

CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE TIPO MDC
– 1 PRODUCIDA POR LA PLANTA “TRAE LTDA. CONSULTORES” UBICADA EN
EL SECTOR DE BRICEÑO BAJO – MUNICIPIO DE PASTO – NARIÑO,
MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DEL ASFALTO POR EL MÉTODO A – INV E 732 Y
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – INV E 782

ING. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO

ING. OSCAR GUILLERMO LOPEZ RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS
SAN JUAN DE PASTO
AGOSTO DE 2011

CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE TIPO MDC
– 1 PRODUCIDA POR LA PLANTA “TRAE LTDA. CONSULTORES” UBICADA EN
EL SECTOR DE BRICEÑO BAJO – MUNICIPIO DE PASTO – NARIÑO,
MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DEL ASFALTO POR EL MÉTODO A – INV E 732 Y
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – INV E 782

ING. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO

ING. OSCAR GUILLERMO LOPEZ RODRIGUEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Especialista en Ingeniería de Carreteras

Director:

ING. JORGE LUIS ARGOTY BURBANO
Magister Ingeniería de Vías Terrestres

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS
SAN JUAN DE PASTO
AGOSTO DE 2011

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en este Proyecto de Trabajo de Grado, son de responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1ª del Acuerdo No. 324 de octubre de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

COMENTARIOS:

ING. JORGE LUIS ARGOTY BURBANO
Magister Ingeniería de Vías Terrestres
Director trabajo de grado

ING. JAIRO A. BRAVO GUERRERO
Especialista en Ingeniería de Carreteras
Jurado

ING. DARIO F. BUCHELY MUÑOZ
Especialista en Ingeniería de Carreteras
Jurado

Pasto, Agosto de 2011

DEDICATORIA

A Dios, por iluminarme y brindarme la oportunidad de haber culminado con éxito mi postgrado.

A mi hermosa hija, Manuela López Salazar quien es la inspiración de todos mis emprendimientos.

A mi amada esposa, Olga Lucia Salazar Rodríguez por ser el apoyo incondicional que todo hombre necesita.

A mi adorada madre, Carmen Rodríguez Polo quien con su ejemplo me ha indicado el camino del éxito.

A mis queridos hermanos: Albeiro, Juan Carlos, Eduardo y José Luis, gracias por compartir conmigo todos esos momentos lindos de la vida y darme su voz de aliento cuando más lo necesito.

A mis consentidos sobrinos: Camilo, Sofía y Nicolás ustedes son el futuro de nuestra familia y son los llamados a seguir el camino trazado por sus padres y tíos.

A mis lindas cuñadas: Beatriz y Claudia gracias por su apoyo.

A mis suegros, Jorge Salazar y Gloria Rodríguez por haberme regalado lo más lindo de mi vida: mi esposa y mi hija.

A todos mis amigos.

OSCAR GUILLERMO LOPEZ RODRIGUEZ

DEDICATORIA

A Dios por ser el eje de mi vida y su infinita bondad, a mis hijos que son la luz y razón de mi existir, a Liliana mi esposa por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos que me han brindado su amor y ejemplo, a mi Madre que con su amor me enseñó el valor de la vida y a la memoria de mi Padre quien fue mi guía, amigo y maestro.

RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

JORGE LUIS ARGOTY BURBANO, Ingeniero Civil. Magister en Ingeniería de Vías Terrestres, por su valiosa orientación y aportes a nuestro trabajo.

JUAN CARLOS TRUJILLO DELGADO, Ingeniero Civil. Gerente de la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES", por brindarnos la oportunidad de trabajar al interior de su empresa para desarrollar este trabajo.

JUAN PABLO AUX CONCHA, Ingeniero Civil. Profesional de la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES", por su espíritu de colaboración para con nosotros.

EDWIN RUIZ ESTRELLA, Laboratorista de la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES", por su colaboración en la ejecución de los ensayos de laboratorio.

SILVIO CABRERA, Geotecnólogo del laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño, por sus orientaciones y ayuda en la confrontación de resultados y elaboración de los ensayos pertinentes.

A todo el personal que labora en la planta de producción de mezcla asfáltica "TRAE LTDA CONSULTORES", por su paciencia y disposición para explicarnos detalladamente el funcionamiento de la planta.

A la Universidad de Nariño por brindarnos la oportunidad de culminar con éxito la ejecución de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	17
DESCRIPCION DEL PROBLEMA	20
JUSTIFICACION	21
OBJETIVOS	22
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
1 MARCO TEORICO	23
1.1 MEZCLA ASFALTICA	23
1.1.1 Componentes	23
1.1.2 Clasificación general	25
1.1.3 Clasificación de acuerdo a la temperatura de colocación	26
1.2 MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	27
1.2.1 Diseño por el método Marshall	27
1.2.2 Producción de mezcla asfáltica en caliente	34
1.3 PLANTAS PARA PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	34
1.3.1 Clasificación	34
1.3.2 Descripción del proceso de producción	35
1.4 CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE	43
1.4.1 Calidad de los materiales	44
1.4.2 Composición de la mezcla	45
1.4.3 Calidad de la mezcla	46
1.4.4 Calidad del producto terminado	50

1.4.5	Ensayos necesarios para evaluar la composición de la mezcla	52
2	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PRODUCIDA POR LA PLANTA "TRAE LTDA CONSULTORES"	65
2.1	PLANTA DE PRODUCCION	65
2.1.1	Ubicación	65
2.1.2	Descripción	65
2.1.3	Funcionamiento de la planta	66
2.2	CONTROL DE CALIDAD	73
2.2.1	Comparación de los procedimientos empleados	73
2.2.2	Resultados obtenidos	81
	CONCLUSIONES	86
	RECOMENDACIONES	89
	BIBLIOGRAFIA	90

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Clasificación de las mezclas asfálticas	26
Tabla 2	Temperaturas óptimas de aplicación para los asfaltos Colombianos	28
Tabla 3	Número de golpes por cara según la intensidad del tránsito	29
Tabla 4	Criterios de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall	32
Tabla 5	Criterios de comprobación del diseño volumétrico de la fórmula de trabajo	33
Tabla 6	Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas densas, semidensas y gruesas en caliente y mezclas de alto modulo	46
Tabla 7	Tamaño de la muestra	53
Tabla 8	Tamaño de la muestra para el ensayo	59
Tabla 9	Comparación de los procedimientos empleados – TOMA DE MUESTRAS	74
Tabla 10	Comparación de los procedimientos empleados – EXTRACCION DE ASFALTO	75
Tabla 11	Comparación de los procedimientos empleados – GRANULOMETRIA	77
Tabla 12	Franja granulométrica para mezcla asfáltica en caliente MDC-2	81
Tabla 13	Resultados de la extracción cuantitativa de asfalto – Laboratorio de TRAE LTDA CONSULTORES	82
Tabla 14	Resultados de la granulometría del material mineral extraído – Laboratorio de TRAE LTDA CONSULTORES	83

Tabla 15	Resultados de la extracción cuantitativa de asfalto – Laboratorio de suelos Universidad de Nariño	84
Tabla 16	Resultados de la granulometría del material mineral extraído – Laboratorio de suelos Universidad de Nariño	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1	Identificación de componentes del sistema de alimentación y dosificación de agregados	37
Figura 2	Sistema de almacenamiento y calentamiento del Cemento Asfáltico	38
Figura 3	Bomba dosificadora de cemento asfáltico – Bomba de engranes	39
Figura 4	Vertimiento de la mezcla asfáltica a la volqueta	54
Figura 5	Taza de la unidad de extracción	57
Figura 6	Aparato de extracción	57
Figura 7	Ubicación de la planta de producción de mezcla asfáltica en caliente	65
Figura 8	Acopio y transporte de materiales pétreos	66
Figura 9	Tolvas	67
Figura 10	Banda transportadora	67
Figura 11	Secador mezclador de agregados	68
Figura 12	Filtros	69
Figura 13	Sistema de almacenamiento y calentamiento del cemento asfáltico	69
Figura 14	Sistema dosificador de cemento asfáltico	70
Figura 15	Transportador escalonado	71
Figura 16	Descarga de la mezcla asfáltica sobre la volqueta	71
Figura 17	Cuarto de operaciones	72
Figura 18	Planta generadora de energía, tanque de abastecimiento de ACPM, bodega de herramientas y cargador	72

LISTA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo A	Reporte de resultados de ensayo de laboratorio al cemento asfáltico empleado en la mezcla	92
Anexo B	Diseño Marshall Planta "TRAE LTDA CONSULTORES"	93
Anexo C	Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"	94
Anexo D	Resultados ensayos de laboratorio efectuados en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño	103

RESUMEN

En el presente trabajo se realizaron ensayos de extracción cuantitativa de asfalto (MDC-2) a muestras tomadas en la planta de asfalto TRAE Ltda. Consultores con las cuales se procedió a verificar que dicha mezcla se encuentre dentro de los parámetros establecidos en el diseño Marshall tanto en su contenido de asfalto como en su granulometría.

Para tal efecto se efectuaron 18 ensayos de los cuales 9 fueron elaborados en el laboratorio de la planta TRAE Ltda. Consultores y 9 en el laboratorio de la Universidad de Nariño, cabe anotar que existen diferencias tanto en los procedimientos de elaboración de ensayos como en equipos entre los dos laboratorios los cuales influyen notablemente en el resultado final.

Uno de los objetivos del presente trabajo es la dotación de la máquina de extracción de asfalto para el laboratorio de la Universidad de Nariño contribuyendo a la realización de las prácticas de los estudiantes de Ingeniería Civil, trabajos de investigación y efectuar control de calidad a las obras de pavimentación que se desarrollen en la región.

Finalmente se efectuó la comparación de resultados entre los dos laboratorios y verificarlos con el diseño Marshall. De dichos resultados se obtienen las recomendaciones para la planta de asfalto TRAE Ltda. Consultores para el mejoramiento en la producción de mezcla asfáltica en caliente y su respectivo control de calidad.

ABSTRACT

In the present study were performed quantitative extraction tests of asphalt (MDC-2) to samples taken at the asphalt plant TRAE LTDA CONSULTORES which we proceeded to verify that the mixture is within the parameters of design Marshall how in its asphalt content as in its granulometry.

To this effect were conducted 18 trials, 9 of which were developed in the laboratory plant TRAE LTDA CONSULTORES and 9 in the laboratory of the University of Nariño, it should be noted that there are differences in the test development procedures as in teams among the two laboratories which greatly influence the final result.

One of the objectives of this work is the strength of asphalt extraction machine for the lab at the University of Nariño contributing to the implementation of the practices of students of Civil Engineering, research and quality control to make the works paving taking place in the region.

Finally, was made the comparison of results between the two laboratories and verify the Marshall design. From these results we obtain the recommendations for the asphalt plant TRAE LTDA CONSULTORES for improvement in the production of hot mix asphalt and their respective quality control.

INTRODUCCION

La construcción de carreteras es sinónimo de desarrollo para una región y la utilización de mezcla asfáltica en caliente constituye actualmente una de las principales tecnologías empleadas en la pavimentación. Es por esto que en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente se debe garantizar que todos los procesos brinden un producto de inmejorable calidad ya que al final se espera obtener de ellas durabilidad, estabilidad y economía.

En el país es común la práctica de realizar el diseño de las mezclas asfálticas en caliente empleando el método Marshall que es una técnica desarrollada en los Estados Unidos y que ha sido adaptada a las vías nacionales. El objetivo primordial del diseño Marshall es determinar el contenido óptimo de asfalto y la granulometría adecuada de los agregados para proporcionar una mezcla asfáltica durable, con suficiente estabilidad, adecuada trabajabilidad y una cantidad suficiente de vacíos para evitar deficiencias en su comportamiento estructural.

En el Departamento de Nariño, y particularmente en la ciudad de Pasto, existen pocas empresas involucradas en la producción de mezcla asfáltica; se puede decir que por volumen de producción quizás la más importante es "TRAE LTDA CONSULTORES", empresa que inicio su producción en el mes de diciembre del año 2002 y que a la fecha ha manufacturado aproximadamente veintiocho mil (28.000) metros cúbicos de mezcla asfáltica. Por esta razón, el presente trabajo se torna importante ya que al hacer el respectivo control de calidad a la mezcla asfáltica en caliente producida por la planta "TRAE LTDA CONSULTORES", la más importante en la ciudad de Pasto, se garantiza que las obras a cargo de esta empresa cumplen con los requisitos necesarios de durabilidad, estabilidad y economía.

Los parámetros que controlan la calidad, en la producción en planta de mezcla asfáltica en caliente, son la dosificación exacta de los agregados y el contenido de cemento asfáltico. En la práctica, hay diversos problemas que pueden causar variaciones en la granulometría y en el contenido de asfalto de la mezcla producida por una planta. Cuando se establece la granulometría de una muestra de mezcla asfáltica a la que se le han hecho extracciones para determinar el contenido de asfalto, se pueden producir errores en el método de muestreo, en el procedimiento de tamizado o en la planta misma. De igual manera, al determinar el contenido de asfalto se pueden presentar fallas en el procedimiento de extracción o en la toma de muestras. De todas maneras, cualquier variación significativa es crítica y se debe tomar las medidas correctivas urgentemente¹.

¹ SANCHEZ, Fernando. Pavimentos. Tomo I. Universidad La Gran Colombia. Bogotá. 1984.

El Instituto Nacional de Vías – INVIAS ha promulgado en sus normas y especificaciones, metodologías mediante las cuales se comprueba si la mezcla asfáltica en caliente cumple los parámetros mínimos para los que fue diseñada, exigiendo un control riguroso tanto en el proceso de producción como en la puesta en obra. De acuerdo a la normativa se debe hacer control a la calidad de los materiales, composición de la mezcla, calidad de la mezcla y calidad del pavimento terminado; el alcance del presente trabajo es realizar el control de calidad a la composición de la mezcla que implica determinar el contenido de asfalto y la granulometría de los agregados a muestras de mezcla asfáltica en caliente tomadas en las volquetas que salen de la planta de producción; luego se hace una comparación cuantitativa con lo indicado en el diseño Marshall. El control que se debe hacer a la calidad de los materiales y a la calidad de la mezcla, intrínsecamente, se realiza por parte de la planta al momento de aplicar el diseño Marshall ya que los materiales empleados deben cumplir una serie de requisitos exigidos en el diseño; se recomienda que en próximos trabajos de investigación se hagan verificaciones de estas variables.

Difícilmente se hace un control de calidad que incluya todos los aspectos previamente tratados; lo anterior se origina por que la información que se tiene por parte de los entes involucrados es limitada, la capacitación de ingenieros interventores, contratistas y geotecnólogos es nula, existe poco personal calificado y no hay laboratorios certificados y equipos especializados que permitan afirmar que el producto terminado satisface las condiciones de diseño con las que fue concebido. Consecuentes con esta problemática, se entrega al laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño la extractora de asfalto para que los estudiantes de pregrado tenga la oportunidad de conocer estos procedimientos para que luego sean aplicados en su vida profesional; por otro lado se procura que esta experiencia sirva de punto de partida para futuras investigaciones que mejoren la calidad de los proyectos viales ejecutados en el Departamento de Nariño.

Este documento está organizado de una manera clara y sencilla, en el primer capítulo se tocan aspectos relacionados con la descripción del problema, enseguida, en el segundo capítulo, se plantea la justificación de la presente investigación para posteriormente, en el tercer capítulo, plasmar los objetivos que se pretende conseguir al desarrollar este trabajo. En el cuarto capítulo, se hace una amplia exposición teórica donde se trata de mejorar la comprensión de la naturaleza de la mezcla asfáltica para lo cual se definen algunos conceptos importantes como por ejemplo: que es una mezcla asfáltica, sus componentes y clasificación; se toca lo concerniente al diseño de mezclas asfálticas en caliente por el método Marshall y se define la clasificación y descripción del funcionamiento de las plantas productoras. Al finalizar este capítulo, se consigna una descripción pormenorizada de cómo se debe ejecutar un control de calidad integral empezando por la calidad de los materiales a emplear y se recalca la importancia de hacer una buena observación de los procedimientos empleados para su

fabricación y puesta en obra; también se hace una descripción de los ensayos de laboratorio necesarios para poder evaluar la composición de la mezcla asfáltica en cuanto al contenido de asfalto y la granulometría de los agregados.

Por último, en el quinto capítulo se tocan los dos ejes fundamentales de esta investigación: el funcionamiento de la planta “TRAE LTDA CONSULTORES” y el control de calidad de la composición de la mezcla que la empresa produce. Para esto, se obtuvieron muestras durante la primera quincena del mes de junio del presente año, tiempo en el cual se hizo seguimiento a todos los procesos de producción en planta y se ejecutaron dieciocho (18) ensayos de los cuales nueve (9) fueron elaborados en el laboratorio de “TRAE LTDA CONSULTORES” como autocontrol y cuyos resultados fueron verificados en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño con igual número de ensayos. Cabe anotar que en el momento de la toma de muestras la planta estaba produciendo mezcla densa en caliente tipo 2 (MDC-2), la que fue utilizada para el desarrollo del trabajo ya que no era posible esperar que la planta produjera mezcla densa en caliente tipo 1 (MDC-1) que fue la propuesta para desarrollar la investigación; esto no implica ningún cambio de fondo ya que el procedimiento es exactamente igual para los dos tipos de mezcla.

Al finalizar el quinto capítulo, se detalla los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados y se hace el análisis respectivo para sacar las conclusiones y recomendaciones que se consigna al final del documento y que se espera sirvan para mejorar, si es el caso, o corroborar que la empresa “TRAE LTDA CONSULTORES” cumple los parámetros de calidad exigidos por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En la actualidad los proyectos viales son trascendentales para el desarrollo de una región y el Departamento de Nariño no debe ser ajeno a esta dinámica nacional. Los grandes proyectos viales han permitido promover el desarrollo en todos los renglones de la economía, por lo tanto, es necesario que las plantas productoras de mezcla asfáltica asentadas en la región estén sujetas a las exigencias del mercado.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica establecidas en el Departamento de Nariño están en constante búsqueda por brindar un producto de muy buena calidad a pesar de la falta de laboratorios especializados que brinden servicios garantizados tanto a los productores y principalmente a los ingenieros contratistas e interventores encargados de la construcción de las obras.

El principio básico de las plantas productoras de mezcla asfáltica en caliente, es la dosificación exacta de los agregados que se hace generalmente por peso, al igual que la del cemento asfáltico fruído que se consigue con unos límites de temperatura establecidos, de esta forma se obtiene una mezcla de gran calidad según el diseño señalado.

Para poder lograr lo anterior, es necesario vigilar el buen desempeño de todos los elementos involucrados en el proceso por lo tanto es necesario implementar controles que permitan monitorear la mayoría de los parámetros involucrados y principalmente los establecidos en el diseño de la mezcla asfáltica.

En el desarrollo de este trabajo se escogió la planta productora de mezcla asfáltica "TRAE LTDA CONSULTORES" para determinar y controlar básicamente dos parámetros primordiales en el comportamiento de un pavimento como es el contenido de asfalto y la granulometría del agregado.

JUSTIFICACIÓN

Para el diseño en laboratorio de mezclas asfálticas en caliente se utiliza el método Marshall, este procedimiento se basa en la obtención de un contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados.

Generalmente, la fórmula de diseño de la mezcla asfáltica no cumple con los requisitos exigidos generando una serie de problemas en la mezcla puesta en obra que van desde una mala trabajabilidad hasta una falla prematura del pavimento que principalmente ocurre por variaciones en las propiedades de los materiales ensayados en laboratorio y los empleados en la construcción de obras.

En nuestro medio casi no hay posibilidad de verificar el contenido de asfalto y la granulometría de las mezclas producidas por las plantas regionales debido a la ausencia de laboratorios que presten el servicio. La mayoría de ingenieros contratistas e interventores se ven en la necesidad de enviar a otras ciudades del país, como por ejemplo Popayán, las muestras de mezclas asfálticas para ser ensayadas con los inconvenientes de tiempo y sobrecostos lo que no permite la toma de decisiones en el momento preciso.

Ante este panorama la Universidad de Nariño, como actor principal del desarrollo de nuestra región, ambiciona brindar a sus estudiantes un laboratorio acorde con el prestigio de nuestra institución y de paso ofrecer una herramienta de gran valor para todos los profesionales inmersos en la construcción de la infraestructura vial.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar el ensayo de extracción cuantitativa de asfalto y obtener el análisis granulométrico del agregado recuperado en mezclas en caliente para pavimentos tipo MDC-2, producida por la planta "TRAE LTDA CONSULTORES" y verificar que estos valores son los establecidos en el diseño de mezcla.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Dotar al laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño de los equipos necesarios para realizar el ensayo de extracción de asfalto en mezclas asfálticas en caliente

Hacer una breve descripción del proceso de producción de mezcla asfáltica tipo MDC - 2 en la planta "TRAE LTDA CONSULTORES" y hacer las recomendaciones del caso

Obtener muestras de un lote de mezcla asfáltica en cada uno de los puntos de control de acuerdo a la norma INV E - 731 - 07

Realizar la extracción de asfalto de la mezcla según la norma INV E - 732 - 07

Si es necesario, determinar la humedad de la muestra de mezcla asfáltica de acuerdo a la norma INV E - 755 - 07

Analizar la información obtenida y si es el caso recomendar a la planta productora de mezcla asfáltica "TRAE LTDA CONSULTORES" las medidas correctivas

1 MARCO TEORICO

La mezcla asfáltica es una combinación de cemento asfáltico y agregados pétreos en proporciones exactas y previamente especificadas. Las proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades y características de la mezcla.

La mezcla asfáltica se emplean en la construcción de pavimentos flexibles, ya sea para capas de rodadura o en capas inferiores, la función primordial es de brindar una superficie de rodamiento cómoda, segura y económica a los usuarios de las vías terrestres, facilitando la circulación de los vehículos aparte de transmitir las cargas debidas al tráfico a la estructura de pavimento.

1.1 MEZCLA ASFALTICA

La mezcla asfáltica se define como la combinación entre un agregado pétreo y un ligante bituminoso, de tal manera que las partículas del agregado queden recubiertas en mayor o menor grado de una película homogénea de ligante.

El nuevo material, una vez compactado, conforma por una parte un esqueleto mineral que aporta resistencia y por otra una película de ligante que mantiene unidas las partículas, dando cohesión al conjunto².

