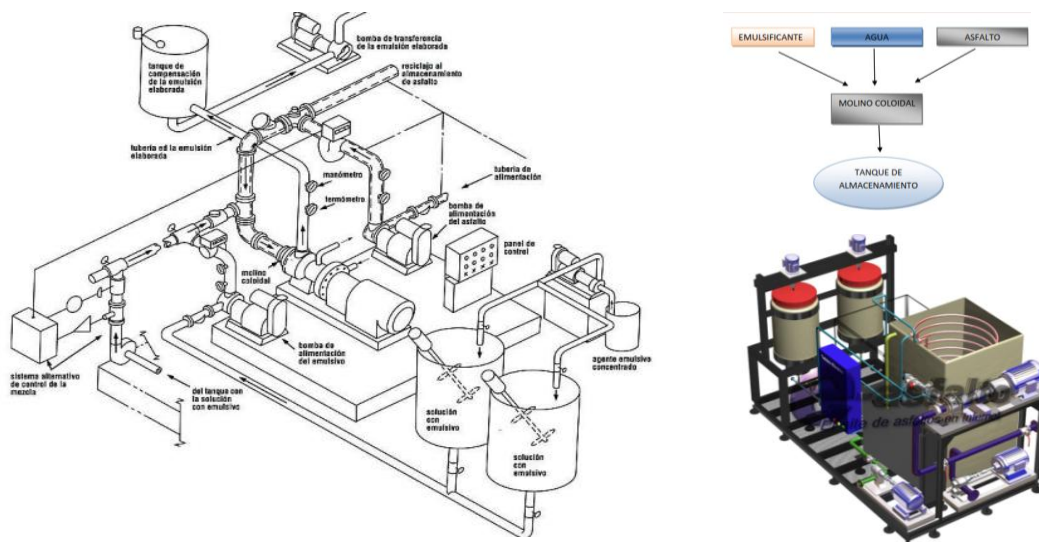


Fig.2.10 Planta para producir emulsión asfáltica



2.7.1 EQUIPO DE EMULSIFICACIÓN

El equipo básico para preparar emulsiones incluye un dispositivo mecánico de alta velocidad, de altas tensiones de corte (usualmente un molino coloidal), para dividir el asfalto en pequeñísimas gotas. Un diagrama esquemático de una típica planta de elaboración de emulsiones asfálticas se muestra en la figura 2.1. También se necesitan un tanque para la solución de emulsión, un tanque para el asfalto caliente, bombas, y medidores de caudal.

El molino coloidal posee un rotor de alta velocidad (17-100 HZ ó 1000-6000 RPM) con gálipos de paso en el orden de 0.25 a 0.50 mm (0.01-0.02 pulgadas). Típicamente, las gotitas de las emulsiones asfálticas tienen tamaños inferiores al diámetro de un cabello humano, esto es, alrededor de 0.001 a 0.010 mm (0.00004 a 0.0004 pulgadas). Comúnmente se emplean analizadores de tamaños de partículas para caracterizar la calidad de emulsión. El tamaño de las gotitas de asfalto depende de la energía mecánica unitaria aplicada por el molino.

Para medir las cantidades de asfalto y de solución emulsiva puede ser altamente corrosiva, puede ser necesario emplear equipos contruidos con materiales resistentes a la corrosión.

2.7.2 PROCESO DE EMULSIFICACIÓN

Durante el proceso de emulsificación, se alimenta el molino coloidal con asfalto caliente, el cual es dividido en pequeñísimas gotitas. Al mismo tiempo, ingresa en el molino coloidal en agua conteniendo el agente emulsivo. El asfalto que ingresa en el molino coloidal se calienta para alcanzar una baja viscosidad; la temperatura del agua se ajusta para optimizar el proceso de emulsificación. Estas temperaturas varían, dependiendo de las características de emulsificación. Estas temperaturas varían dependiendo de las características de emulsificación del cemento asfáltico y de la compatibilidad entre el asfalto y el agente emulsivo.



Debido a que la temperatura de la emulsión al abandonar el molino debe ser inferior al punto de ebullición del agua, el asfalto no se lleva a temperaturas extremadamente altas, a menos que se emplee un enfriador. Luego, la emulsión es usualmente bombeada a tanques de almacenamiento a granel. Estos tanques pueden estar equipados con agitadores mecánicos para mantener la uniformidad de la emulsión.

El método de incorporación del emulsivo al agua varía de acuerdo con el procedimiento empleado por el fabricante. Para ser solubles en agua, algunos emulsivos, como las aminas, deben mezclarse y reaccionar con un ácido; otros, como los ácidos grasos, deben mezclarse y reaccionar con un álcali. La mezcla del emulsivo se hace comúnmente en un tanque de mezclado por patones. El emulsivo es incorporado al agua caliente que contiene ácido o álcali, y es agitado hasta su completa disolución.

Las proporciones de asfalto u de solución emulsificante deben medirse con exactitud. Esto se hace normalmente con medidores de caudal; pero también pueden controlarse las proporciones verificando la temperatura de cada fase y la descarga del molino. Si se utiliza el método de regulación de la temperatura, a partir de los componentes se calcula la temperatura deseada de salida de la emulsión a elaborada; así se controla el porcentaje del contenido del asfalto.

El tamaño de las partículas de asfalto es un factor vital en la elaboración de una emulsión estable.

Menor de 0.001mm (1 μ).....	28%
0.001-0.005 mm (1-5 μ).....	57%
0.005-0.020 mm (5-10 μ).....	15%

Estas gotitas de asfalto de tamaño microscópico se dispersan en el agua en presencia del emulsivo tenso-activo (surfactante). El surfactante produce un cambio en la tensión superficial en el área de contacto entre las gotitas de asfalto y el agua, permitiendo así que el asfalto permanezca en suspensión. Las partículas de asfalto,



todas con similares cargas eléctricas, se repelen entre sí, lo que ayuda a mantenerlas suspendidas.

2.8 PROPIEDADES BÁSICAS DE LAS EMULSIONES

Entre las propiedades más importantes de las emulsiones asfálticas se tienen:

- La estabilidad al almacenamiento
- La estabilidad ante los agregados pétreos
- El grado de adhesividad la viscosidad
- Características reológicas del residuo

2.8.1 ESTABILIDAD EN EL ALMACENAMIENTO

Todas las emulsiones asfálticas modifican en mayor o menor grado sus propiedades durante el manejo y almacenamiento. Los problemas más frecuentes que se pueden producir son los siguientes:

— LA FORMACIÓN DE ESPUMA

Los emulsionantes, por su naturaleza química, forman espuma, por lo que se debe tener cuidado de no incluir aire en el momento de mezclado o agitación. Es recomendable transportarlas por medio de carrotanques provistos de sistemas rompeolas o tabiques que compartimenten el interior. El llenado de estos tanques debe hacerse prolongando la tubería con una manguera flexible hasta unos 10 ó 20 cm del fondo.

— FORMACIÓN DE NATAS Y SEDIMENTOS

Durante el almacenamiento en la obra, se pueden producir dos fenómenos que se acentúan con el tiempo. En la zona de contacto con el aire, se forma una película endurecida que protege al resto de la emulsión; para que se mantenga, es necesario su almacenamiento en depósitos cilíndricos de eje vertical alimentados desde el fondo.

De igual manera, se produce una decantación, con el aumento de la viscosidad en las zonas inferiores del depósito, cuanto mayor sea la diferencia de densidades entre las



fases dispersante y dispersa, y el tamaño de los glóbulos de asfalto. Para disminuir esta decantación, se pueden utilizar agentes estabilizantes, aumentar la concentración de la emulsión o lograr una mayor finura de la dispersión. Mientras no se produzca la rotura de la emulsión, este fenómeno es reversible, mediante la agitación y trasvase.

— *MEZCLAS*

Las emulsiones asfálticas son estable mientras están en su medio. Si una emulsión básica se mezcla con un medio ácido o se pone en contacto con cargas positivas, la emulsión romperá por reacción electroquímica. Por lo tanto, no se deben mezclar una emulsión catiónica con una aniónica. De igual manera, al diluir la emulsión, se debe tener en cuenta que el agua de dilución sea de la misma característica y que no tenga carga opuesta a la de la emulsión.

— *LOS ADITIVOS*

Muchas veces en obra se adiciona un determinado aditivo con el fin de mejorar la adhesividad de una emulsión con el agregado. La gran mayoría de las veces puede llevar a la rotura de la emulsión, pues no se realiza un estudio de la afinidad entre el activante y el emulsificante.

— *LA TEMPERATURA*

Las emulsiones asfálticas son estables y conservan sus propiedades a temperaturas comprendidas entre 5°C y 80°C. por debajo de la temperatura mínima, los glóbulos de asfalto se rigidizan, aumentando la viscosidad de la emulsión y disminuyendo su adhesividad. De igual manera, se acelera el proceso de sedimentación por el aumento de densidad debido al incremento del volumen de los glóbulos.

Cuando se aumenta la temperatura, por una parte hay un incremento de la energía cinética de las moléculas del emulsificante, por lo que abandonan a los glóbulos de asfalto, disminuyendo la estabilidad de la emulsión. Por otra parte, el agua puede iniciar su proceso de evaporación con la formación de natas de asfalto en la superficie del líquido, obstruyendo las bombas y difusores de riego.



2.8.2 ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN ANTE LOS AGREGADOS PÉTREOS

Representa un problema bastante complejo, que tiene que ver con la forma de rotura de la emulsión al entrar en contacto con el agregado.

Cuanto más fino sea el agregado, más rápida será la rotura de la emulsión, al aumentar la superficie específica y, por tanto, la absorción de agua por parte de las partículas de agregado. La velocidad de la rotura dependerá también de la humedad del agregado, el clima en el lugar de la obra, el tipo de emulgente, naturaleza química del cemento asfáltico y de la granulometría de la emulsión.

— ADHESIVIDAD

Es una propiedad difícil de evaluar y en donde es necesario involucrar de manera directa al agregado. La adhesividad depende del tipo y cantidad de emulgente, de la naturaleza del ligante bituminoso (cemento asfáltico o asfalto líquido), de los aditivos incorporados al cemento asfáltico, el pH de la emulsión (valores cercanos a 7 proveen una buena adherencia, pero menores estabilidades), de la mineralogía del agregado y de manera directa de la granulometría de la emulsión y de su velocidad de rotura.

— VISCOSIDAD

Esta propiedad depende directamente de la concentración de la emulsión: contenido de asfalto residual. Valores por encima del 65% de asfalto residual hacen crecer rápidamente este parámetro. Varía también con el tipo y cantidad del emulgente y de la granulometría de la emulsión. Emulsiones asfálticas con glóbulos de tamaño uniforme son más viscosas que con tamaños bien graduados. La granulometría depende del tipo de ligante (cemento asfáltico o cut-back) y de los fluidificantes del mismo.

2.8.3 CARACTERÍSTICAS DEL RESIDUO

La consistencia del cemento asfáltico residual influye en las propiedades de la emulsión asfáltica. En tiempo frío, cuando se utilizan fluidificantes, se facilita la envuelta de las partículas de agregado, pero puede generar problemas ante la acción



directa del tránsito por causa de un mal curado (evaporación de solventes), produciéndose ahuellamientos y deformaciones prematuras. Los fluidificantes pueden llegar a perjudicar la adherencia, dependiendo de su naturaleza, por una disminución de la viscosidad del ligante residual.

La viscosidad del cemento residual debe ser función del tipo de aplicación, del clima de la zona del proyecto y del tránsito.

2.9 ALMACENAMIENTO, MANIPULACIÓN Y MUESTREO

A través de una larga historia de empleo con éxito de emulsiones asfálticas en obra, se han establecido los siguientes procedimientos de manipulación, almacenamiento y muestreo. Estos lineamientos generales deberán ser cumplidos.

2.9.1 ALMACENAMIENTO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Almacenamiento de emulsiones asfálticas. La emulsiones falticas una dispersión de finas gotitas de cemento asfaltico en agua, tiene las ventajas y desventajas propias del medio de dispersión, el agua. Cuando se almacenan emulsiones asfálticas:

- Si* almacene la emulsión como almacenaría agua líquida- entre 10°C (50°F) y 85°C (185°F), dependiendo del uso buscado y del producto en cuestión.
- Si* almacene la emulsión a la temperatura especificada para él y aplicación particulares. La tabla 2.3 muestra los rangos de temperaturas normales para almacenamiento.
- No* permita que la emulsión asfáltica sea calentada por encima de los 85°C (185°F). Las temperaturas elevadas evaporan el agua, modificando las características de la emulsión asfáltica.
- No* permita que la emulsión asfáltica se congele. Esto produce la rotura de la emulsión separando el asfalto del agua. El resultado será dos capas una de asfalto, otra de agua-en el tanque, ningunas de las cuales será adecuada para el consumo deseado además será difícil vaciar el tanque.



No permita que la temperatura de la superficie de calentamiento exceda los 100°C (212°F). De suceder esto no se producirá la rotura prematura de la emulsión sobre aquella.

No use aire a presión para agitar la emulsión. Puede causar la rotura de la emulsión

Los tanques de almacenamiento deberían estar aislados térmicamente, para proteger la emulsión contra el congelamiento y para un mejor aprovechamiento del calor. En la superficie de las emulsiones expuestas al aire se puede formar una piel (*skin*) de asfalto. Consecuentemente es mejor utilizar tanques verticales de gran altura en los que se expone al aire la menor superficie de emulsión asfáltica. Los tanques fijos de almacenamiento en su mayoría son verticales pero para almacenamiento de corto plazo en el campo a menudo se emplean tanques horizontales. La formación de piel (“*skinning*”) puede reducirse manteniendo los tanques horizontales llenos, minimizando así el área expuesta al aire.

Hélices laterales ubicadas a una distancia de alrededor de un metro (tres pies) del fondo del tanque pueden ser usadas para impedir la formación de la piel. Las mejores son las de gran diámetro, de baja velocidad y debieran emplearse para revolver el material. El exceso de mezclado debe evitarse. También pueden utilizarse bombas para circulación vertical. El exceso de bombeo debe ser evitado.

TABLA 2.3 TEMPERATURAS DE ALMCENAMIENTO PARA EMULSIONES ASFÁLTICAS

GRADO	TEMPERATURA °C (°F)	
	Mínimo	Máximo
RS-1	20 ^º (70 ^º)	60 ^º (140 ^º)
RS-2, CRS-1, CRS-2, HFRS-2	50 ^º (125)	85 ^º (185 ^º)
SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h, MS-1, HFMS-1	10 ^º (50 ^º)	60 ^º (140 ^º)
CMS-2, CMS-2h, MS-2, MS-2h, HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s	50 ^º (125 ^º)	85 ^º (185 ^º)

2.9.2 MANIPULACIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Si agite suavemente durante el calentamiento la emulsión para eliminar o reducir la formación de piel.



Si proteja las válvulas, bombas y tuberías del congelamiento en los meses invernales. Vacíe las bombas y haga el mantenimiento de los equipos según las recomendaciones del fabricante.

Si vacíe las cañerías y deje abierto las salidas de drenaje cuando no están en servicio.

Si emplee bombas con apropiados pasos entre piezas para el manejo de emulsiones. Las bombas con mecanismos muy ajustados pueden atascarse y dejar de funcionar.

Si caliente la bomba hasta una temperatura del alrededor de 65°C (150°F) para facilitar el arranque.

Si verifique al diluir la emulsión asfáltica, la compatibilidad del agua con la emulsión, haciendo una prueba sobre una pequeña cantidad.

Si emplee de ser posible agua caliente para dilución y siempre agregue al agua lentamente a la emulsión (y no la emulsión al agua).

Si evite el bombeo y la re circulación repetidos, ya que la viscosidad puede bajar y el aire puede quedar atrapado, causando la inestabilidad de la emulsión.

Si ubique las cañerías de ingreso y de retorno en el fondo de los tanques para evitar la formación de espuma.

Si bombee desde el fondo del tanque para minimizar la contaminación por eventual forma de piel.

Si recuerde que emulsiones designadas con el mismo grado pueden ser muy diferentes en lo que respecta a la química y al comportamiento.

Si para el transporte utilice camiones con placas deflectoras para evitar una excesiva agitación de la emulsión.

Si agite aquellas emulsiones que han estado almacenadas en forma prolongada. Ello puede hacerse por recirculación.



No mezcle diferentes clases de, tipos y grados de asfaltos emulsificados en tanques de almacenamiento, transporte y distribuidores. Para recomendaciones consulte la tabla 3.2

No aplique demasiada temperatura a los collarines o recubrimientos de la bomba. Esta puede dañarse.

No diluya emulsiones asfálticas de rotura rápida en agua. Las emulsiones de rotura mediana y lenta pueden ser diluidas pero siempre agregando agua a la emulsión asfáltica. Nunca agregue la emulsión asfáltica al tanque de agua cuando se está diluyendo.

No cargue emulsiones asfálticas en tanques de almacenamiento o de transporte, auto tanques o distribuidores con residuos de materiales incompatibles.

No exponga la emulsión asfáltica o el aire en contacto con su superficie a llamas, calor o potentes oxidantes se requiere adecuada ventilación.

Si evite respirar gases, vapores, etc.

Si obtenga de parte del proveedor una copia de la planilla de datos de seguridad del material.

TABLA 2.4 GUIA DE LAS CONDICIONES EXIGIDAS ENTANQUES DESAGOTADOS ANTES DE LA CARGA CON EMULSIÓN ASFALTICA

PRODUCTO A CARGAR EN EL TANQUE	CEM. ASFALTICO (INCLUIDO ASFALTO INDUSTRIAL)	ASFALTOS DILUIDOS Y FUEL OILS RESIDUALES	EMULSIÓN CATIONICA	EMULSIÓN ANIÓNICA	CRUDO DE PETRÓLEO	OTROS PRODUCTOS
EMULSIÓN CATIONICA	Vacío *	Prácticamente vacío	Sin problemas	Prácticamente vacío	Prácticamente vacío	Debe limpiarse el tanque
EMULSIÓN ANIÓNICA	Vacío *	Prácticamente vacío	Prácticamente vacío	Sin problemas	Prácticamente vacío	Debe limpiarse el tanque



TABLA 2.5 POSIBLES CAUSAS DE CONTAMINACIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO O DE MUESTRAS, Y PRECAUCIONES RECOMENDADAS.

TABLA 2. 5a – VEHÍCULOS Y TRANSPORTISTAS	
CAUSAS POSIBLES	PRECAUCIONES
(a) El material que había en el tanque no es compatible con la emulsión a ser cargada	Inspeccione el registro de materiales transportados en el tanque o verifique con el proveedor si el material transportado previamente es perjudicial. Si lo es asegúrese de que los tanques de transporte, las mangueras de descarga, y la bomba son adecuadamente limpiados y drenados previamente a ser habilitados para la carga. Provea una rampa en el lugar de descarga en la planta para asegurar un completo vaciamiento del tanque de transporte mientras el material esta aun fluido.
(b) Residuos de Diesel oil o solventes utilizados para limpiar a chorros tanques, mangueras y bomba.	Cuando esto es necesario asegúrese de que todos los solventes han sido completamente desagotados.
(c) Limpieza a chorros con solventes en el tanque de almacenamiento o en los tanques de los equipos.	No permita si quiera que pequeñas cantidades ingresen en el tanque de almacenamiento; el contenido en su totalidad puede ser contaminado.

TABLA 2.5 POSIBLES CAUSAS DE CONTAMINACIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO O DE MUESTRAS, Y PRECAUCIONES RECOMENDADAS.

TABLA 2.5 b – EQUIPAMIENTO Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA DE MEZCLADO	
CAUSAS POSIBLES	PRECAUCIONES
(a) Ha quedado material en el tanque en él se cargar la emulsión.	Cualquier material no eliminado debe ser compatible con la emulsión y la cantidad remanente en el tanque debe ser lo suficientemente escasa para que la emulsión siga cumpliendo las especificaciones. En la duda consulte con in proveedor.
(b) Los solventes empleados para limpiar a chorros el tanque de transporte han sido descargados en el tanque de almacenamiento.	Observe las operaciones de descarga prevenga al conductor del camión tanque sobre el ingresos de materiales de limpieza dentro del tanque de almacenamiento. De ser posible prevea un lugar para que el tanque de transporte pueda descargar los materiales de limpieza.
(c) Limpieza a chorros de las tuberías y bomba entre el tanque de almacenamiento y al planta de mezclado con solventes permitiendo que este material retorne al tanque.	Si es necesario limpiar a chorros conductos y bomba aconseje proveer válvulas de desvío para impedir que los solventes retornen al tanque. Una mejor solución es proveer conductos y bombas aislados eliminando así la necesidad de limpieza a chorros.
(d) Limpieza del tanque de distribución de la bomba de la barra de riego y de las boquillas con solventes.	Asegúrese de que todo el material es desagotado previamente a cargar.
(e) Diluciones debidas al sistema de almacenamiento con aceite. Verifique el nivel en el depósito de aceite en el sistema de calentamiento.	Si el nivel está bajo o se ha agregado aceite verifique no hay filtraciones sobre la alimentación de asfalto.



TABLA 2.5 POSIBLES CAUSAS DE CONTAMINACIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO O DE MUESTRAS, Y PRECAUCIONES RECOMENDADAS.

TABLA 2.5 c - MUESTRAS NO REPRESENTATIVAS O CONTAMINADAS

Los resultados de los ensayos dependen en gran medida de técnicas de muestreo correctas. Por parte del muestreador se requiere un cuidado extra para obtener muestras realmente representativas del material eliminado en buena parte la posibilidad de erróneos resultados de ensayos debido a muestreos incorrectos. Asegúrese de que las muestras sean tomadas solo por las personas autorizadas que han sido adiestradas en los procedimientos de muestreo.