La mezcla asfáltica, está compuestas aproximadamente por un 90% de agregados pétreos: grueso y fino, un 5% de polvo mineral o filler y otro 5% de ligante asfáltico.

Estos componentes son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad o dosificación adecuada de alguno de ellos afecta el conjunto.

La cantidad y calidad del ligante asfáltico y del polvo mineral son los dos elementos que más influyen tanto en las propiedades de la mezcla asfáltica como también en su costo total.

1.1.1 Componentes. La mezcla asfáltica está compuesta por agregados, asfalto y vacíos de aire. La calidad de la mezcla asfáltica está directamente ligada con las

² ARENAS LOZANO, Hugo León. Teoría de los Pavimentos. Universidad del Cauca. Popayán. 2002.

propiedades y dosificación de los agregados y del cementante, como también a la cantidad de los vacíos de aire³.

³ ASOPAC. Asociación de Productores y Pavimentadores Asfálticos de Colombia. Cartilla del Pavimento Asfáltico. Bogotá. 2004.

La mezcla asfáltica cuando constituye la parte superior de los pavimentos flexibles, proporciona un medio de distribución de carga y de impermeabilización que protege la estructura del pavimento de los efectos adversos del agua y de la acción del tránsito. Se emplea para la construcción de pavimentos nuevos, para incrementar la resistencia o mantener una calidad satisfactoria en la superficie de un pavimento existente o para mejorar la resistencia al deslizamiento. Se debe conocer cierta información con respecto a las propiedades del cemento asfáltico y de los agregados, como parte del proceso de diseño para obtener buenos resultados de la mezcla asfáltica.

- Agregados

Es una mezcla, natural o no, de piedra o gravas trituradas, escorias, arenas finas, arenas gruesas y llenante mineral. Puede contener todos o algunos de estos materiales. Los agregados deben ser limpios, duros y durables. Los agregados son los responsables de la capacidad de carga o resistencia de la mezcla y constituyen entre el 90% y 95% en peso de la mezcla y entre el 75% y 85% en volumen de la misma.

Los agregados pueden ser naturales o procesados. De acuerdo con su tamaño, se dividen en gravas, arenas y relleno mineral o filler. Los materiales pueden ser producidos en canteras abiertas o tomados de la ribera de los ríos (cantera de río), en este último caso son agregados pétreos aluviales.

Los agregados procesados son aquellos que han sido triturados y tamizados antes de ser usados. La roca se tritura para volver angular la forma de la partícula y para mejorar la distribución (gradación) de los tamaños de las partículas.

La idoneidad de los agregados para su empleo en mezclas asfálticas se determina por sus características de: granulometría, resistencia al desgaste, estabilidad, limpieza, fricción, propiedades de la superficie (rugosidad), forma de las partículas (trabajabilidad y compactabilidad), absorción y afinidad con el asfalto.

- Asfalto

El asfalto es un material que se puede encontrar en la naturaleza en yacimientos naturales o puede ser obtenido como subproducto de la destilación de determinados crudos de petróleo. Posee unas características muy específicas que lo hacen ideal para los trabajos de pavimentación, principalmente la cohesión y la adhesión con materiales granulares. Tiene una consistencia sólida, al calentarlo se ablanda y se vuelve líquido, lo que le permite recubrir los agregados durante el proceso de fabricación de la mezcla asfáltica en caliente.

El asfalto cambia su comportamiento dependiendo de la temperatura y el tiempo de aplicación de la carga. Es más duro a bajas temperaturas y más blando a altas, por esto, se debe seleccionar el tipo de asfalto más conveniente dependiendo del clima del sitio de colocación.

Es resistente a la acción de la mayoría de los ácidos, álcalis y sales. También es altamente viscoso a temperatura ambiente y puede licuarse aplicando calor, un disolvente o emulsificándolo en agua. El uso del asfalto en vías puede tener dos campos de aplicación, el diseño de mezclas asfálticas y la elaboración y colocación de las mismas. Francis N. Hveem, en el año de 1943, clasificó las propiedades de los materiales asfálticos de acuerdo con:

La Consistencia (fluidez, viscosidad o plasticidad)
La Durabilidad o resistencia al envejecimiento
La Velocidad de Curado
La Resistencia a la acción del agua

Así mismo, el asfalto debe ser puro y se deben tener las precauciones de seguridad adecuadas para su manejo.

- Vacíos de aire

Los vacíos de aire son importantes en el comportamiento de la mezcla ya que permiten absorber los cambios volumétricos producidos por el clima o el tránsito. Para mezclas asfálticas en caliente se recomienda un porcentaje entre 3% y 5% de vacíos y para mezclas en frío se sugiere un valor mayor. Un alto contenido de vacíos puede producir deformaciones permanentes y un bajo contenido de los mismos, exudación.

1.1.2 Clasificación general. Existen distintos tipos de mezcla asfáltica dependiendo del tipo de asfalto, la proporción de agregados en la mezcla, la granulometría del agregado y el proceso de fabricación. La definición anterior cubre una amplia gama de materiales y técnicas de fabricación, originando a su vez varios parámetros de clasificación; para establecer las diferencias entre todas las mezclas, se las puede clasificar de distintas maneras⁴:

⁴ MINISTERÍO DE TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Subdirección de apoyo técnico. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Artículos 440, 450. Bogotá. 2007.

Tabla 1. Clasificación de las mezclas asfálticas

PARAMETROS DE CLASIFICACION	TIPO DE MEZCLA ASFALTICA
TEMPERATURA DE COLOCACION	En frío En caliente
PORCENTAJE DE VACIOS EN LA MEZCLA	Cerradas: menor a 6% Semicerradas: entre 6% y 15% Abiertas: mayor a 15%
AGREGADO EMPLEADO	Mastico Mortero Macadam Hormigón
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO O TEXTURA SUPERFICIAL	Gruesas: tamaño máximo mayor a 8 mm Finas: tamaño máximo menor a 8 mm
ESTRUCTURACION DEL AGREGADO	Con esqueleto mineral Sin esqueleto mineral
DISTRIBUCION GRANULOMETRICA	Continuas Discontinuas

Fuente: Normas Invias

1.1.3 Clasificación de acuerdo a la temperatura de colocación. La clasificación más empleada es aquella que define las mezclas asfálticas en dos grandes grupos de acuerdo a la temperatura de colocación: mezcla asfáltica en frío y mezcla asfáltica en caliente.

- Mezcla asfáltica en frío

La mezcla asfáltica en frío, es aquella mezcla que se caracteriza en que la combinación de los materiales puede realizarse en caliente o en frío, pero el extendido y posterior proceso de compactación se lleva a cabo a la temperatura ambiente. Las propiedades mecánicas de este tipo de mezclas se obtienen gradualmente y a medida que se vaya evaporando el fluido que se utilizó para disminuir la consistencia del ligante bituminoso (agua o solvente).

- Mezcla asfáltica en caliente

La mezcla asfáltica en caliente, es considerada el tipo de mezcla de uso corriente en la tecnología de los pavimentos flexibles. Se define como la combinación y puesta en obra en caliente de los agregados pétreos y el ligante bituminoso. Las propiedades mecánicas de la mezcla se obtienen una vez haya alcanzado la temperatura ambiente.

1.2 MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

1.2.1 Diseño por el método Marshall. El diseño de una mezcla asfáltica consiste en establecer las proporciones óptimas de los agregados y el ligante que producirán una mezcla que pueda ser extendida y compactada en una superficie uniforme de textura adecuada, que sea resistente a la deformación, que soporte sin agrietarse las deflexiones elásticas repetidas del pavimento y que sea impermeable al agua y durable.

Los métodos de diseño primordialmente son empíricos, entre los más conocidos se tienen el Marshall, Hveem, el derivado del SHRP, Superpave (EEUU) y el Duriez (Francia), entre otros.

Los conceptos básicos del método de diseño Marshall para mezclas asfálticas en caliente fueron formulados inicialmente por Bruce Marshall, ingeniero encargado del control de calidad de las mezclas asfálticas en el Mississippi State Highway Department.

El cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos basado en los resultados de diversas investigaciones y estudios de correlación mejoró y añadió ciertas características al procedimiento de ensayo y desarrollo criterios de diseño de mezclas.

El método Marshall, ha sido normalizado por la ASTM y la AASHTO, es aplicable únicamente a mezclas en caliente empleando cementos asfálticos y agregados con tamaño máximo igual o inferior a veinticinco (25) milímetros. El método puede emplearse tanto para proyectos en el laboratorio como para control en la obra del proceso de construcción⁵.

- Descripción general del método

Antes de iniciar con el procedimiento es necesario que los materiales que se van a mezclar cumplan con los requerimientos exigidos por las especificaciones. La dosificación de los agregados pétreos debe cumplir con el huso granulométrico requerido por las normas correspondientes, igualmente se debe disponer de suficiente volumen de agregados previamente secados y separados en las diferentes fracciones, según su tamaño. Es necesario haber determinado los pesos específicos de los materiales pétreos y el cemento asfáltico, datos necesarios para realizar el análisis de densidad y vacíos.

⁵ LOPEZ RAMIREZ, David. Variabilidad del Modulo Resiliente de una Mezcla Asfáltica MDC-2 dentro de la ventana de diseño propuesta por W. Witczak. Tesis de grado para optar por el título de Especialista en Vías y Transporte. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. 2008.

El método Marshall emplea briquetas cilíndricas normalizadas de 2.5 pulg (6.35 cm) de altura y 4 pulg (10.16 cm) de diámetro, las que se preparan empleando un procedimiento especificado para calentar, mezclar y compactar la mezcla de asfalto y agregado. Los dos objetivos principales del método de diseño Marshall son un análisis de densidad y vacíos y un ensayo para la determinación de la estabilidad y el flujo de cada una de las briquetas elaboradas.

La estabilidad Marshall se define como la máxima carga en libras que puede resistir la biqueta normalizada a 60 °C, ensayada bajo las condiciones definidas por el ensayo. Por su parte, el flujo Marshall es el movimiento o deformación total que se produce en la biqueta desde el comienzo hasta la carga máxima durante el ensayo de estabilidad, expresado normalmente en centésimas de pulgada.

- Preparación de las briquetas

Para determinar el contenido óptimo de asfalto correspondiente a una mezcla o granulometría definida por el método Marshall, se deben preparar una serie de briquetas con diferentes contenidos de ligante, de forma que las curvas en las que se presenten los resultados de los distintos ensayos muestren un valor óptimo bien definido. Los ensayos se realizan sobre la base de incrementos del contenido de asfalto del 0.5% y deben emplearse al menos dos contenidos de asfalto por encima y por debajo del valor óptimo. Para obtener resultados adecuados se deben triplicar las briquetas para cada contenido de asfalto. Para elaborar cada biqueta se utilizan generalmente mil doscientos (1,200.00) gramos de material pétreo. Por lo tanto la cantidad mínima de agregados de una granulometría dada necesaria para realizar un diseño es de veintidós (22) kilogramos, mientras que la cantidad de asfalto mínima es de cuatro (4) litros, aproximadamente cuatro (4) kilogramos. Los agregados deben estar secos y separados en las diferentes fracciones según el huso granulométrico especificado. El asfalto debe ser calentado a las temperaturas óptimas de mezclado y compactación con el fin de obtener viscosidades entre 85 ± 10 segundos Saybolt Furol y 140 ± 15 segundos Saybolt Furol respectivamente. En la Tabla 2., se muestran las temperaturas óptimas de operación tanto en el laboratorio como en la obra para los asfaltos colombianos.

Tabla 2. Temperaturas optimas de aplicación para los asfaltos Colombianos

ESPECIFICACION ASTM Método de diseño Marshall	ASFALTO PROVENIENTE DE LA REFINERIA DE:		
	CARTAGENA	BARRANCABERMEJA	APIAY
Temperatura de mezclado °C	145 – 140	147 – 152	143 - 148
Temperatura de compactación °C	135 – 151	137 – 142	134 – 138
Temperatura de mezclado en planta °C	145 – 132	139 – 152	135 – 148

Fuente: Teoría de los pavimentos. Ing. Hugo León Arenas Lozano

Los agregados se calientan a una temperatura de 27 °C por encima de la temperatura del asfalto. Se procede a la mezcla y posterior compactación de las briquetas aplicando un determinado número de golpes por cara, dependiendo del tránsito esperado, como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Número de golpes por cara según la intensidad del tránsito

TRANSITO	EJES EQUIVALENTES A 8.2 TON (N)	NÚMERO DE GOLPES POR CARA
Liviano	Menor o igual de 104	35
Mediano	104 - 106	50
Pesado	Mayor de 106	75

Fuente: Teoría de los pavimentos. Ing. Hugo León Arenas Lozano

- Determinación del peso específico “bulk”

El peso específico “bulk” de una probeta compactada es la relación entre su peso en el aire y su volumen incluyendo los vacíos permeables.

La medida de la densidad real y el peso específico “bulk” de cada una de las briquetas debe hacerse cuando estas se han enfriado a temperatura ambiente.

Existen tres métodos para calcular el peso específico “bulk”:

Si la probeta tiene una textura superficial densa e impermeable, no se utiliza parafina.

Si la textura superficial de la probeta es abierta y permeable, su volumen se determina por la diferencia entre su peso en el aire y su peso en el agua estando parafinada.

Y por último se puede calcularlo mediante la medida de sus dimensiones

- Ensayo de estabilidad y flujo

Determinada la densidad de las briquetas se procede a los ensayos de estabilidad y flujo. Las briquetas se colocan en baño maría a 60 °C durante un tiempo no inferior a 30 minutos ni mayor de 40 minutos.

Se coloca en el equipo Marshall y se aplica carga a una velocidad constante de 50.8 mm/minuto, hasta producir rotura. La carga máxima en el momento de la rotura es la estabilidad Marshall y la deformación obtenida se denomina flujo Marshall.

- Análisis de densidad y vacíos

Determinada la estabilidad y el flujo Marshall se procede a evaluar aritméticamente las demás características de los diferentes estados de compactación obtenidos con cada una de los porcentajes de asfalto estudiados, para lo cual:

Se calcula la densidad promedio de todas las probetas con un mismo contenido de asfalto, eliminando los valores erróneos.

Empleando el peso específico “bulk” de los agregados, el peso específico máximo teórico de la mezcla asfáltica y el peso específico del asfalto se calcula:

El peso del cemento asfáltico absorbido por el agregado seco

El porcentaje de vacíos en la mezcla total

El porcentaje de vacíos en el agregado mineral

El porcentaje de vacíos llenos con asfalto

- Representación gráfica e interpretación de los resultados

Para cada contenido de asfalto, se promedian los valores de pesos unitarios de las briquetas, la estabilidad y el flujo Marshall. Esta última debe corregirse en función de la altura o del volumen de la briketa utilizando los factores de corrección de la Tabla No. 1 “Factor de corrección para la estabilidad”, de la norma INV E – 748 – 07.

El primer gráfico que debe elaborarse, antes de realizar los cálculos de densidad y vacíos para cada contenido de asfalto, es el de pesos unitarios de las briquetas o densidades reales de las briquetas o pesos específicos de las briquetas compactadas, contra los diversos contenidos de asfalto empleados durante el diseño.

Los diferentes puntos se unen mediante una curva uniforme con una tendencia ascendente hasta un valor máximo, a partir del cual comienza a descender. Se debe trazar la curva de mejor ajuste.

- Determinación del contenido óptimo de asfalto

El método de diseño Marshall establece el siguiente procedimiento para determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico utilizando las curvas obtenidas anteriormente:

En la curva de estabilidad, se selecciona el porcentaje de cemento asfáltico correspondiente al máximo valor de estabilidad.

En la curva de densidad, se selecciona el porcentaje de cemento asfáltico correspondiente al máximo valor de densidad.

En la curva de vacíos se selecciona el porcentaje de asfalto correspondiente al punto medio de las especificaciones aplicables en cuanto al contenido de vacíos totales en la mezcla, este valor generalmente es el 4% (promedio entre el 3% y 5%).

Se promedian aritméticamente los tres valores anteriores y ese valor promedio será el contenido de asfalto óptimo si cumple con los criterios exigidos en las especificaciones.

- Verificación de los criterios establecidos en las especificaciones para el porcentaje óptimo de ligante

Los valores leídos de las curvas para el porcentaje óptimo de asfalto debe ser comparado y verificado si cumple o no, los criterios establecidos en las especificaciones INVIAS vigentes, de acuerdo a la tabla 4.

Satisfechos los requisitos de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall, se deberá comprobar la adhesividad entre el agregado pétreo y el ligante asfáltico, caracterizando la mezcla con el contenido óptimo de ligante mediante el ensayo descrito en la norma INV E – 725 – 07, para verificar su sensibilidad al agua.

La selección del diseño final de la mezcla corresponde a la más económica y que cumple satisfactoriamente con todos los criterios establecidos. De cualquier forma, la mezcla no debe ser diseñada para optimizar una propiedad en particular.

Tabla 4. Criterios de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall.

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MODULO	
		CATEGORIA DE TRANSITO				
		NT1	NT2	NT3		
Compactación (golpes/cara)	INV E – 748 – 07	50	75	75	75	
Estabilidad mínima (Kg)	INV E – 748 – 07	500	750	900	1,500	
Flujo (mm)	INV E – 748 – 07	2 – 4	2 – 4	2 – 3.5	2 – 3	
Vacios con aire (Va) % NOTA 1	Rodadura	INV E – 736 – 07	3 – 5	3 – 5	4 – 6	-
	Intermedia	O	4 – 8	4 – 8	4 – 7	4 – 6
	Base	INV E – 799 – 07	-	5 – 9	5 – 8	-
Vacios en los agregados minerales (VAM) %	Mezclas 0	INV E – 799 – 07	≥ 13	≥ 13	≥ 13	-
	Mezclas 1		≥ 14	≥ 14	≥ 14	≥ 14
	Mezclas 2		≥ 15	≥ 15	≥ 15	-
	Mezclas 3		≥ 16	≥ 16	≥ 16	-
% de vacios llenos de asfalto (VFA) (Volumen de asfalto efectivo / Vacios en los agregados minerales) x 100 Capas de rodadura e intermedia	INV E – 799 – 07	65 – 80	65 – 78	65 – 75	63 – 75	
Relación Llenante / Asfalto efectivo, en peso	INV E – 799 – 07	0.8 – 1.2			1.2 – 1.4	
Concentración de llenante, valor máximo	INV E – 745 – 07	Valor critico				

Fuente: Especificaciones generales de construcción de Carreteras. Art. 450 – 07. INVIAS

Las mezclas con valores anormalmente altos de estabilidad son indeseables debido a que tienden a ser menos durables o pueden fracturarse prematuramente bajo altos volúmenes de tránsito. Esta situación es bastante crítica cuando los materiales de la base y el terreno natural son débiles y permiten deflexiones moderadas o relativamente altas con el tránsito.

La selección del contenido óptimo debe balancear todas las propiedades de la mezcla. Normalmente, los criterios de diseño de mezclas producirán un rango limitado de contenidos de asfalto aceptables que cumplan todos los lineamientos. El contenido de asfalto puede ajustarse en este rango limitado para lograr propiedades de la mezcla que satisfagan los requerimientos de un proyecto en especial; algunas propiedades serán más críticas que otras y dependerán de las circunstancias del diseño como pueden ser el tránsito, la estructura, el clima, el equipo de construcción y otros factores.

Aún más, el proceso de balance no es el mismo para cada pavimento ni para cada diseño de mezcla. Existen algunas consideraciones en el ajuste que deben ser evaluadas antes de establecer el contenido de asfalto final.

- Evaluación y ajuste del diseño de mezclas asfálticas en caliente

En algunos casos, la combinación de los agregados que haya sido establecida puede conducir a una mezcla cuyos porcentajes de asfalto no cumple con las especificaciones exigidas. En este caso es necesario proceder a rediseñar la mezcla, partiendo del establecimiento de unas nuevas proporciones de los agregados disponibles.

Para muchos materiales de uso común en la ingeniería de los pavimentos, es frecuente considerar a la estabilidad como su propiedad más importante, esto no es tan cierto en las mezclas asfálticas en caliente. Estabilidades muy altas y flujos muy bajos reducen la durabilidad de la mezcla, porque los pavimentos construidos con ellas tienden a ser rígidos o quebradizos y pueden agrietarse bajo la acción del tránsito pesado, siendo más afectadas cuando se encuentran sobre capas que admiten deformaciones moderadas o relativamente altas en la estructura del pavimento. Por lo cual no hay que olvidar que la evaluación y posterior ajuste del diseño de mezclas, la gradación del agregado y el contenido de ligante deben ser el resultado de un balance favorable entre la estabilidad y la durabilidad de la mezcla, sin olvidar que la misma debe dejarse manejar de manera fácil y económica. De todas maneras el diseño final debe cumplir con lo estipulado en la Tabla 5.

Tabla 5. Criterios de comprobación del diseño volumétrico de la fórmula de trabajo

CARACTERISTICA	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MODULO
	CATEGORIA DE TRANSITO			
	NT1	NT2	NT3	
Relación Estabilidad / Flujo (Kg/mm)	200 a 400	300 a 500	300 a 600	-

Fuente: Teoría de los pavimentos. Ing. Hugo León Arenas Lozano

1.2.2 Producción de mezcla asfáltica en caliente. Consiste en el proceso de elaboración de mezcla, en planta y en caliente a una temperatura aproximada de 150 °C, donde la dosificación de los agregados: agregado grueso, agregado fino, filler, polvo mineral y cemento asfáltico se realiza por medio de métodos estrictamente controlados; dando lugar a la obtención de una mezcla homogénea que se tiende y se compacta en caliente para formar una capa densa y uniforme

1.3 PLANTAS PARA PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

Las “plantas de asfalto”, como comúnmente suele llamárseles en el mercado, tanto por los fabricantes, comerciantes y operadores de estos equipos, la mayoría de veces refiriéndose a las plantas para la producción de mezcla asfáltica en caliente, difieren de las plantas para la producción de asfalto en frío, en que los agregados son secados y mezclados a temperaturas de entre 150 °C a 180° C, dependiendo esto de las condiciones de diseño de la planta y de las especificaciones para el tipo de mezcla a producir.

Técnicamente, se puede describir una “planta de asfalto” como el conjunto de elementos, dispositivos, mecanismos, equipos y sistemas dispuestos de alguna manera para producir mezcla asfáltica en caliente. El principio básico de las plantas para mezcla asfáltica en caliente, es la dosificación exacta de los agregados, siendo, ésta por peso, al igual que la de el cemento asfáltico en una forma fluida, siendo esto en los límites de temperatura requeridos, de esta forma se obtiene una mezcla de gran calidad según el diseño establecido.

Para poder lograr esto, es necesario cuidar el buen desempeño de todos los elementos que integran la planta, desde el montaje, operación-control y mantenimiento⁶.

1.3.1 Clasificación. Como se dijo anteriormente, las plantas para mezcla asfáltica en caliente tienen como propósito producir una mezcla asfáltica que posea las proporciones deseadas y que cumpla con todas las especificaciones.

En términos generales pueden ser clasificadas, como:

Plantas continuas

Plantas discontinuas

La diferencia fundamental entre estas dos plantas reside en el método de dosificación; ya que en la planta discontinua se pesa los materiales cada vez que se inicia una amasada, mientras que en la planta continua es preciso mantener una dosificación volumétrica continua de los materiales.

- Plantas discontinuas

En este tipo de plantas, la dosificación de los agregados se realiza pesando en un recipiente interno (mezclador) cada uno de los agregados calientes, almacenados en los silos del agregado cribado de manera sucesiva y acumulativa, en un orden predeterminado hasta obtener el peso total para ser mezclado. Este peso total está determinado por la capacidad del mezclador y los pesos de cada uno de los agregados y por la proporción establecida de granulometría prevista en el diseño del tipo de mezcla.

- Plantas continuas

Como su nombre lo indica, en este tipo de plantas llegan al mezclador cada uno de los agregados: agregado grueso, agregado fino, relleno mineral y el cemento asfáltico en forma continua. Los mecanismos de alimentación están sincronizados con el objeto de que la cantidad de material suministrada en todo momento guarde las proporciones debidas. La diferencia fundamental entre las plantas continuas del tipo convencional y las de tambor mezclador se centra en que en las plantas convencionales el secado de los agregados ocurre antes del mezclado, de forma independiente, y en las plantas de tambor mezclador los procesos de secado y mezclado ocurre en el mismo barril; siendo más simple en las segundas.

⁶ ASOPAC. Asociación de Productores y Pavimentadores Asfálticos de Colombia. Cartilla del Pavimento Asfáltico. Bogotá. 2004.

En este proceso todo es continuo hasta antes de la carga a la volqueta que depende de condiciones especiales del tendido de la carpeta, como puede ser: temperatura ambiente, distancia de acarreo, facilidad de colocación, número de volquetas disponibles, etc. La dosificación de los agregados y el asfalto es básica, dado que no hay manera de dosificarlo por unidad de peso directamente, sino por flujo del material.

1.3.2 Descripción del proceso de producción. Para realizar la producción de mezclas asfálticas en caliente, los materiales deben pasar por una serie de operaciones similares para los dos tipos de plantas. Estas operaciones incluyen:

- Almacenaje de los agregados pétreos

El almacenaje de los agregados pétreos se lo realiza en montones de acopio o tolvas que deben separarse para evitar que los materiales se mezclen entre sí. Estos elementos de separación deben cubrir toda la altura de los montones y ser resistentes para soportar las presiones originadas por el peso de los agregados y el trájín de la planta.

Para producir mezclas asfálticas en caliente de alta calidad es esencial tener buenos procedimientos de acopios de reserva. Los agregados retienen su gradación si son adecuadamente acopiados, mientras que cuando el acopio es malo las partículas de agregado se segregan y la gradación varía en los diferentes niveles del acopio.

El relleno mineral o filler, es usualmente almacenado en depósitos, silos o bolsas para prevenir que sean arrastrados por el viento y que sean expuestos a la humedad lo cual los puede aglutinar y endurecer.

El manejo del agregado degrada hasta cierto punto las partículas individuales del agregado y causa segregación cuando se trata de partículas que presentan diferentes tamaños, por lo tanto el manejo debe ser mínimo. El manejo mínimo consiste en apartar el agregado de las reservas para que pueda ser procesado adicionalmente para luego ser mezclado en la planta de producción de mezcla asfáltica.

La norma general para el manejo de agregados consiste en usar un cargador de tractor para remover el material de las partes casi verticales del acopio debido a que otros vehículos de tracción aumentan la probabilidad de una alta degradación.

Para realizar un buen procedimiento de control de calidad de los agregados, se requiere de pruebas durante los procesos de producción, acopio y manejo para asegurar que solamente se usa material satisfactorio en la mezcla, además se

debe proporcionar un registro permanente como evidencia de que los materiales cumplen con las especificaciones de la mezcla.

Las muestras seleccionadas deben ser verdaderamente representativas de todo el agregado de acuerdo al numeral 400.2.1 del artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

- Alimentación de los agregados fríos

La alimentación de los agregados fríos es el elemento más importante en una planta de producción de mezcla asfáltica en caliente; se puede realizar mediante uno de los tres métodos siguientes o una combinación de ellos:

Tolvas descubiertas con dos (2), tres (3) o cuatro (4) compartimientos

Túnel situado bajo los montones de acopio separados por muros divisorios

Grandes tolvas

Durante la carga de las tolvas de alimentación en frío deben tomarse las precauciones para reducir al mínimo la segregación y degradación de los agregados.

Existen varios tipos de alimentadores entre estos tenemos:

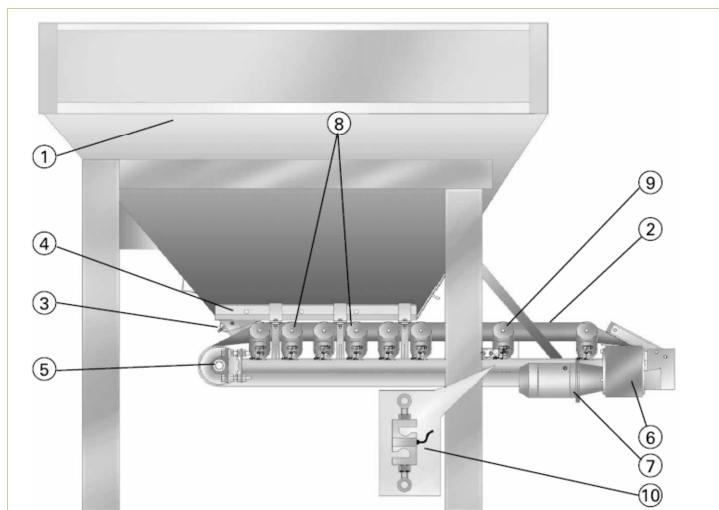
Cinta transportadora continua

Alimentador de vaivén

Alimentador vibratorio

Alimentador por gravedad

Figura 1. Identificación de componentes del sistema de alimentación y dosificación de agregados



1. Tolva
2. Correa dosificadora
3. Guía trasera
4. Guías laterales
5. Rodo guía tensor
6. Rodo accionador
7. Motoreductor
8. Rodos de carga
9. Rodo balanza
10. Célula de carga

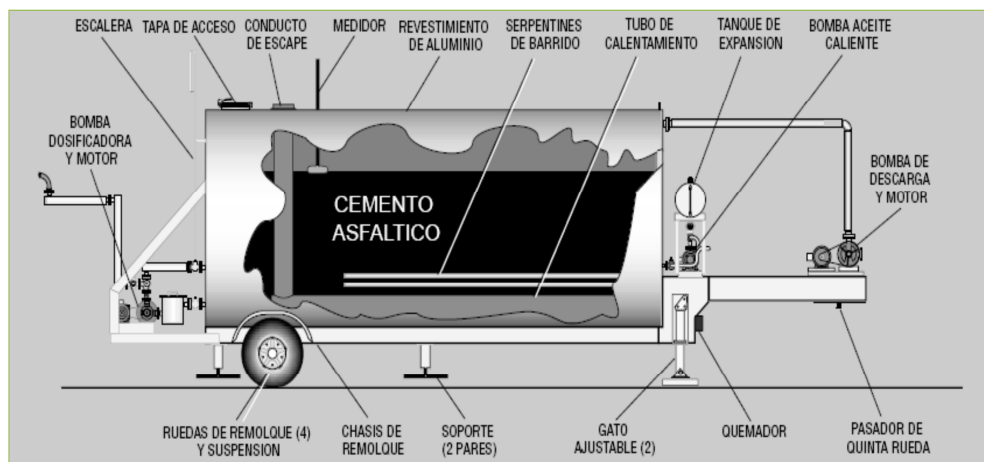
Fuente: Manual de plantas RD - 2003

Generalmente en la mayoría de las plantas, en la parte inferior de las tolvas se encuentra una correa transportadora dosificadora, esta es accionada por uno de los rodos guías, el cual recibe potencia a través de correas de un motor eléctrico. En algunos casos la velocidad de la correa transportadora es constante aunque en las plantas de tambor mezclador puede ser de velocidad variable.

- Almacenaje de asfalto

El almacenaje de asfalto se lo realiza en tanques de diferente capacidad siendo el más común los de cuarenta mil (40,000) litros. Estos tanques deben disponer de serpentines de circulación de vapor o aceite que puedan emplearse para calentar el asfalto cuando sea necesario.

Figura 2. Sistema de almacenamiento y calentamiento del Cemento Asfáltico



Fuente: Manual de plantas RD - 2003

Las cantidades de asfalto almacenadas en las plantas deben ser suficientes para permitir una operación uniforme. Los tanques de almacenamiento de asfalto deberán ser calibrados para que la cantidad remanente de material en el tanque pueda ser determinado en cualquier momento.

El sistema de calentamiento está compuesto principalmente por una caldera, una bomba centrífuga que hace recircular el aceite térmico, tuberías encamisadas y serpentines que están directamente sumergidos en los depósitos de cementos asfálticos; así también el sistema debe contar con los dispositivos de control necesarios, en este caso termómetros. La mayoría de calderas están provistas de un control automático que regulan la temperatura una vez programada. En algunos sistemas también son utilizados el vapor o gases de combustión como fluido caliente. En caso de usar los sistemas de calefacción por gases calientes de quemadores de combustible líquido, la cámara de combustión debe estar fuera del

tanque o protegida con material refractario y es necesario un mejor control de la temperatura.

El tanque de almacenamiento de asfalto debe cumplir algunas exigencias como:

Tener termómetros tipo inscriptor situados en puntos específicos que permitan un control efectivo de temperaturas en cualquier momento.

Tener capacidad suficiente de reserva para al menos un día de trabajo sin interrupciones.

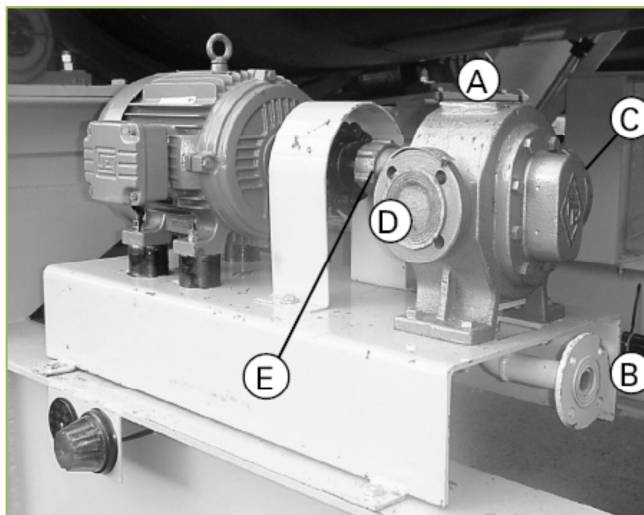
El sistema de circulación deberá tener capacidad suficiente para un caudal uniforme y estar provisto de camisas de aislamiento térmico y conservación de la temperatura.

Tener dispositivos confiables para la medición y muestreo del asfalto, el muestreo generalmente se lo realiza por medio de válvulas en el sistema de circulación.

- Dispositivos para dosificar el asfalto

En las plantas continuas la dosificación del cemento asfáltico se realiza por medio de bombas a presión. Los tipos más utilizados son las bombas de volumen constante, pero también se utilizan las de volumen variable. Con las bombas de caudal constante, mediante distintos juegos de piñones, se consigue ajustar la porción de asfalto a suministrar.

Figura 3. Bomba dosificadora de cemento asfáltico – Bomba de engranes



- A. Entrada de aceite térmico
- B. Salida de aceite térmico
- C. Entrada de cemento asfáltico
- D. Salida de cemento asfáltico
- E. Prensa empaque

Sentido de rotación anti horario

Fuente: Manual de plantas MCI – Cifali – 2003

Los fabricantes de plantas tipo continuo dan generalmente los datos sobre la cantidad de asfalto suministrado por la bomba por cada vuelta que esta realiza, hay que tomar en consideración los datos de temperatura y condición de los engranes de la bomba. Las bombas de engranajes para inyección de asfalto se encuentran de diferentes capacidades; para una planta de 100 Ton/Hora se utiliza una de 1.5 pulgadas y una de 2 pulgadas para una capacidad mayor. Estas bombas poseen una cámara externa, a través de la cual puede circular el aceite térmico para evitar el atascamiento de cemento asfáltico por endurecimiento. Se deberá controlar la temperatura del asfalto en la cañería que lo conduce a las válvulas de descarga a la entrada de la mezcladora.

- Medición del filler mineral

En las plantas donde se exija un control muy riguroso de la dosificación del filler es necesario un alimentador y un dosificador con básculas independientes.

El sistema de alimentación del filler debe tener una capacidad de almacenaje, como mínimo, de un día de producción de la planta.

La tolva de filler debe vaciarse al final de cada jornada de trabajo, cubriéndola para mantenerla seca ya que la humedad puede dar lugar a la formación de grumos que impiden el adecuado flujo del material.

- Secado y calentamiento del agregado

Después de salir de las tolvas frías, los agregados son descargados en el secador, el cual realiza dos funciones:

Remover la humedad de los agregados

Elevar la temperatura de los agregados al nivel deseado

El secador es un cilindro giratorio con diámetros de 0.90 a 3.00 metros y una longitud de 6.00 a 12.00 metros. En su interior está provisto de paletas o canales longitudinales que secan y calientan los áridos mediante un quemador de combustible líquido o gaseoso.

Cada partícula de los agregados se expondrá repetidamente a esta acción por el tiempo y a la temperatura necesaria para reducir la humedad a un máximo del uno por ciento (1%).

Se debe comprobar periódicamente la calidad del secado de los agregados transportados a la planta. El secado es la operación más costosa debido al

consumo de combustible por tal motivo la tasa de producción de toda la planta depende de la eficiencia del secador.

El proceso de secado y calentamiento del agregado debe cumplir algunas exigencias como:

El horno secador estará diseñado con una longitud y un número de revoluciones tales que permitan recibir los agregados y movilizarlos hacia la salida en una forma regular y continua.

El calentamiento debe ser uniforme y graduado para evitar cualquier deterioro de los agregados

Dispondrá de dispositivos exactos y de funcionamiento seguro para que la medición de la temperatura de los agregados a la salida del secador presente un máximo de error de ± 5 °C.

- Colector de polvo

El sistema colector de polvo o de finos tiene como principal función la eliminación de partículas de los gases de escape que son liberados al medio ambiente para evitar la contaminación. Las partículas que son producidas durante el proceso de secado provenientes de los agregados son arrastradas por el flujo de aire producido por el ventilador extractor y luego son atrapadas y precipitadas por el sistema colector de polvo. Para los colectores de polvo o finos, como suele llamárseles, de vía húmeda el sistema está constituido por un sistema de riego, tubo venturi, decantador y chimenea, además del ventilador.

Los gases del proceso son extraídos por el ventilador extractor, ayudando también a la combustión dentro del secador, luego son regados con agua atomizada aproximadamente con 80 galones/minuto, dependiendo del diseño de la planta. El agua y el flujo de gases abrumado de partículas finas en una forma de flujo ciclónico llegan al tubo venturi y la mezcla densa de agua y polvo se remueve y se transfiere a los estanques de asentamiento. Estos están diseñados para permitir la remoción de las partículas sólidas del agua. El ventilador extractor, controlado por una válvula de entrada de aire, regula la circulación de gas del proceso y la caída de la presión. Los colectores de polvo logran eficiencias de hasta 90%. Las partículas atrapadas en el colector de polvo y precipitadas en los tanques de asentamiento pueden ser reincorporadas a la mezcla.

- Cribas y tolvas de recepción en caliente

La planta dispondrá de cribas suficientes para tamizar el agregado proveniente del secador y separarlos en las gradaciones requeridas para alojarlas en las diferentes tolvas individuales de recepción.

La función de las cribas es separar adecuadamente los áridos en los tamaños especificados, por lo cual la superficie de las cribas debe ser suficientemente grande para admitir la máxima alimentación permisible a las tolvas.

Las tolvas calientes son usadas temporalmente para almacenar el agregado caliente y cribado en los diferentes tamaños requeridos. Una tolva caliente deberá ser lo suficientemente grande para acomodar el material necesario de cada tamaño cuando el mezclador está operando en toda su capacidad total.

- Temperatura de la mezcla

Tanto el asfalto como el agregado deben ser calentados antes de ser combinados en el mezclador; el asfalto para darle suficiente fluidez y pueda ser bombeado y el agregado para que este lo suficientemente seco y caliente para que así se produzca una mezcla a la temperatura deseada.

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

- Transportador escalonado

El transportador escalonado, tiene como función transportar la mezcla terminada, hacia el depósito de descarga o hacia un silo de almacenamiento, dependiendo si la planta está equipada con éste. El transportador escalonado consiste en un rectángulo metálico, que en su interior posee una cadena equipada con las paletas de arrastre, las que transportan la mezcla. Es colocado de forma inclinada a 45 hasta 55 grados según sea el caso.

- Almacenamiento de la mezcla asfáltica en caliente

La mayoría de las plantas están equipadas con silos de almacenamiento temporal de mezclas asfálticas en caliente, con el fin de prevenir paros en la planta por interrupciones en las operaciones de pavimentación o debido a la escasez de volquetas que transporten el material al lugar de la obra.

Los silos o depósitos aislados pueden almacenar mezcla en caliente hasta por doce (12) horas sin tener pérdidas grandes de calor o de calidad.

- Sistema de control

El sistema de control está compuesto principalmente por el Hardware (componentes físicos) y Software. Parte de estos ubicados en una cabina de control, donde se encuentran todos los mandos de la planta y desde donde se pueden monitorear todas las operaciones de arranque, funcionamiento, acciones correctivas y paro de la misma.

El Hardware comprende desde las computadoras, impresora de reportes, y todos los controles electrónicos y eléctricos ubicados en la cabina de control y el sistema de control compuesto por los dispositivos eléctricos y electrónicos que reciben las señales de los distintos sensores ubicados en la planta y que envían y reciben operaciones de mando de los microprocesadores en cabina de control.

En la actualidad, la mayoría de plantas productoras de mezcla asfáltica utilizan sofisticados sistemas de control, el tipo de sistema de control dependerá directamente del tipo de planta y del fabricante. El software comprende los distintos programas para computadora, realizados para cada tipo de sistema de control, en la mayoría de ellos se puede observar en pantalla distintos parámetros como: temperatura de aceite térmico, temperatura del filtro de mangas, temperatura de la mezcla a la salida, etc. Desde allí se pueden realizar operaciones de mando sobre todo el proceso.

1.4 CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

La finalidad de establecer parámetros de control en los proyectos viales, es entregar al usuario final un producto de buena calidad. El Instituto Nacional de Vías – INVIAS, con la expedición de normas y especificaciones a establecido una conducta de mejoramiento continuo en las labores constructivas de una carretera, instando a las empresas involucradas a prestar mayor atención en la gestión del control de calidad en todos y cada uno de los procesos de producción y colocación de mezclas asfálticas.

La calidad de una obra es responsabilidad del Contratista y del Interventor. En lo que respecta al Contratista el control de calidad está orientado a realizar las pruebas requeridas para obtener un producto satisfactorio y en lo que respeta a la Interventoria el aseguramiento de la calidad está orientado a realizar las pruebas necesarias para aceptar o rechazar el producto terminado.

El Contratista debe encargarse de comprobar la calidad de los materiales que recibe y/o produce y documentar los resultados de las pruebas de laboratorio para la supervisión, la cual debe verificar mediante pruebas complementarias dentro de

un programa de aseguramiento de la calidad. Es así como el Contratista implementa un control integrado de la obra y la Interventoría asegura la calidad. La elaboración y colocación de una mezcla asfáltica es una producción a nivel industrial y como tal debe recurrirse a tratar de conseguir una calidad óptima, durable y permanente.

El proceso de producción y colocación de mezcla asfáltica en caliente supone un conjunto de actividades, que en teoría, permite crear un producto final de óptimas calidades para lo cual se debe analizar cada proceso involucrado en la producción y puesta en obra de la mezcla; el control integral se debe hacer sobre:

Calidad del cemento asfáltico, de los agregados pétreos y del llenante mineral.

Composición de la mezcla.

Calidad de la mezcla.

Calidad del producto terminado.

1.4.1 Calidad de los materiales

- Cemento asfáltico

A la llegada de cada carrotanque con cemento asfáltico a la planta, se deberá exigir una certificación original expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega. El cemento asfáltico a emplear en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será seleccionado en función de las características climáticas de la región y las condiciones de operación de la vía y estarán en concordancia con las condiciones especificadas en el artículo 400 – 07, artículo 400.2.2 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS⁷.

Los ensayos que se debe hacer para verificar la calidad del cemento asfáltico empleado, son:

Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)

Índice de penetración

Viscosidad absoluta (60 °C)

Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)

⁷ ARENAS LOZANO, Hugo León; MARTINEZ, René. Composición química del asfalto colombiano producido en refinería y su correlación con la durabilidad. Universidad del Cauca. Popayán. 1989.

Solubilidad en tricloroetileno

Contenido de agua

Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland

Pérdida de masa por calentamiento en película delgada en movimiento (163 °C, 75 minutos)

Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento en % de la penetración original

Incremento en el punto de ablandamiento luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento

En los anexos, se indica el reporte de resultados de ensayos de laboratorio del cemento asfáltico empleado, expedido por ECOPETROL y que se ajustan a lo estipulado en el artículo 410 numeral 410.5.2 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

- Agregados pétreos

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que sean pertinentes de aquellos que se encuentran indicados en la Tabla 400.1 del artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

Entre los ensayos rutinarios que se deben realizar, se tiene:

Granulometría

Desgaste en la máquina de los ángeles

10% de finos

Perdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o magnesio

Índice de plasticidad

Equivalente de arena

Partículas planas y alargadas

Gravedad específica y absorción

- Llenante mineral

Para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad aparente según la norma INV E – 225 – 07.