CAUSAS POSIBLES	PRECAUCIONES
(a) Herramienta de muestreo contaminada.	Si la herramienta de muestreo (descrita en ASTM D 140 O AASHTO T 40) es limpiada con diesel oil o con solvente, asegúrese de que antes de tomar una muestra ha sido secada completamente y luego enjuagada varias veces con la emulsión a ser muestreada.
(b) Muestras tomadas con la herramienta de muestreo en la parte superior del tanque donde bajo ciertas condiciones se pueden acumular contaminantes en la superficie.	Durante el muestreo en la parte superior del tanque bajar la herramienta de muestreo por debajo del extremo superior antes de abrir. Nota esta muestra puede provenir del tercio superior del tanque.
(c) Recipiente para muestras contaminado	Utilice solo recipientes nuevos y limpios. Nunca lave o enjuague un recipiente de muestras con solvente. Debían usarse tarros o botellas de plástico de boca ancha o latas forradas en plástico.
(d) Muestra contaminada luego de ser tomada	No sumerja el recipiente en solvente ni limpie el rededor del recipiente con un paño saturado en solvente. Si es necesario limpiar la emulsión derramada sobre el exterior del recipiente utilice un paño limpio y seco. Asegúrese de que previamente al almacenamiento o envío la tapa del recipiente esta herméticamente cerrada. Envíe el recipiente a laboratorios con prontitud.
(e) Muestras tomadas del grifo en tuberías entre el tanque de almacenamiento y la planta de mezclado.	Si el grifo de muestreo se encuentra en una tubería de succión entre el tanque y la bomba es necesario apagar la bomba previamente a la toma de la muestra. Las muestras así tomadas obtenidas por la acción de la gravedad son solo representativas por la emulsión localizada en el área de la tubería correspondiente al grifo. No muestras mientras el vehículo de transporte está bombeando al tanque de almacenamiento. No tome muestras sin dar tiempo a la circulación y mezcla completa de la emulsión. Si drene suficiente material a través del grifo previamente a la toma de la muestra, para asegurar la eliminación de cualquier material alojado en el grifo. Si durante la circulación tome lentamente la muestra para que esta sea más representativa de la emulsión de uso.
(f) Muestras tomadas de la línea de descarga del vehículo de transporte	Previamente a la toma de la muestra drene suficiente emulsión a través del grifo para asegurarse a la eliminación de cualquier material allí alojado. La muestra debiera tomarse luego de que un tercio y antes de que dos tercios de volumen hayan sido descargadas. Tome la muestra lentamente para asegurar que es representativa de la emulsión en uso.

2.10 ENSAYOS DE EMULSIONES

La correcta interpretación de los ensayos de laboratorio puede ayudar en gran medida en la determinación de las características de una emulsión asfáltica. Al proceso logrado en la tecnología de las emulsiones asfálticas, han seguido los



correspondientes avances en los ensayos de emulsiones. Algunos de estos ensayos se han diseñado para medir las cualidades relacionadas con la performance. Otros abordan la composición, consistencia, y estabilidad del material.

Normalmente, los objetivos de estos ensayos de laboratorio, son:

- Proveer datos para los requisitos de las especificaciones.
- Controlar la calidad y uniformidad del producto durante la elaboración y el empleo.
- Predecir y controlar las propiedades relativas a la manipulación, el almacenamiento y la performance en el campo del material.

Una revisión de las especificaciones para emulsiones empleadas en los Estados Unidos de América revela una amplia gama de requerimientos. Muchas especificaciones están directamente relacionadas con las emulsiones elaboradas por productores en particular. No es práctico discutir la gran cantidad de requerimientos y métodos correspondientes a ASTM D 244 y AASHTO T 59. Sin embargo, algunos ensayos no normalizados por ASTM y que a menudo se emplean, especialmente con emulsiones modificadas con polímeros, han sido también incluidos. ASTM está considerando la adopción de algunos de estos ensayos.

Hay varios ensayos nuevos, la mayoría para cementos asfálticos, que están en la etapa de desarrollo. Por ejemplo, SHRP ha presentado nuevos procedimientos de ensayo, nuevos equipos de ensayo y nuevas especificaciones que integran la normativa para ligantes de Superpave. Muchos de estos ensayos están actualmente disponibles y podrían posiblemente ser aplicados a residuos de emulsiones asfálticas. Los ensayos son diseñados para medir de una manera más precisa las diversas propiedades de cementos asfálticos, emulsiones, residuos de emulsiones, y sistemas modificados.

Los principales ensayos que se utilizan para caracterizar una emulsión asfáltica son:

- Destilación
- Ensayo de tamiz



- Determinación de la viscosidad saybolt furol
- Ensayo de solubilidad en tricloroetileno
- Ensayo de penetración
- Ensayo de ductilidad
- Peso Especifico
- Carga de la partícula
- Sedimentación a los 5 días

— **DESTILACIÓN (NTL-139, ASTM D 244-8)**

El ensayo permite determinar de manera precisa la cantidad de cemento asfáltico residual y flux antes presentes en la emulsión. Posteriormente, se pueden realizar los ensayos de caracterización exigidos al residuo de la destilación. El ensayo consiste en pesar 200g de emulsión asfáltica en una retorta que se coloca en el equipo de destilación elevando su temperatura hasta 260°C, manteniéndola durante 15 minutos.

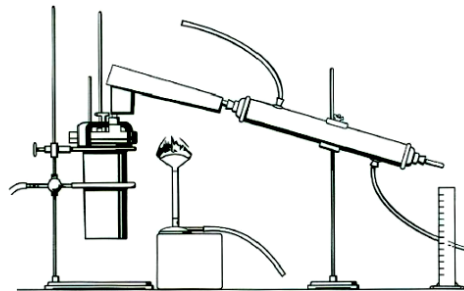


Fig. 2.11 Ensayo De Destilación Para Emulsiones Asfálticas

— **TAMIZADO (NTL-142, ASTM D 244-38)**

Permite conocer el contenido de cemento asfáltico en forma de glóbulos relativamente grandes existentes en la emulsión, ocasionando por una mala fabricación o deficiente estabilidad. El ensayo permite prever posibles obstrucciones en tuberías, sedimentaciones en tanques e incluso la formación de una película irregular alrededor de la partícula de agregado. El ensayo consiste en hacer pasar a la emulsión por el tamiz N°20. El retenido se lava con una solución acuosa aniónica o catiónica, de acuerdo con el tipo de emulsión, se seca en estufa durante 2 horas el

resultado se expresa como un porcentaje en peso del retenido en el tamiz, referido al peso de la muestra de emulsión inicial.



Fig. 2.12 Ensayo De Tamiz

— **DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL (NLT-138, ASTM D 244-22)**

Permite conocer la consistencia de la emulsión en el momento de su aplicación, previniendo su comportamiento en un caso determinado. El proceso consiste en llenar el tubo del viscosímetro con la emulsión asfáltica a ensayar y se mide el tiempo en segundos que tardan en fluir 60 cm³ de este ligante.

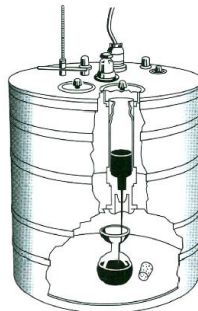


Fig. 2.13 Ensayo De Viscosidad Saybolt-Furol

— **SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO (ASTM D 2042)**

Bituminosa del residuo asfáltico. La fracción soluble en tricloroetileno representa al ligante asfáltico y la fracción insoluble representa los contaminantes inorgánicos. La solubilidad se determina disolviendo el cemento asfáltico en el solvente, y luego separando las fracciones soluble e insoluble mediante filtrado.



— ***PENETRACION (ASTM D 5)***

Es una medida de la dureza del residuo asfáltico a la temperatura especificada. Este ensayo mide la profundidad de la penetración de una aguja, normalizada, bajo una carga de 100 gramos durante (5) segundos a una temperatura de 25°C (77°F). sin embargo, otras temperaturas y cargas son a veces aplicadas cuando se requiere información adicional.

— ***DUCTILIDAD (ASTM D 113)***

La ductilidad del asfalto es su capacidad para ser estirado formando un “hilo” delgado. El ensayo se realiza moldeando una probeta de cemento asfáltico de forma y dimensiones normalizadas. Luego la probeta es llevada a la temperatura especificada dentro de un baño de agua. Finalmente, se estira a una velocidad normalizada hasta que el hilo conectando ambos extremos se corta. La elongación para la cual el material se corta se llama ductilidad.

— ***PESO ESPECIFICO***

Por medio de este ensayo se determina la densidad de los materiales bituminosos fluidos y semifluidos.

— ***CARGA DE LA PARTÍCULA***

Esta prueba tiene por objeto identificar las emulsiones asfálticas aniónicas o catiónicas a través de su carga eléctrica. Los glóbulos de asfalto con carga eléctrica positiva los clasifican como catiónicos; los de carga negativa en aniónicos. El ensayo consiste en hacer pasar en hacer pasar corriente eléctrica a través de la emulsión, observando si existe o no concentración de ligante en el cátodo o ánodo. Si no se observa nada se concluye que la emulsión es no iónica. Si se concentra asfalto en el ánodo, la emulsión es aniónica y si se concentra cemento asfáltico en el cátodo, la emulsión es catiónica.



— *SEDIMENTACIÓN A LOS 5 DÍAS*

El objeto de este ensayo es conocer la tendencia que tienen los glóbulos de asfalto de emigrar hacia el fondo del depósito de almacenamiento. Da una idea de la resistencia que tienen las emulsiones al almacenamiento durante un prolongado periodo de tiempo. El ensayo consiste en llenar una probeta de 500c3 con la emulsión asfáltica, manteniéndola durante cinco o siete días en un lugar en donde no sufra golpes ni vibraciones. Transcurrido el tiempo, se determina la concentración de cemento asfáltico en la parte superior e inferior. La diferencia en valor absoluto entre los porcentajes de concentración de asfalto es el resultado del ensayo de sedimentación.

2.11 SELECCIÓN DE EMULSIONES ASFÁLTICAS DEL TIPO Y GRADO CORRECTOS

Para un exitoso comportamiento de las emulsiones asfálticas, debe elegirse el tipo ideado adecuado para la función buscada. Los lineamientos presentados en este capítulo deberían ayudar a seleccionar el tipo y grado de emulsión a utilizar.

La primera consideración al elegir el tipo y grado correcto es que aplicación se dará a la emulsión. ¿Se trata de riego de sellado (seal coat) de una mezcla en planta (central o in-situ), una mezcla reciclada o una imprimación (prime coat)? ¿Es para una aplicación de superficie, como tratamiento superficial (chip seal), riego pulverizado (fog seal), lechada asfáltica (slurry seal) o micro-aglomerado (micro-surfacing)? ¿Es para una mezcla de manteniendo? Una vez tomada esta decisión, otras variables del proyecto deben entonces ser consideradas. Algunos otros factores que afectan la elección de la emulsión son:

- Las condiciones climáticas previstas para la etapa constructiva. Las condiciones durante dicha etapa deberían imponer la elección del grado, el diseño de la mezcla o tratamiento y la selección de la maquinaria de construcción.
- Tipo de agregado, granulometría y disponibilidad



- Disponibilidad de los equipos.
- Ubicación geográfica. La distancia de transporte y, en algunos casos, la disponibilidad de agua son consideraciones de importancia.
- Control de tráfico. En el área de trabajo, ¿puede el tránsito ser derivado o solo puede controlárselo?
- Consideraciones ambientales.

Si bien se pueden ofrecer pautas generales para la selección de emulsiones, se recomiendan vehementemente los ensayos de laboratorios. No hay nada que reemplace a la evaluación en laboratorio de la emulsión del agregado a ser empleado. Deberían probarse diferentes tipos y porcentajes de emulsión con el agregado, para hallar la mejor combinación para el uso buscado. Un técnico experimentado puede determinar el tipo y cantidad de emulsión a utilizar.

2.11.1 USOS GENERALES DE LAS EMULSIONES

Cada grado de emulsión asfáltica ha sido diseñado para usos específicos. Aquí son descritos de forma general. La *tabla 2.6* muestra los usos generales de tipos y grados normalizados de la emulsión asfáltica.

✦ Emulsiones De Rotura Rápida (Rapid-Setting)

Los grados de rotura rápida se han diseñado para reaccionar rápidamente con el agregado y revertir de la condición de emulsión a la de asfalto. Se usan principalmente para aplicaciones de riego (spray applications), como tratamientos superficiales, sellados con arena (sand seals) y tratamientos de superficies. Los grados RS-2, HRFS-2 y CRS-2 (de rotura rápida) son de alta viscosidad para evitar el escurrimiento. Versiones de estas emulsiones modificadas con polímeros son usadas rutinariamente cuando se requiere una rápida adhesión, como el caso de áreas de intenso tráfico, cuando el control del tráfico es mínimo o cuando hay cargas pesadas.

✦ Emulsiones De Rotura Media (Médium-Setting)



Las emulsiones de rotura media se diseñan para ser mezcladas con agregados graduados. Debido a que estos grados de emulsiones se formulan para no romper inmediatamente después del contacto con el agregado, ellos pueden utilizarse para recubrir una amplia variedad de agregados graduados. Las mezclas con emulsiones de rotura media pueden mantenerse trabajables por lapsos que van de algunos minutos a varios meses según la formulación. Las mezclas se elaboran en mezcladoras y planta ambulante o, en el camino. En años recientes, han sido utilizadas en aplicaciones de reciclado en frío.

Ejemplos de emulsiones de rotura media son MS-2, CMS-2 y HFMS-2. La nomenclatura de las emulsiones de rotura media varía de estado en estado. Se sugiere consultar con el productor local de emulsiones, el que puede dar recomendaciones al respecto.

La emulsión de alta flotación (high float) es una clase especial de emulsión aniónica de rotura media. La principal diferencia entre ésta y las emulsiones convencionales de rotura media es la existencia de una estructura de gel en el residuo asfáltico, estructura que es medida en el ensayo de flotación. La característica de flotabilidad aumenta el espesor de la película. Mientras el asfalto convencional tiende a fluir o migrar, el residuo de alta flotabilidad es diseñado para mantenerse en su lugar hasta una temperatura de 70 °C (160 F). Consecuentemente, los residuos asfálticos de alta flotación son menos susceptibles a cambios de temperatura y muy resistentes a fluir a altas temperaturas durante el verano.

Versiónes modificadas con polímeros de las emulsiones de la rotura media pueden emplearse cuando se requieren estabilidad adicional o mayor durabilidad o cuando es importante una mayor resistencia a la humedad.

➤ **Emulsiones De Rotura Lenta**

Los grados de rotura lenta se diseñan para lograr mezclas estables. Se emplean con granulometría cerradas con alto porcentaje de finos. A los grados de rotura lenta corresponde prolongados periodos de trabajabilidad para asegurar una buena mezcla con agregados con granulometría cerrada. Estas mezclas no se diseñan para ser



acopiadas. Todos los grados de rotura lenta tienen baja viscosidad, pueden ser aun más reducidas con la incorporación de agua. Diluidos, estos grados pueden también ser usados para riego de liga (tack coat) y riego pulverizado (fog seal) y como paliativo de polvo.

La coalescencia de las partículas de asfalto de la emulsiones de rotura lenta depende básicamente de la evaporación del agua. La emulsiones de rotura lenta en aplicaciones de mezclas son empleadas en general para bases de granulometría cerrada, estabilización de suelos, carpetas asfálticas y algunos reciclados y sellados con lechadas asfálticas (slurry seal).

Las emulsiones de rotura lenta modificadas con polímeros pueden ser utilizadas cuando se requieren una estabilidad adicional de la mezcla o una mayor ligazón, esto último en el caso de riego de liga o riego pulverizado.

➤ **Emulsiones De Rotura Rápida QS Y Para Micro-Aglomerados**

Emulsiones de rotura rápida QS y para micro-aglomerado no están actualmente especificadas por ASTM o AASHTO. Sin embargo son usadas ampliamente a lo largo de E.E.U.U. De América.

Los grados QS se diseñan específicamente para aplicaciones de lechadas asfálticas (slurry seals) en las que se necesitan un rápido tiempo de curado. Esto permite una más rápida liberación al tránsito que en el caso de emulsiones de rotura lenta para lechadas asfálticas. Las lechadas asfálticas con emulsiones con rotura lenta se diseñan para ser colocadas en un espesor igual al del agregado de tamaño máximo.

Las emulsiones para micro-aglomerado están modificadas con polímeros y permiten colocar mezclas en espesores mayores que los de las lechadas asfálticas. Un pavimento de micro-aglomerado puede ser normalmente abierto al tránsito antes que se cumpla una hora de colocado. Para la determinación de la compatibilidad con los agregados elegidos, la evaluación en laboratorio es aun más importante para emulsiones QS y para micro-aglomerado. Para conocer fuentes de agregados aceptables que puedan ser recomendadas, deberían contactarse el proveedor de emulsiones.



TABLA 2.6 USOS GENERALES DE LAS EMULSIONES

TIPO DE CONSTRUCCION	ASTM D 977 (AASHTO M 208)							ASTM D 2397 (AASHTO M 140)							
	RS-1	RS-2	HFRS-2	MS-1, HFMS-1	MS-2, HFMS-2	MS-2h, HFMS-2h	HFMS-2s	SS-1	SS-1h	CRS-1	CRS-2	CMS-1	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h
Mezclas De Asfalto Y Agregado															
Mezcla en planta (en caliente)						X ^A									
Mezcla en planta en frio															
Granulometría abierta					X	X						X	X		
Granulometría cerrada							X	X	X					X	X
Arena							X	X	X					X	X
Mezclado in situ															
Granulometría abierta					X	X						X	X		
Agregado bien graduado							X	X	X					X	X
Arena							X	X	X					X	X
Suelo arenoso							X	X	X					X	X
Aplicaciones De Asfalto Y Agregado															
Tratamientos superficiales (simples t múltiples)	X	X	X							X	X				
Sellado con arena (sand seal)	X	X	X	X						X	X				
Lechada asfáltica (slurry seal)							X	X	X					X	X
Micro-aglomerado (micro-surfacing)															X ^E
Sellado doble (sándwich seal)		X	X								X				
Cape seal		X									X				
Aplicaciones Asfálticas															
Riego pulverizado (fog seal)				X ^B				X ^C	X ^C					X ^D	X ^C
Imprimación (prime coat)					X ^D			X ^D	X ^D					X ^D	X ^D
Riego de liga (tack coat)				X ^B				X ^C	X ^C					X ^C	X ^C
Paliativo de polvo (dust paliative)								X ^C	X ^C					X ^C	X ^D
Protección con asfalto (mutch treatment)								X ^C	X ^C					X ^C	X ^C
Sellado de fisuras (crack filler)								X	X					X	X
Mezclas De Mantenimiento															
Uso inmediato							X					X	X		
acopio							X								

^A pueden emplearse otros grados que el HFMS-2h cuando la experiencia demuestra que han tenido un comportamiento satisfactorio
^B diluido en agua por el fabricante
^C diluido en agua
^D mezclado solo para imprimación
^E el polímero debe aplicarse durante o previamente a la emulsión



CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1 UBICACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO

4.1.1 ANTECEDENTES

La integración vial del Departamento de Tarija se constituye en una necesidad imperante para alcanzar mejores niveles de desarrollo económico, social y fundamentalmente vincular a todas nuestras provincias. Asimismo, lograr la conexión de Tarija con el resto de Bolivia y países vecinos permitirá abrir un mejor horizonte para el progreso de la región.

El proyecto Puerta del Chaco – Villamontes es parte de la red fundamental de carreteras de Bolivia y se constituye en una estrategia prioritaria de la Prefectura del departamento de Tarija, siendo parte del denominado Corredor Bioceánico Central que permitirá la vinculación entre los océanos Pacífico y Atlántico y por ende la vinculación de ultramar con todos los continentes. La condición de mediterraneidad de nuestro país hace que este proyecto se constituya en el de mayor necesidad y utilidad regional, departamental y nacional.

La construcción del tramo Canaletas – Entre Ríos forma parte del asfaltado Puerta del Chaco – Villa Montes y del Corredor Bioceánico Central de Sudamérica.

- El tramo vial “CANALETAS-ENTRE RIOS” perteneciente a la red vial Departamental de Tarija, la realización del presente proyecto el estudio solo estuvo comprendido desde la progresiva 23+000 hasta la 23+500.
- Las dificultades del uso de la carretera corresponden a sus características geométricas actuales, y que crean dificultades técnicas y de operación para los vehículos que circulan por ella, especialmente para los automotores pesados.