1.4.2 Composición de la mezcla. A la salida del mezclador y/o sobre cada volqueta que transporte la mezcla asfáltica, se debe controlar su aspecto y la temperatura.

Cuantitativamente se debe realizar ensayos para determinar el contenido de asfalto y la granulometría de los agregados.

- Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote de una jornada de trabajo, se determina el contenido de asfalto residual de acuerdo a la norma INV E – 732 – 07.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3%), por encima o por debajo, respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%) producto del diseño Marshall.

$$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor promedio (ART%) en más de medio por ciento (0.5%), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\%$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART%) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, se demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

- Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinara la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E – 782. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 6, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Tabla 6. Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas densas, semidensas y gruesas en caliente y mezclas de alto modulo

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4.75 mm (No. 4 y mayores)	± 4%
2.00 mm (No. 10) 425 µm (No. 40) 180 µm (No. 80)	± 3%
75 µm (No. 200)	± 1%

Fuente: Artículo 450 – 07 de las especificaciones generales de construcción de carreteras. INVIAS

1.4.3 Calidad de la mezcla. Una vez elaborada la mezcla en planta, es necesario hacer los siguientes controles para verificar su comportamiento de acuerdo con los resultados obtenidos en el diseño Marshall.

- Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras de la mezcla elaborada, se compactarán dos (2) probetas por muestra a la temperatura apropiada según el asfalto empleado en la mezcla, para verificar en el laboratorio su estabilidad y flujo en el ensayo Marshall según la norma INV E – 748 – 07.

A dichas probetas se les determinarán previamente los vacíos con aire. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas deberá encontrarse en el rango establecido en la Tabla 450.4 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS, sin que ningún valor individual pueda alejarse en más de medio por ciento (0.5%) de los límites del rango.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de estabilidad y flujo.

Si el requisito de vacíos con aire se cumple, se procederá a determinar la estabilidad y el flujo de las cuatro (4) probetas.

- Estabilidad

La estabilidad media de las cuatro (4) probetas (E_m) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (E_t).

$$E_m \geq 0.9 \times E_t$$

Ningún valor individual (E_i) podrá exceder en más de veinticinco por ciento (25%) el valor de estabilidad de la fórmula de trabajo (E_t), ni encontrarse por debajo del valor mínimo establecido en la Tabla 450.4 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

$$E_i \leq 1.25 \times E_t$$

$$E_i \geq \text{Valor mínimo establecido en la tabla anterior}$$

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

$$E_i \geq 0.8 \times E_m$$

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

- Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m) deberá encontrarse entre el ochenta por ciento (80%) y el ciento veinte por ciento (120%) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (F_t), pero no se permitirá que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en la Tabla 450.4 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

$$0.80 \times F_t \leq F_m \leq 1.20 \times F_t$$

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido en la Tabla 450.4 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el Interventor decidirá, al compararlo con las estabilidades, si el lote debe ser rechazado o aceptado.

- Relación estabilidad / flujo

Se calculará esta relación para las cuatro (4) probetas elaboradas para el control de estabilidad y flujo en cada lote.

Los valores obtenidos se deberán encontrar dentro de los límites establecidos en la Tabla 450.5 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS, según el tránsito de diseño de la vía para la cual se está elaborando la mezcla. Si al menos uno de los valores calculados queda por fuera de dichos límites, se rechazará el lote, así los valores individuales de estabilidad y de flujo sean satisfactorios.

- Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el Interventor lo considere conveniente, de acuerdo con el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se verificará en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725 - 07.

Al efecto, se moldearán seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda, determinándose la resistencia promedio de cada grupo como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80%) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

El incumplimiento de este requisito implicará la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes cuya mezcla considere el Interventor que puede presentar este problema (seis núcleos por lote, tres curados en seco y tres bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito serán rechazados.

Además, los trabajos se deberán suspender hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

- Contenido de agua

Siempre que la apariencia de la mezcla indique la posible presencia de agua en ella, se determinará el contenido de agua en la mezcla asfáltica, según la norma de ensayo INV E-755.

El contenido de agua en cualquier mezcla asfáltica en caliente no podrá ser mayor que medio por ciento (0.5%). Los volúmenes de mezcla que no cumplan con este requisito serán rechazados.

- Módulo resiliente

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo, se deberá determinar el módulo resiliente, según la norma de ensayo INV E-749. La prueba deberá ser realizada por duplicado, sobre probetas tipo Marshall, compactadas con 75 golpes por cara, a la temperatura y frecuencia indicadas en el numeral 450.4.2.3 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS. El valor promedio obtenido deberá ser, como mínimo, de diez mil mega pascales (10.000 MPa).

Este control se realizará a razón de un juego de ensayos por:

Cada quinientos metros cúbicos (500 m³) de mezcla compactada

El volumen total compactado, si la obra contempla la construcción de un volumen total inferior a dicha cantidad.

En el caso de estas verificaciones, el Interventor deberá conservar suficientes probetas adicionales para ulteriores ensayos de contraste, los cuales se realizarán en caso de que los resultados de las pruebas iniciales indiquen que no se cumple el valor mínimo de diez mil mega pascales (10.000 MPa), bajo las condiciones de ensayo recién descritas.

Los ensayos de contraste se realizarán sobre un número de probetas no inferior al doble de las utilizadas para la primera verificación y el valor promedio del módulo resiliente de ellas deberá ser mayor de diez mil mega pascales (10.000 MPa). Si este valor mínimo no se cumple, el volumen de mezcla objeto del control será rechazado y el Constructor deberá fresarlo y retirarlo, a su costa, y reemplazarlo por otro de calidad satisfactoria. El material fresado será propiedad del Constructor.

Si las especificaciones particulares establecen requisitos sobre módulos resilientes para otras mezclas del proyecto, se deberá seguir un proceso de verificación similar al mencionado para las mezclas de alto módulo.

1.4.4 Calidad del producto terminado. Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en caliente:

Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla en caliente colocada en todo el ancho de la calzada.

Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla en caliente colocada.

La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para la determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), la definición de “lote” será como se indica en el inciso e. del numeral 440.5.2.6 del Artículo 440 de estas especificaciones generales de construcción del INVIAS.

La capa terminada de mezcla asfáltica en caliente deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base, no deberá variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada y la variación no podrá exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Además, se deberá efectuar las siguientes verificaciones:

– Compactación

La determinación de la densidad de la capa compactada se realizará, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Tales sitios, para la toma de muestras o las mediciones in situ, se elegirán al azar según la norma de ensayo INV E – 730 – 07, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La densidad de la capa compactada se deberá referir a la densidad máxima teórica (D_{mm}), determinada sobre una muestra representativa de la mezcla del lote y medida según la norma de ensayo INV E – 735 – 07, “Gravedad específica y densidad máxima teórica de mezclas asfálticas para pavimentos”

– Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85%) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 \times e_d$$

– Segregación térmica

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciado.

Estas fotografías, que serán incluidas en el Informe final de Interventoría, servirán al Instituto Nacional de Vías como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el período de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de las capas asfálticas.

– Otras verificaciones

La superficie terminada debe cumplir todos los requisitos establecidos en los literales c., d., e., f., g., y h. del artículo 440, numeral 440.5.2.6 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS y que incluye:

Lisura

Resistencia al deslizamiento

Regularidad superficial

Construcción de capas de re-nivelación

Correcciones por variaciones en el diseño

Medidas de deflexión

Todas las áreas de mezcla asfáltica en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquéllas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

1.4.5 Ensayos necesarios para evaluar la composición de la mezcla

- Toma de muestras de mezclas asfálticas para pavimentos según la norma INV E – 731 – 07

– Objeto

Esta norma da procedimientos para la toma de muestras de mezclas de materiales asfálticos con agregados minerales tal como son preparados para el uso en pavimentación, tanto en las plantas de producción como en los puntos de almacenamiento y entrega. Las muestras se pueden usar para los dos propósitos siguientes:

Como muestra representativa de las características o condiciones promedio de la mezcla asfáltica producida.

Para determinar las variaciones periódicas de las características de las mezclas con el fin de controlar su uniformidad.

Esta norma no involucra las debidas precauciones de seguridad que se deben tomar para la manipulación de materiales y equipos aquí descritos, ni establece pautas al respecto para el desarrollo de cada proceso en términos de riesgo y seguridad industrial.

– Uso y significado

El muestreo es igualmente importante que el ensayo, y la toma de muestras se debe realizar con todas las precauciones a fin que la muestra obtenida produzca un estimativo aceptable de la naturaleza y condiciones de los materiales que ellos representan.

Las muestras obtenidas para el desarrollo de diseños y verificación de información, deben ser tomadas por los directos responsables de su ejecución. Las muestras para el control de fuentes de producción o almacenamiento en el sitio de la obra deben ser tomadas por el proveedor, constructor o cualquier otra parte responsable de la terminación de los trabajos. Las muestras para ensayos, para juzgar la aceptación o el rechazo de las mismas y para la toma de decisiones sobre la compra, deben ser obtenidas por el interventor, el comprador o el representante autorizado según la función desempeñada dentro del proyecto.

– Selección de muestras

Se debe tener cuidado al hacer el muestreo para evitar la segregación del agregado grueso o de mezclas asfálticas; también, se debe evitar la contaminación por polvo u otras materias extrañas.

Las muestras de mezclas asfálticas sobre las cuales se va a basar la aceptación o rechazo del lote, deben ser de acuerdo con los procedimientos descritos en esta norma.

– Tamaño de las muestras

El tamaño de la muestra estará determinado por el tamaño máximo del agregado dentro de la mezcla. El tamaño mínimo de la muestra debe estar de acuerdo con los requisitos de la Tabla 7.

El número de muestras de campo (obtenidas por cualquiera de los métodos descritos más adelante) requeridas depende de los criterios y variaciones de las propiedades a medir en el laboratorio.

Tabla 7. Tamaño de la muestra

Tamaño nominal máximo de los agregados que pasan por el tamiz:	Peso mínimo de la muestra no compactada Kg (Lb)	Área mínima de la muestra de pavimento compactada cm ² (pulg ²)
2.36 mm (No. 8)	2,0 (4)	232 (36)
4.75 mm (No. 4)	2,0 (4)	232 (36)
9.5 mm (3/8")	4,0 (8)	232 (36)
12.5 mm (1/2")	5,0 (12)	413 (64)
19.0 mm (3/4")	7,0 (16)	645 (100)
25.0 mm (1")	9,0 (20)	929 (114)
37.5 mm (1 1/2")	11,0 (25)	929 (114)
50.0 mm (2")	16,0 (35)	1.453 (225)

Norma INV E – 731 – 07

– Recipientes para la toma de muestras

Los recipientes en los cuales se transporta la muestra deben ser construidos de forma tal que se minimice la posible contaminación de la misma y se evite algún daño de la muestra durante el manejo y transporte.

Los recipientes deben ser identificados mediante adhesivos impermeables que no sean fácilmente atacables por la muestra. La información que debe contener la identificación se da más adelante.

– Muestras tomadas en vehículos transportadores

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente a la volqueta, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte a la volqueta o directamente a una pila de almacenamiento.

En la planta “TRAE LTDA CONSULTORES” la mezcla asfáltica en caliente una vez producida es vertida directamente sobre la volqueta, razón por la cual las muestras se tomaran en los vehículos transportadores.

Figura 4. Vertimiento de la mezcla asfáltica a la volqueta



Fuente: Esta investigación

Se sacaran de no menos de seis (6) puntos diferentes, aproximadamente a 305 mm (12") por debajo de la superficie, distribuidos sobre el vehículo de tal modo que queden en los puntos medios de las secciones que representan cada una la sexta parte del área superficial del vehículo y que se logran suponiendo una línea media a lo largo y dos líneas transversales que dividen la superficie en tres (3) partes iguales. En caso de que se requiera un número mayor de muestras para formar la acumulativa, se tomaran en puntos espaciados de acuerdo con un patrón geométrico satisfactorio. Estas porciones se mezclarán y reducirán por cuarteo al tamaño requerido de la muestra, de tal forma que excedan las cantidades mínimas dadas en la Tabla 7.

– Identificación de las muestras

Para muestra tomadas en planta, cada muestra vendrá acompañada de una descripción dando la siguiente información:

- Nombre de la empresa
- Tipo, capacidad y ubicación de la planta
- Tipo de ligante asfáltico
- Agregados usados en la mezcla
- Cantidad representada
- Nombre y cargo de quien toma la muestra y quien la envía
- Fecha de muestreo
- Ensayos requeridos
- Nombre y cargo de la persona a quien se le enviara el resultado

- Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos aplicando el método A según la norma INV E – 732 – 07

– Objeto

Esta norma describe métodos para la determinación cuantitativa del asfalto en mezclas asfálticas en caliente y en muestras de pavimentos. Los agregados obtenidos mediante estos métodos se pueden emplear para análisis granulométrico y otro tipo de ensayos.

Este método no pretende dar directrices sobre aspectos de seguridad asociados. Es responsabilidad de quien lo emplee, establecer las medidas de seguridad y salubridad apropiadas y determinar la aplicación de las limitaciones regulatorias antes de su empleo.

– Resumen del método

El ligante de la mezcla se extrae con tricloroetileno, bromuro de n-propilo o cloruro de metileno, empleando el equipo de extracción aplicable al método particular. El terpeno se puede emplear en los métodos A o E. El contenido de asfalto se calcula por diferencias a partir de las masas del agregado extraído, del contenido de humedad y del material mineral en el extracto. El contenido de asfalto se expresa como porcentaje en masa de las mezclas libres de humedad.

– Uso y significado

Se pueden emplear todos los métodos para hacer determinaciones cuantitativas de asfalto en mezclas en caliente para pavimentos y en muestras de pavimento, para su aceptación, para su evaluación en servicio, para control de calidad y para investigaciones. Cada método prescribe el solvente o los solventes y cualquier otro reactivo que se pueda utilizar.

– Equipo

El equipo necesario para realizar el ensayo de extracción del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos aplicando el método A de la norma INV E – 732 – 07 es el siguiente:

Aparato de extracción: consistente en una taza como la mostrada en la Figura 5 y un aparato en el cual se pueda rotar la taza a una velocidad variable y controlada hasta de 3.600 r.p.m. El aparato debe estar provisto de un recipiente para recoger el solvente que escapa de la taza y un desagüe para remover dicho solvente (Figura 6).

Es deseable que el aparato disponga de accesorios protectores contra explosiones y estar instalado bajo una campana o con un sistema de desfogue superficial efectivo para asegurar la ventilación.

Anillos filtrantes: de fieltro o de papel para colocar sobre el borde de la taza.

Horno: que pueda mantener la temperatura a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Recipiente plano: de tamaño apropiado para calentar los especímenes.

Balanza: de capacidad suficiente y con aproximación mínima de 0.1% de la masa de la muestra.

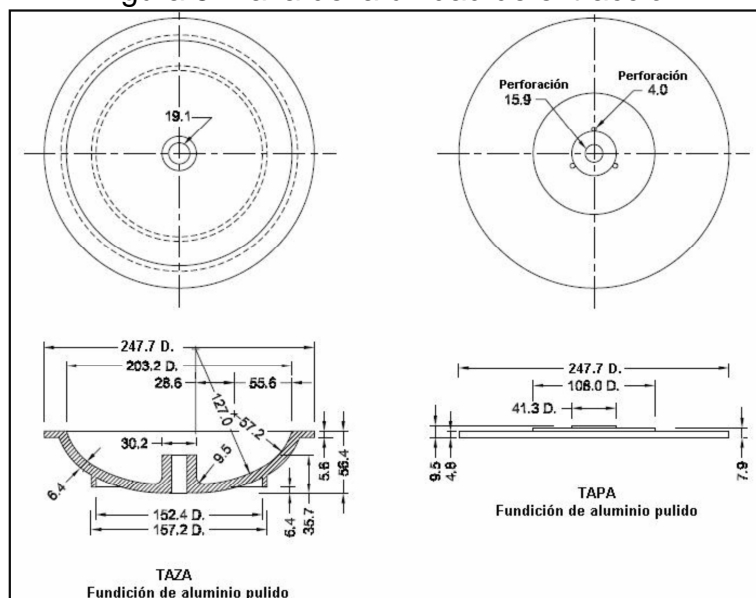
Placa de calentamiento: eléctrica, con velocidad de calentamiento ajustable.

Cilindros graduados: de 1.000 o de 2.000 ml de capacidad. Opcionalmente un cilindro de 100 ml de capacidad.

Capsula de porcelana: de 125 ml de capacidad.

Desecador

Figura 5. Taza de la unidad de extracción



Norma INV E – 732 – 07

Figura 6. Aparato de extracción



Fuente: Esta investigación

– Reactivos

Los reactivos necesarios para desarrollar el ensayo son:

Solución saturada de carbonato de amonio $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$ químicamente puro

Cloruro de metileno químicamente puro

Bromuro de n-propilo conforme con la norma ASTM D6368

Tricloroetileno de grado reactivo o conforme con la norma ASTM D4080

Terpeno que debe ser no halogenado, no tóxico y debe disolver rápidamente el contenido de asfalto de HMA y colocarlo en solución. Este extractante debe ser fácilmente enjuagado del agregado remanente sin que se forme un gel y el enjuague debe pasar fácilmente a través de la tierra diatomácea y el filtro

– Precauciones

Los solventes indicados anteriormente se deberán emplear tan solo bajo una campana con un sistema de desfogue superficial efectivo en un área bien ventilada ya que todos son tóxicos en algún grado.

El tricloroetileno, el bromuro de n-propilo y el cloruro de metileno pueden formar ácidos en presencia de calor y humedad, los cuales son extremadamente corrosivos para ciertos metales, particularmente cuando se mantienen en contacto durante períodos prolongados. Deberá evitarse que estos solventes permanezcan en pequeñas cantidades en los tanques afluentes de los extractores de aluminio al vacío.

Cuando se almacena tricloroetileno en un recipiente de acero y se halla en contacto continuo con la humedad, se puede descomponer por deshidrohalogenación para formar líquidos hidrocarbonados no saturados y cloruro de hidrogeno. Los tambores de acero que contengan tricloroetileno se deberán almacenar en un sitio fresco y seco, y se deberán mantener herméticamente sellados y abrirse con la menor frecuencia posible. El tricloroetileno deberá transferirse de los tambores a botellas de vidrio carmelitas y limpias para uso en el laboratorio. El cloruro de hidrogeno en el tricloroetileno descompuesto puede endurecer un asfalto durante la extracción y la recuperación de la prueba de Abson.

– Preparación de los especímenes de ensayo

Las muestras de ensayo se obtienen de acuerdo a la norma INV E – 731 – 07.

Si la mezcla no es suficientemente blanda para separarla con una espátula o palustre, se la coloca en una bandeja grande y plana y se calienta en el horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que se pueda manejar o disgrega r. El material se parte o cuartea hasta que se obtenga la masa del material requerida para el ensayo (W1).

La cantidad de la muestra para el ensayo se determinara según el tamaño máximo nominal del agregado en la mezcla de acuerdo con la Tabla 8.

Tabla 8. Tamaño de la muestra para el ensayo

Tamaño nominal máximo de los agregados	Cantidad mínima de material Kg
4,75 mm (No. 4)	0,5
9,5 (3/8")	1,0
12,5 (1/2")	1,5
19,0 (1/4")	2,0
25,0 (1")	3,0
37,5 (1 1/2")	4,0

Fuente: Norma INV E – 732 – 07

Cuando la cantidad del espécimen de ensayo exceda la capacidad del equipo empleado, se puede dividir en porciones apropiadas y ensayarse combinando luego adecuadamente los resultados para el cálculo del contenido de asfalto.

A menos que la muestra se encuentre libre de agua, se necesita una muestra adicional para la determinación de la humedad en las mezclas. Esta muestra se toma de la mezcla remanente inmediatamente después de obtener el espécimen para el ensayo de extracción. Si la finalidad del ensayo de extracción no es determinar el contenido de asfalto, sino recuperarlo de la mezcla para otros ensayos, no es necesario determinar la humedad de la mezcla asfáltica.

– Humedad

Cuando se requiera determinar la humedad se puede hacer bajo dos consideraciones:

Si el asfalto extraído es necesario para realizar otros ensayos de laboratorio, entonces para calcular la humedad de la mezcla se debe determinar de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E – 755 – 07. La masa de agua (W2) en la porción del ensayo de extracción se calcula multiplicando el porcentaje de la masa del agua, por la masa de la porción del ensayo de extracción (W1).

Si no se necesita el asfalto recuperado de la solución obtenida en el proceso de centrifugación, la humedad se determina antes de la extracción del asfalto por diferencia de pesos entre la muestra recién tomada (W1) y la muestra secada al horno hasta peso constante a una temperatura comprendida entre 149 °C y 163 °C durante 2 a 2 1/2 horas.

Para este caso, como no se van a realizar ensayos de laboratorio al asfalto recuperado, entonces podemos determinar la humedad tal como se describe anteriormente en la segunda opción.

– Procedimiento

Se determina la humedad del material.

Se coloca la porción de ensayo en la taza y se cubre con tricloroetileno, cloruro de metileno, bromuro n-propilo o terpeno y se deja el tiempo suficiente para que el disolvente desintegre la porción de ensayo (no más de una hora).

Se coloca la taza que contiene la porción de ensayo y el solvente en el aparato de extracción.

Se toma el anillo filtrante y se seca a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ y se determina su masa y se coloca alrededor del borde de la taza.

Se aprieta la tapa firmemente sobre la taza y se coloca un recipiente apropiado bajo el desagüe para recoger el extracto.

Se inicia la centrifugación girando lentamente y aumentando gradualmente la velocidad hasta un máximo de 3.600 r.p.m. hasta que deje de fluir el solvente por el desagüe. Se detiene la máquina y se agregan 200 ml (o más según sea apropiado para la cantidad de la muestra) del solvente empleado y se repite el procedimiento de centrifugación.

Se deben emplear suficientes adiciones de solvente (no menos de tres) hasta que el extracto no sea más oscuro que un color ligero de paja. Se recogen el extracto y las lavaduras en un recipiente apropiado para determinar la materia mineral.

Se transfieren cuidadosamente el anillo filtrante y todo el agregado de la taza de la centrifuga a un recipiente metálico tarado. Se seca al aire bajo una campana hasta que se disipen los vapores y luego en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta masa constante. La masa del agregado extraído (W_3) es igual a la masa del contenido en el recipiente menos el peso seco inicial del anillo filtrante.

Como el agregado seco absorbe humedad cuando se expone al aire húmedo, la masa del agregado extraído se determina inmediatamente después que ha enfriado a una temperatura apropiada.

Se desprende la materia mineral adherida a la superficie del anillo filtrante y se añade al agregado extraído para los ensayos posteriores.

Se determina la cantidad de material mineral en el extracto (W_4) por alguno de los siguientes métodos:

Método de la ceniza
Método de centrifugación
Método volumétrico

Se calcula el porcentaje de asfalto en la porción de ensayo en la siguiente forma:

$$\text{Contenido de asfalto (\%)} = \frac{(W_1 - W_2) - (W_3 + W_4)}{W_1 - W_2} \times 100$$

Dónde:

W_1 = Masa de la porción de ensayo
 W_2 = Masa del agua en la porción de ensayo
 W_3 = Masa del agregado mineral extraído, y
 W_4 = Más de la materia mineral en el extracto

- Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas según la norma INV E – 782 – 07

– Objeto

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la granulometría de los agregados gruesos y finos recuperados de las mezclas asfálticas empleando tamices con malla de abertura cuadrada.

– Uso y significado

Esta norma se utiliza para determinar la gradación de los agregados extraídos de una mezcla asfáltica. Los resultados del ensayo sirven para determinar la conformidad de la granulometría con la especificación requerida y para proporcionar los datos necesarios en el control de la producción de los diferentes agregados usados en la fabricación de mezclas asfálticas.

– Equipo

Balanza: la balanza debe tener una capacidad suficiente, debe leer con una exactitud de 0.1% de la masa de la muestra.

Tamices: los tamices empleados serán de mallas con aberturas cuadradas e irán montados sobre bastidores adecuados para evitar pérdidas de material durante el tamizado. Se debe disponer de la serie de tamices para obtener la información deseada de acuerdo con la especificación.

Horno: el horno debe ser de temperatura regulable capaz de mantener la temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

– Muestra

La muestra empleada será la totalidad del agregado de la mezcla asfáltica obtenida según la norma INV E – 732 – 07

– Procedimiento

Los agregados se secan en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta conseguir una variación de masa inferior al 0.1%; se debe pesar con una precisión de 0.1. La masa total del agregado es la suma de la masa de los agregados secos, de la masa del material mineral retenida en el filtro y la masa del material fino contenido en el solvente de extracción, esta última será la masa de la ceniza.

La muestra del agregado secada y pesada se coloca en un recipiente apropiado y se cubren completamente con agua. Se le debe añadir una cantidad suficiente de

un agente humectante para facilitar el mojado de los agregados y asegurar una buena separación de las partículas finas menores de 75 μm (No. 200) de las partículas más gruesas. El material contenido en el recipiente se debe agitar vigorosamente para lograr una separación de la fracción fina y conseguir que la suspensión se mantenga mientras se realiza el proceso de vertimiento sobre los dos tamices: el de 2.0 mm o el de 1.18 mm (No. 10 o No. 16) como protección y el de 75 μm (No. 200)

Se deberá repetir la operación de agitado energético y vertido del líquido sobre el conjunto formado por un tamiz superior de 2.0 mm o el 1.18 mm (No. 10 o No. 16) y el tamiz de 75 μm (No. 200) las veces necesarias hasta que el líquido de lavado salga limpio y se garantice la separación total de las partículas finas.

Todo el material retenido sobre el conjunto formado por los dos tamices se pasa de nuevo al recipiente de los agregados, el cual se secará en el horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se pesará finalmente con una aproximación de 0.1%.

El agregado retenido seco y debidamente pesado se debe tamizar por los tamices requeridos por la especificación incluyendo el tamiz de 75 μm (No. 200). Se insertan los tamices en orden descendente de tamaño y se coloca la muestra en el tamiz de mayor tamaño. Se tamiza manualmente o con el equipo mecánico un tiempo suficiente establecido para la prueba o verificado por la medida de la muestra real de acuerdo con el criterio de suficiencia del tamizado descrito más adelante.

Se debe limitar la cantidad de material en un tamiz dado para que todas las partículas tengan oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante el proceso de tamizado. Para los tamices con las aberturas más pequeñas que 4.75 mm (No. 4), la masa retenida en cualquier tamiz durante la realización del tamizado no debe exceder 6 Kg/m². Para los tamices con las aberturas de 4.75 mm (No. 4) y mayores, la masa en Kg no debe exceder el producto de 2.5 x la abertura del tamiz en mm x el área de la superficie del tamiz en m². En ningún caso la masa debe ser tan grande que produzca deformación permanente en la tela del tamiz.

Se continúa el tamizado por un período suficiente de tal forma que después de terminado no pase más del 0.5% de la masa de la muestra total por ningún tamiz durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano realizado de la siguiente manera:

Se toma individualmente cada tamiz con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada.

Se golpea secamente el lado del tamiz con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano a razón de 150 veces por minuto girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes.

En la determinación de la eficiencia del tamizado para tamaños de abertura mayores que los del tamiz de 4.75 mm (No. 4) se debe limitar el material sobre el tamiz a una sola capa de partículas.

Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado descrito se deberán usar tamices de 203.3 mm (8") de diámetro para comprobar la eficiencia del tamizado.

Se determina y registra la masa del material que pasa cada tamiz y es retenida en el más próximo y del material que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200). Se debe verificar que la suma de las masas acabadas de determinar corresponda a la masa seca total después del lavado $\pm 0.2\%$.

Para determinar la cantidad total del material menor de 75 μm (No. 200), se sumarán la masa de material tamizado en seco que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200), la masa perdida en el lavado, el aumento de masa en el papel filtro y la masa de la ceniza obtenida después de la calcinación. Las dos últimas se sumaran cuando el ensayo de extracción se efectuó de acuerdo a la norma INV E – 732 – 07.

Si se desea comprobar el material eliminado por lavado, se pueden evaporar a sequedad los líquidos de lavado o filtrar a través del papel de filtro con la masa previamente determinada; después del filtrado, se debe secar y determinar la masa de este material.

Las cantidades de las distintas fracciones retenidas en cada tamiz así como la cantidad del material menor de 75 μm (No. 200) se convierten en los respectivos porcentajes dividiéndoles por la masa total de agregados en la mezcla asfáltica y multiplicándolo por 100.

2 MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PRODUCIDA POR LA PLANTA “TRAE LTDA CONSULTORES”

2.1 PLANTA DE PRODUCCION

2.1.1 Ubicación

Figura 7 . Ubicación de la planta de producción de mezcla asfáltica en caliente



La planta de producción de mezcla asfáltica en caliente “TRAE LTDA. CONSULTORES”, está ubicada en Briceño Bajo, en la vereda Briceño del Corregimiento de Mapachico perteneciente al municipio de Pasto; a una altura sobre el nivel del mar de 2.495 metros, en un lote de propiedad de los “hermanos Hinestroza”. Las oficinas y el laboratorio de control de calidad se encuentran ubicados en el barrio Toro Bajo de la ciudad de Pasto en la calle 18 No. 61 – 70.

2.1.2 Descripción. La planta de producción de mezcla asfáltica en caliente es de la marca Barber Green Referencia KA – 40. De acuerdo a la forma de producción, se clasifica como una planta discontinua convencional; los agregados son combinados, calentados, secados, dosificados y mezclados con el cemento asfáltico para producir una mezcla asfáltica en caliente. Es importante anotar que

el mezclado de los agregados con el cemento asfáltico se realiza en un dispositivo diferente al tambor de calentamiento de materiales pétreos. Los mecanismos de alimentación están sincronizados con el objeto de que la cantidad de material suministrada en todo momento guarde las proporciones debidas.

2.1.3 Funcionamiento de la planta

– Zona de recepción de materiales pétreos

En ésta zona se acopian los materiales provenientes de la cantera “La Vega” de propiedad del señor Samuel Pabón en donde se efectúa el proceso de trituración para cumplir con los parámetros establecidos en la curva granulométrica para la mezcla en caliente MDC1 y MDC2.

La manipulación repetitiva del agregado degrada hasta cierto punto las partículas individuales del agregado, y causa segregación cuando se trata de partículas que presentan diferentes tamaños, por lo tanto el manejo debe ser mínimo.

El manejo mínimo consiste en apartar el agregado de las reservas para que pueda ser procesado adicionalmente, para luego ser mezclado en la planta asfáltica.

En la planta “TRAE LTDA. CONSULTORES”, la manipulación de agregados consiste en usar un cargador de tractor para remover el material de las partes casi verticales del acopio, debido a que otros vehículos de tracción, aumentan la probabilidad de una alta degradación.

Figura 8. Acopio y transporte de materiales pétreos



– Tolvas

En las tolvas es depositado cada uno de los agregados pétreos. En la parte inferior, en el lado de salida y en dirección hacia donde corre la banda dosificadora, está provista de compuertas encargadas de limitar la salida del agregado y por ende hacer la dosificación necesaria.

Es importante anotar que la planta “TRAE LTDA. CONSULTORES”, no posee sistema de cribas, ya que los agregados provienen de un proceso de tritución y poseen la granulometría necesaria según el diseño de la mezcla a producir.

Figura 9. Tolvas



– Bandas transportadoras

La planta posee una correa transportadora donde son llevados los agregados ya dosificados en forma conjunta y uniforme hasta el tambor secador, la velocidad de ésta banda depende de la humedad natural del material; si está muy húmedo, se disminuye la velocidad de la banda para que la cantidad de material que ingrese al tambor sea menor y se obtenga un secado óptimo.

Figura 10. Banda transportadora



– Secador mezclador de agregados

Tiene la función de secar los agregados pétreos y elevarlos a la temperatura de mezclado necesaria (aproximadamente entre 140°C y 150 °C) para la elaboración de la mezcla. Consiste en un cilindro metálico dispuesto horizontalmente, que gira alrededor de su eje, en su interior posee aletas para arrastrar los agregados y exponerlos a la llama y gases calientes que produce el quemador de llama graduable que se encuentra en un extremo del cilindro.

Los vapores producidos por la humedad contenida en los agregados, es removida por la circulación controlada de gas y aire producida por el ventilador.

Posee un termómetro encargado de registrar la temperatura de los agregados durante el proceso de secado.

Figura 11. Secador mezclador de agregados



– Filtros

Tiene como principal función la eliminación de partículas de los gases de escape que son liberados al medio ambiente para evitar la contaminación.

Las partículas que son producidas durante el proceso de secado provenientes de los agregados, son arrastradas por el flujo de aire producido por el ventilador extractor y luego son atrapadas y precipitadas por éste sistema de filtro, el cual está constituido por un sistema de riego, tuvo decantador y chimenea.

Figura 12. Filtros



– Sistema de almacenamiento y calentamiento del cemento asfáltico

El sistema de almacenamiento del cemento asfáltico consiste en dos tanques de almacenamiento, provistos de dispositivos para calentar el cemento asfáltico hasta la temperatura de diseño dependiendo del tipo de cemento asfáltico que se va a trabajar.

Las capacidades de los tanques de cemento asfáltico son de 35,000 y 30,000 litros y poseen un aislante térmico. El sistema de calentamiento está compuesto principalmente por una caldera, una bomba centrífuga que hace recircular el aceite térmico, tuberías encamisadas y serpentines que están directamente sumergidos en los depósitos de cemento asfáltico así también cuenta con los dispositivos de control de temperatura (termómetros y termostatos). La planta está provista de un control automático que regula la temperatura a la cual se programe.

Figura 13. Sistema de almacenamiento y calentamiento del cemento asfáltico



– Sistema dosificador de cemento asfáltico

Se realiza impulsando el asfalto caliente por medio de una bomba a presión de volumen variable, la cual se ajusta dependiendo de la cantidad de asfalto a suministrar. La bomba de engranaje para inyección de asfalto tiene una capacidad de 214 Ton/Hora y diámetro de 2 pulgadas.

Figura 14. Sistema dosificador de cemento asfáltico



Esta bomba posee una cámara externa, a través de la cual puede circular el aceite térmico para evitar el atascamiento de cemento asfáltico por endurecimiento. Igualmente posee un sistema de bypass para regresar el asfalto sobrante a los depósitos. Este proceso está controlado electrónicamente ya que el suministro de asfalto óptimo para la mezcla debe inyectarse de acuerdo a la cantidad de material que salga del tambor secador.

– Mezclador de agregados y cemento asfáltico

Es donde después de haberse dosificado los agregados se realiza la mezcla homogénea de estos con el cemento asfáltico. Cuenta con un mezclador provisto con paletas, las cuales mezclan los agregados y el cemento asfáltico de cada mazada en forma homogénea. Al girar en sentido opuesto las paletas baten y revuelven la mezcla en todo el recipiente. Es muy importante para el buen funcionamiento de este tipo de mezclador que las paletas estén en buen estado mecánico.

El mezclador está abierto en uno de sus extremos por donde se efectúa la descarga continua. Por un extremo entran los agregados y en la primera sección realiza un mezclado en seco, posteriormente se inyecta el cemento asfáltico y se completa el proceso de mezclado para luego realizarse la descarga. El tiempo de mezclado es de 1 – 1,5 minutos. Finalmente, cuando la mezcla esta lista con la

proporción de asfalto adecuada, se hace la descarga directamente sobre las volquetas mediante la apertura de una compuerta.

Figura 15. Transportador escalonado



Figura 16. Descarga de la mezcla asfáltica sobre la volqueta



– Cuarto de operaciones

Está compuesto principalmente por una cabina de control donde se encuentran todos los mandos de la planta y desde donde se pueden monitorear todas las operaciones de arranque, funcionamiento, acciones correctivas y paro de la misma.

– Caldera

Es un sistema de calentamiento que funciona a base de ACPM, su función es la de proporcionar la temperatura requerida mediante un regulador a los tanques de almacenamiento de cemento asfáltico, cuenta con un sistema de control contra incendios.

Figura 17. Cuarto de operaciones



– Otros equipos

Figura 18. Planta generadora de energía, tanque de abastecimiento de ACPM, bodega de herramientas y cargador



La planta productora de mezcla asfáltica en caliente “TRAE LTDA. CONSULTORES”, cuenta además con: una planta generadora de energía, tanque de abastecimiento de ACPM, bodega de herramientas, batería sanitaria y un cargador encargado de transportar los agregados hacia las tolvas.

2.2 CONTROL DE CALIDAD

2.2.1 Comparación de los procedimientos empleados. Durante la primera quincena del mes de Junio de 2011 se efectuó un seguimiento al proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente de la empresa “TRAE LTDA CONSULTORES”. También, durante este período se tomaron tres (3) muestras de mezcla asfáltica y se sacaron dieciocho (18) especímenes a los que se hicieron los ensayos respectivos; nueve (9) ensayos se hicieron bajo las políticas de autocontrol de la empresa; los otros nueve (9) ensayos se hicieron en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño y sirvieron para la verificación y posterior análisis de los resultados obtenidos.

Tabla 9. Comparación de los procedimientos empleados – TOMA DE MUESTRAS







NORMA INV E - 731 NORMA INV E - 732	LABORATORIO UDENAR		LABORATORIO TRAE LTDA	
	Registro Fotografico	Observaciones	Registro Fotografico	Observaciones
<p>1. Las muestras se sacaran de no menos a cinco puntos, son aproximadamente 305 mm (12 pulgadas) de la superficie, distribuidas sobre el vehículo de tal modo que queden en los puntos medios de secciones que representan cada sexta parte del área superficial del vehículo y que se logra suponiendo una línea media a lo largo y dos transversales que dividen la superficie en tres partes iguales. En caso de que se requiera un número mayor de muestras para formar la acumulación se toma una muestra espaciada suficiente con un patrón geométrico saliendo desde el centro de la porción de ensayo (no más de 1 hora)</p> <p>2. Se coloca la taza que contiene la porción de ensayo y el solvente en el aparato de extracción. Se coloca un filtro de 5 cm de diámetro al tamaño del orificio de la muestra de tal forma que exceda los bordes del orificio de la taza. Se aplica la tapa firmemente sobre la taza y se coloca un recipiente apropiado bajo el desagüe, para recoger el extracto.</p>		<p>Se emplea una balanza electrónica con precisión de 0.01 gr</p> <p>Se tomaron muestras en dos puntos diferentes en las partes mas altas que conforman los montículos de asfalto y se agregan 200 ml de gasolina. Se deja reposar 15 minutos y se revuelve con la ayuda de una espátula</p>		<p>Se emplea una balanza mecánica que, de acuerdo a lo observado, se encuentra descalibrada</p> <p>Se tomo solamente en un sitio al pie del montículo que conforma la mezcla asfáltica</p>
		<p>La porción de muestra se coloca en la taza y se agregan 200 ml de gasolina. Se deja reposar 15 minutos y se revuelve con la ayuda de una espátula</p>		<p>El disolvente empleado es gasolina que se añade "al ojo" hasta que cubra la mezcla. Con la ayuda de una espátula se desintegra la mezcla y se procede a la centrifugación inmediatamente</p>
		<p>Se pesa el extracto con precisión de 0.01 gr. Se coloca con la tapa sobre la centrifugadora hasta alcanzar 3600 rpm</p>		<p>Se coloca el filtro y la tapa sobre la tasa. Se debe apretar fijamente la maquina hasta que las juntas estén cerradas en su punto de contacto y el cierre no represente una hermeticidad. Se procede con la centrifugación manual</p>

Tabla 10. Comparación de los procedimientos empleados – EXTRACCION DEL ASFALTO

Continuación..... Tabla 10. Comparación de los procedimientos empleados – EXTRACCION DEL ASFALTO












<u>NORMA INV E - 732</u>	<u>LABORATORIO UDENAR</u>		<u>LABORATORIO TRAE LTDA</u>	
	Registro Fotografico	Observaciones	Registro Fotografico	Observaciones
<p>1. Se detiene la máquina y se agregan 200 ml (o más, según sea apropiado para la masa de la muestra) del solvente empleado, y se repite el procedimiento. Se deben emplear suficientes adiciones de solvente (no menos de tres), hasta que el extracto no sea más oscuro que un color ligero de paja. Se recogen el extracto y las lavaduras en un recipiente apropiado, para determinar la materia mineral.</p> <p>2. Se transfieren cuidadosamente el anillo filtrante y todo el agregado de la taza de la centrifuga a un recipiente metálico tarado. Se seca al aire bajo una campana hasta que se disipen los vapores y luego en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta masa constante. La masa del agregado extraído (W3) es igual a la masa del contenido en el recipiente menos el peso seco inicial del anillo filtrante. Se desprende la materia mineral adherida a la superficie del anillo filtrante y se añade al agregado extraído para los ensayos posteriores.</p> <p>3. Para calcular la masa de la materia mineral en el extracto (W4) se empleara el método de la ceniza</p>		<p>Se adicionan cinco (5) veces solvente hasta que el efluente del desagüe salga de un color amarillo pajizo</p>		<p>Se adicionan tres (3) veces solvente hasta que el efluente del desagüe salga de un color amarillo pajizo</p>
		<p>Se extrae el mineral adherido al filtro y se lo añade a los agregados extraídos. Se pesa el filtro luego de la prueba con precisión de 0.01 gr.</p>		<p>Se extrae el mineral adherido al filtro y se lo añade a los agregados extraídos. No se tiene en cuenta el peso del filtro y se desprecia el mineral que haya quedado adherido al filtro</p>
			<p>Se desprecia el peso del material mineral en el extracto</p>	

Tabla 11. Comparación de los procedimientos empleados – GRANULOMETRIA

NORMA INV E - 782	LABORATORIO UDENAR		LABORATORIO TRAE LTDA	
Descripción	Registro Fotografico	Observaciones	Registro Fotografico	Observaciones
<p>1. La muestra empleada será la totalidad del agregado de la mezcla asfáltica obtenida según la norma INV E 732. La norma no habla de ningún procedimiento previo a la extracción del asfalto residual</p>		<p>Inmediatamente después de la extracción del asfalto, se procede a prender fuego a la muestra del agregado extraído con el ánimo de que la gasolina que sirvió como solvente se evapore</p>		<p>No se aplica este procedimiento</p>
<p>2. Los agregados se secan en el horno a una temperatura de 110 °C ± 5 °C hasta conseguir una variación de masa inferior al 0.1%</p>		<p>La masa del material se seca hasta peso constante</p>		<p>La masa del material se seca hasta peso constante</p>
<p>3. Se debe pesar con una precisión de 0.1; la masa total del agregado es la suma de la masa de los agregados secos, de la masa del material mineral retenido en el filtro y la masa del material fino contenida en el solvente de extracción, esta última será la masa de la ceniza.</p>		<p>La masa del material mineral fino contenido en el solvente de extracción no se tiene en cuenta. La muestra se pesa en balanza electrónica con aproximación a 0.1 gr</p>		<p>La masa del material mineral fino contenido en el solvente de extracción no se tiene en cuenta; ni tampoco el material retenido en el filtro. La muestra se pesa en balanza mecánica</p>





Continuación.....

Tabla 11. Comparación de los procedimientos empleados – GRANULOMETRIA

NORMA INV E - 782	LABORATORIO UDENAR		LABORATORIO TRAE LTDA	
	Registro Fotografico	Observaciones	Registro Fotografico	Observaciones
<p>1. La muestra del agregado secada y pesada, se coloca en un recipiente apropiado y se cubren completamente con agua. Se le debe añadir una cantidad suficiente de un agente humectante para facilitar el mojado de los agregados y asegurar una buena separación de las partículas finas, menores de 75 µm (No. 200) de las partículas mas gruesas. El material contenido en el recipiente se debe agitar vigorosamente para lograr una separación de la fracción fina y conseguir que la suspensión se mantenga mientras se realiza el proceso de vertimiento sobre los dos tamices, el de 2.0 mm o el de 1.18 mm (No. 10 o No. 16) como protección y el de 75 µm (No. 200).</p>		<p>Se emplea detergente en polvo para lavar el agregado y garantizar su separación.</p>		<p>No se aplica este procedimiento</p>
<p>2. Se deberá repetir la operación de agitado enérgico y vertido del liquido sobre el conjunto formado por un tamiz superior de 2.0 mm o el 1.18 mm (No. 10 o No. 16) y el tamiz de 75 µm (No. 200), las veces necesarias hasta que el liquido de lavado salga limpio y se garantice la separación total de las partículas finas. Todo el material retenido sobre el conjunto formado por los dos tamices se pasa de nuevo al recipiente de los agregados, el cual se secara en el horno a 110 °C ± 5 °C y se pesara finalmente con una aproximación de 0.1%</p>		<p>En promedio, cada una de las muestras de agregado extraído, se lavo entre cuatro (4) y cinco (5) veces</p>		<p>No se aplica este procedimiento</p>



Continuación.....