Fig. 4.1 Tramo Canaletas- Entre Ríos

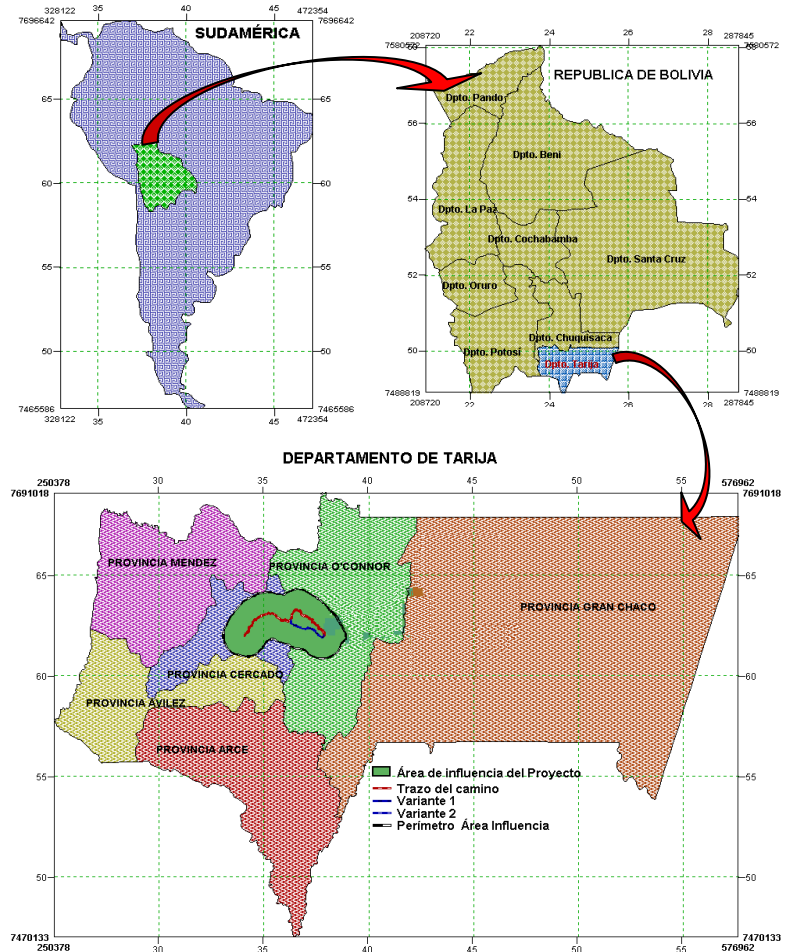


Fig. 4.2 Ubicación Tramo de Estudio (Canaletas- Entre Ríos)



4.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS PARA TRATAMIENTOS

Para realizar un buen control de los agregados empleados para el estudio, se deben realizar varias pruebas o ensayos a los mismos y así poder determinar si dichos materiales cumplen o no con las especificaciones mínimas requeridas para trabajos en obras de pavimentación de buena calidad.

Estas propiedades son:

- Granulometría
- Limpieza
- Dureza (desgaste de los ángeles)
- Adherencia
- Peso específico y absorción del agregado

4.2.1 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN

4.2.1.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

La granulometría de partículas es determinada por un análisis de tamices (o granulometría) efectuado sobre algunas muestras de un determinado agregado. El análisis de tamices consiste en hacer pasar la muestra por una serie de tamices, cada uno de los cuales tiene aberturas de un tamaño específico.

Para el presente estudio se realizó la granulometría a un material que se trataría de grava triturada, la cual fue extraída del río de Canaletas, Canaletas.

Este tipo de ensayo debía enmarcarse dentro de alguna de las denominadas Fajas de Gradación, las cuales son especificaciones que todo material debe cumplir para ser considerado como apropiado para obras de pavimentación como ser carpeta asfáltica, pavimento rígido, tratamiento superficial, etc.

En el siguiente cuadro se hace mención a las diferentes gradaciones y especificaciones que debió seguir el presente estudio para realizar dicha práctica.

TABLA 4.1 REQUISITOS DE GRADACIÓN DE AGREGADOS PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES TRIPLES

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO, QUE PASA POR LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA-METODO AASHTO T-27		
	GRAD. B	GRAD. D	GRAD. E
1"	100		
¾"	90-100		
½"	20-55	100	
3/8"	0-15	85-100	100
Nº4	0-5	10-30	85-100
Nº8		0-10	10-40

Fuente: Proyecto " Tratamiento Superficial Triple "Canaletas-Entre Rios"

Para empezar con el ensayo de granulometría, primeramente se procedió a realizar el cuarteado de material, el cual nos permite dividir en partes iguales la cantidad de agregado con que disponemos y poder realizar los diferentes ensayos de caracterización.

Una vez realizado el proceso de cuarteado del agregado, se procede a realizar el Ensayo De Granulometría del agregado a emplearse en estudio donde se hizo uso de los tamices de 1", ¾", ½", 3/8", Nº4, Nº8.

Fig. 4.3 ENSAYO DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS.



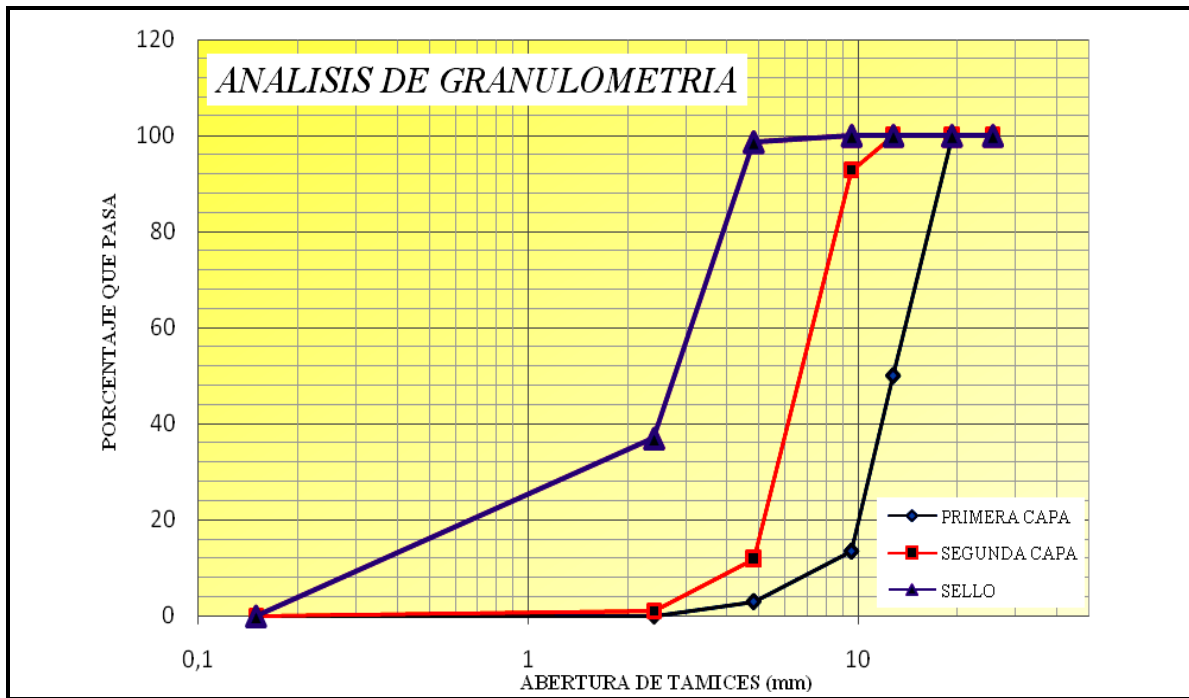
Fig.4. 3.a Juego De Tamices A Emplearse Y Agregado Destinado Para Nuestro Estudio



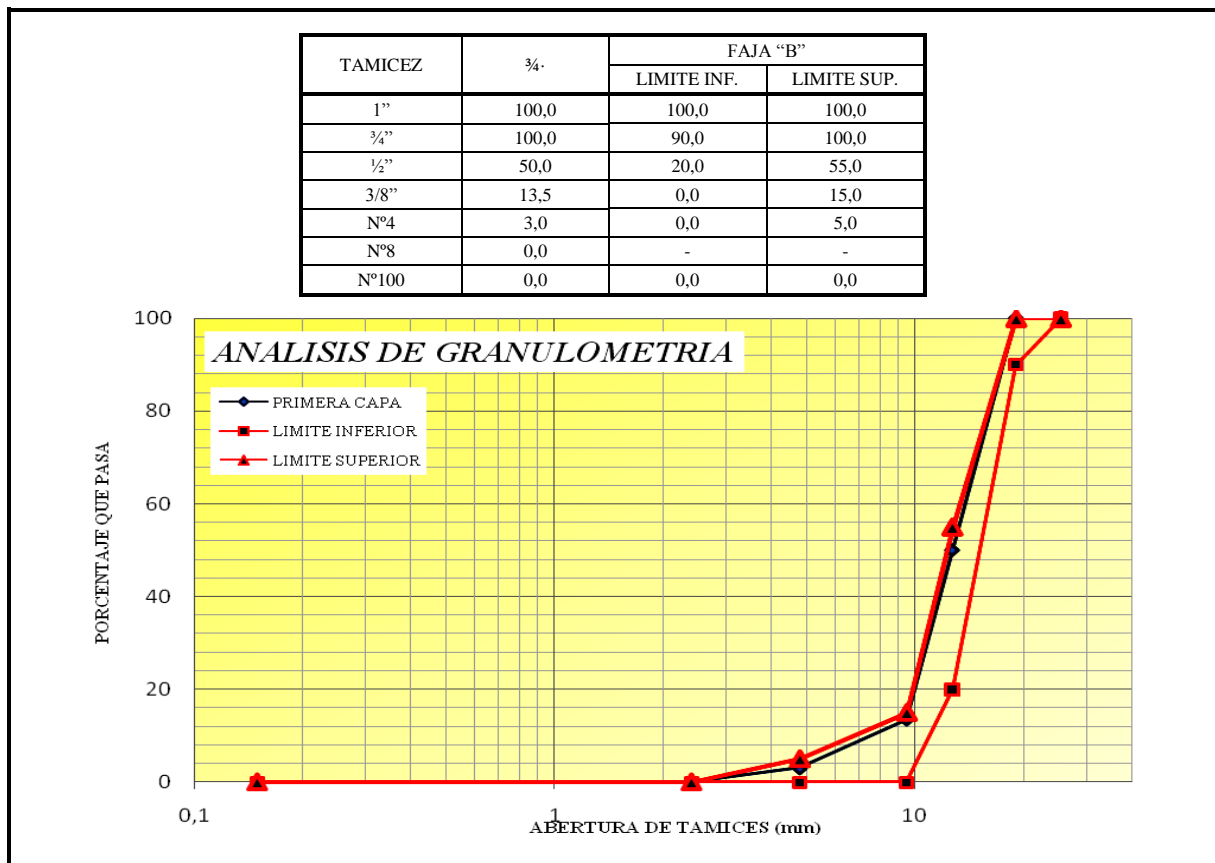
Fig.4. 3.b Proceso De Tamizado Del Agregado Y Separación De Muestras Según Las Aberturas De Los Tamices

TABLA 4.2 RESULTADOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

	GRANULOMETRÍA-AGREGADO GRUESO			
	PROYECTO DE GRADO “ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”			
	MATERIAL: GRAVILLA TRITURADA	DESTINO: ENSAYO	N° ENSAYO: 1	
	TAMAÑO MAX. DEL AGREGADO: 1”			
	TIPO DE MUESTRA: UNICA			
ORIGEN: RIO CANALETAS	FECHA:12/0912			
LABORATORIO DE SUELOS			LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA	
GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO				
PORCENTAJE DE MATERIAL PASANTE				
	TAMICEZ	¾-	3/8-	SELLO
	1”	100,0	100,0	100,0
	¾”	100,0	100,0	100,0
	½”	50,0	100,0	100,0
	3/8”	13,5	92,7	100,0
	N°4	3,0	12,0	98,7
	N°8	0,0	1,0	37,0
	N°100	0,0	0,0	0,0

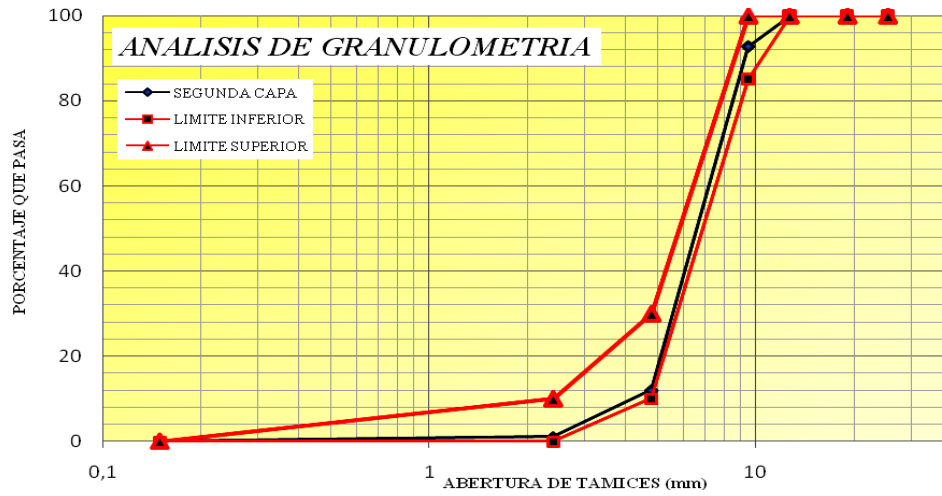


TAMICEZ	¾	FAJA "B"	
		LIMITE INF.	LIMITE SUP.
1"	100,0	100,0	100,0
¾"	100,0	90,0	100,0
½"	50,0	20,0	55,0
3/8"	13,5	0,0	15,0
Nº4	3,0	0,0	5,0
Nº8	0,0	-	-
Nº100	0,0	0,0	0,0

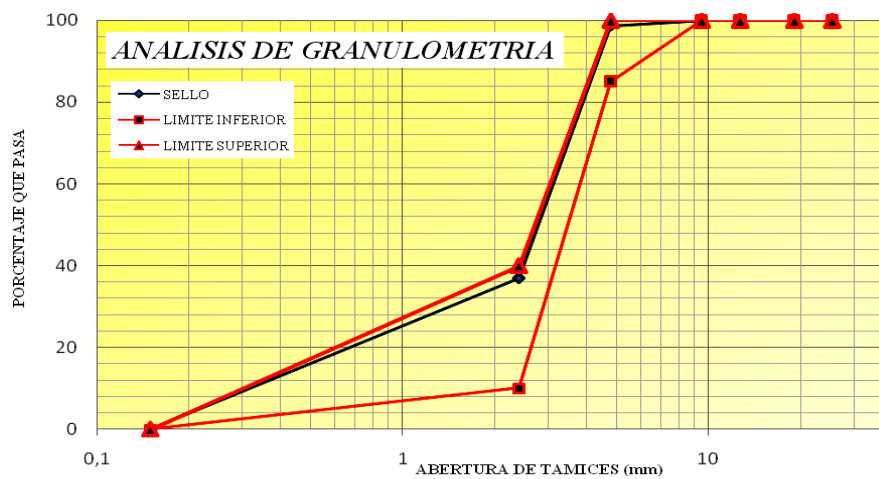




TAMICEZ	3/8"	FAJA "D"	
		LIMITE INF.	LIMITE SUP.
1"	100,0	100,0	100,0
3/4"	100,0	100,0	100,0
1/2"	100,0	100,0	100,0
3/8"	92,7	85,0	100,0
Nº4	12,0	10,0	30,0
Nº8	1,0	0,0	10,0
Nº100	0,0	0,0	0,0



TAMICEZ	SELLO	FAJA "E"	
		LIMITE INF.	LIMITE SUP.
1"	100,0	100,0	100,0
3/4"	100,0	100,0	100,0
1/2"	100,0	100,0	100,0
3/8"	100,0	100,0	100,0
Nº4	98,7	85,0	100,0
Nº8	37,0	10,0	40,0
Nº100	0,0	0,0	0,0





4.2.1.2 ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

El peso específico de un agregado es la proporción entre el peso de un volumen dado de agregado y el peso de un volumen igual de agua. El peso específico es una forma de expresar las características del peso y volumen de los materiales.

Determinación Del Peso Específico En El Agregado Grueso

El equipo y los procedimientos para la determinación del peso específico de los agregados gruesos se detalla según las normas AASHTO T-85, el método se describe brevemente a continuación:

1. Se retiene en el tamiz N°4 alrededor de 5kg. De agregado enteramente lavado y se los seca en la estufa u horno.
2. Seguidamente la muestra seca se satura en agua dejándola reposar durante 24 horas.
3. Se extrae el agregado del agua y se seca su superficie hasta que no se observe película de agua visible, pero la superficie debe aparentar estar húmeda.
4. Se obtiene el peso de la muestra saturada de superficie seca.
5. La muestra, saturada de superficie seca se coloca en un balde malla metálica y se determina su peso sumergido en agua.
6. Se seca la muestra en estufa hasta peso constante y se registra su peso.
7. Se realizan los siguientes cálculos.

$$\text{Peso específico}_{\text{APARENTE (Gsa)}} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Peso específico}_{\text{BRUTO BULK (Gsb)}} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{(B - A) \times 100}{A}$$

Donde:

A: Peso del agregado secado en estufa, en gramos.

B: Peso del agregado saturado con superficie seca, en gramos.

C: Peso del agregado sumergido en agua, en gramos.

Fig. 4.4 ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS



Fig. 4.4.a Muestra utilizada



Fig. 4.4.b Pesaje De La Muestra



Fig. 4.4.c Saturación de la muestra durante 24 horas



fig.4.4.d SECADO DEL AGREGADO SATURADO EN AGUA DURANTE 24 HORAS



Muestra Saturada Durante 24 Horas



Secado De La Muestra Con Un Paño Absorbente

Fig.4. 4.e PESO SUMERGIDO EN AGUA



Pesaje De La Muestra Antes Del Ensayo



Pesaje de la Muestra Húmeda Introducida En El Canastillo Acerado

TABLA 4.3 RESULTADOS PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO AASTHO T-85	
PROYECTO DE GRADO “ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”	
MATERIAL: GRAVILLA TRITURADA	DESTINO: ENSAYO
TAMAÑO MAX. DEL AGREGADO: 1”	
TIPO DE MUESTRA: UNICA	Nº ENSAYO: 2
ORIGEN: RIO CANALETAS	FECHA:12/09/12
LABORATORIO DE SUELOS	LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO AASTHO T-85					
	UNIDAD	1	2	3	PROMEDIO
PESO MUESTRA SATURADA DE SUPERF. SECA (e)	grs.	5000	5021	5013	
PESO MATERIAL SECO (f)	grs.	5000	5000	5000	
PESO MUESTRA SUSPENDIDA EN AGUA (g)	grs.	3122	3195	3170	
PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO SECO (f/(e-g))	grs./cm3	2,662	2,738	2,713	2,705
P.E.A. SATURADO DE SUPERF. SECA (e/(e-g))	grs./cm3	2,662	2,750	2,720	2,711
PESO ESPECIFICO APARENTE (f/(f-g))	grs./cm3	2,662	2,770	2,732	2,722
% ABSORCION (((e-f)/f)*100)	%	0,000	0,420	0,260	0,227
OBSERVACIONES: ENSAYO REALIZADO EN EL SERVIDICO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS TARIJA (SEDECA)					

4.2.1.3 RESISTENCIA AL DESGASTE (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)

El agregado pétreo está sujeto a una rotura adicional y a un desgaste por abrasión durante la elaboración, colocación y compactación de las mezclas asfálticas para pavimentación. El agregado sufre además la abrasión debido a las cargas por tránsito, por lo tanto deben tener, un cierto grado de capacidad de resistir la trituración, degradación y abrasión del agregado mineral.

Para este ensayo se hizo uso de 5 kilogramos de muestra correspondientes a los retenidos de los tamices 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", 1250 gr de cada uno de los 4 últimos mencionados, es decir, el material correspondiente al retenido en el tamiz 1 ½" es desechado.

La muestra pesada es metida al tambor de la máquina de desgaste junto con las 12 esferas de acero, luego de introducida la muestra junto con las esferas la maquina es puesta en funcionamiento y se controlaran 500 vueltas.

Fig.4.5 TAMBOR PARA MEDIR LA RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS.



Fig. 4.5.a Equipo Para El Desgaste De Los Ángeles



Fig. 4.5.b Tamizado Y Pesaje De La Muestra



Fig. 4.5.c Colocación de la muestra y las esferas dentro del tambor



Fig.4.5.d Muestra Resultante Y Esferas Utilizadas En El Ensayo De Abrasión

Posteriormente se saca la muestra del tambor y con ayuda del tamiz N° 12 se procede al tamizado de la muestra, la muestra retenida en dicho tamiz se pesa, y se calcula el desgaste el cual es expresado como un porcentaje del peso total de la muestra original.



Fig. 4.5.e Tamizado De La Muestra Resultante Y Pesaje Del Agregado Retenido En La Malla N°12

TABLA 4.4 RESULTADOS RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS ÁNGELES

DESGASTE DE LOS ÁNGELES AASTHO T-96				
PROYECTO DE GRADO				
"ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS"				
	MATERIAL: GRAVILLA TRITURADA		DESTINO: ENSAYO	N° ENSAYO: 3
	TAMAÑO MAX. DEL AGREGADO: 1"			
	TIPO DE MUESTRA: UNICA			
ORIGEN: RIO CANALETAS			FECHA: 13/09/12	
LABORATORIO DE SUELOS		LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA		
DESGASTE DE LOS ANGELES AASTHO T-96				
GRADACION	"A"	"B"	"C"	"D"
CARGA ABRASIVA ESFERAS A 32,5 RPM	"12"	"11"	"8"	"6"
CANTIDAD DE MUESTRA POR TAMIZ				
FAJA A				
TAMIZ PASANTE	TAMIZ RETENIDO	CANTIDAD TOMADA EN grs		
1 1/2"	1"	1250		
1"	3/4"	1250		
3/4"	1/2"	1250		
1/2"	3/8"	1250		
CANTIDAD TOTAL DE MATERIAL (grs)				5000

RETENIDO TAMIZ N°12 DE CORTE (1.7 Mm) (grs)	3378
DIFERENCIA (grs)	1622
DESGASTE (%) = (DIEFERENCIA/CANTIDAD TOTAL DEL MATERIAL)*100)	32.44
OBSERVACIONES: ENSAYO REALIZADO EN EL LABORATORIO DEL SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS TARIJA (SEDECA)	

4.2.1.4 PESO UNITARIO SUELTO

El peso unitario es la relación entre el material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kg/m³ y se utiliza para materiales granulares, arenas, gravas y piedras trituradas.

Para la realización de este ensayo se hizo uso de un molde previamente calibrado, el cual se llenara de cada una de las muestras correspondientes al agregado pétreo de 3/4” (primera capa), 3/8” (segunda capa) y 3/16” (tercera capa o sello) por medio de una cuchara, este vaciado se hace a una altura de aproximadamente 10cm de la parte superior del molde, se llena el mismo hasta el nivel de enrase, para el cual utilizamos una regla.

Los salientes de las partículas mayores del agregado aproximadamente deben compensar los huecos mayores en la parte superior. Se registran los pesos del molde vacío y del molde lleno con el material de ensayo (3/4”, 3/8” y 3/16”). Se realizaran tres ensayos para cada una de las granulometrías.

Fig. 4.6 ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO SUELTO




Pesaje del molde para el ensayo

Pesaje del molde calibrado mas muestra



TABLA 4.5 RESULTADOS PESO UNITARIO SUELTO

PESO UNITARIO SUELTO				
PROYECTO DE GRADO "ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS"				
	MATERIAL: GRAVILLA TRITURADA		DESTINO: ENSAYO	N° ENSAYO:
	TAMAÑO MAX. DEL AGREGADO: 1"			
	TIPO DE MUESTRA: UNICA			
ORIGEN: RIO CANALETAS			FECHA: 02/12/12	
LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA				
LABORATORIO DE SUELOS				
DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO				
AGREGADO TIPO B				
N° DE ENSAYO		1	2	3
PESO AGREGADO+ MOLDE	Grs.	11908	11895	11915
PESO MOLDE	Grs.	7514	7514	7514
PESO AGREGADO	Grs.	4394	4381	4401
VOLUMEN MOLDE	Cm3	2968.0	2968.0	2968.0
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1480.46	1476.08	1482.82
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1479.78		
AGREGADO TIPO D				
N° DE ENSAYO		1	2	3
PESO AGREGADO+ MOLDE	Grs.	11728	11750	11646
PESO MOLDE	Grs.	7514	7514	7514
PESO AGREGADO	Grs.	4214	4236	4132
VOLUMEN MOLDE	Cm3	2968.0	2968.0	2968.0
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1419.81	1427.22	1392.18
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1413.07		
AGREGADO TIPO E				
N° DE ENSAYO		1	2	3
PESO AGREGADO+ MOLDE	Grs.	11669	11647	11675
PESO MOLDE	Grs.	7514	7514	7514
PESO AGREGADO	Grs.	4155	4133	4161
VOLUMEN MOLDE	Cm3	2968.0	2968.0	2968.0
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1399.93	1392.52	1401.95
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1398.14		
OBSERVACIONES: ENSAYO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE SUELOS SOILS TESTING				

4.2.1.5 ÍNDICE DE LAJOSIDAD O LAMINARIDAD

Es el porcentaje en peso de partículas de forma laminar determinado para una cierta cantidad de material tal que suministre 100 piezas como mínimo de la fracción que debe ser probada, esta prueba se realiza de forma visual, estableciendo que las partículas posean las proporciones adecuadas, es decir, que la relación longitud espesor del material no sea mayor a 3. Para este ensayo se registran los pesos de la muestra total a analizar así como también el peso correspondiente a las piezas laminares encontradas en esa muestra.

Fig. 4.7 ENSAYO DE LAMINARIDAD DEL AGREGADO PÉTREO




Pesaje de la muestra para el ensayo

Piezas laminares separadas de la muestra de ensayo



Muestras obtenidas del ensayo de laminaridad

TABLA 4.6 RESULTADOS INDICE DE LAMINARIDAD

	ÍNDICE DE LAJAS O LAMINARIDAD AASTHO C-142		
	PROYECTO DE GRADO “ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”		
	MATERIAL: GRAVILLA TRITURADA	DESTINO: ENSAYO	N° ENSAYO:
	TAMAÑO MAX. DEL AGREGADO: 1”		
	TIPO DE MUESTRA: UNICA		
ORIGEN: RIO CANALETAS	FECHA:02/12/12		
LABORATORIO DE SUELOS	LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA		
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE LAMINARIDAD DE LOS AGREGADOS			
AGREGADO TIPO B			
PESO TOTAL DE LA MUESTRA DE ¾”	Gr.	1007.00	
PESO DE PIEZAS LAMINARES	Gr.	88.00	
INDICE LAMINAR	%	8.74	
AGREGADO TIPO D			
PESO TOTAL DE LA MUESTRA DE 3/8-	Gr.	505.00	
PESO DE PIEZAS LAMINARES	Gr.	75.00	
INDICE LAMINAR	%	14.85	
AGREGADO TIPO E			
PESO TOTAL DE LA MUESTRA DE 3/16”	Gr.	110.00	
PESO DE PIEZAS LAMINARES	Gr.	5.50	
INDICE LAMINAR	%	5.00	
OBSERVACIONES: ENSAYO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE SUELOS SOILS TESTING			

4.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

Cuando hablamos de caracterizar emulsiones asfálticas significa conocer y evaluar sus propiedades, es decir:

- Se tendrá que definir su calidad y esto se podrá determinar mediante los diferentes ensayos normalizados y especificaciones existentes.
- Determinar si existe afinidad o no con el agregado que se piensa utilizar para una determinada obra vial y así poder mantener o descartar agregados que no sean aptos para una determinada mezcla.

4.3.1 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN

4.3.1.1 PESO ESPECÍFICO

Se pesan dos picnómetros completamente vacíos y con sus tapas respectivas, se registran estos pesos para cálculos posteriores.

Se llenan ambos picnómetros con agua destilada, se tapan y se lo sumerge a un baño de agua a una temperatura de 25°C durante 30 minutos. Se retiran los picnómetros del agua, se secan completamente y se pesan.

Dentro de los mismos picnómetro ya vacíos, se procede a pesar la muestra de emulsión, la cual deberá estar a una temperatura de 25°C, ambos picnómetros son llenados hasta el ras teniendo cuidado de no introducir burbujas de aire, se tapan los picnómetros y el material que pasa por el orificio de las tapas es retirado con la ayuda de un paño, posteriormente se llevan a pesar cada una de las muestras.

Fig. 4.8 ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA



Fig. 4.8.a Llenado de los picnómetros con la emulsión



Fig. 4.8.b Tapado de los picnómetros



Fig. 4.8.c Picnómetros Completamente Llenos Muestra



Fig. 4.8.d Pesaje De Los Picnómetros Con La Muestra

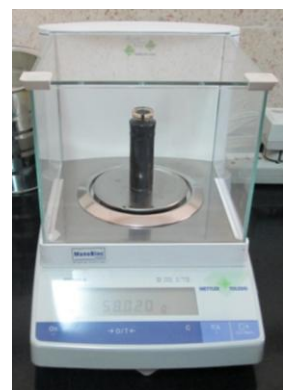


TABLA 4.7 RESULTADOS ENSAYO PESO ESPECÍFICO 25°C (T=25°C)

	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA						
	PROYECTO DE GRADO “ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”						
	MATERIAL: EMULSIÓN ASFÁLTICA			DESTINO: ENSAYO	N° ENSAYO:6		
	TIPO: CRS-2h						
	TIPO DE MUESTRA: UNICA						
PROVEEDOR: STRATURA ASFALTOS- EX IPIRANGA				FECHA:26/08/12			
TRAMO DE ESTUDIO		LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA					
	PESO ESPECÍFICO 25°C (T=25°C)						
	ENSAYO	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	PROMEDIO	ESPECIFICACIONES	
						MINIMO	MAXIMO
	PESO PICNOMETRO VACIO (a)	grs.	31.866	38.793	0.99	0.95	1.000
	PESO PICNOMETRO+MUESTRA (b)	grs.	58.020	63.135			
PESO PICNOMETRO + AGUA (c)	grs.	57.736	62.925				
PESO ESPECIFICO ((c-a)/(b-a))	grs./cm3	0.989	0.911				

4.3.1.2 CARGA DE LAS PARTÍCULAS

Este tipo de ensayo es utilizado para que de alguna forma se identifique a la emulsión asfáltica con la que se trabaja, es decir determinar si se trata de una **Emulsión Aniónica o Catiónica**.

Para su realización, se sumergen en una muestra de la emulsión, un electrodo positivo (ánodo) y un electrodo negativo (cátodo); se conectan ambos en una fuente eléctrica de corriente continua controlada, finalizando el ensayo, se observan los electrodos para determinar si en el cátodo se ha depositado una apreciable capa de asfalto.

En nuestro caso después de realizar el ensayo se llevo a determinar que la emulsión con que trabajamos es **CATIÓNICA**.

TABLA 4.8 RESULTADOS ENSAYO CARGA DE LAS PARTICULAS

	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA		
	PROYECTO DE GRADO		
	“ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”		
	MATERIAL: EMULSIÓN ASFÁLTICA	DESTINO: ENSAYO	N° ENSAYO: 7
	TIPO: CRS-2h		
TIPO DE MUESTRA: UNICA			
PROVEEDOR: STRATURA ASFALTOS- EX IPIRANGA	FECHA: 26/08/12		
LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA			
TRAMO DE ESTUDIO			
	CARGA DE LAS PARTICULAS		
	CARGA PARTICULA	POSITIVO	POSITIVO

4.3.1.3 VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL

El proceso consiste en medir el tiempo de flujo de un volumen dado de la emulsión a través de un orificio (furol) de diámetro normalizado, a una temperatura bien establecida, que representa una condición de trabajo común.

Para el tipo de emulsión asfáltica utilizada en el estudio, se tiene un rango especificado de viscosidad de **100-400 segundos Saybolt-Furol a una temperatura de 50°C.**

La necesidad de realizar este tipo de ensayo viene dada por el manejo que se debe tener con la emulsión, tanto en el acopio, como cuando se utilice en obra, debido a que la emulsión no necesita ser calentada a altas temperaturas como se realiza con los asfaltos convencionales.

Debido a que la emulsión que se utiliza está destinada a formar parte de la mezcla entre agregado-emulsión y cuya aplicación será en un tratamiento superficial, esta deberá ser relativamente viscosa, de modo que no llegue a producirse escurrimientos durante la ejecución de los riegos, para efectuar la mezcla con los áridos que se están utilizando.

Para la realización de este ensayo se uniformiza la muestra y se vierte la misma en un vaso de vidrio de 400cm³, se sumerge dicha muestra en un baño a una temperatura de aproximadamente 71°C.

La emulsión se calienta dentro del baño hasta que alcanza una temperatura de aproximadamente 51°C, durante este tiempo se agita la muestra con la ayuda del termómetro. A los 51°C se vierte la muestra en el tubo del viscosímetro hasta que este se llena completamente.

Dentro del viscosímetro se espera a que la muestra alcance la temperatura de ensayo, durante este tiempo se sigue agitando la muestra, teniendo cuidado de no producir burbujas.

Fig. 4.9 ENSAYO DE VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA



Fig. 4.9.a Muestra a ser utilizada para el ensayo



Fig.4.9.b Muestra sumergida en agua a una temperatura de 71°C



Fig. 4.9.c Colocación del matraz en el viscosímetro



Fig. 4.9.d Vaciado de la muestra en el viscosímetro



Fig. 4.9.e Viscosímetro lleno con la muestra de emulsión



Una vez alcanzada la temperatura deseada, se retira el termómetro y se procede a realizar la medición de la viscosidad, para esto se tiene cuidado que el matraz este correctamente colocado. Se retira el tapón del viscosímetro e inicia el cronometro en el mismo instante y una vez que se alcance la marca de graduación del matraz se detiene el cronometro.



Fig. 4.9.f Cronometraje y vaciado de la muestra a través del orificio del viscosímetro saybolt-furol

TABLA 4.9 RESULTADOS ENSAYO VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL (AASHTO T-72)

TRAMO DE ESTUDIO		ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA				
		PROYECTO DE GRADO “ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”				
		MATERIAL: EMULSIÓN ASFÁLTICA	DESTINO: ENSAYO	Nº ENSAYO:8		
		TIPO: CRS-2h				
		TIPO DE MUESTRA: UNICA				
PROVEEDOR: STRATURA ASFALTOS- EX IPIRANGA		FECHA:27/08/12				
LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA						
		VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL (AASHTO T-72)				
ENSAYO	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	PROM.	ESPECIFICACIONES	
					MINIMO	MAXIMO
VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL A 50°C	SEG.	211	210	210.5	100	300

4.3.1.4 TAMIZADO DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA

A través de este ensayo podemos determinar el contenido emulsión existente en forma de glóbulos relativamente grandes, la existencia de glóbulos grandes significan que la emulsión tendrá tendencia a sedimentarse, lo cual podría causar el rompimiento de la emulsión.

La muestra requerida para este ensayo es de 1000 grs., la cual será tamizada por el tamiz N°20, el cual es previamente mojado con agua destilada, al momento de tamizar, la muestra es lavada con agua destilada hasta que el agua del lavado salga limpia.

Fig. 4.10 PESAJE DEL TAMIZ N°20 PARA LA REALIZACION DEL ENSAYO

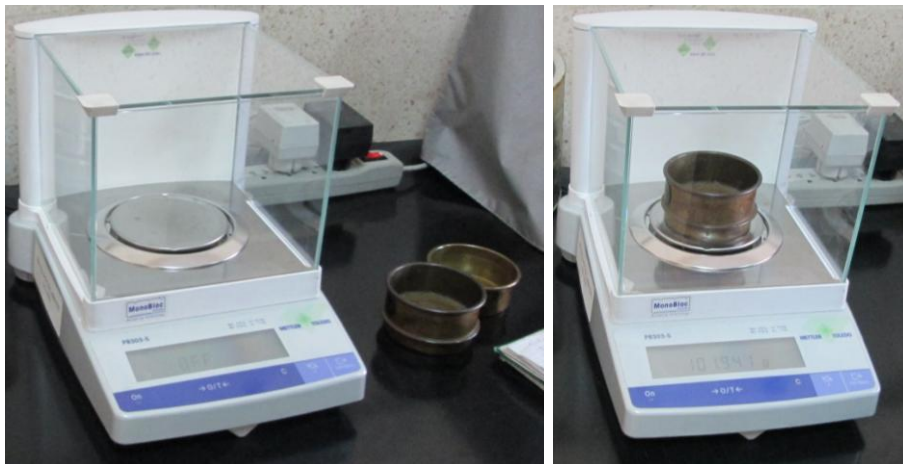


Fig. 4.10.a LAVADO DE LA MUESTRA Y PESAJE DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ



Una vez lavada la muestra esta es introducida al horno junto con su base durante 2 horas, pasado este tiempo se deja la muestra a temperatura ambiente para que esta se enfríe y posteriormente se pese.

TABLA 4.10 RESULTADOS ENSAYO TAMIZADO DE LA EMULSION ASFALTICA

 <p>TRAMO DE ESTUDIO</p>	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA					
	PROYECTO DE GRADO “ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”					
	MATERIAL: EMULSIÓN ASFÁLTICA	DESTINO: ENSAYO	Nº ENSAYO:9			
	TIPO: CRS-2h					
	TIPO DE MUESTRA: UNICA					
PROVEEDOR: STRATURA ASFALTOS- EX IPIRANGA	FECHA:27/08/12					
LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA						
 <p style="text-align: center;">TAMIZADO DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA</p>						
	ENSAYO	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	PROM.	ESPECIFICACIONES
	PESO TAMIZ (a)	grs.	101.941	101.941	0.0758	< 0.1
	PESO EMULSION (b)	grs.	1000	1000		
	PESO TAMIZ + EMULSIÓN RETENIDA (c)	grs.	102.684	102.715		
MUESTRA RETENIDA (((c-a)/b)*100)	%	0.0743	0.0774			

4.3.1.5 SEDIMENTACION A LOS 5 DIAS

Con este ensayo podemos determinar la tendencia de la emulsión a sedimentarse durante el almacenamiento.

Para la realización de este ensayo se coloca en cada una de las probetas 500ml. de muestra de la emulsión, las cuales se dejan tapadas y en reposo durante 5 días a temperatura ambiente.

Pasado este tiempo se procede a extraer 55 ml de muestra de la parte superior e inferior de cada una de las probetas.



Fig. 4.11 ENSAYO DE SEDIMENTACION

Fig. 4.11.a Probetas Llenas De Muestra De Emulsión



Fig. 4.11.b Identificación De Frascos Para Cada Una De Las Muestras

Para cada una de las muestras obtenidas se determinara el residuo por evaporación, para tal efecto se introducirá a las 4 muestras al horno a 110°C hasta peso constante, aprox.2 horas, transcurrido este tiempo se pesa cada una de las muestras.



Fig. 4.11.d Separación De Muestras Superiores e Inferiores Correspondientes A 55 Grs.

TABLA 4.11 RESULTADOS ENSAYO DE SEDIMENTACION A LOS 5 DIAS

	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA PROYECTO DE GRADO “ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”		
	MATERIAL: EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO: CRS-2h TIPO DE MUESTRA: UNICA	DESTINO: ENSAYO	Nº ENSAYO: 10
	PROVEEDOR: STRATURA ASFALTOS- EX IPIRANGA		
	TRAMO DE ESTUDIO	LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA	FECHA: 29/09/12



DESCRIPCION		UNIDAD	PROBETA 1	PROBETA 2	ESPECIFICACIONES	
					MINIMO	MAXIMO
PESO MUESTRA SACADA DE LA PROBETA		gr.	55	55		
PESO RESIDUO SUPERIOR+FRASCO		gr.	203,2	210,1		
PESO RESIDUO INFERIOR+FRASCO		gr.	207,7	209,7		
PESO FRASCO SUP.		gr.	169,2	174,1		
PESO FRASCO INF.		gr.	171,4	173,7		
RESIDUO POR EVAPORACION SUPERIOR		%	34	36		
RESIDUO POR EVAPORACION INFERIOR		%	36,3	36		
SEDIMENTACION		%	2,3			

OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE ASFALTOS DE LA UMSA

4.3.1.6 RESIDUO DE DESTILACIÓN

Este ensayo tiene por objeto determinar las proporciones de agua y de residuo asfáltico contenidas en la emulsión.

Para la realización de este ensayo se hace uso de 200 gr de emulsión, los cuales se pesan en el alambique que previamente debe estar tarado junto con todos sus accesorios.

Antes de comenzar con el ensayo, la muestra es precalentada para que la misma no “vomite” durante la realización del ensayo.

El alambique es ajustado perfectamente, y para que este quede completamente sellado se usa papel impregnado con aceite. El termómetro es introducido por el agujero del tapón de corcho.

El alambique es instalado en el equipo y debajo de él se coloca el mechero bunsen el cual durante el ensayo es movido de arriba hacia abajo del alambique tratando de uniformizar la temperatura. El ensayo termina cuando el termómetro alcanza los 260°C y se mantiene durante 15 min.

Fig.12 PESAJE DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN Y LA EMULSIÓN



Fig. 4.12.a Pesaje Del Alambique Y Los Accesorios

Fig. 4.12.b Pesaje De La Muestra De Emulsión

Posteriormente la muestra se deja reposar a temperatura ambiente y es pesada junto con el alambique y todos sus accesorios correspondientes.

Fig. 4.13 DESTILACIÓN DE LA MUESTRA



Armado Del Equipo

Destilación De La Muestra



Destilación De La Muestra

Control De La Temperatura De Ensayo

TABLA 4.12 RESULTADOS ENSAYO DEL RESIDUO DE DESTILACION

	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA PROYECTO DE GRADO “ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”						
	MATERIAL: EMULSIÓN ASFÁLTICA	DESTINO: ENSAYO	Nº ENSAYO:11				
	TIPO: CRS-2h						
	TIPO DE MUESTRA: UNICA						
	PROVEEDOR: STRATURA ASFALTOS- EX IPIRANGA	FECHA:27/09/12					
LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA							
TRAMO DE ESTUDIO							
 RESIDUO DE DESTILACIÓN							
ENSAYO	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	P R O M E D I O	ESPECIF.	
						MIN	MAX
PESO DEL ALAMBIQUE+ACCESORIOS (a)	grs.	3669.7	3669.3	3669.0			
PESO ALAMBIQUE+ACCESORIOS+EMUL. (b)	grs.	3869.7	3869.3	3869.0			
PESO ALMBIQUE+ACCESORIOS+RESIDUO (c)	grs.	3809.5	3809.1	3808.9			
PESO EMULSIÓN (d = b-a)	grs.	200	200	200			
CONTENIDO DE RESIDUO (((c-a)/(d))*100)	%	69.9	69.9	69.95	69.917	65	75
OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE ASFALTOS DE LA UMSA							

4.3.1.7 PENETRACIÓN

Para este ensayo se requiere el residuo de destilación obtenido en el anterior ensayo. La muestra es calentada con cuidado solo hasta que está este suficientemente fluida para poder vaciarla con facilidad en los recipientes de penetración, luego de vaciar la muestra en los recipientes, se dejara enfriar la misma a temperatura ambiente durante 1 hora y media, transcurrido este tiempo se introduce las muestras a baño maría a una temperatura de 25°C durante 1 hora y media.

Posteriormente la muestra es sacada del baño y colocada en el vaso de traslado, el cual tendrá el agua de baño en una cantidad suficiente como para cubrir el recipiente.

Se ensaya cada una de las muestras en el equipo de penetración el cual tiene la aguja calibrada, se coloca la aguja de forma que haga contacto con la superficie de la muestra, se deja caer la aguja durante 5 segundos y se anota la penetración. Se realiza este procedimiento para cada una de las muestras, y en cada una de ellas se realizan tres lecturas.