Tabla 11. Comparación de los procedimientos empleados – GRANULOMETRIA

<u>NORMA INV E - 782</u>	<u>LABORATORIO UDENAR</u>		<u>LABORATORIO TRAE LTDA</u>	
	Descripción	Registro Fotografico	Observaciones	Registro Fotografico
1. El agregado retenido seco y debidamente pesado se debe tamizar por los tamices requeridos por la especificación incluyendo el tamiz de 75 µm (No. 200). Se insertan los tamices en orden descendente de tamaño y se coloca la muestra en el tamiz de mayor tamaño. Se tamiza manualmente o con el equipo mecánico un tiempo suficiente establecido para la prueba o verificado por la medida de la muestra real, de acuerdo con el criterio de suficiencia del tamizado descrito posteriormente.		Se hace el tamizado en forma manual el tiempo suficiente aplicando el criterio de suficiencia del tamizado		Se hace el tamizado en forma manual el tiempo suficiente aplicando el criterio de suficiencia del tamizado
7. Se continua el tamizado por un periodo suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase mas del 0.5% de la masa de la muestra total por ningún tamiz, durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera: se toma individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes.		Se aplican las recomendaciones de la norma y se aplica acertadamente el criterio de suficiencia del tamizado		Se aplican las recomendaciones de la norma y se aplica acertadamente el criterio de suficiencia del tamizado

Continuación.....

Tabla 11. Comparación de los procedimientos empleados – GRANULOMETRIA

NORMA INV E - 782	LABORATORIO UDENAR		LABORATORIO TRAE LTDA	
Descripción	Registro Fotografico	Observaciones	Registro Fotografico	Observaciones
<p>7. Se determina y registra la masa del material que pasa cada tamiz y es retenida en el más próximo y del material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200). Se debe verificar que la suma de las masas acabadas de determinar corresponda a la masa seca total después del lavado ± 0.2%. Para determinar la cantidad total de material menor de 75 µm (No. 200), la masa perdida en el lavado, el aumento de masa en el papel filtro y la masa de la ceniza obtenida después de la calcinación. Las dos ultimas se sumaran cuando en el ensayo de extracción se efectuó de acuerdo a la norma INV E – 732.</p>		<p>Se hacen los registros sobre la masa retenida por cada tamiz y se hacen las correcciones por la perdida de material mineral en el procedimiento de lavado</p>		<p>Se hacen los registros sobre la masa retenida por cada tamiz</p>

5.2.2 Resultados obtenidos

– Autocontrol – Laboratorio “TRAE LTDA CONSULTORES”

De acuerdo al diseño Marshall (ver los anexos), la dosificación correcta de la mezcla asfáltica que produce “TRAE LTDA CONSULTORES”, es aquella cuyo contenido de asfalto es de 6.25% y la gradación empleada es aquella que se ajusta a la curva granulométría promedio de las especificaciones del Instituto Nacional de Vías – INVIAS para mezclas densas en caliente MDC – 2 de acuerdo al Art. 450-07 y que se consignan en la tabla 11.

Tabla 12. Franja granulométrica para mezcla asfáltica en caliente MDC – 2

MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.180	0.075
	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 80	No. 200
% PASA								
MDC-2	100 - 100	80 - 95	70 - 88	49 - 65	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8

Fuente: Especificaciones generales de construcción de Carreteras. Art. 450 – 07. INVIAS

A continuación se indican los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio que se obtuvieron de la extracción del asfalto y de la granulometría. En los anexos, se consignan los resultados de los ensayos de laboratorio que se efectuaron en la empresa “TRAE LTDA CONSULTORES”.

Con esta información, con el seguimiento que se hizo al proceso de producción y con lo observado en el desarrollo de este trabajo; se elaboran las recomendaciones y conclusiones que se consigna al finalizar el documento.

Tabla 13. Resultados de la extracción cuantitativa de asfalto – Laboratorio de TRAE LTDA CONSULTORES

FECHA MUESTREO	MUESTRA No.	ESPECIMEN ENSAYADO	% ASF. RES. MUESTRA	% ASF. RES. PROMEDIO	% ASF. RES. OPTIMO	CHEQUEO DEL CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL PROMEDIO (ART%)	CHEQUEO DEL CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL DE CADA MUESTRA INDIVIDUAL (ARI%)
			(ARI%)	(ART%)	(ARF%)	$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\%$ (Nota 1)	$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\%$ (Nota 2)
Junio 14/2011	1	A	5.88	5.80	6.25	$6.23 \leq 5.80 \leq 6.27$ ✗	$5.77 \leq 5.88 \leq 5.83$ ✗
		B	5.73				$5.77 \leq 5.73 \leq 5.83$ ✗
		C	5.80				$5.77 \leq 5.80 \leq 5.83$ ✓
Junio 16/2011	2	A	5.97	5.89	6.25	$6.23 \leq 5.89 \leq 6.27$ ✗	$5.86 \leq 5.97 \leq 5.92$ ✗
		B	5.90				$5.86 \leq 5.90 \leq 5.92$ ✓
		C	5.81				$5.86 \leq 5.81 \leq 5.92$ ✗
Junio 17/2011	3	A	5.98	5.93	6.25	$6.23 \leq 5.93 \leq 6.27$ ✗	$5.90 \leq 5.98 \leq 5.96$ ✗
		B	6.03				$5.90 \leq 6.03 \leq 5.96$ ✗
		C	5.77				$5.90 \leq 5.77 \leq 5.96$ ✗

NOTA 1: El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3%) respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%)

NOTA 2: A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%) no podrá diferir del valor promedio (ART%) en más de medio por ciento (0.5%) admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo

NOTA3: Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART%) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios

Tabla 14. Resultados de la granulometría del material mineral extraído - Laboratorio de TRAE LTDA CONSULTORES

CHEQUEO DE LA GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO INV E - 782 - 07			TAMICES							
			3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 80	# 200
1A	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1035.3	905.9	817.9	590.1	383.1	201.9	129.4	62.1
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	94.5%	87.1%	63.2%	41.1%	19.3%	15.4%	6.8%
		Peso Pasa	1035.3	978.4	901.7	654.3	425.5	199.8	159.4	70.4
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-8.0	-10.2	-10.9	-11.1	1.0	-23.2	-13.4
1B	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1037.0	907.4	819.2	591.1	383.7	202.2	129.6	62.2
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	93.6%	84.4%	61.1%	36.4%	16.2%	12.3%	7.5%
		Peso Pasa	1037.0	970.6	875.2	633.6	377.5	168.0	127.6	77.8
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-7.0	-6.8	-7.2	1.6	16.9	1.5	-25.1
1C	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1130.4	989.1	893.0	644.3	418.2	220.4	141.3	67.8
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	93.2%	82.3%	57.9%	36.2%	15.9%	12.3%	7.4%
		Peso Pasa	1130.4	1053.5	930.3	654.5	409.2	179.7	139.0	83.6
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-6.5	-4.2	-1.6	2.2	18.5	1.6	-23.3
2A	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1034.3	905.0	817.1	589.6	382.7	201.7	129.3	62.1
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	93.8%	86.2%	62.1%	39.8%	20.6%	11.9%	4.7%
		Peso Pasa	1034.3	970.2	891.6	642.3	411.7	213.1	123.1	48.6
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-7.2	-9.1	-8.9	-7.6	-5.7	4.8	21.7
2B	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1035.1	905.7	817.7	590.0	383.0	201.8	129.4	62.1
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	92.1%	83.1%	62.8%	41.0%	19.8%	13.4%	6.2%
		Peso Pasa	1035.1	953.3	860.2	650.0	424.4	204.9	138.7	64.2
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-5.3	-5.2	-10.2	-10.8	-1.5	-7.2	-3.4
2C	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1036.1	906.6	818.5	590.6	383.4	202.0	129.5	62.2
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	89.7%	80.3%	60.5%	41.2%	20.8%	14.6%	7.5%
		Peso Pasa	1036.1	929.4	832.0	626.8	426.9	215.5	151.3	77.7
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-2.5	-1.6	-6.1	-11.3	-6.7	-16.8	-24.9
3A	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1128.2	987.2	891.3	643.1	417.4	220.0	141.0	67.7
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	89.8%	83.4%	61.1%	38.0%	18.6%	11.4%	3.3%
		Peso Pasa	1128.2	1013.1	940.9	689.3	428.7	209.8	128.6	37.2
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-2.6	-5.6	-7.2	-2.7	4.6	8.8	45.1
3B	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1127.6	986.7	890.8	642.7	417.2	219.9	141.0	67.7
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	91.1%	80.9%	59.4%	39.2%	18.2%	11.9%	4.8%
		Peso Pasa	1127.6	1027.2	912.2	669.8	442.0	205.2	134.2	54.1
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-4.1	-2.4	-4.2	-5.9	6.7	4.8	20.1
3C	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1036.5	906.9	818.8	590.8	383.5	202.1	129.6	62.2
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	87.7%	76.9%	56.0%	35.7%	15.1%	8.8%	2.9%
		Peso Pasa	1036.5	909.0	797.1	580.4	370.0	156.5	91.2	30.1
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-0.2	2.7	1.8	3.5	22.6	29.6	51.6

Fuente: Esta investigación

NOTA 1: Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E – 782 – 07. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 6, pero sin permitir que la curva se salga de los límites de la franja.

NOTA 2: En caso de que los valores obtenidos incumplan estos requisitos, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 440.4.2 de las especificaciones del Instituto Nacional de Vías – INVIAS. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazará el lote.

– Verificación – Laboratorio de suelos Universidad de Nariño

A continuación se indican los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio que se obtuvieron de la extracción del asfalto y de la granulometría. En el anexo D, se consignan los resultados de los ensayos de laboratorio que se efectuaron en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño.

Tabla 15. Resultados de la extracción cuantitativa de asfalto – Laboratorio de suelos Universidad de Nariño

FECHA MUESTREO	MUESTRA No.	ESPECIMEN ENSAYADO	% ASF. RES. MUESTRA	% ASF. RES. PROMEDIO	% ASF. RES. OPTIMO	CHEQUEO DEL CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL PROMEDIO	CHEQUEO DEL CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL DE CADA MUESTRA INDIVIDUAL
			(ARI%)	(ART%)	(ARF%)	(ART%)	(ARI%)
						$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\%$ (Nota 1)	$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\%$ (Nota 2)
Junio 14/2011	1	A	6.05	5.99	6.25	$6.23 \leq 5.99 \leq 6.27$ ✗	$5.96 \leq 6.05 \leq 6.02$ ✗
		B	5.93				$5.96 \leq 5.93 \leq 6.02$ ✗
		C	6.00				$5.96 \leq 6.00 \leq 6.02$ ✓
Junio 16/2011	2	A	6.13	6.04	6.25	$6.23 \leq 6.04 \leq 6.27$ ✗	$6.01 \leq 6.13 \leq 6.07$ ✗
		B	6.04				$6.01 \leq 6.04 \leq 6.07$ ✓
		C	5.96				$6.01 \leq 5.96 \leq 6.07$ ✗
Junio 17/2011	3	A	6.17	6.09	6.25	$6.23 \leq 6.09 \leq 6.27$ ✗	$6.06 \leq 6.17 \leq 6.12$ ✗
		B	6.21				$6.06 \leq 6.21 \leq 6.12$ ✗
		C	5.90				$6.06 \leq 5.90 \leq 6.12$ ✗

NOTA 1: El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3%) respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%)

NOTA 2: A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%) no podrá diferir del valor promedio (ART%) en más de medio por ciento (0.5%) admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo

NOTA3: Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART%) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios

Tabla 16. Resultados de la granulometría del material mineral extraído - Laboratorio de suelos Universidad de Nariño

CHEQUEO DE LA GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO INV E - 782 - 07			TAMICES							
			3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 80	# 200
1A	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1,126.2	985.4	889.7	641.9	416.7	219.6	140.8	67.6
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	94.3%	86.4%	61.7%	40.1%	18.3%	14.1%	5.9%
		Peso Pasa	1,126.2	1,062.0	973.0	694.9	451.6	206.1	158.8	66.4
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-7.8	-9.4	-8.3	-8.4	6.1	-12.8	1.8
1B	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1,127.6	986.7	890.8	642.7	417.2	219.9	141.0	67.7
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	93.8%	84.8%	60.4%	35.4%	15.9%	11.6%	7.3%
		Peso Pasa	1,127.6	1,057.7	956.2	681.1	399.2	179.3	130.8	82.3
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-7.2	-7.3	-6.0	4.3	18.5	7.2	-21.6
1C	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1,125.8	985.1	889.4	641.7	416.5	219.5	140.7	67.5
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	93.9%	84.4%	60.4%	38.4%	18.2%	13.5%	7.9%
		Peso Pasa	1,125.8	1,057.1	950.2	680.0	432.3	204.9	152.0	88.9
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-7.3	-6.8	-6.0	-3.8	6.7	-8.0	-31.7
2A	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1,124.3	983.8	888.2	640.9	416.0	219.2	140.5	67.5
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	93.5%	85.4%	62.1%	42.5%	22.9%	14.4%	6.4%
		Peso Pasa	1,124.3	1,051.2	960.2	698.2	477.8	257.5	161.9	72.0
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-6.9	-8.1	-8.9	-14.9	-17.5	-15.2	-6.7
2B	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1,124.4	983.9	888.3	640.9	416.0	219.3	140.6	67.5
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	92.6%	84.4%	62.6%	40.3%	21.5%	13.6%	5.3%
		Peso Pasa	1,124.4	1,041.2	949.0	703.9	453.1	241.7	152.9	59.6
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-5.8	-6.8	-9.8	-8.9	-10.2	-8.7	11.7
2C	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1,126.0	985.3	889.5	641.8	416.6	219.6	140.8	67.6
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	88.0%	79.0%	57.7%	35.5%	17.9%	11.0%	5.0%
		Peso Pasa	1,126.0	990.9	889.5	649.7	399.7	201.6	123.9	56.3
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-0.6	0.0	-1.2	4.1	8.2	12.0	16.7
3A	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1,122.6	982.3	886.9	639.9	415.4	218.9	140.3	67.4
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	88.9%	81.4%	59.5%	37.6%	21.6%	16.4%	7.7%
		Peso Pasa	1,122.6	998.0	913.8	667.9	422.1	242.5	184.1	86.4
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-16	-3.0	-4.4	-16	-10.8	-31.2	-28.2
3B	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1,122.8	982.5	887.0	640.0	415.4	218.9	140.4	67.4
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	92.9%	83.8%	60.8%	42.3%	20.6%	14.7%	6.9%
		Peso Pasa	1,122.8	1,043.1	940.9	682.7	474.9	231.3	165.1	77.5
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-6.2	-6.1	-6.7	-14.3	-5.7	-17.6	-15.0
3C	FORMULA DE TRABAJO	%Pasa	100.0%	87.5%	79.0%	57.0%	37.0%	19.5%	12.5%	6.0%
		Peso Pasa	1,126.0	985.3	889.5	641.8	416.6	219.6	140.8	67.6
	MUESTRA	%Pasa	100.0%	88.9%	79.4%	57.8%	37.6%	18.9%	11.3%	5.5%
		Peso Pasa	1,126.0	1,001.0	894.0	650.8	423.4	212.8	127.2	61.9
	CHEQUEO	Diferencia (%)	0.0	-16	-0.5	-1.4	-16	3.1	9.7	8.4

NOTA 1: Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E – 782 – 07. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 6, pero sin permitir que la curva se salga de los límites de la franja.

NOTA 2: En caso de que los valores obtenidos incumplan estos requisitos, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 440.4.2 de las especificaciones del Instituto Nacional de Vías – INVIAS. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazara el lote.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio efectuados a los tres lotes de producción y que se hicieron en las instalaciones de la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES", podemos concluir que:

- El contenido de asfalto de los nueve resultados obtenidos (tres por lote) difieren uno con respecto del otro en forma significativa sin presentar alguna tendencia; ninguno cumple con las especificaciones en cuanto a las tolerancias con respecto al contenido óptimo de asfalto concebido en el diseño Marshall. Entre otros factores, esto se presenta esencialmente por un mal procedimiento en el muestreo ya que no existen pautas claras de cómo se debe hacer esta actividad. Por ejemplo, el muestreo se realiza tomando un solo punto, y en la mayoría de ocasiones, al pie del montículo de la mezcla asfáltica recién descargada a la volqueta, donde hay mayor presencia de partículas gruesas y en donde la muestra no es representativa.
- Todos los resultados de porcentaje de asfalto estuvieron por debajo del óptimo porque, entre otras causas, el procedimiento de ensayo tuvo algunas falencias como que no se esperó a que la muestra se diluyera en presencia del solvente. La norma establece que se debe dejar el tiempo suficiente para que el solvente diluya la muestra, pero en este caso el ensayo se efectuó inmediatamente después de vaciar el solvente sobre la muestra.
- El peso del material mineral contenido en el extracto y en el filtro son relativamente insignificantes comparados con el peso total de la muestra; pero, no calcularlos y no involucrarlos en los cálculos implica obtener errores significativos en el resultado del contenido de asfalto.
- De acuerdo a los resultados, y comparándolos con los efectuados para verificación en la Universidad de Nariño, estos nos indican que muestras de mezclas asfálticas en caliente con más contenido de partículas gruesas de agregado arrojan menor contenido de asfalto.
- De las nueve curvas granulométricas obtenidas, todas presentan una tendencia hacia la curva inferior de la especificación ratificando que presentan mayor cantidad de partículas gruesas con respecto a la gradación de diseño asumida en el Marshall (promedio de la franja establecida por la norma). De todos modos, en casi todas las muestras ensayadas, hay algunos puntos que se

ubican por fuera de los límites que establece la norma siendo necesario revisar y corregir urgentemente.

- En cuanto a los porcentajes de tolerancias que indica la norma con respecto al desfase permitido a la curva granulométrica obtenida con respecto a la de diseño, ninguna de las muestras analizadas cumple.
- Otro factor relevante y que afecta los porcentajes de asfalto calculados, es la utilización de una centrifuga manual; esto no permite que la extracción de asfalto se haga a una velocidad uniforme y a un máximo de 3600 rpm como lo indica la norma; además, solamente se hicieron tres (3) adiciones de solvente que es lo mínimo que establece la norma, pero a juicio de quien esta efectuando el ensayo, se deben hacer las adiciones suficientes hasta garantizar que todo el asfalto sea removido de la mezcla asfáltica ensayada.

Para comparar los resultados obtenidos, se hizo la verificación de los mismos en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño sobre especímenes de las muestras analizadas. De los resultados obtenidos podemos concluir que:

- Los valores de porcentaje de asfalto de las nueve muestras ensayadas presentan mayor correlación y se aproximan más al contenido de asfalto optimo, sin que esto quiera decir que cumplen la norma. En este caso, el muestreo se hizo por lo menos tomando tres puntos diferentes, uno al centro y dos en los extremos, en la volqueta cargada con la mezcla asfáltica; aunque esta lejos del procedimiento que indica la norma, se obtuvieron mejores resultados.
- En cuanto a la granulometría se observa que las curvas obtenidas se ubican dentro de la franja estipulada por la especificación, pero, igual no cumple con respecto a las tolerancias que indica la norma con respecto al desfase tolerado de la curva granulométrica obtenida con respecto a la de diseño.
- La extracción de asfalto se hizo utilizando una centrifuga eléctrica que garantiza las 3600 rpm y velocidad constante que exige la norma. Se hicieron como mínimo cinco adiciones de solvente hasta verificar que el extracto salga prácticamente “limpio”.

Hay algunos aspectos importes que son de vital importancia y que a juicio nuestro es importante recalcarlos como conclusiones:

- Los resultados obtenidos para el control de calidad de los componentes de la mezcla asfáltica arrojan resultados que están fuera de la norma, esto quiere decir que se debe hacer un control de calidad riguroso a los insumos que se están empleando porque a nuestro juicio es aquí donde se presentan los

problemas. Aunque la planta muestra algunos inconvenientes, estos son subsanables y de fácil corrección como lo consignamos en las recomendaciones que se dan al respecto.