Fig. 4.14 ENSAYO DE PENETRACIÓN



Fig. 4.14.a Vaciado Del Residuo En Los Recipientes



Fig. 4.14.b Aparato De Penetración



Fig. 4.14.c Colocación De La Aguja Del Penetrómetro En La Superficie De La Muestra



Fig. 4.14.d Cronometraje Del Tiempo De Penetración

TABLA 4.13 RESULTADOS ENSAYO DE PENETRACIÓN

	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA							
	PROYECTO DE GRADO "ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS"							
	MATERIAL: EMULSIÓN ASFÁLTICA				DESTINO: ENSAYO	N° ENSAYO: 12		
	TIPO: CRS-2h							
	TIPO DE MUESTRA: UNICA							
PROVEEDOR: STRATURA ASFALTOS- EX IPIRANGA					FECHA: 27/09/12			
LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA								
ENSAYOS EN EL RESIDUO DE DESTILACIÓN								
	PENETRACIÓN							
	PENETRACION A 25°C, 100 grs, 5seg.	UNIDAD	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	PROM	ESPECIFICACIONES	
							MINIMO	MAXIMO
	PENETRACION 1	1/10mm.	101	102	105	103.11	100	250
PENETRACION 2	1/10mm.	103	100	106				
PENETRACION 3	1/10mm.	105	104	102				
OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE ASFALTOS DE LA UMSA								

4.3.1.8 DUCTILIDAD

La ductilidad de la emulsión se mide por la distancia a la cual puede estirarse antes de romperse.

El residuo de destilación es calentado hasta que esté completamente fluido, esta muestra es vaciada dentro de los moldes que se arman sobre una placa, los moldes son pasados con una mezcla de talco y glicerina para que la muestra no se pegue a ellos, la muestra ya vaciada en los moldes se deja enfriar a temperatura ambiente durante 40 minutos y luego es llevada a un baño de agua por 30 minutos, luego de este tiempo el exceso de cemento asfáltico es retirada de forma que los moldes queden perfectamente llenos al ras.

Fig. 15 PREPARACIÓN DE LOS MOLDES PARA EL ENSAYO DE DUCTILIDAD



Fig. 4.15.a Untado De Los Moldes Con La Mezcla De Glicerina Y Talco



Fig.4.15.b Vaciado De La Muestra Dentro De Los Moldes

La placa y los moldes con la muestra son llevados a un baño de agua durante 90 minutos, transcurrido este tiempo se retira los moldes de la placa, se quitan las partes laterales y se prueba inmediatamente la brigueta.



Fig. 4.15.c Moldes Llenos De La Muestra



Fig. 4.15.d Placa Y Moldes Con La Muestra Llevados A Baño De Agua

Los anillos de cada extremo de las pinzas son insertados a los ganchos de la maquina y esta jala a estos a una velocidad constante para provocar la ruptura de la brigueta, la maquina debe estar completamente llena de agua, la cual tendrá una temperatura de 25°C.

Fig.4.15.e PREPARACION DE LA MAQUINA PROBADORA DE DUCTILIDAD



Maquina Llena De Ductilidad



Control De Temperatura Del Agua

Fig.4.15.f ENSAYO DE DUCTILIDAD



*Sacado De Los Moldes Del Baño De Agua
Maquina*


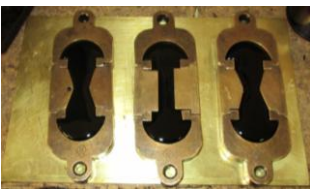


Colocación De Las Briquetas Dentro De La



Estiramiento De Las Briquetas A Una Velocidad Constante Durante La Realización Del Ensayo

TABLA 4.14 RESULTADOS ENSAYO DE DUCTILIDAD

	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA				
	PROYECTO DE GRADO "ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS"				
	MATERIAL: EMULSIÓN ASFÁLTICA		DESTINO: ENSAYO	Nº ENSAYO: 13	
	TIPO: CRS-2h				
	TIPO DE MUESTRA: UNICA				
PROVEEDOR: STRATURA ASFALTOS- EX IPIRANGA			FECHA: 28/09/12		
TRAMO DE ESTUDIO	LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA				
ENSAYOS EN EL RESIDUO DE DESTILACIÓN					
		DUCTILIDAD			
Nº DE BRIGUETA	Tº BAÑO DE AGUA (°C)	VEL. DE DEZPLAZAMIENTO (cm./min.)	DISTANCIA DE ROTURA (cm.)	ESPECIFICACIONES	
				MINIMO	MAXIMO
PROBETA 1	25	5	149	80	:
PROBETA 2	25	5	> 150		
PROBETA 3	25	5	> 150		
OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE ASFALTOS DE LA UMSA					

4.3.1.9 SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO

Este método sirve para determinar el porcentaje de cemento asfáltico soluble en tetracloruro de carbono, este ensayo es aplicado al residuo de la destilación.

Se pesan 2 gramos de la muestra dentro de un matraz que esta previamente tarado, y sobre este se agregan en pequeñas porciones 100ml de tetracloruro de carbono, agitando continuamente hasta que los grumos desaparezcan y no quede nada en el fondo del matraz. Posteriormente se deja la muestra en un lugar obscuro durante 24 horas.

Pasado este tiempo se decantará la solución de tetracloruro de carbono a través de la capa de asbesto del crisol Gooch succionando ligeramente hasta que la solución haya pasado por el asbesto. Se lava el matraz y el crisol con tetracloruro de carbono y se baja el precipitado en la capa de asbesto, este procedimiento se realiza hasta que el lavado sea incoloro.

Se seca el crisol en horno a 125°C durante 25 minutos, enfriar en el desecador y pesar.

FIG. 4.16 ENSAYO DE SOLUBILIDAD

Fig. 4.16.a PESAJE DEL MATRAZ Y LA MUESTRA PARA EL ENSAYO

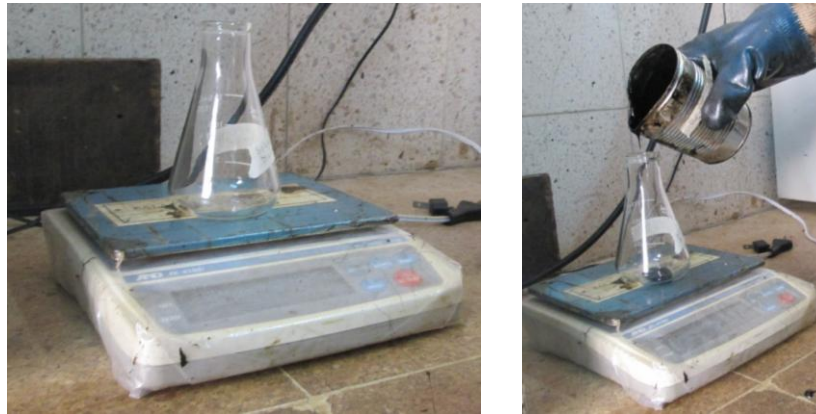


Fig. 4.16.b AÑADIDO DEL TETRACLORURO DE CARBONO A LA MUESTRA



TABLA 4.15 RESULTADOS ENSAYO DE SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO

	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA					
	PROYECTO DE GRADO					
	“ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS”					
	MATERIAL: EMULSIÓN ASFÁLTICA	DESTINO: ENSAYO	N° ENSAYO: 14			
	TIPO: CRS-2h					
TIPO DE MUESTRA: UNICA	PROVEEDOR: STRATURA ASFALTOS- EX IPIRANGA			FECHA: 28/09/12		
TRAMO DE ESTUDIO	LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA					
ENSAYOS EN EL RESIDUO DE DESTILACION						
	SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO					
	PESO DE LA MUESTRA (gr.)		PESO DEL CRISOL CON ASBESTO (gr.)		PESO DEL CRISOL CALCINADO (gr.)	
	SOLUBILIDAD (%)		ESPECIFICACIONES			
		MINIMO		MAXIMO		
2		17.725		17.731		
99.7		90		1		
OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE ASFALTOS DE LA UMSA						

4.4 CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA AGREGADO-EMULSIÓN ASFÁLTICA

4.4.1. ENSAYO DE RECUBRIMIENTO Y ADHERENCIA AASHTO T 182-84


La evaluación preliminar de cada emulsión asfáltica elegida para el diseño de la mezcla se lleva a cabo mediante un ensayo de recubrimiento y un ensayo de adherencia. El contenido de prueba de la emulsión asfáltica determinado anteriormente se combina con el agregado que se utilizara para generar la mezcla en condición húmeda. El recubrimiento se estima de manera visualmente como satisfactorio o insatisfactorio para el uso pretendido para la mezcla.

Las mezclas para carpeta normalmente requieren un mayor grado de recubrimiento que las mezclas para capa base. Si el grado de recubrimiento es considerado como satisfactorio, es decir si mediante un análisis visual se determina que existe un



recubrimiento de más de 95%, el ensayo de adhesión se da por concluido. Si el recubrimiento es considerado como inaceptable, la emulsión empleada debería ser modificada o debería elegirse otra emulsión.

TABLA 4.16 RESULTADOS ENSAYO DE RECUBRIMIENTO Y ADHERENCIA AGREGADO - EMULSION

	RESULTADOS ENSAYO DE RECUBRIMIENTO Y ADHERENCIA AGREGADO - EMULSION																										
	PROYECTO DE GRADO "ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE EMULSIONES EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS"																										
	MATERIAL: GRAVILLA TRITURADA	DESTINO: ENSAYO	N° ENSAYO: 15																								
	TAMAÑO MAX. DEL AGREGADO: 1"																										
	TIPO DE MUESTRA: UNICA																										
ORIGEN: RIO CANALETAS	FECHA: 02/10/12																										
LABORATORIO DE SUELOS	LABORATORISTA: RAMOS MERILES JULIA																										
GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Total Del Agregado (Grs)</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Peso Total De La Emulsión (Grs)</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Tipo De Emulsión Asfáltica (Grado De Penetración)</td> <td>103.3/100</td> <td>103.3/100</td> <td>103.3/100</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje Según Especificaciones (%)</td> <td>>95</td> <td>>95</td> <td>>95</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje De Recubrimiento Total (%)</td> <td>97</td> <td>97</td> <td>97</td> </tr> </tbody> </table>				MUESTRA	1	2	3	Peso Total Del Agregado (Grs)	100	100	100	Peso Total De La Emulsión (Grs)	8	8	8	Tipo De Emulsión Asfáltica (Grado De Penetración)	103.3/100	103.3/100	103.3/100	Porcentaje Según Especificaciones (%)	>95	>95	>95	Porcentaje De Recubrimiento Total (%)	97	97	97
MUESTRA	1	2	3																								
Peso Total Del Agregado (Grs)	100	100	100																								
Peso Total De La Emulsión (Grs)	8	8	8																								
Tipo De Emulsión Asfáltica (Grado De Penetración)	103.3/100	103.3/100	103.3/100																								
Porcentaje Según Especificaciones (%)	>95	>95	>95																								
Porcentaje De Recubrimiento Total (%)	97	97	97																								
Ensayo realizado en el Laboratorio del SERVICIO DEPARTAMENTAL DE CAMINOS DE TARIJA (SEDECA)																											

4.5 EJECUCIÓN LA IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON EMULSION ASFÁLTICA (CRS-2H)

4.5.1 PLANEAMIENTO

La realización del Tratamiento Superficial se programa en función del:

- proyecto.
- abastecimiento de materiales.
- equipos disponibles.
- condiciones meteorológicas.
- plazo de ejecución.

El tiempo aproximado de vencimiento de los asfaltos emulsionados es aproximadamente de cuatro meses, por lo tanto solo se cuenta con una stock suficiente para trabajar durante este tiempo, posteriormente se realizara un nuevo pedido de material a la fabrica proveedora del mismo (STRATURA ASFALTOS - Ex IPIRANGA).

En el caso del abastecimiento del árido este es obtenido del rio Canaletas y es sometido a un proceso de trituración , mediante el cual se obtienen las tres granulometrías necesarias para la realización del tratamiento superficial triple, se opta por un stock a lo largo del trecho de la zona, para esto se tomó en cuenta que la misma esté libre de contaminación y de exceso de humedad, de igual manera para protección del árido este es depositado sobre un tendido de carpas para evitar que estos lleguen a ensuciarse, ya que esto resultaría perjudicial para los resultados buscados. En el lugar se dispone del equipo necesario para el lavado del material si es que esto fuera necesario para satisfacer las exigencias del proyecto.

Fig.4.18 ARIDO PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE



Extracción Del Material - Rio Canaletas



Almacenamiento Del Material

Los áridos se encuentran separados de acuerdo a la capa a la cual corresponden, es decir: agregado ¾” correspondiente a la primera capa, agregado 3/8” correspondiente a la segunda capa y el agregado 3/16” o N°4 tercera capa.



4.5.3 IMPRIMACIÓN DE LA BASE

El Tratamiento Superficial se ejecuta sobre una base nueva, para lo cual se presupone la superficie debidamente imprimada que de acuerdo al proyecto se realizara con emulsión asfáltica CRS-2h.

La base nueva sobre la cual se trabaja cumple con todos los requisitos necesarios para cualquier pavimentado, es decir: Granulometría, Proctor modificado para establecer humedad óptima y máxima densidad, Ensayos CBR para determinar su capacidad portante.

Una vez que la emulsión llega a la temperatura de 50 °C, comprobado que la barra se encuentra en la altura correspondiente y los pistones de la misma estén abiertos correctamente, comienza a realizarse el riego y para cubrir toda la plataforma estos se ejecutan en tres tramos.

Fig. 4.19 BASE NUEVA





A continuación se muestra una tabla típica de control en obra de un riego de imprimación, esta tabla corresponde a un control realizado en el tramo Canaletas – Entre Ríos entre las progresivas 23+000 a 23+500, la tasa de control corresponde a la establecida por la fabrica proveedora del diluido (STRATURA ASFALTOS-EX IPIRANGA) y es de 1.2 l/m², sin embargo esto puede ser cambiado en obra dependiendo de los resultados que se observen durante la realización del riego.

TABLA 4.17 CONTROL DE TASAS PARA IMPRIMACIÓN BITUMINOSA

Nº DE APLICACIÓN		1	2	3
FECHA		03/09/2012	03/09/2012	03/09/2012
LADO		L/IZQ	EJE	L/DER
TIPO DE ASFALTADO LIQUIDO		CRS-2h	CRS-2h	CRS-2h
UBICACIÓN	ESTACION FINAL	23+000	23+000	23+000
	ESTACION INICIAL	23+500	23+500	23+500
LIMGITUD (m)		500	500	500
ANCHO (m)		3,14	3,14	3,14
BARRA DEL DISTRIBUIDOR	ALTURA DE LA BARRA (cm)	25	25	25
	Nº DE INYECTORES	34	34	34
HORA	INICIAL	14:32	14:55	15:18
	FINAL	14:40	15:02	15:25
TEMPERATURA AMBIENTE °C		31	31	31
HUMEDAD (SECO, MEDIANO, HUMEDO)		Mediano	Mediano	Mediano
TEMPERATURA DE LA EMULSIÓN		50	50	50
VELOCIDAD DEL CAMION	MEDICION DIRECTA (M/MIN)	62.50	71.43	71.43
CARGA DE LA EMULSIÓN	INICIAL (lt)	4878	3314	1639
	FINAL (lt)	3314	1639	0
EMULSION USADA (lt)		1564	1675	1639
FACTOR DE CORRECCION POR VOLUMEN		0,9845	0,9845	0,9845
CANTIDAD DE EMULSIÓN REAL APLICADA (lts)		1539,76	1649,04	1613,60
AREA CUBIERTA (m ²)		1570	1570	1570
DOSAJE PROMEDIO APLICADO (lt/m ²)		0,981	1,050	1,028
DOSAJE PROMEDIO DE EMULSIÓN		1,02		

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL LIGANTE POR TRAMO

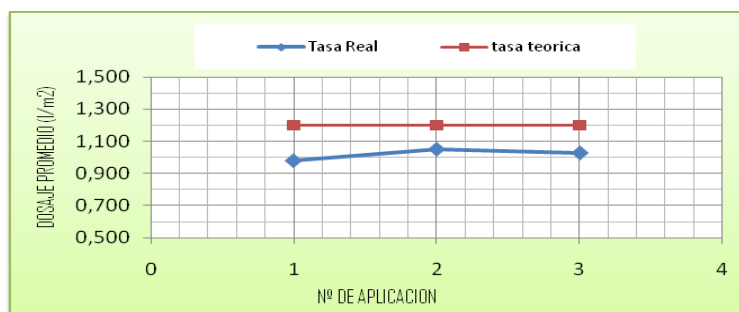


Fig.4.20 IMPRIMACIÓN DE LA BASE



4.5.4 PREPARACIÓN DEL SUBSTRATO PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE

La superficie que recibe Tratamiento Superficial triple debe estar limpia, libre de impurezas, libre de materias extrañas y secas, sin acumulaciones de bitumen correspondientes a la imprimación, por lo cual se realizará la limpieza de la misma.

Fig.4.21 LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE A REGAR



Barrido, Lavado y Soplado De La Superficie



La limpieza de la superficie debe realizarse por lo menos un día antes de la ejecución del tratamiento, la misma consiste en el barrido y lavado de la superficie. El día de la realización del tratamiento la superficie es nuevamente barrida y soplada para que la misma se encuentre debidamente preparada para comenzar el tratamiento.

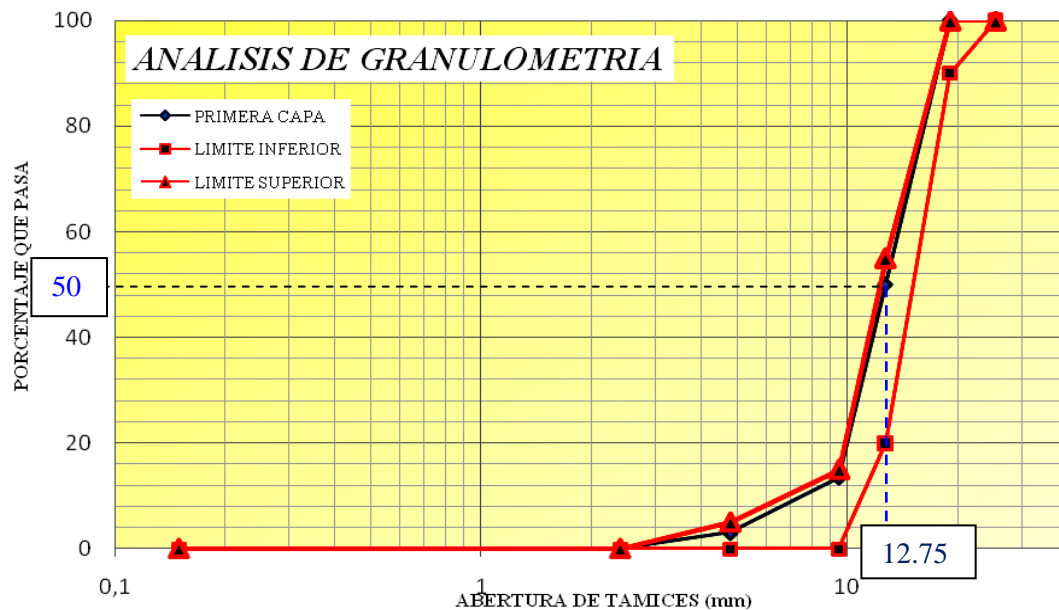
4.5.5 DOSIFICACIÓN DEL LIGANTE Y AGREGADO

4.5.5.1 DISEÑO TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE CON EMULSIÓN ASFÁLTICA – METODO DE MC LEOD

Es un método empírico el cual está basado en los principios teóricos de F.M. Hanson y la experiencia lograda en el diseño y construcción de estos tipos de tratamientos simples y múltiples. Este método toma como parámetros principales, el tamaño medio, peso unitario e índice de laminaridad del agregado, así como también el volumen de tráfico y porcentaje de cemento residual de la emulsión.

✓ PRIMERA CAPA – AGREGADO TIPO B – AGREGADO GRUESO

Determinación del tamaño medio del agregado





Vacios en la capa de agregados, V (decimales):

Peso unitario suelto, $W= 1479.78 \text{ kg/m}^3$

Peso específico bruto, $G= 2558 \text{ kg/m}^3$

$$V = 1 - \frac{W}{G} \rightarrow V = 0.42$$

Calculo de la dimensión mínima promedio, H :

Tamaño medio del agregado, $T.M.= 12.75 \text{ mm}$

Índice laminar, $I.L.=8.74\%$

$$H = \frac{T.M.}{1.09 + (0.0118 * I.L.)} \rightarrow H = 10.69 \text{ mm}$$

Calculo de la cantidad de agregado, C en kg/m^2 :

$M=$ factor que varia con el tipo de agregado, transito y clima.

$M=1$

$E=$ factor de pérdida del árido

$E= 1.06$

$$C = M * (1 - 0.4 * V) * H * G * E \rightarrow C = 24.1 \text{ kg/m}^2$$

Calculo de la cantidad de asfalto, B en lts/m^2 :

$M =$ factor que varia con el tipo de agregado, transito y clima =1

$T =$ factor de transito = 0.70

$S =$ corrección por textura = 0

$A =$ corrección por absorción del agregado = 0

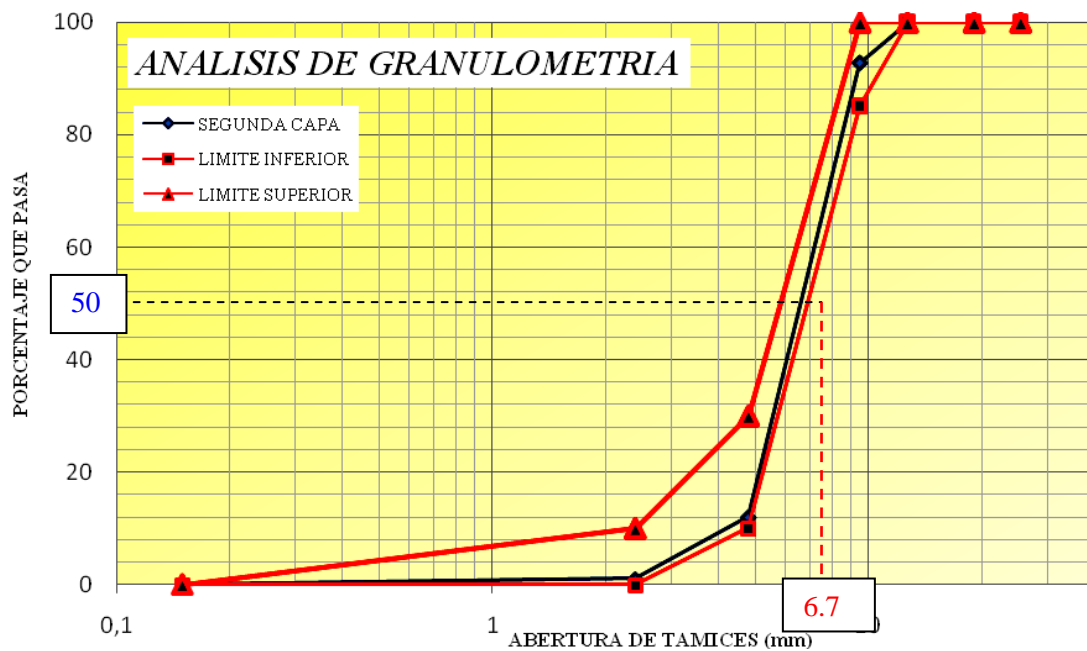
$R =$ asfalto residual = 0.70

$$B = \frac{M * (0.4 * H * T * V + S + A)}{R} \rightarrow B = 1.8 \text{ lts/m}^2$$



✓ **SEGUNDA CAPA – AGREGADO TIPO D– AGREGADO INTERMEDIO**

Determinación del tamaño medio del agregado



Vacios en la capa de agregados, V (decimales):

Peso unitario suelto, $W = 1413.07 \text{ kg/m}^3$

Peso específico bruto, $G = 2563 \text{ kg/m}^3$

$$V = 1 - \frac{W}{G} \rightarrow V = 0.45$$

Calculo de la dimensión mínima promedio, H:

Tamaño medio del agregado, T.M.= 6.7 mm

Índice laminar, I.L.=14.85 %

$$H = \frac{T.M.}{1.09 + (0.0118 * I.L.)} \rightarrow H = 5.295 \text{ mm}$$



Calculo de la cantidad de agregado, C en kg/m²:

M= factor que varia con el tipo de agregado, transito y clima.

M=1

E= factor de pérdida del árido

E= 1.06

$$C = M * (1 - 04 * V) * H * G * E \rightarrow C = 11.8 \text{ kg/m}^2$$

Calculo de la cantidad de asfalto, B en lts/m²:

M = factor que varia con el tipo de agregado, transito y clima =1

T = factor de transito = 0.70

S = corrección por textura = 0

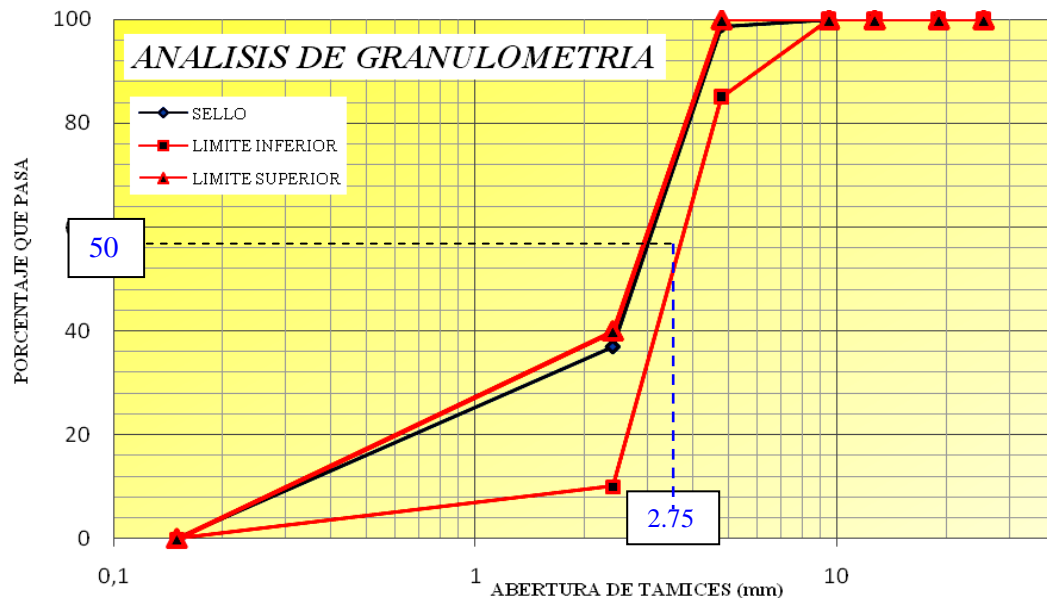
A = corrección por absorción del agregado = 0

R = asfalto residual = 0.70

$$B = \frac{M * (0.4 * H * T * V + S + A)}{R} \rightarrow B = 0.95 \text{ lts/m}^2$$

✓ **TERCERA CAPA – AGREGADO TIPO E– AGREGADO FINO**

Determinación del tamaño medio del agregado





Vacios en la capa de agregados, V (decimales):

Peso unitario suelto, $W = 1398.14 \text{ kg/m}^3$

Peso específico bruto, $G = 2570 \text{ kg/m}^3$

$$V = 1 - \frac{W}{G} \rightarrow V = 0.46$$

Calculo de la dimensión mínima promedio, H :

Tamaño medio del agregado, $T.M. = 2.75 \text{ mm}$

Índice laminar, $I.L. = 5\%$

$$H = \frac{T.M.}{1.09 + (0.0118 * I.L.)} \rightarrow H = 2.393 \text{ mm}$$

Calculo de la cantidad de agregado, C en kg/m^2 :

M = factor que varia con el tipo de agregado, transito y clima.

$M = 1$

E = factor de pérdida del árido

$E = 1.06$

$$C = M * (1 - 0.4 * V) * H * G * E \rightarrow C = 5.33 \text{ kg/m}^2$$

Calculo de la cantidad de asfalto, B en lbs/m^2 :

M = factor que varia con el tipo de agregado, transito y clima = 1

T = factor de transito = 0.70

S = corrección por textura = 0

A = corrección por absorción del agregado = 0

R = asfalto residual = 0.70

$$B = \frac{M * (0.4 * H * T * V + S + A)}{R} \rightarrow B = 0.44 \text{ lbs/m}^2$$



TABLA 4.18 RESULTADO FINAL DOSIFICACIÓN AGREGADO-LIGANTE (METODO MC LEOD)			
APLICACIÓN	MATERIALES	LIGANTE	AGREGADO
		(l/m ²)	(kg/m ²)
PRIMERA CAPA	BETUMIX CRS 2H	1.8	-
	AGREGADO 3/4"	-	24.1
SEGUNDA CAPA	BETUMIX CRS 2H	0.95	-
	AGREGADO 3/8"	-	11.8
TERCERA CAPA	BETUMIX CRS 2H	0.44	-
	AGREGADO 3/16"	-	5.33
TOTAL		3.19	41.22

4.5.5.2 DISEÑO TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE CON EMULSIÓN ASFÁLTICA – METODO DIRECTO (STRATURA ASFALTOS-EX IPIRANGA)

Es otro de los métodos empíricos para la dosificación de materiales para tratamientos superficiales, el parámetro más importante a considerar es inicialmente el tamaño del agregado así como también el porcentaje de vacíos. Este método fue el empleado por la fabrica proveedora de la emulsión (STRATURA ASFALTOS-EX IPIRANGA) para la dosificación de materiales para el tratamiento superficial triple del tramo Canaletas Entre Ríos, a continuación se muestran los resultados proporcionados por dicha fabrica.

TABLA 4.19 DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS MÉTODO DIRECTO

TABLA 4.19 a) AGREGADO							
PARAMETROS	SIMBOLO	UNIDADES	LIMITES		CAPAS		
			VDM > 2000	VDM ≤ 2000	1ª CAPA	2ª CAPA	3ª CAPA
Clasificación del agregado	-	-	-	-	3/4"	3/8"	3/16"
Diámetro máximo	D	mm	-	-	17,5	9,0	4,4
Diámetro mínimo	d	mm	-	-	7,2	4,4	0,3
Diámetro medio	Dm	mm	-	-	12,4	6,7	2,4
d/D	k	-	≥ 0,65	≥ 0,50	0,41	0,49	0,07
Fracción <0,074 mm (PEN Nº200)	-	%	≤ 0,5	≤ 1,0	0,0	0,0	0,0
Desgaste de los Ángeles	-	%	≤ 30	≤ 40	34,0	34,0	34,0
M. esp. Aparente del agregado suelto	Ma	g/cm ³	-	-	1,325	1,295	1,615
Masa especifica real del agregado	Mg.r	g/cm ³	-	-	2,642	2,617	2,660
Masa especifica aparente del agregado	Mg.a	g/cm ³	-	-	2,558	2,563	2,570



Masa específica efectiva del agregado (b)	Mg	g/cm ³	-	-	2,600	2,617	2,615
Porcentaje de vacíos, suelto (c)	Vs	-	-	-	0,490	0,505	0,382
Porcentaje de vacíos, compactado (d)	Vc	-	-	-	0,196	0,202	0,153

TABLA 4.19 b) OBSERVACIONES

(a)	CATEGORIA DE TRAFICO	VDM Total, en los dos sentidos	Fe= factor de llenado
	Nº 1	> 2000	0,50 - 0,60
	Nº 2	500-200	0,60 - 0,70
	Nº 3	< 500	0,7
El "factor de llenado" corresponde al tenor previsto de vacíos llenados con betumen, después de la consolidación del tratamiento por el tráfico.			
(b)	$Mg = (Mg,r + Mg,a) / 2$ (cuando no se dispone de más datos precisos)		
(c)	$Vs = 1 - (Ma / Mg)$		
(d)	0,40 x Vs		

TABLA 4.19 c) TASAS AGREGADOS-LIGANTE

	PARAMETROS	SIMBOLO	UNIDAD	CAPAS		
				1º CAPA	2º CAPA	3º CAPA
TASA DE AGREGADO (METODO DIRECTO)	Tasa básica	A'	l/m ²	13,5	7	2
	Factor de pérdida	Fp	-	0,0	0,0	0,0
	Tasa a esparcir	A'	l/m ²	13,5	7,0	2,0
	Medida de la dimensión menor, total	MDM'	mm	8,56	4,3	1,5
	Penetración prevista en el sustrato	P	mm	0,0	0,0	0,0
	Medida de la dimensión menor, efectiva	MDM	mm	8,56	4,34	1,46
TASA DE LIGANTE (METODO ANALITICO)	-	-	-	-	-	-
	Tasa básica	LBR	l/m ²	1,075	0,562	0,143
	Factor de corrección (ver ábaco)	Fa	%	0,0	0,0	0,0
	Tasa corregida (1)	LRC'	l/m ²	1,07	0,56	0,14
	Suma de tasas	ΣLRC'	l/m ²	1,78		
	Distribución recomendada de tasas	-	%	50,0	30,0	20,0
		LRC''	l/m ²	0,891	0,534	0,356
	Corrección por el sustrato	S	l/m ²	0,0	0,0	0,0
	Tasa corregida (2)	LRC	l/m ²	0,89	0,53	0,36
	Residuo asfáltico mínimo	-	%	67,0		
	Tasa de Betumix CRS 2H	LTF	l/m ²	1,33	0,79	0,54
	Factor de corrección por la temperatura	Ft	-	1,00	1,00	1,00
Tasa de Betumix CRS 2H a aplicar	LTQ	l/m ²	1,33	0,79	0,54	



TABLA 4.19 d) OBSERVACIONES

$A = A' \times Fp$

$MDM' = (Ma \times A') / ((1-Vc) \times Mg)$, en mm (lmm - l litro/m²)

Usar solo en tratamientos simples y en la primera capa del tratamiento múltiple. No disponiendo de datos precisos, admítase, para sustrato de naturaleza común: P=0,5mm (pedrisco) hasta P=2,5mm (brita 2).

$MDM = MDM' - P$

$LBR = Vc \times MDM \times Fe$

CORRECCION DE LA TASA DEL LIGANTE	VALORES		CAPAS		
	MAXIMO	MINIMO	1ª CAPA	2ª CAPA	3ª CAPA
a) Por el agregado y ambiente, Fa %	-	-	-	-	-
agregado tenaz / frágil	0	-10	0	0	0
Bajo tenor de vacíos de aire (<3%)	0	-10	0	0	0
clima: húmedo / seco	10	-5	0	0	0
clima: frío / caliente	5	-10	0	0	0
% vehículos pesados: baja / alta	5	-10	0	0	0
tramo en acentuado declive / aclave	5	-10	0	0	0
total Fa%	20	-20	0	0	0
b) por el sustrato, S l/m ²	-	-	-	-	-
superficie: rugosa / lisa	0,4	0	0	0	0
superficie: porosa / exudada	0,2	-0,2	0	0	0
total S l/m ²	0,6	-0,2	0	0	0

$LRC' = LRB \times (1 + Fa/100)$

$LRC = LRC' + S$

$LTO = LTF \times Ft$

TABLA 4.20 RESULTADO FINAL DOSIFICACIÓN AGREGADO-LIGANTE (MÉTODO DIRECTO)

APLICACIÓN	MATERIALES	LIGANTE		AGREGADO	
		(l/m ²)	(kg/m ²)	(l/m ²)	(kg/m ²)
PRIMERA CAPA	BETUMIX CRS 2H	1,33	1,33	-	-
	AGREGADO 3/4"	-	-	13,5	17,89
SEGUNDA CAPA	BETUMIX CRS 2H	0,79	0,79	-	-
	AGREGADO 3/8"	-	-	7	9,06
TERCERA CAPA	BETUMIX CRS 2H	0,54	0,54	-	-
	AGREGADO 3/16"	-	-	2	3,23
EMULSIÓN	BAÑO DILUIDO	0,5	0,5	-	-
TOTAL		3,16	3,16	22,5	30,18

En el último baño se recomienda diluir la emulsión con agua en una proporción de 1:1 (0,5 l/m² emulsión + 0,5 l/m² agua) y aplicar una tasa de 1,0 l/m²

Fuente: STRATURA Asfaltos (Ex IPIRANGA)-Proyecto Canaletas Entre Ríos Tratamiento Superficial Triple

4.5.6 APLICACIÓN MECÁNICA DEL LIGANTE

El esparcidor de ligante es el equipo principal por lo cual se tiene cuidado de que sea operado cuidadosamente. Pequeñas variaciones en la tasa de aplicación pueden significar el fracaso del Tratamiento Superficial. Por lo tanto, el operador conoce todos los detalles de funcionamiento de la máquina y está consciente de la responsabilidad sobre la calidad final del servicio.

El operador cuenta con una planilla con todos los datos de la obra para evitar confusiones durante la ejecución y se limita prácticamente a mantener la velocidad preestablecida.

Fig.4.22 ESPARCIDOR DEL LIGANTE



Antes y durante la realización del tratamiento se realiza el control de la calibración del esparcidor, esto corresponde a: rotación de la bomba, velocidad del camión temperatura del ligante y altura de la barra Se tiene un extremo cuidado con la velocidad máxima del esparcidor, debido a que una velocidad muy alta puede hacer que patine la quinta rueda, lo que distorsionaría la lectura del velocímetro al igual que provocaría que el ligante humedezca un sólo lado del árido.

Fig. 4.23 CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL LIGANTE

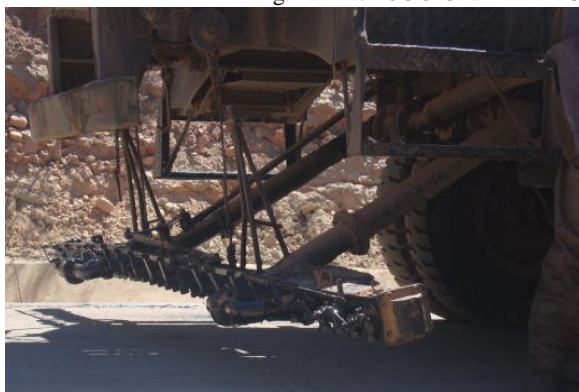


No solo la temperatura de ligante es importante para la ejecución de este tratamiento sino que también se toma muy en cuenta la temperatura ambiente en el lugar de la obra que por norma no debe ser inferior a los 10°C.

La barra del esparcidor es de 3,5m de longitud y el ancho del carril es de 10,30m, por lo cual la aplicación del ligante se realiza en tres tramos. Los desvíos en el alineamiento son difíciles de corregir, y para evitarlos se hace la demarcación por línea guía, de la trayectoria del esparcidor. En cada faja del Tratamiento Triple se altera el sentido de operación del esparcidor para evitar que haya superposición de fallas eventuales.

Luego de realizada la primera capa, se espera que la emulsión complete la ruptura, para proceder con la realización de la segunda capa al igual que para la realización de tercera capa.

Fig. 4.24 EJECUCIÓN DEL REGADO DE LA EMULSIÓN



Barra Del Esparcidor



Ubicación Del Carro Esparcidor

Fig. 4.25 REGADO DE LA EMULSIÓN



1^{er} Tramo



2^{do} Tramo



3^{er} Tramo

4.5.7 APLICACIÓN MECÁNICA DEL ÁRIDO

El árido es transportado hasta el lugar de ejecución de la obra en volquetas adaptadas y ahí la caja es adosada a la volqueta en su parte trasera.

Fig. 4.26 PREPARACIÓN DEL DISTRIBUIDOR DEL ARIDO



Cargado Del Árido En El Distribuidor De Agregados



Caja Del Distribuidor De Agregados



Regulador De Abertura De La Caja

La caja se abrirá de acuerdo al tamaño de agregado que se va a distribuir, es decir, en la primera capa la abertura será de $\frac{3}{4}$ " , en la segunda capa de $\frac{3}{8}$ " y en la tercera $\frac{3}{16}$ ".

La caja cuenta con una plataforma que permite que sobre ella vayan dos personas que supervisen que el agregado sea vaciado a la caja y posteriormente distribuido sobre la superficie previamente regada de forma correctamente.

Fig. 4.27 CONTROL DE LA CAJA ADOSADA AL CAMIÓN DE AGREGADOS



El distribuidor de árido sigue al esparcidor con un pequeño espacio, de unos aproximadamente 50m y para evitar que la emulsión se prenda en los neumáticos del camión, este hace la distribución del árido retrocediendo.

Fig. 4.28 ESPARCIDO DEL AGREGADO





Las fallas locales se corrigen manualmente antes del paso del compactador con la ayuda de una pala y una escoba, se tiene cuidado de no arrancar el árido que ya se fijo al ligante. Cuando no existe deficiencia en áreas contiguas el exceso se retira hacia afuera y no se redistribuye en la pista.

4.5.8 COMPACTACIÓN

Los objetivos de compactación son:

- promover el espesamiento inicial del árido por la reorientación de sus partículas.
- aumentar la adhesión árido/ligante y árido/substrato.
- en substratos no rígidos, el inicio de la compactación profunda

El número de pasadas necesarias para satisfacer los objetivos es de difícil apreciación, pues no existe un método relativamente simple para poder hacerse esta evaluación. Por lo tanto, es necesaria una evaluación visual para determinar la modalidad más adecuada para la ejecución del número de pasadas del rodillo.

Para el proyecto se disponen de rodillos tándem liso y neumático. En la primera pasada se hacen 3 pasadas con el rodillo tándem liso y 3 con el rodillo neumático para evitar que los áridos sufran de aplastamiento excesivo.

El rodillo tándem liso inicia la compactación segundos después del esparcimiento del árido, luego de las tres pasadas de este rodillo, inicia el compactado con el rodillo neumático.

Fig. 4.29 EQUIPO DE COMPACTACIÓN



Rodillo Tándem Liso



Rodillo Neumático

Fig. 4.30 COMPACTACIÓN DE LA SUPERFICIE



La velocidad máxima del compactador se limita frecuentemente con la velocidad de la aplicación del árido, pero existe una velocidad óptima para cada tipo de compactador y de acuerdo a las condiciones locales se impone un límite de

velocidad, cuando se observa el desprendimiento de las partículas del árido que se adhieren al neumático.

4.5.9 EJECUCIÓN BAÑO DILUIDO

Para la ejecución de la capa de baño diluido se hace uso de la misma emulsión utilizada en las anteriores capas (CRS– 2h), esta aplicación se realiza de igual forma que los anteriores riegos del ligante.

Pasadas las 24 horas de aplicado el ligante se hace pasar el rodillo ligeramente mojado sobre esta.

Fig. 4.31 EJECUCIÓN DEL BAÑO DILUIDO



4.5.10 JUNTAS

Para obtenerse una junta transversal perfecta es necesario colocar una hoja de papel gruesa de aproximadamente 1m de ancho a lo largo de las juntas, al principio y al fin de una determinada descarga continua de ligante.

El papel se ubica de modo que la orilla delantera quede localizada en la unión deseada. El distribuidor guiado a la velocidad correcta para la proporción deseada de aplicación, empieza el esparciendo sobre el papel de modo que cuando toque la superficie, la barra esparcidora estará produciendo una aplicación completa y uniforme. Una segunda hilera de papeles debería ser ubicada, atravesando la vereda, en el punto de término predeterminado por el distribuidor. Esto dará una juntura

derecha y afilada. Después que el esparcido de agregado ha pasado sobre el papel, este es inmediatamente retirado.

Fig. 4.32 REALIZADO DE JUNTAS TRANSVERSALES



Debido a que no es posible cubrir todo el ancho de la plataforma de una sola vez, es necesario prever una junta longitudinal.