- Las exigencias en cuanto al control de calidad impuestas por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, son muy estrictas, el margen de error es muy pequeño; por esta razón la fabricación y puesta en obra de las mezclas asfálticas en caliente deben ser procesos integrales que involucren un acertado control de calidad.
- El control de calidad implica tener en cuenta todo lo relacionado a la calidad de los materiales, operación de la planta, personal idóneo, equipos y primordialmente un laboratorio adecuado, entre otros.
- La mezcla asfáltica se fabrica en la planta de producción, por esta razón este es el primer lugar donde se debe realizar un control estricto de los insumos y de la ejecución de todos los procesos para obtener un producto final de buena calidad que se ajuste a las especificaciones y cumpla con todas las expectativas para la cual fue diseñada. En ese orden de ideas tanto el constructor, el interventor y principalmente el propietario, deben conocer los componentes de la planta, como funcionan, como se pueden mejorar y como se pueden controlar.
- Es supremamente importante que la producción de mezcla asfáltica en caliente este de acuerdo al diseño establecido por laboratorio, siempre y cuando sean los mismos materiales en las dosificaciones indicadas, para lo cual debe establecerse un estricto control de verificación de los agregados que se reciben en la planta, sin descuidar en ningún momento el adecuado manejo de los mismos para evitar problemas como segregación, mezclado de materiales, humedad o contaminación por el suelo subyacente.
- La dosificación del asfalto debe ser precisa porque en exceso produce segregación en la mezcla asfáltica colocada y en caso contrario produce desprendimiento y altos vacíos que contribuyen a su oxidación prematura disminuyendo la vida útil del pavimento.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas periódicas a los agregados y al cemento asfáltico utilizado en la formula de trabajo que deberá ser reajustada cada que surja inconvenientes con los resultados de laboratorio de autocontrol.
- Capacitar al personal encargado en cuanto a las exigencias y procedimientos de las normas y especificaciones vigentes. Aunque los conceptos son claros, se carece de la experiencia para detectar los problemas de funcionamiento de la planta e interpretación de resultados.
- El sistema dosificador de cemento asfáltico, se debe revisar y recalibrar periódicamente, haciendo pasar un volumen conocido de material por el medidor hacia un recipiente y pesándolo con la balanza, para determinar el gasto o caudal que esta entregando.
- Implementar el equipo de laboratorio para mejorar el control de calidad de las materias primas como lo son los agregados y el cemento asfáltico, entre otros.
- Como es sabido los asfaltos colombianos son muy heterogéneos haciendo que sus propiedades químicas cambien de un lote con respecto a otro; a pesar de que se cumplan las especificaciones de penetración y los demás requisitos exigidos por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, es importante realizar la caracterización del ligante asfáltico con el animo de identificar cambios significativos que obliguen a replantear la formula de trabajo establecida en el diseño Marshall.
- Controlar todos los procesos inherentes a la producción de mezcla asfáltica en caliente, por ejemplo, un asfalto normal y que cumpla con las especificaciones puede salir envejecido debido a factores relacionados con malos manejos de los materiales en la planta.
- Aunque el acopio de los agregados se hace de manera adecuada, se recomienda tener las precauciones necesarias en el manejo que se le da al agregado en las tolvas en frío; ya que de acuerdo a lo observado, el material es susceptible de saturarse con agua lluvia por falta de protección. La humedad puede generar falta de adherencia con el asfalto que posteriormente generen un problema de desprendimiento de partículas.

BIBLIOGRAFIA

ARENAS LOZANO, Hugo León. Teoría de los Pavimentos. Universidad del Cauca. Popayán. 2002.

ARENAS LOZANO, Hugo León; MARTINEZ, René. Composición química del asfalto colombiano producido en refinería y su correlación con la durabilidad. Universidad del Cauca. Popayán. 1989.

ASOPAC. Asociación de Productores y Pavimentadores Asfálticos de Colombia. Cartilla del Pavimento Asfáltico. Bogotá. 2004.

ELVIRA, José Luis. Documento Técnico del Seminario sobre Mezclas Asfálticas en caliente y en frío. Medellín. 1982.

LOPEZ RAMIREZ, David. Variabilidad del Modulo Resiliente de una Mezcla Asfáltica MDC-2 dentro de la ventana de diseño propuesta por W. Witczak. Tesis de grado para optar por el título de Especialista en Vías y Transporte. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. 2008.

MINISTERÍO DE TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Subdirección de apoyo técnico. Normas de Ensayo. INV E – 725, 731, 732, 782. Bogotá. 2007.

MINISTERÍO DE TRANSPORTE. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Subdirección de apoyo técnico. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Artículos 440, 450. Bogotá. 2007.


SANCHEZ, Fernando. Pavimentos. Tomo I. Universidad La Gran Colombia. Bogotá. 1984.

SANCHEZ SABOGAL, Fernando. Curso de Laboratorio de Pavimentos. Guía para la ejecución e interpretación de los resultados. Universidad del Cauca. Popayán. 1993.

ANEXOS

ANEXO A.

Reporte de resultados de ensayo de laboratorio al cemento asfáltico empleado en la mezcla



GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA
COORDINACION INSPECCION DE CALIDAD

11/06/2011 10:44:04 AM

Reporte de resultados de ensayo de laboratorio


Producto: ASFALTO 60/70

Número de muestra: 203.021.972

Fecha de Vo.Bo: 09-06-2011 21:08:15

Almacenamiento: K0200 Vo Bo: SI

ANALISIS	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	METODO
VISCOSIDAD A 60 C	cP	155000	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 80 C	cP	155000	REPORTAR	ASTM D 4402
VISCOSIDAD A 80 C	cP	15520	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 100 C	cP	2764	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 135 C	cP	302.5	REPORTAR	
VISCOSIDAD A 150 C	cP	150.5	REPORTAR	
DUCTILIDAD	cm	140	100 MINIMO	ASTM D 113 D
GRAVEDAD API	Grados API	7.2	REPORTAR	ASTM D 4052
GRAVEDAD API	Grados API	7.2	REPORTAR	ASTM D 4052
DENSIDAD A 15 °C	kg/m3	1018.6	REPORTAR	
PENETRACION A 25 C (77 F)	mm/10	70	80 MINIMO -70 MAXIM	ASTM D 5
PENETRACION A 25 C (77 F)	mm/10	70	80 MINIMO -70 MAXIM	ASTM D 5
INDICE DE PENETRACION	N/A	-1	REPORTAR	
PERDIDA DE MASA (RTFOT)	g/100g	0.33	1 MAXIMO	ASTM D 2872
PUNTO ABLANDAMIENTO	°C	47.6	45 MINIMO -55 MAXIM	ASTM D 36
PUNTO DE INFLAMACION	°C	302	232 MINIMO	ASTM D 92
SOLUBILIDAD EN TRICLOROLETILENO	%	99.9	99 MINIMO	ASTM D 2042
VoBo	N/A	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
VoBo	N/A	SI	REPORTAR	VISTO BUENO
COMENTARIO	N/A	NINGUNO	REPORTAR	

VoBo. Nombre: 

Claudia Patricia Martínez Sarmiento

NOTA: Si tiene alguna duda en cuanto al producto favor comunicarse con la Gerencia de Comercialización:
 * COORDINACIÓN DE COMERCIALIZACION BARRANCABERMEJA: (097620) 99009907 FAX (097620) 9071 Refinería ECOPETROL
 * COORDINACIÓN DE PETROQUIMICOS E INDUSTRIALES BOGOTÁ: (091234) 50015091/5098/4670567/15685 FAX: (091231) 5565/5538 Calle 37 No. 7-43 Piso 6
 * COORDINACIÓN DE COMBUSTIBLES BOGOTÁ: (091234) 50015091/5657/56491 FAX: (091231) 5565/5538 Calle 37 N.O. 7-43 Piso 6
 Para tramitar un reclamo se requiere comunicación escrita informando producto, No. de Factura y Objeto del Reclamo, además muestra del producto (Líquidos un galón, Sólidos 3 Kilos) Para el Polietileno adicionar el número de lote.
 >>

Los Métodos ASTM D 1125, ASTM D 1252, UNE-EN 14111, ASTM D 2710, ASTM D 2500, ASTM D 5773, ASTM D 8571, EN 14079, ASTM D 3598, BS EN 14107, NF EN 14638, UNE EN 14103, ASTM D 3338, ASTM D6079, ASTM D127, ASTM D874, ASTM D5708, BS EN 12962, ASTM E 203, ISO 3987, ASTM D5800, ASTM E223, STANDARD METHODS 4500 Cl- C, STANDARD METHODS 4500 Cl- D, ASTM D 5124, STANDARD METHODS 4500 N43, STANDARD METHODS 4500 C22, STANDARD METHODS 5520 C, STANDARD METHODS 5520 B, STANDARD METHODS 5520 F, ASTM C 1111, ASTM D 1087, ASTM D 1126, ASTM D 1263, ASTM D 1976, SM 2540 B, SM 2540 C, SM 2540 D, ASTM D-3276, ASTM D 1180, ASTM D 1783, ASTM D 5, ASTM D 36, ASTM D 4402, ASTM D 2942, ASTM D 2572, ASTM D 1112, ASTM D 6548, ASTM D 4176, ASTM D3884, ASTM D 1977, ASTM D4989, ASTM D 1600, ASTM D 92, ASTM D 1209, ASTM D 948, ASTM D 4482, ASTM D 862, ASTM D 1709, ASTM D 4377, ASTM D 4007, ASTM D 7469, ASTM D 3054 A y B, ASTM D 1078, ASTM D 2887, ASTM D 850, ASTM D 615, ASTM D 6608, ASTM D 4737, ASTM D 9217, ASTM D 8352, ASTM D1159, ASTM D1133, UNE-EN 14112, ASTM D2158, ASTM D2183, ASTM D3278, ASTM D6504, ASTM D2420, ASTM D 969, ASTM D 872, ASTM D 2292, ASTM D 525, ASTM D 5059, UOP 282, ASTM D 5191, ASTM D 5580, ASTM D 2700, ASTM D 2909, ASTM D 1828, ASTM D 2558, ASTM D 6987, ASTM D 130, ASTM D 9463, ASTM D 8960, ASTM D 381, ASTM D 1098, ASTM D 4929, UOP 803, ASTM D 1216, ASTM D 5949, ASTM D 93, ASTM D 492, ASTM D 4530, ASTM D 4052, ASTM D 5002, ASTM D 87, ASTM D 446 procedimiento A y B, ASTM D 2270, ASTM D 664, ASTM D 88, ASTM D 2327, ASTM D 4294, ASTM D 2622, ASTM D 5708 Procedimiento Ay B, ASTM D 5972, ASTM D 1840, ASTM D 3797, ASTM D 1401, ASTM D 87, ASTM D 721, ASTM D2620, CEN-CEN-138 de ECP, ASTM D 3351, DOW CP 32 Modificado ECP, ASTM D2776, ASTM D2712, ASTM D 1238, ASTM D 792, ASTM D 6290, ASTM D 1921, ASTM D 6550, ASTM D 1305, ASTM D 158, ASTM D 1218, ASTM D 5196, ASTM D 2380, ASTM D 3242, ASTM D 3648, ASTM D 611, ASTM D 3241, ASTM D 1322, ASTM D1208, ASTM D 2298, ASTM D 8960, ASTM D 55, ASTM D 1321, se encuentran acreditados bajo la norma ISO 17025 VERSION 2005, según certificado de acreditación del 23 de Junio de 2010, emitido por el ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACION DE COLOMBIA - ONAC

51

ANEXO B

Diseño Marshall Planta "TRAE LTDA CONSULTORES"

LABORATORIO: TRAE LTDA		M D C - 2 (INV-2002)				FECHA: 01Jun-11															
Paso específico de Agregados: 2,556														Paso específico del estado: 0,953							
Muestra No.	% Arena	PESO EN GRAMOS			Volumen (cm ³)	Peso teórico (kg/m ³)	Peso específico		Arena absorbida (%)	VOL. LÍQUID % TOTAL				ESTABILIDAD			FLAC (0,075)				
		Mostr. al aire	Peso Mostr. en agua	Peso Mostr. en agua			Módulo Teórico	Módulo Medido		Agregado	Mezcla liq. con arena	Mezcla con arena	Aire libre	Veloc. de Agregación, Minutos (%)	% de Aire Libre	LÍQUIDO		Medida (kg)	ESTABILIDAD (2000-1200)	Corregido (kg)	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v
1	5,0	1140,0	1145,8	634,0	514,8	2,274			0,92	83,2	54,5	7,7	5,2	6,34	4,12	1,31	1952	1,00	1953,0	2,3	
2	5,0	1198,3	1200,7	659,8	523,5	2,277											1954	0,95	1953,8	2,3	
3	5,0	1142,5	1149,5	637,1	512,8	2,228											1953	1,00	1953,0	2,3	
PROMEDIOS	5,0					2,229	2,355	2,404	0,92	83,2	54,5	7,7	5,2	6,34	4,12	1,31	1952		1953,1	2,3	
4	5,5	1236,8	1237,5	689,4	529,5	2,251											2182	0,95	2093,6	2,5	
5	5,5	1238,2	1239,7	689,0	531,1	2,251											2197	0,89	1955,5	2,9	
6	5,5	1238,8	1240,4	689,5	551,1	2,248											2196	0,89	1957,1	2,7	
PROMEDIOS	5,5					2,250	2,338	2,384	0,87	83,3	65,2	5,6	10,5	6,15	4,62	1,15	2194		2093,7	2,7	
7	6,0	1267,1	1268,5	714,4	554,1	2,287											2646	0,89	2354,9	3,3	
8	6,0	1266,1	1267,2	713,8	555,5	2,275											2647	0,95	2535,4	3,2	
9	6,0	1266,7	1268,0	712,5	555,7	2,278											2635	0,95	2533,4	3,4	
PROMEDIOS	6,0					2,280	2,321	2,367	0,77	84,5	77,9	5,4	12,0	6,47	5,27	1,02	2642		2674,6	3,3	
10	6,5	1264,6	1268,7	709,0	559,1	2,262											2485	0,95	2389,4	3,4	
11	6,5	1265,2	1267,4	713,8	553,6	2,285											2496	0,93	2321,5	3,5	
12	6,5	1265,9	1268,2	714,5	553,7	2,286											2496	0,93	2320,4	3,7	
PROMEDIOS	6,5					2,278	2,335	2,354	0,57	84,0	85,0	2,4	12,6	6,32	5,97	0,89	2492		2343,7	3,5	
13	7,0	1268,2	1269,5	709,5	560,6	2,262											1960	0,89	1752,2	4,1	
14	7,0	1267,8	1264,3	709,2	555,1	2,273											1975	0,93	1835,8	3,7	
15	7,0	1268,8	1267,8	709,5	555,5	2,267											1963	0,89	1754,9	4,2	
PROMEDIOS	7,0					2,268	2,339	2,315	0,52	83,2	87,9	2,0	14,8	6,35	5,57	0,81	1975		1757,5	4,0	
P. TRAB.	8,25					2,280	2,313	2,361	0,84	84,3	76,2	3,4	12,9	6,70	5,37	1,00			1122	3,2	
P.T. ENRIQ.	8,0					2,260	2,321	2,348	0,48	83,4	76,3	4,1	12,6	6,60	5,66	0,87			1124	3,3	

NORMAS DE ENSAYO: INV-E-22 INV-E-223 INV-E-748 INV-E-732 INV-E-733 INV-E-735 INV-E-736

Procedencia de AGREGADOS: Cantera BRUSEÑO BAJO de Samuel Pabón
CEMENTO ASFALTICO: 80 - 100
Paso No. 203: 5,70%

Página 1 de 2

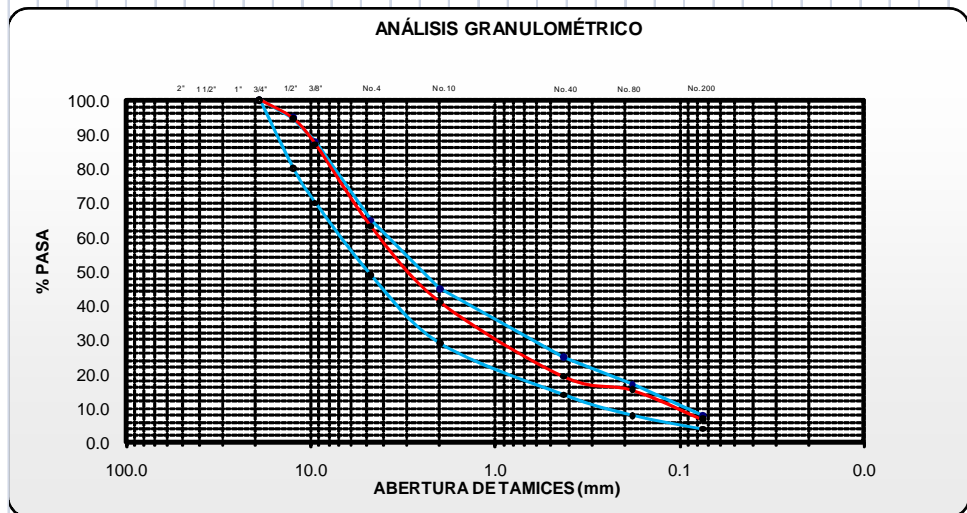
ANEXO C
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"

	ANALISIS GRANULOMETRICO	MUESTRA No. 1-A
	INV E - 782 - 07	CODIGO: 001
		PAGINA: 1 DE 1

PROYECTO:	TESIS POSTGRADO INGENIERIA DE CARRETERAS
DESCRIPCION MATERIAL:	AGREGADOS GRUESOS Y FINOS RECUPERADOS DE LA MEZCLA ASFALTICA MDC-2
LOCALIZACION MUESTREO:	PLANTA TRAE LTDA (MUESTRA TOMADA EN LA VOLQUETA)
FUENTE DE MATERIALES:	CANTERA SAMUEL CALDERON
FECHA MUESTREO:	14 DE JUNO DE 2011

PESO DE LA MUESTRA ANTES DE LAVAR (gr) :	1,100.0	CONTENIDO DE ASFALTO (%) :	5.88
PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVAR (gr) :	1,035.3		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASA ESPECIFICACION INVIAS 2007		% RETENIDO	% PASA DE LA MUESTRA
3/4"	0.0	19.0	100.0	100.0	0.0	100.0
1/2"	56.9	12.5	80.0	95.0	5.5	94.5
3/8"	76.6	9.5	70.0	88.0	7.4	87.1
No. 4	247.5	4.75	49.0	65.0	23.9	63.2
No. 10	228.8	2.00	29.0	45.0	22.1	41.1
No. 40	225.7	0.425	14.0	25.0	21.8	19.3
No. 80	40.4	0.180	8.0	17.0	3.9	15.4
No. 200	89.0	0.075	4.0	8.0	8.6	6.8
PASA 200	70.4				6.8	
Σ	1,035.3					



OBSERVACIONES:

Realizo:	Vo. Bo.	Vo. Bo.
EDWIN RUIZ Laboralista TRAE LTDA	I. C. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO Estudiante Postgrado	I. C. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

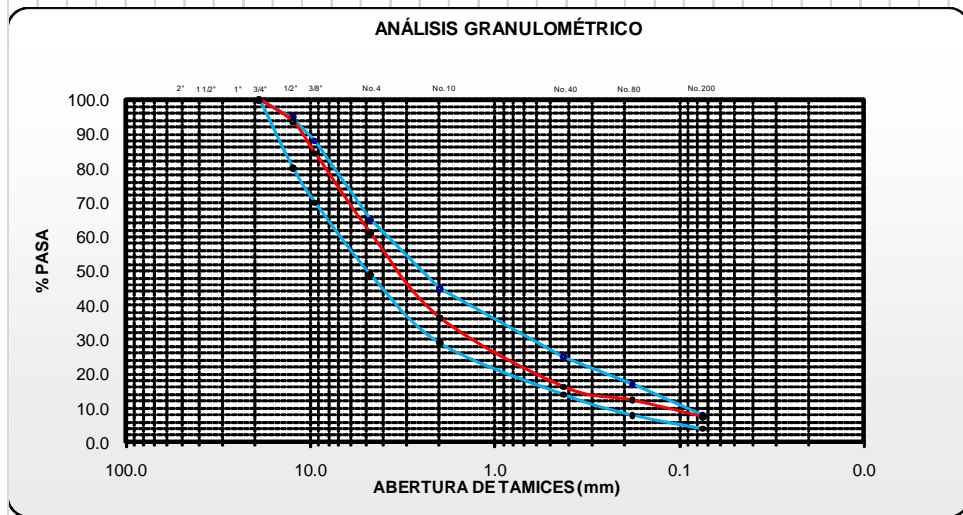
ANEXO C
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"

 TRAE LTDA	ANALISIS GRANULOMETRICO	MUESTRA No. 1-B
	INV E - 782 - 07	CODIGO: 002
		PAGINA: 1 DE 1

PROYECTO:	TESIS POSTGRADO INGENIERIA DE CARRETERAS
DESCRIPCION MATERIAL:	AGREGADOS GRUESOS Y FINOS RECUPERADOS DE LA MEZCLA ASFALTICA MDC-2
LOCALIZACION MUESTREO:	PLANTA TRAE LTDA (MUESTRA TOMADA EN LA VOLQUETA)
FUENTE DE MATERIALES:	CANTERA SAMUEL CALDERON
FECHA MUESTREO:	14 DE JUNO DE 2011

PESO DE LA MUESTRA ANTES DE LAVAR (gr) :	1,100.0	CONTENIDO DE ASFALTO (%) :	5.73
PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVAR (gr) :	1,037.0		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASA ESPECIFICACION INVIAS 2007	% RETENIDO	% PASA DE LA MUESTRA
3/4"	0.0	19.0	100.0	100.0	0.0
1/2"	66.4	12.5	80.0	95.0	6.4
3/8"	95.4	9.5	70.0	88.0	9.2
No. 4	241.6	4.75	49.0	65.0	23.3
No. 10	256.1	2.00	29.0	45.0	24.7
No. 40	209.5	0.425	14.0	25.0	20.2
No. 80	40.4	0.180	8.0	17.0	3.9
No. 200	49.8	0.075	4.0	8.0	4.8
PASA 200	77.8			7.5	
Σ	1,037.0				



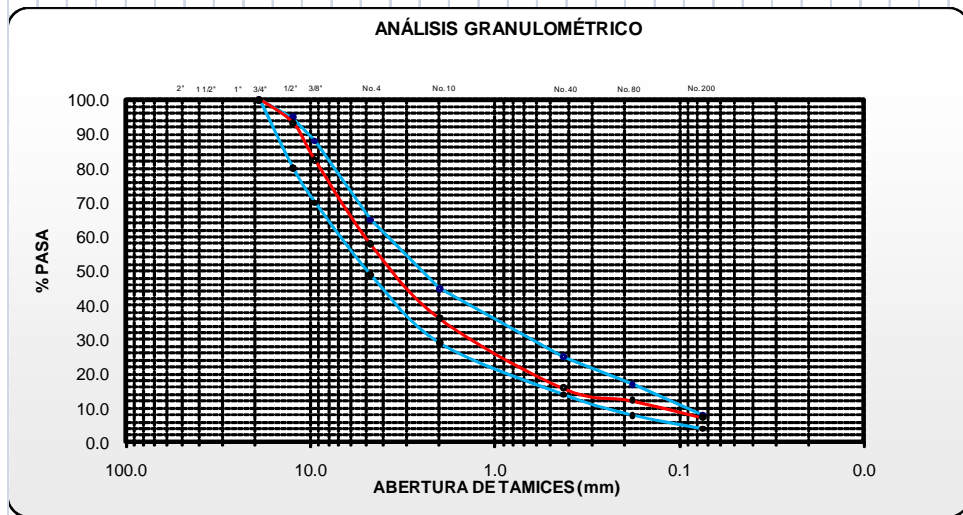
ANEXO C
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"