Estas juntas son contrarrestadas mediante el solape de del riego. Para impedir al agregado de acumulaciones, en la juntura longitudinal, se verifica que la orilla del esparcido de agregado coincida con la orilla del grosor completo del asfalto aplicado. Esto permite un ancho que podrá ser superpuesto cuando se aplique asfalto en la vereda adyacente.

4.5.11 APLICACIÓN MANUAL

En servicios menores y en áreas de difícil acceso es necesaria la aplicación manual o semi manual del ligante y del árido.

El esparcimiento del ligante se realizara con una regadera la cual es utilizada por un operador competente, ya que el ligante debe ser regado siempre desde la misma altura y a una velocidad constante, para controlar las tasas correspondientes a las distintas capas.

En la aplicación manual del árido, con pala, se debe esparcir en abanico y haciendo que las piedras caigan verticalmente y no rueden sobre la superficie.

Fig. 4.33 ESPARCIMIENTO DEL LIGANTE Y EL ARIDO MANUALMENTE



4.5.12 LIMPIEZA FINAL

Después de la fijación final del árido por el tráfico, pasados siete días, se barre el material suelto en la pista para que éste, por su acción abrasiva, no perjudique el Tratamiento Superficial ejecutado.

4.5.13 CONTROL TECNOLÓGICO

4.5.13.1 MATERIALES

La calidad de la materia prima (ligante y árido) se debe controlar en la ejecución, en el cantero de la obra, por ensayos estandarizados, de acuerdo a la determinación de los respectivos órganos fiscalizadores.

Es particularmente importante comprobar la viscosidad del ligante, la granulometría y pureza del árido, sin olvidar que las características de los áridos son más variables que las del ligante.

4.5.13.2 TASA DE LIGANTE

El control de la tasas del ligante “in situ” nos permite realizar una comprobación sistemática de la dosificación, para la realización de este control nos basamos en la longitud total del tramo que se está regando y la cantidad de ligante empleada para este riego.

Este control es realizado en cada una de las capas del tratamiento así como también en cada uno de los 3 tramos de cada capa. Para determinar la cantidad por m² de plataforma regada se procede a medir la regla del camión con el ligante preparado cuya diferencia de lecturas anterior y posterior en cada proceso de regado nos da el resultado de la cantidad utilizada.

4.5.13.3 TASA DE ÁRIDO

La tasa media de árido esparcido se comprueba mediante el uso de una placa de 0.50x0.50 m², la cual es previamente pesada.

Se coloca la placa en la pista sobre la superficie ya regada con emulsión y se realiza la distribución de agregado pasando sobre la placa, posteriormente se retira la placa y se realiza el pesaje de la misma con el agregado sobre ella.

La tasa de distribución de agregado en obra se determina por diferencia de pesos entre el peso de la placa al inicio de la prueba y el peso de la misma más el agregado pétreo, se determina la cantidad de agregado distribuido por unidad de área.

Fig.4.34 CONTROL DE LA TASA DE AGREGADO EN OBRA





A continuación se presenta una planilla típica de control que se realiza en obra durante la realización de un tratamiento superficial, ya sea simple o múltiple.

En este caso la planilla presentada corresponde a un control realizado en el tramo Canaletas -Entre Ríos de la ciudad de Tarija, entre las progresivas 23+000 a 23+500, además se muestran las graficas de distribución de tasas para cada capa correspondientes al riego del ligante y la distribución del agregado.



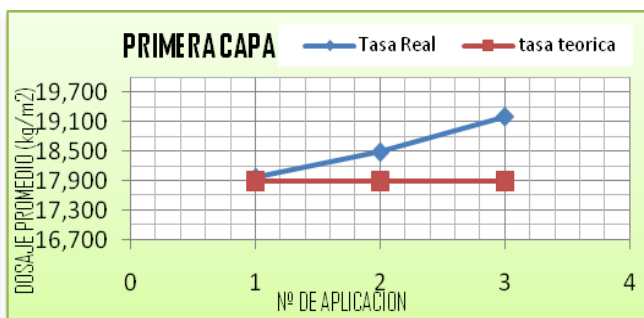
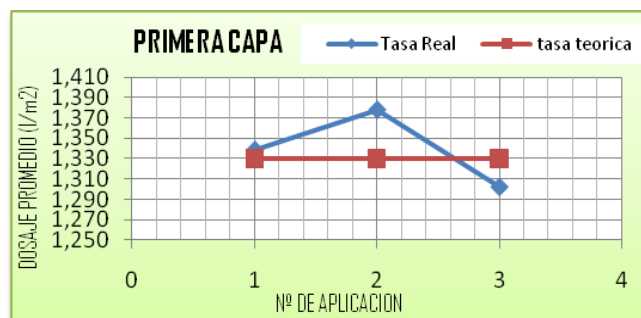
TABLA 4.21 CONTROL DE TASAS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE PRIMERA CAPA

DESCRIPCION		PRIMERA CAPA		
Nº DE APLICACIÓN		1	2	3
FECHA		03/10/2012	03/10/2012	03/10/2012
LADO		L/IZQ	EJE	L/DER
TIPO DE ASFALTADO LIQUIDO		CRS-2h	CRS-2h	CRS-2h
UBICACIÓN	ESTACION FINAL	23+000	23+000	23+000
	ESTACION INICIAL	23+500	23+500	23+500
LIMBITUD (m)		500	500	500
ANCHO (m)		3,43	3,43	3,43
BARRA DEL DISTRIBUIDOR	ALTURA DE LA BARRA (cm)	25	25	25
	Nº DE INYECTORES	17	17	17
HORA	INICIAL	10:58	11:27	14:57
	FINAL	11:09	11:36	15:06
TEMPERATURA AMBIENTE °C		31	31	31
HUMEDAD (SECO, MEDIANO, HUMEDO)		Mediano	Mediano	Mediano
TEMPERATURA DE LA EMULSIÓN		50	50	50
VELOCIDAD DEL CAMION	TACOMETRO (M/MIN)			
	MEDICION DIRECTA (M/MIN)	55,56	55,56	55,56
CARGA DE LA EMULSIÓN	INICIAL (lt)	5085	2950	5055
	FINAL (lt)	2950	752	2978
EMULSION USADA (lt)		2135	2198	2077
FACTOR DE CORRECCION POR VOLUMEN		0,9845	0,9845	0,9845
CANTIDAD DE EMULSIÓN REAL APLICADA (lts)		2101,91	2163,93	2044,81
AREA CUBIERTA (m2)		1715	1715	1715
DOSAJE PROMEDIO APLICADO (lt/m2)		1,226	1,262	1,192
DOSAJE PROMEDIO DE EMULSIÓN		1,23		
TIPO DE AGREGADOS		B	B	B
DOSAJE TEORICO (kg/m2)		17,89	17,89	17,89
AREA DE LA PLACA DE CONTROL (m2)		0,25	0,25	0,25
PESO DEL AGREGADO APLICADO (kg)		4,49	4,62	4,8
AGREGADO REAL UTILIZADO (kg/m2)		17,960	18,480	19,200
DOSAJE PROMEDIO DE AGREGADO		18,55		

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL LIGANTE Y AGREGADO POR CAPA Y POR TRAMO

LIGANTE

AGREGADO

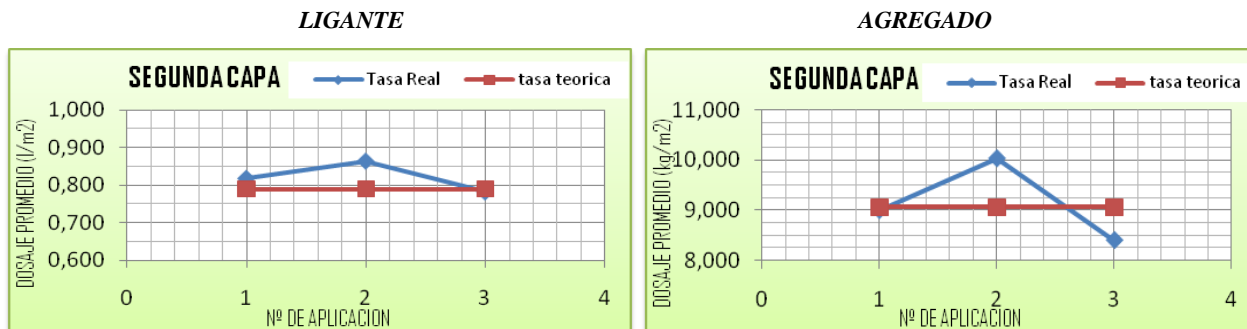




**TABLA 4.22 CONTROL DE TASAS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE
SEGUNDA CAPA**

DESCRIPCION		SEGUNDA CAPA		
Nº DE APLICACIÓN		1	2	3
FECHA		04/10/2012	04/10/2012	04/10/2012
LADO		L/IZQ	EJE	L/DER
TIPO DE ASFALTADO LIQUIDO		CRS-2h	CRS-2h	CRS-2h
UBICACIÓN	ESTACION FINAL	23+000	23+000	23+000
	ESTACION INICIAL	23+500	23+500	23+500
LARGITUD (m)		500	500	500
ANCHO (m)		3,43	3,43	3,43
BARRA DEL DISTRIBUIDOR	ALTURA DE LA BARRA (cm)	25	25	25
	Nº DE INYECTORES	17	17	17
HORA	INICIAL	11:50	12:18	12:45
	FINAL	11:55	12:23	12:50
TEMPERATURA AMBIENTE °C		32	32	32
HUMEDAD (SECO, MEDIANO, HUMEDO)		Mediano	Mediano	Mediano
TEMPERATURA DE LA EMULSIÓN		50	50	50
VELOCIDAD DEL CAMION	TACOMETRO (M/MIN)			
	MEDICION DIRECTA (M/MIN)	90,91	90,91	90,91
CARGA DE LA EMULSIÓN	INICIAL (lt)	4859	3556	2180
	FINAL (lt)	3556	2180	934
EMULSION USADA (lt)		1303	1376	1246
FACTOR DE CORRECCION POR VOLUMEN		0,9845	0,9845	0,9845
CANTIDAD DE EMULSIÓN REAL APLICADA (lts)		1282,80	1354,67	1226,69
AREA CUBIERTA (m2)		1715	1715	1715
DOSAJE PROMEDIO APLICADO (lt/m2)		0,748	0,790	0,715
DOSAJE PROMEDIO DE EMULSIÓN		0,751		
TIPO DE AGREGADOS		D	D	D
DOSAJE TEORICO (kg/m2)		9,06	9,06	9,06
AREA DE LA PLACA DE CONTROL (m2)		0,25	0,25	0,25
PESO DEL AGREGADO APLICADO (kg)		2,25	2,51	2,1
AGREGADO REAL UTILIZADO (kg/m2)		9,000	10,040	8,400
DOSAJE PROMEDIO DE AGREGADO		9,15		

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL LIGANTE Y AGREGADO POR CAPA Y POR TRAMO



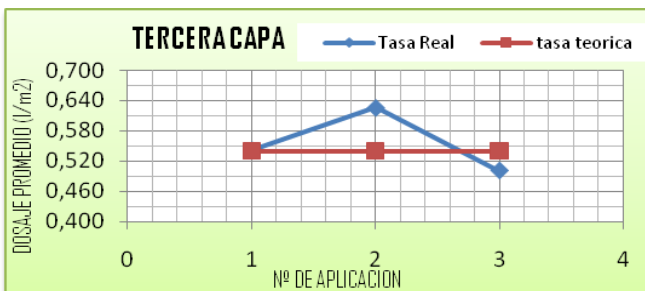


**TABLA 4.23 CONTROL DE TASAS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE
TERCERA CAPA**

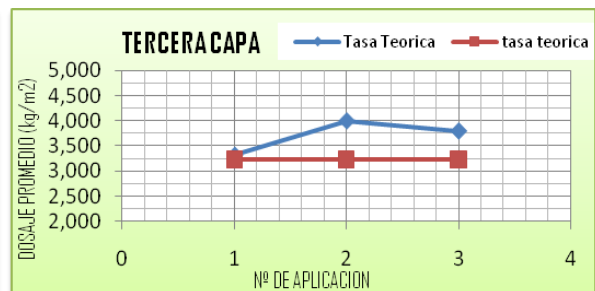
DESCRIPCION		TERCERA CAPA		
Nº DE APLICACIÓN		1	2	3
FECHA		06/10/2012	06/10/2012	06/10/2012
LADO		L/IZQ	EJE	L/DER
TIPO DE ASFALTADO LIQUIDO		CRS-2h	CRS-2h	CRS-2h
UBICACIÓN	ESTACION FINAL	23+000	23+000	23+000
	ESTACION INICIAL	23+500	23+500	23+500
LIMBITUD (m)		500	500	500
ANCHO (m)		3,43	3,43	3,43
BARRA DEL DISTRIBUIDOR	ALTURA DE LA BARRA (cm)	25	25	25
	Nº DE INYECTORES	17	17	17
HORA	INICIAL	8:43	9:20	9:42
	FINAL	8:47	9:24	9:47
TEMPERATURA AMBIENTE °C		35	35	35
HUMEDAD (SECO, MEDIANO, HUMEDO)		Mediano	Mediano	Mediano
TEMPERATURA DE LA EMULSIÓN		50	50	50
VELOCIDAD DEL CAMION	TACOMETRO (M/MIN)			
	MEDICION DIRECTA (M/MIN)	142,86	142,86	142,86
CARGA DE LA EMULSIÓN	INICIAL (lt)	5015	4152	3154
	FINAL (lt)	4152	3154	2356
EMULSION USADA (lt)		863	998	798
FACTOR DE CORRECCION POR VOLUMEN		0,9845	0,9845	0,9845
CANTIDAD DE EMULSIÓN REAL APLICADA (lts)		849,62	982,53	785,63
AREA CUBIERTA (m2)		1715	1715	1715
DOSAJE PROMEDIO APLICADO (lt/m2)		0,495	0,573	0,458
DOSAJE PROMEDIO DE EMULSIÓN		0,51		
TIPO DE AGREGADOS		E	E	E
DOSAJE TEORICO (kg/m2)		3,23	3,23	3,23
AREA DE LA PLACA DE CONTROL (m2)		0,25	0,25	0,25
PESO DEL AGREGADO APLICADO (kg)		0,83	1	0,95
AGREGADO REAL UTILIZADO (kg/m2)		3,320	4,000	3,800
DOSAJE PROMEDIO DE AGREGADO		3,71		

REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL LIGANTE Y AGREGADO POR CAPA Y POR TRAMO

LIGANTE



AGREGADO

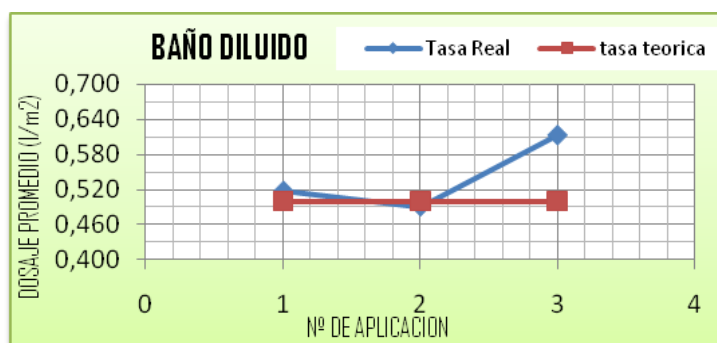




**TABLA 4.24 CONTROL DE TASAS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE
BAÑO DILUIDO**

DESCRIPCION		BAÑO DILUIDO		
Nº DE APLICACIÓN		1	2	3
FECHA		08/10/2012	08/10/2012	08/10/2012
LADO		L/IZQ	EJE	L/DER
TIPO DE ASFALTADO LIQUIDO		CRS-2h	CRS-2h	CRS-2h
UBICACIÓN	ESTACION FINAL	23+000	23+000	23+000
	ESTACION INICIAL	23+500	23+500	23+500
LIMGITUD (m)		500	500	500
ANCHO (m)		3,43	3,43	3,43
BARRA DEL DISTRIBUIDOR	ALTURA DE LA BARRA (cm)	25	25	25
	Nº DE INYECTORES	17	17	17
HORA	INICIAL	12:10	12:28	12:45
	FINAL	12:14	12:32	12:50
TEMPERATURA AMBIENTE °C		32	32	32
HUMEDAD (SECO, MEDIANO, HUMEDO)		Mediano	Mediano	Mediano
TEMPERATURA DE LA EMULSIÓN		50	50	50
VELOCIDAD DEL CAMION	TACOMETRO (M/MIN)			
	MEDICION DIRECTA (M/MIN)	142,86	142,86	142,86
CARGA DE LA EMULSIÓN	INICIAL (lt)	4820	3895	3112
	FINAL (lt)	3995	3112	2134
EMULSION USADA (lt)		825	783	978
FACTOR DE CORRECCION POR VOLUMEN		0,9845	0,9845	0,9845
CANTIDAD DE EMULSIÓN REAL APLICADA (lts)		812,21	770,86	962,84
AREA CUBIERTA (m ²)		1715	1715	1715
DOSAJE PROMEDIO APLICADO (lt/m ²)		0,474	0,449	0,561
DOSAJE PROMEDIO DE EMULSIÓN			0,49	

**REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DEL LIGANTE
POR CAPA Y POR TRAMO**





4.6 COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DEL USO DE EMULSIONES Y ASFALTOS DILUIDOS PARA RIEGOS DE IMPRIMACIÓN

4.6.1 COMPARACIÓN TÉCNICA

En la elaboración de asfaltos diluidos se hace uso de solventes provenientes de la destilación del petróleo, tales como gasolina, diesel y kerosene en diferentes proporciones, dependiendo del tipo de asfalto diluido que se desee obtener.

En la elaboración de emulsiones asfálticas de cualquier tipo el solvente utilizado es el agua, y el tipo de emulsión que se desee obtener depende netamente del emulsificante que se emplee el cual solo comprende entre 2 a 0,5% de la emulsión.

En el proceso de preparación del ligante para el riego, las emulsiones pueden ser empleadas a temperaturas muchos más bajas que un asfalto diluido, las temperaturas de aplicación para emulsiones asfálticas van desde los 50 a 85 °C, mientras que para asfaltos diluidos comprenden temperaturas hasta los 135°C.

En cuanto al abastecimiento del material, los asfaltos diluidos no suelen ser comprados preparados debido a que el solvente se evapora rápidamente, es así, que es común adquirir el cemento asfáltico y el solvente por separado, y el proceso de fabricación se elabora en una planta diluidora ubicada cerca del lugar de la obra. En lo referente a emulsiones asfálticas, estas pueden ser adquiridas ya preparadas pero las mismas poseen un tiempo de vencimiento en el cual la emulsión debería ser empleada.

Debido a que para la fabricación de emulsiones asfálticas para tratamientos superficiales se realizan estudios de compatibilidad agregado emulsión, la adherencia entre cemento asfáltico agregado es mayor al que se obtendría con el empleo de asfaltos diluidos, esto debido a que en el proceso de curado de las emulsiones asfálticas, la disposición inicial de gotas sobre el agregado tiene lugar por medio de fenómenos electroquímicos por las cargas eléctricas que poseen.



En tratamientos superficiales con emulsión asfáltica los agregados que se utilizan pueden estar húmedos y no presentar problemas ya que el medio en el cual viene el asfalto es precisamente agua, mientras que para un asfalto diluido el agregado debería estar prácticamente seco lo cual en obra muchas veces resulta difícil y puede ser causal de retrasos en el plazo de ejecución.

En imprimaciones bituminosas, los asfaltos diluidos son preferidos debido a que presentan mejor penetración en la superficie de la base, ya que los mismos son elevados a altas temperaturas lo cual beneficia la reducción de la viscosidad del mismo, mientras que las emulsiones no puede ser calentadas a más de 85 °C por que sus propiedades se verían afectadas.

4.6.2 COMPARACIÓN ECONÓMICA

Para el análisis de costos de este trabajo, se recopiló información de rendimientos de equipos y mano de obra.

Los precios de los materiales, mano de obra y equipo que involucra realizar un tratamiento, se ha consultado precios del mercado local.

4.6.2.1 COSTO UNITARIO DE APLICACIÓN DE RIEGO DE IMPRIMACION CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

Rendimiento De Los Materiales:

Emulsión asfáltica: 1.2 kg/m^2 (dato de diseño, proporcionado por la empresa proveedora de la emulsión)

El precio unitario de la emulsión asfáltica es un dato proporcionado por el consorcio Empresas Unidas, la cual fue la que hizo la adquisición de dicho material.

Los precios unitarios y rendimientos presentados han sido tomados del mercado local



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto:	Canaletas - Entre Ríos				
Actividad :	Imprimación Bituminosa con Emulsión Asfáltica CRS-2h				
Unidad :	m2		Moneda.		Bs
Descripción		Unidad	Cantidad o Rendimiento	Precio Unitario	Precio total
1 Materiales					
1	Emulsión asfáltica	kg.	1,20	7,72	9,264
2					
3					
Total Materiales					9,264
2 Mano de Obra					
1	Peón	hr.	0,00123	8	0,010
2	Ayudante	hr.	0,00123	10	0,012
3	Capataz	hr.	0,00041	20	0,008
4	Operador equipo liviano	hr.	0,00123	20	0,025
5					
Cargas Sociales 55% del sub total M. O.					0,03
Total Mano de Obra					0,09
3 Equipo, Maquinaria y Herramientas					
1	Distribuidor del ligante	hr.	0,00041	208	0,085
2	Escoba Mecánica	hr.	0,0004	13	0,005
3	tractor agrícola	hr.	0,0004	160	0,064
Herramientas Menores 5 % de la mano de obra					0,004
Total Eq, Maq. y Herr.					0,16
4 Actividades Complementarias					
1					
Total Actividades Complementarias					0,0
5 Gastos Generales Utilidades e Impuestos					
1	Gastos Generales 10% (1+2+3+4)				0,95
2	Utilidad 10% (1+2+3+4) + Gastos Generales				1,05
3	Impuesto al Valor Agregado - 13 % de la mano de obra				0,01
4	Impuestos I. T. 3,09% (1+2+3+4+5)				0,36
Total Gastos Generales Utilidad e Impuestos					2,36
Total Ítem Precio Unitario					11,87

4.6.2.2 COSTO UNITARIO DE APLICACIÓN DE RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON ASFALTO DILUIDO MC-30



Rendimiento De Los Materiales:

52% de Cemento Asfaltico: 0.624 lt/m^2

48% de solvente (kerosene): 0.576 lt/m^2

Los precios unitarios y rendimientos presentados han sido tomados del mercado local

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Proyecto:		Canaletas - Entre Ríos			
Actividad :		Imprimación Bituminosa con Asfalto Diluido MC-30			
Unidad :		m2	Moneda.		Bs
Descripción		Unidad	Cantidad o Rendimiento	Precio Unitario	Precio total
1 Materiales					
1	Cemento asfaltico	Its	0,624	9,80	6,115
2	kerosene	Its	0,576	3,00	1,728
3					
Total Materiales					7,843
2 Mano de Obra					
1	Peón	hr.	0,00123	8	0,010
2	Ayudante	hr.	0,00123	10	0,012
3	Capataz	hr.	0,00041	20	0,008
4	Operador equipo liviano	hr.	0,00123	20	0,025
5					
Cargas Sociales 55% del sub total M. O.					0,03
Total Mano de Obra					0,09
3 Equipo, Maquinaria y Herramientas					
1	Distribuidor del ligante	hr.	0,00041	208	0,085
2	Escoba Mecánica	hr.	0,0004	13	0,005
3	tractor agrícola	hr.	0,0004	160	0,064
4	Planta calentadora de asfalto	hr.	0,0004	180	0,072
Herramientas Menores 5 % de la mano de obra					0,004
Total Eq, Maq. y Herr.					0,23
4 Actividades Complementarias					
1					
Total Actividades Complementarias					0,00
5 Gastos Generales Utilidades e Impuestos					
1	Gastos Generales 10% (1+2+3+4)				0,82
2	Utilidad 10% (1+2+3+4) + Gastos Generales				0,90
3	Impuesto al Valor Agregado - 13 % de la mano de obra				0,01
4	Impuestos I. T. 3,09% (1+2+3+4+5)				0,31
Total Gastos Generales Utilidad e Impuestos					2,03
Total Ítem Precio Unitario					10,19



4.7 CONTROL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

En la actualidad todos los proyectos de ingeniería están altamente regidos por el impacto en el medio ambiente que estos puedan causar, es así que se exige que el planeamiento de un proyecto se base en garantizar el menor impacto ambiental.

En lo referente al control y protección ambiental tanto en riegos de imprimación como en el tratamiento superficial con emulsión asfáltica, podemos decir, que al tratarse de riegos no se producen grandes volúmenes de desechos como sucede con las mezclas asfálticas, sin embargo se debe contar con buzones que deben cumplir con ciertas especificaciones de tal modo que no provoquen daño al medio ambiente.

El beneficio ambiental del uso de emulsiones se ve reflejado en la reducción de la producción de gases tóxicos, gracias a la composición de la emulsión, en donde lo único que se llega a evaporar es el agua contenida en la misma. La reducción de la contaminación por el empleo de emulsiones asfálticas en lugar de asaltos diluidos también representa grandes beneficios en la salud de los trabajadores los cuales se encuentran en contacto directo con el producto.

A continuación mostramos algunas medidas generales con relación al uso de asfaltos en imprimación y tratamientos superficiales:

- ***Patio de mantenimiento de equipos y maquinaria:*** Debe disponer de ciertas condiciones mínimas de prevención y control de contaminantes, pues en esta área se trabaja con aceite, grasas, gasolina, etc. Que podrían afectar directamente a la salud, suelo y aguas superficiales y subterráneas. En los patios de mantenimiento de maquinaria se debe instalar sistemas de manejo y disposición de grasas y aceites (trampas de grasas) a fin de que todos los derrames y posteriores escurrimientos de grasas ocurran en estas aéreas. el abastecimiento de combustible, mantenimiento de maquinaria y equipo pesado, así como el lavado de vehículos, se efectuara en forma tal que se eviten los derrames de



hidrocarburos u otras sustancias contaminantes a los ríos, quebradas, arroyos o al suelo directamente.

- ***Instalación y operación de las plantas de trituración:*** La ubicación de la planta debe ser preferiblemente en un lugar plano, desprovisto de cubierta vegetal y alejado lo más posible de áreas pobladas, todas las instalaciones deben contar con dispositivos especialmente diseñados para evitar la contaminación del ambiente, como por ejemplo producción de desechos sólidos, derrame de materias tóxicas o peligrosas, emisiones de gases, ruidos y partículas transportables por el viento. El horario de trabajo deberá estar limitado para no alterar la tranquilidad de la zona.
- ***Instalación y operación de plantas de asfalto:*** se debe tratar que la ubicación de las plantas de asfalto sea la misma que la de la planta de trituración, debe vigilarse el sistema de combustión ya que este constituye un factor importante en el control de misiones en el horno, no se debe descuidar de revisar las características mínimas de control de calidad del combustible.

4.7.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

A continuación presentamos algunas medidas que se tomaron en cuenta en el tramo en estudio con relación al uso de emulsiones tanto en imprimación como en el tratamiento superficial triple:

- El camión imprimador cuenta con contenedores metálicos, para que los derrames de emulsión asfáltica sean atrapados en los mismos, estos son almacenados en turriles para su reutilización.
- Cualquier derrame de manera accidental que fuese a contaminar el suelo, será retirado de la superficie, hasta una profundidad de 10cm del nivel contaminado.
- Todo material contaminado, tendrá como disposición final el entierro, en lugares que cumplan con las especificaciones medio ambientales.



- Como medidas de seguridad el camión es lavado después de cada riego con gasolina y diesel, cuenta también con extinguidores, botiquín y se realiza revisiones mecánicas.
- Se realiza la entrega de dotación de seguridad que el personal requiera, así como también la dotación de un litro de leche por persona.

4.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de haber realizado los ensayos tanto de agregado como de la emulsión asfáltica, así como también el control de la puesta en obra de los mismos se plantea un análisis de los mismos.

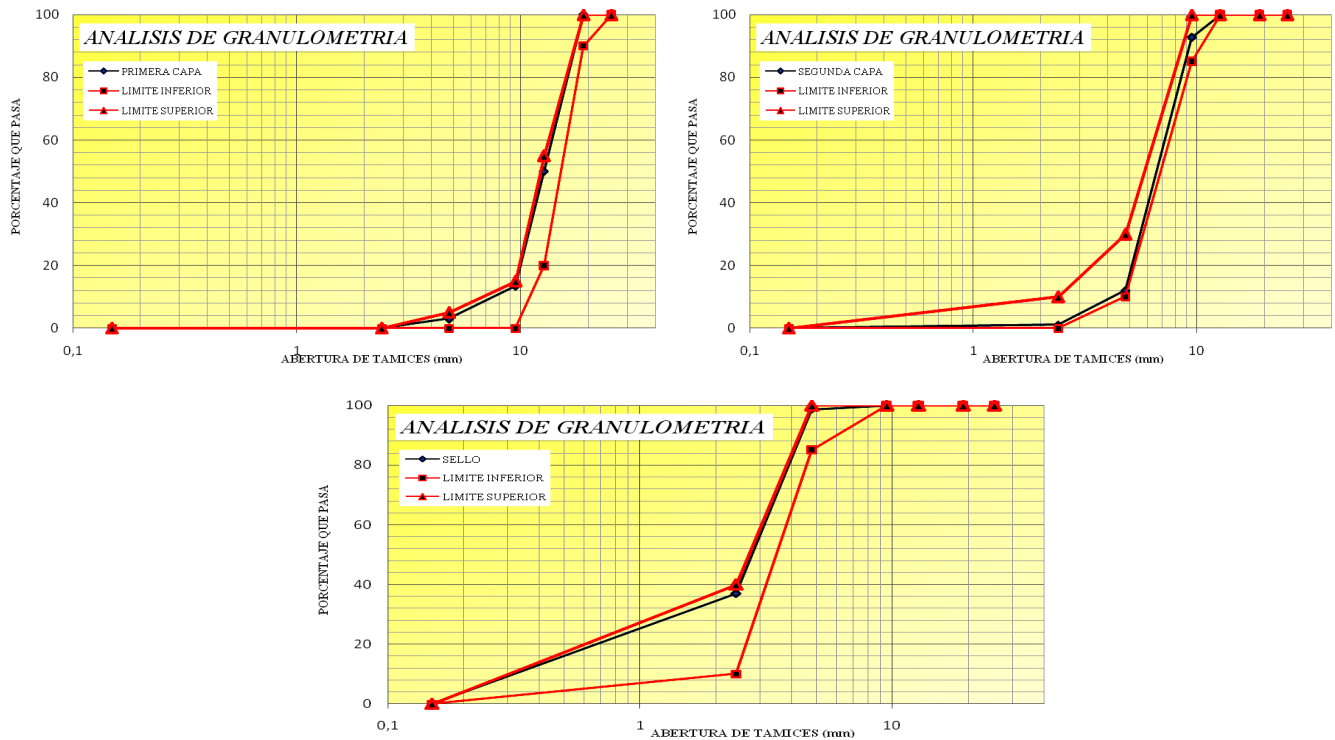
4.8.1 SOBRE EL AGREGADO PÉTREO

El tipo de material utilizado para el estudio es proveniente del río Canaletas-Entre Ríos y procesado en la trituradora instalada en la comunidad Gareca.

Este agregado fue sometido a los diferentes ensayos de caracterización mediante los cuales se pretendía conocer sus propiedades para verificar si este cumple con todos los requisitos mínimos exigidos en el proyecto de acuerdo a las especificaciones A.A.S.H.T.O., para establecer si el mismo puede ser considerado como apto para ser utilizado en obras de pavimentación.

El material fue sometido a ensayos de granulometría, peso específico, desgaste en la máquina de los Ángeles y adherencia entre agregado-emulsión, en cada uno de los cuales se encuentra dentro de los rangos de especificaciones (A.A.S.H.T.O) por lo tanto se verifica que dicho agregado es totalmente apto para su empleo en cualquier obra de pavimentación, en este caso, para su uso en el tratamiento superficial triple planteado en el presente proyecto.

A continuación se muestran las graficas correspondientes a las granulometrías del agregado en estudio, en cada una de ellas se observa que las mismas se encuentran dentro de los límites de la faja a la cual corresponden, esto es, para el agregado 3/4^{av} (primera capa) la faja B, para el agregado 3/8^{av} (segunda capa) la faja D y para el agregado 3/16^{av} (sello) la faja E.



El ensayo de desgaste mediante la Maquina de los Ángeles da como resultado un desgaste del 34 %, es así que se verifica que el mismo cumple con el requisito mínimo de desgaste que establece que este debe ser menor a 40%.

4.8.2 SOBRE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA

La emulsión empleada para el estudio corresponde a una emulsión del tipo Catiónica De Curado Rápido CRS-2h, el 2 representa que es de alta viscosidad y la “h” que es de consistencia dura. Esta emulsión es formulada de acuerdo al tipo de agregado con el cual se trabaja, para esto el agregado es analizado en todas sus propiedades por la fabrica proveedora del ligante (STRATURA Asfaltos – Ex IPIRANGA) la cual debe establecer el tipo de emulsión que sea la más adecuada.

Una vez proporcionada la emulsión está controlada mediante los correspondientes ensayos de caracterización para verificar su estado actual y que la misma cumpla con todas las especificaciones mínimas. Estos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Asfaltos del Instituto de Ensayo de Materiales de La Ciudad de La Paz – Bolivia, a



continuación se muestra los resultados obtenidos en cada ensayo y los límites de las especificaciones de cada prueba.

PESO ESPECIFICO 25°C (T=25°C)	ESPECIFICACIONES	
	MINIMO	MAXIMO
0.99	0.95	1.000
CARGA PARTICULA		
POSITIVO		
VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL A 50°C	ESPECIFICACIONES	
	MINIMO	MAXIMO
210.5	100	400
TAMIZADO DE LA EMULSIÓN ASFALTICA	ESPECIFICACIONES	
	MINIMO	MAXIMO
0.0758	-	0.1
SEDIMENTACION A LOS 5 DIAS	ESPECIFICACIONES	
	MINIMO	MAXIMO
2,3	-	5
RESIDUO POR DESTILACION	ESPECIFICACIONES	
	MINIMO	MINIMO
69.917	65	-
PENETRACION	ESPECIFICACIONES	
	MINIMO	MAXIMO
103.11	100	250
DUCTILIDAD	ESPECIFICACIONES	
	MINIMO	MAXIMO
> 150	80	-
SOLUBILIDAD EB TETRACLOTURO DE CARBONO	ESPECIFICACIONES	
	MINIMO	MAXIMO
99.7	90	-
OBSERVACIONES: ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE ASFALTOS DE LA UMSA		

A partir de esta caracterización podemos establecer que la emulsión se encuentra apta para ser utilizada ya que cumple con las especificaciones mínimas exigidas.

Ahora bien de acuerdo al ensayo de adherencia emulsión agregado podemos establecer que la misma también cumple con los requisitos mínimos del 95 % de adherencia.



En cuanto al tipo de emulsión con la cual se trabaja, de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto se establece que para la realización de tratamientos superficiales e imprimación se debe emplear emulsiones asfálticas del tipo catiónico ya sean de curado medio o rápido, por tanto podemos constatar que encontramos dentro de esa especificación.

4.8.3 SOBRE LA DOSIFICACIÓN

La dosificación realizada se hizo por el método Mc Leod, el cual se considera al agregado pétreo como parámetro principal, y toma bastantes variables respecto a las propiedades del mismo es así que se puede considerar a este método como aceptable para ser empleado en este cálculo.

Mediante dicho cálculo se determinó que la tasa de distribución total de agregado pétreo es de 41.22 kg/m^2 y la tasa de riego total de ligante de 3.19 l/m^2 . Sin embargo cabe recalcar que este es un método empírico por lo cual los valores obtenidos no son ciertamente exactos por tanto los mismos pueden ser cambiados en obra en función de los resultados que se observen.

4.8.4 SOBRE EL PROCESO DE EJECUCIÓN EN IMPRIMACIÓN Y TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE.

El proceso en la ejecución tanto de la imprimación y el tratamiento superficial triple utilizando diluido con emulsión asfáltica para su análisis tenemos las siguientes consideraciones:

- a) Sobre el equipo utilizado
- b) Sobre el Procedimiento de campo
- c) Sobre el control y acabado

a) Sobre El Equipo Utilizado



Tanto en la imprimación como en el tratamiento se han utilizado equipos que normalmente se utilizan en nuestro medio, en la imprimación el camión regador con todos sus dispositivos que en algunos casos son de fabricación casera y no de fabrica, sin embargo cumple con los requerimientos, aunque es probable que sea una causal de alguna heterogeneidad que pueda presentarse en el riego.

Para el tratamiento superficial triple se requieren los equipos de distribución de agregados, regador de diluido asfáltico y compactadores para el acabado, al respecto pudimos identificar que el equipo de distribución de agregado es reacondicionado para esa actividad compuesta por una tolva de volquete y caja de distribución, lo cual no se compara con un equipo especialmente diseñado para la distribución de agregados de fabrica, es posible por lo tanto que el mayor problema de la ejecución del tratamiento es obtener la homogeneidad de la distribución con dicho equipo, finalmente en cuanto al equipo de compactación este es el adecuado conformado por rodillo liso vibratorio y rodillo neumático.

b) Sobre El Procedimiento De Campo

En el procedimiento de campo realizado tanto en la imprimación como el tratamiento superficial triple se han seguido correctamente las etapas del proceso es decir:

- Limpieza
- Regado del diluido
- Control

Y en el caso del tratamiento superficial triple:

- Limpieza
- Primer regado de diluido
- Primera distribución de agregado
- Segundo regado de diluido
- Segunda distribución de agregado
- Tercer regado del diluido



- Tercera distribución de agregado
- Baño diluido
- El compactado se realizo en algunos tramos por capas cuando hubo interrupción entre ejecución de capas mientras que si ejecuto completo el compactado fue al final hasta adquirir la mejor densidad.

c) Sobre El Control Y Acabado

En el proceso de ejecución lo más importante es obtener un buen resultado que satisfaga las condiciones requeridas técnicamente, para ello es necesario realizar un control que fue realizado en el caso de la imprimación controlando que la tasa este dentro de las especificaciones y que sea lo más homogénea posible.

En el tratamiento superficial triple los controles son tanto a la tasa de diluido como a la de los agregados en las tres capas, para ello se han realizado los controles con la medida de gasto de diluido y con la bandeja calibrada, siendo procedimientos validos que permiten controlar si entran en las especificaciones y si están con una homogeneidad aceptable, lo que se puede ver en los cuadros y gráficas correspondientes.

4.8.5 COSTOS UNITARIOS

El presupuesto total entre las dos alternativas ante la emulsión asfáltica CRS-2h y asfalto diluido MC-30, muestra una ventaja en costo con el uso de asfalto diluido.

Cabe destacar que para el análisis de costos de imprimación con asfalto diluido MC-30 se ha tomado en cuenta la preparación del mismo en obra lo cual es lo más común en nuestro medio.

Por tanto se puede señalar que en la actualidad el costo unitario de un riego de imprimación con el uso de emulsión asfáltica supera el costo de una imprimación con asfalto diluido MC-30, esto debido a que el costo evaluado para la emulsión asfáltica, toma a la emulsión como ya preparada de fábrica, lo cual implica, un alza en el



precio de la emulsión y por consiguiente un aumento en el costo unitario del riego con el empleo de la misma.





CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 INTRODUCCION

En este capítulo se presentarán las conclusiones obtenidas durante el desarrollo y culminación de este proyecto, además de plantear las recomendaciones más adecuadas del presente estudio.

5.2 CONCLUSIONES

- Los ensayos más importantes para el control de la aplicación son: la viscosidad, ya que por medio de la misma conocemos la consistencia de la emulsión al momento de la aplicación, previniendo su comportamiento en un caso determinado; la adhesividad, que permite observar el comportamiento que se tendría ante la acción del agua.
- Los ensayos principales que permiten evaluar la calidad de la emulsión son la destilación, sedimentación, tamizado y carga del glóbulo de asfalto, a través de los cual se determina la composición de la emulsión y la estabilidad de la misma.
- La emulsión CRS-2h presenta un contenido de asfalto residual del 69,917% con un valor de penetración en el residuo de 103.5mm/10 a los 25°C, 100 gramos y 5 segundos, con lo que se encuentra dentro del límite establecido por las Normas A.A.S.H.T.O T59-97 y A.S.S.H.T.O. T-49.
- Se determinó en el ensayo de viscosidad Saybot Furol un valor de 210.5 segundos, el cual de acuerdo a lo establecido en la norma A.A.S.H.T.O T59-97, cumple con las especificaciones que establecen un rango de 100 a 400 segundos saybolt furol.
- El agregado a emplearse en el estudio fue sometido al ensayo de desgaste de “Los Ángeles”; donde se obtuvo un valor promedio del 32.44%, el cual es considerado como válido por que se encuentra dentro de lo permitido; ya que el máximo permitido para un agregado de estas características es del 45%.
- La adherencia entre agregado-emulsión es del 97% mayor al límite mínimo establecido del 95% la cual se vio favorecida por el uso de agregado triturado, el cual gracias a su superficie rugosa permite una mayor adherencia con la emulsión asfáltica empleada.



- Los requisitos de gradación para el tratamiento, se enmarcan dentro de las curvas proyectadas de trabajo B (agregado $\frac{3}{4}$ - Primera capa), D (agregado $\frac{3}{8}$ " – segunda capa), E (agregado $\frac{3}{16}$ " – tercera capa), permitiéndonos mayor facilidad para la ejecución del tratamiento en forma satisfactoria tanto con los agregados como para la emulsión asfáltica.
- De acuerdo a la dosificación realizada por el Método Mc Leod, la tasa de emulsión total a ser regada debería ser de 3.19 l/m² y la tasa de distribución de agregados total correspondería a un valor de 41.22 hg/m².
- Las tasas de riego del tratamiento superficial triple tanto de agregado como del ligante medidas en obra corresponden a las establecidas por el proveedor, y el valor promedio de riego total en obra es de:
 - Emulsión Asfáltica CRS-2h: 3.02 l/m²
 - Agregado: 30.8 kg/m²

5.3 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la temperatura mínima en la superficie del pavimento sea de 10 °C en ascenso, ya que de lo contrario se corre el riesgo de que esta decrezca tanto como para que el agua no se elimine completamente y llegue a congelarse produciendo desprendimiento del material pétreo.
- El agregado a utilizarse para el desarrollo de mezclas, deberá ser en lo posible 100% triturado, poseer una forma angulosa y cuya superficie sea rugosa; es decir deberá presentar un índice de plasticidad nulo, esto permitirá que el cemento asfáltico a utilizar logre adherirse con mayor facilidad al agregado.
- Se recomienda que el agregado que vaya a ser utilizado en el tratamiento superficial triple sea lavado al menos 48 hrs antes de su empleo, debido a que el mismo es almacenado al aire libre durante un largo periodo lo cual contribuye a que este llegue a ensuciarse.
- Se recomienda el control del estado del equipo tanto del distribuidor de agregado como del ligante al inicio y al final de la ejecución de cada tramo con la finalidad de evitar inconvenientes durante la ejecución.