 TRAE LTDA	ANALISIS GRANULOMETRICO	MUESTRA No. 1-C
	INV E - 782 - 07	CODIGO: 003
		PAGINA: 1 DE 1

PROYECTO:	TESIS POSTGRADO INGENIERIA DE CARRETERAS
DESCRIPCION MATERIAL:	AGREGADOS GRUESOS Y FINOS RECUPERADOS DE LA MEZCLA ASFALTICA MDC-2
LOCALIZACION MUESTREO:	PLANTA TRAE LTDA (MUESTRA TOMADA EN LA VOLQUETA)
FUENTE DE MATERIALES:	CANTERA SAMUEL CALDERON
FECHA MUESTREO:	14 DE JUNO DE 2011

PESO DE LA MUESTRA ANTES DE LAVAR (gr) :	1,200.0	CONTENIDO DE ASFALTO (%) :	5.80
PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVAR (gr) :	1,130.4		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASA ESPECIFICACION INVIAS 2007	% RETENIDO	% PASA DE LA MUESTRA
3/4"	0.0	19.0	100.0	100.0	0.0
1/2"	76.9	12.5	80.0	95.0	6.8
3/8"	123.2	9.5	70.0	88.0	10.9
No. 4	275.8	4.75	49.0	65.0	24.4
No. 10	245.3	2.00	29.0	45.0	21.7
No. 40	229.5	0.425	14.0	25.0	20.3
No. 80	40.7	0.180	8.0	17.0	3.6
No. 200	55.4	0.075	4.0	8.0	4.9
PASA 200	83.6				7.4
Σ	1,130.4				



OBSERVACIONES:

Realizo:	Vo. Bo.	Vo. Bo.
EDWIN RUIZ Laboratorista TRAE LTDA	I. C. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO Estudiante Postgrado	I. C. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

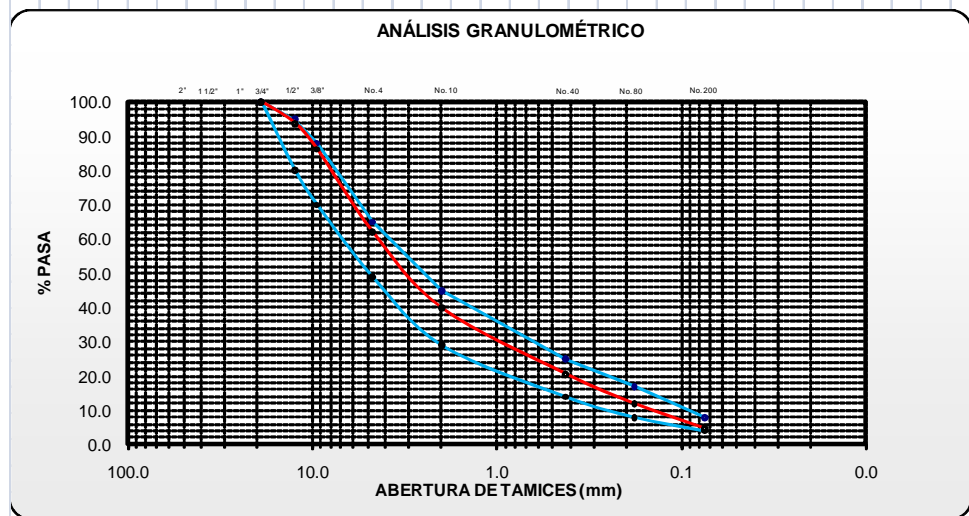
ANEXO C
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"

 TRAE LTDA	ANALISIS GRANULOMETRICO	MUESTRA No. 2-A
	INV E - 782 - 07	CODIGO: 004
		PAGINA: 1 DE 1

PROYECTO:	TESIS POSTGRADO INGENIERIA DE CARRETERAS
DESCRIPCION MATERIAL:	AGREGADOS GRUESOS Y FINOS RECUPERADOS DE LA MEZCLA ASFALTICA MDC-2
LOCALIZACION MUESTREO:	PLANTA TRAE LTDA (MUESTRA TOMADA EN LA VOLQUETA)
FUENTE DE MATERIALES:	CANTERA SAMUEL CALDERON
FECHA MUESTREO:	16 DE JUNO DE 2011

PESO DE LA MUESTRA ANTES DE LAVAR (gr) :	1,100.0	CONTENIDO DE ASFALTO (%) :	5.97
PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVAR (gr) :	1,034.3		


TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASA ESPECIFICACION INVIAS 2007	% PASA DE LA MUESTRA	% RETENIDO	% PASA DE LA MUESTRA
3/4"	0.0	19.0	100.0	100.0	0.0	100.0
1/2"	64.1	12.5	80.0	95.0	6.2	93.8
3/8"	78.6	9.5	70.0	88.0	7.6	86.2
No. 4	249.3	4.75	49.0	65.0	24.1	62.1
No. 10	230.6	2.00	29.0	45.0	22.3	39.8
No. 40	198.6	0.425	14.0	25.0	19.2	20.6
No. 80	90.0	0.180	8.0	17.0	8.7	11.9
No. 200	74.5	0.075	4.0	8.0	7.2	4.7
PASA 200	48.6				4.7	
Σ	1,034.3					



OBSERVACIONES:

Realizo:	Vo. Bo.	Vo. Bo.
EDWIN RUIZ Laboratorista TRAE LTDA	I. C. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO Estudiante Postgrado	I. C. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

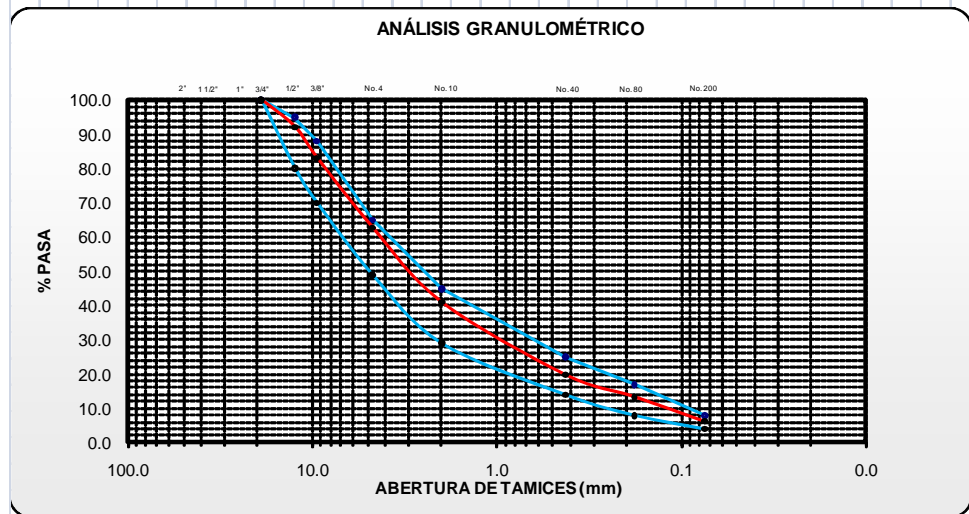
ANEXO C
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"

 TRAE LTDA	ANALISIS GRANULOMETRICO	MUESTRA No. 2-B
	INV E - 782 - 07	CODIGO: 005
		PAGINA: 1 DE 1

PROYECTO:	TESIS POSTGRADO INGENIERIA DE CARRETERAS
DESCRIPCION MATERIAL:	AGREGADOS GRUESOS Y FINOS RECUPERADOS DE LA MEZCLA ASFALTICA MDC-2
LOCALIZACION MUESTREO:	PLANTA TRAE LTDA (MUESTRA TOMADA EN LA VOLQUETA)
FUENTE DE MATERIALES:	CANTERA SAMUEL CALDERON
FECHA MUESTREO:	16 DE JUNO DE 2011

PESO DE LA MUESTRA ANTES DE LAVAR (gr) :	1,100.0	CONTENIDO DE ASFALTO (%) :	5.90
PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVAR (gr) :	1,035.1		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASA ESPECIFICACION INVIAS 2007	% PASA DE LA MUESTRA	% RETENIDO	% PASA DE LA MUESTRA
3/4"	0.0	19.0	100.0	100.0	0.0	100.0
1/2"	81.8	12.5	80.0	95.0	7.9	92.1
3/8"	93.2	9.5	70.0	88.0	9.0	83.1
No. 4	210.1	4.75	49.0	65.0	20.3	62.8
No. 10	225.7	2.00	29.0	45.0	21.8	41.0
No. 40	219.4	0.425	14.0	25.0	21.2	19.8
No. 80	66.2	0.180	8.0	17.0	6.4	13.4
No. 200	74.5	0.075	4.0	8.0	7.2	6.2
PASA 200	64.2				6.2	
Σ	1,035.1					



OBSERVACIONES:

Realizo:	Vo. Bo.	Vo. Bo.
EDWIN RUIZ Laboratorista TRAE LTDA	I. C. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO Estudiante Postgrado	I. C. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

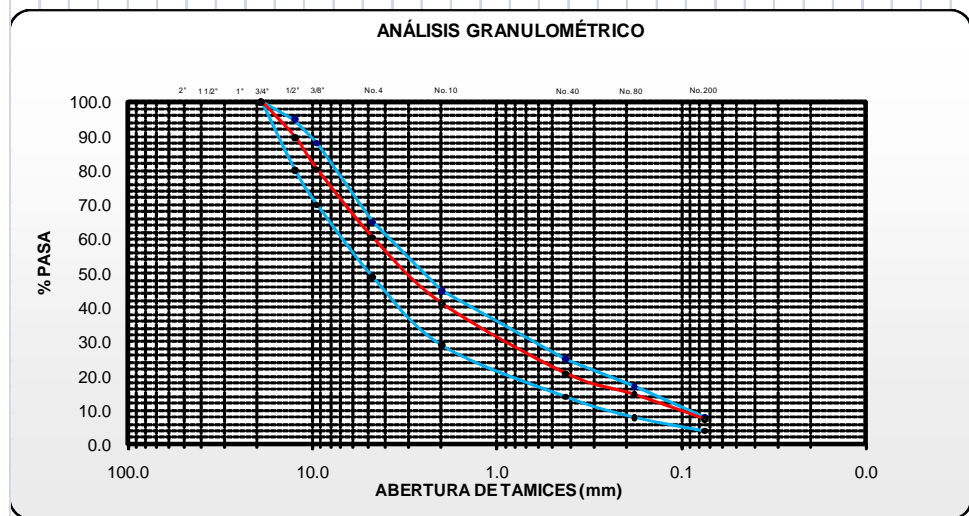
ANEXO C
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"

 TRAE LTDA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	MUESTRA No. 2-C
	INV E - 782 - 07	CODIGO: 006
		PAGINA: 1 DE 1

PROYECTO:	TESIS POSTGRADO INGENIERIA DE CARRETERAS
DESCRIPCION MATERIAL:	AGREGADOS GRUESOS Y FINOS RECUPERADOS DE LA MEZCLA ASFALTICA MDC-2
LOCALIZACION MUESTREO:	PLANTA TRAE LTDA (MUESTRA TOMADA EN LA VOLQUETA)
FUENTE DE MATERIALES:	CANTERA SAMUEL CALDERON
FECHA MUESTREO:	16 DE JUNO DE 2011

PESO DE LA MUESTRA ANTES DE LAVAR (gr) :	1,100.0	CONTENIDO DE ASFALTO (%) :	5.81
PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVAR (gr) :	1,036.1		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASA ESPECIFICACION INVIAS 2007	% PASA DE LA MUESTRA	% RETENIDO	% PASA DE LA MUESTRA
3/4"	0.0	19.0	100.0	100.0	0.0	100.0
1/2"	106.7	12.5	80.0	95.0	10.3	89.7
3/8"	97.4	9.5	70.0	88.0	9.4	80.3
No. 4	205.1	4.75	49.0	65.0	19.8	60.5
No. 10	200.0	2.00	29.0	45.0	19.3	41.2
No. 40	211.4	0.425	14.0	25.0	20.4	20.8
No. 80	64.2	0.180	8.0	17.0	6.2	14.6
No. 200	73.6	0.075	4.0	8.0	7.1	7.5
PASA 200	77.7				7.5	
Σ	1,036.1					



OBSERVACIONES:

Realizo:	Vo. Bo.	Vo. Bo.
EDWIN RUIZ Laboratorista TRAE LTDA	I. C. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO Estudiante Postgrado	I. C. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

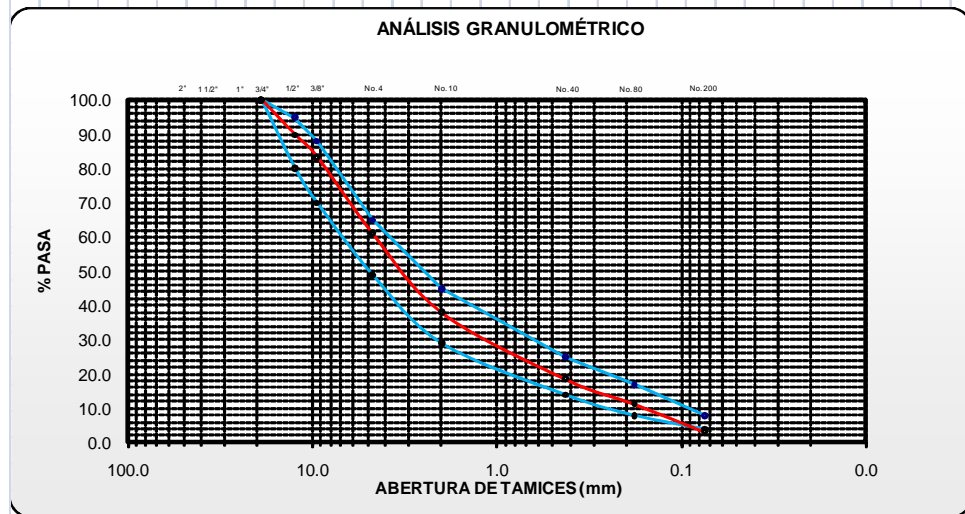
ANEXO C
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"

	ANALISIS GRANULOMETRICO	MUESTRA No. 3-A
	INV E - 782 - 07	CODIGO: 007
		PAGINA: 1 DE 1

PROYECTO:	TESIS POSTGRADO INGENIERIA DE CARRETERAS
DESCRIPCION MATERIAL:	AGREGADOS GRUESOS Y FINOS RECUPERADOS DE LA MEZCLA ASFALTICA MDC-2
LOCALIZACION MUESTREO:	PLANTA TRAE LTDA (MUESTRA TOMADA EN LA VOLQUETA)
FUENTE DE MATERIALES:	CANTERA SAMUEL CALDERON
FECHA MUESTREO:	17 DE JUNO DE 2011

PESO DE LA MUESTRA ANTES DE LAVAR (gr) :	1,200.0	CONTENIDO DE ASFALTO (%) :	5.98
PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVAR (gr) :	1,128.2		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASA ESPECIFICACION INVIAS 2007	% PASA DE LA MUESTRA	% RETENIDO	% PASA DE LA MUESTRA
3/4"	0.0	19.0	100.0	100.0	0.0	100.0
1/2"	115.1	12.5	80.0	95.0	10.2	89.8
3/8"	72.2	9.5	70.0	88.0	6.4	83.4
No. 4	251.6	4.75	49.0	65.0	22.3	61.1
No. 10	260.6	2.00	29.0	45.0	23.1	38.0
No. 40	218.9	0.425	14.0	25.0	19.4	18.6
No. 80	81.2	0.180	8.0	17.0	7.2	11.4
No. 200	91.4	0.075	4.0	8.0	8.1	3.3
PASA 200	37.2				3.3	
Σ	1,128.2					



OBSERVACIONES:

Realizo:	Vo. Bo.	Vo. Bo.
EDWIN RUIZ Laboratorista TRAE LTDA	I. C. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO Estudiante Postgrado	I. C. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

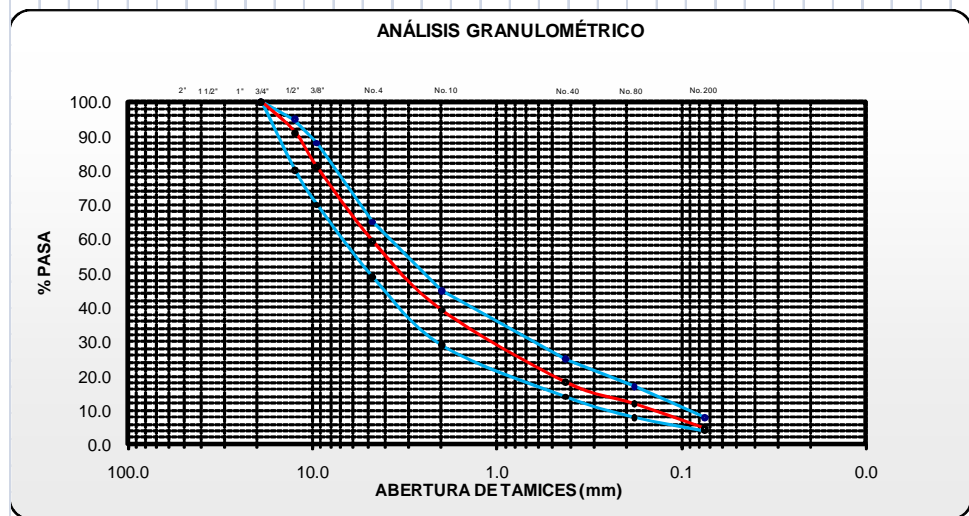
ANEXO C
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"

	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	MUESTRA No. 3-B
	INV E - 782 - 07	CODIGO: 008
		PAGINA: 1 DE 1

PROYECTO:	TESIS POSTGRADO INGENIERIA DE CARRETERAS
DESCRIPCION MATERIAL:	AGREGADOS GRUESOS Y FINOS RECUPERADOS DE LA MEZCLA ASFALTICA MDC-2
LOCALIZACION MUESTREO:	PLANTA TRAE LTDA (MUESTRA TOMADA EN LA VOLQUETA)
FUENTE DE MATERIALES:	CANTERA SAMUEL CALDERON
FECHA MUESTREO:	17 DE JUNO DE 2011

PESO DE LA MUESTRA ANTES DE LAVAR (gr) :	1,200.0	CONTENIDO DE ASFALTO (%) :	6.03
PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVAR (gr) :	1,127.6		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASA ESPECIFICACION INVIAS 2007	% PASA DE LA MUESTRA	% RETENIDO
3/4"	0.0	19.0	100.0	100.0	0.0
1/2"	100.4	12.5	80.0	95.0	8.9
3/8"	115.0	9.5	70.0	88.0	10.2
No. 4	242.4	4.75	49.0	65.0	21.5
No. 10	227.8	2.00	29.0	45.0	20.2
No. 40	236.8	0.425	14.0	25.0	21.0
No. 80	71.0	0.180	8.0	17.0	6.3
No. 200	80.1	0.075	4.0	8.0	7.1
PASA 200	54.1				4.8
Σ	1,127.6				



OBSERVACIONES:

Realizo:	Vo. Bo.	Vo. Bo.
EDWIN RUIZ Laboratorista TRAE LTDA	I. C. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO Estudiante Postgrado	I. C. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

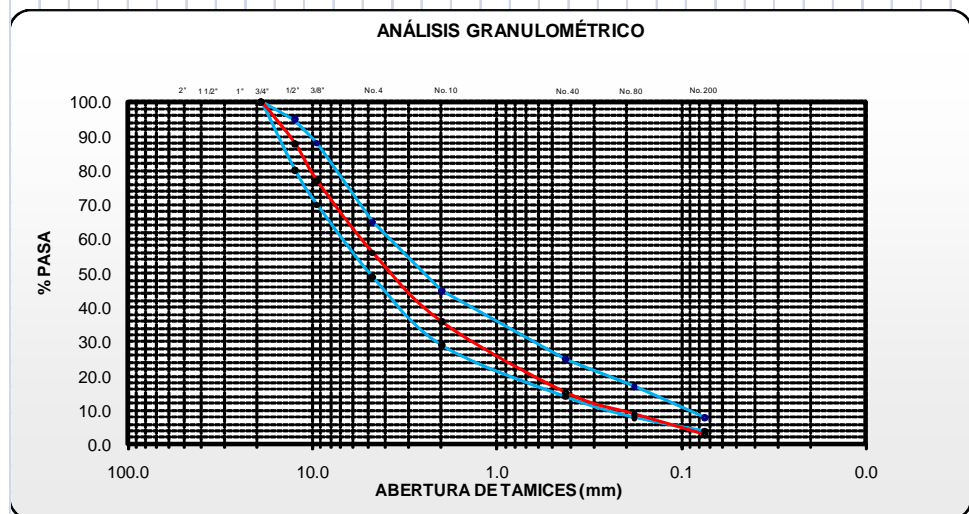
ANEXO C
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en la empresa "TRAE LTDA CONSULTORES"

 TRAE LTDA	ANALISIS GRANULOMETRICO	MUESTRA No. 3-C
	INV E - 782 - 07	CODIGO: 009
		PAGINA: 1 DE 1

PROYECTO:	TESIS POSTGRADO INGENIERIA DE CARRETERAS
DESCRIPCION MATERIAL:	AGREGADOS GRUESOS Y FINOS RECUPERADOS DE LA MEZCLA ASFALTICA MDC-2
LOCALIZACION MUESTREO:	PLANTA TRAE LTDA (MUESTRA TOMADA EN LA VOLQUETA)
FUENTE DE MATERIALES:	CANTERA SAMUEL CALDERON
FECHA MUESTREO:	17 DE JUNO DE 2011

PESO DE LA MUESTRA ANTES DE LAVAR (gr) :	1,100.0	CONTENIDO DE ASFALTO (%) :	5.77
PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVAR (gr) :	1,036.5		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	ABERTURA TAMIZ (mm)	% PASA ESPECIFICACION INVIAS 2007	% PASA DE LA MUESTRA	% RETENIDO	% PASA DE LA MUESTRA
3/4"	0.0	19.0	100.0	100.0	0.0	100.0
1/2"	127.5	12.5	80.0	95.0	12.3	87.7
3/8"	111.9	9.5	70.0	88.0	10.8	76.9
No. 4	216.6	4.75	49.0	65.0	20.9	56.0
No. 10	210.4	2.00	29.0	45.0	20.3	35.7
No. 40	213.5	0.425	14.0	25.0	20.6	15.1
No. 80	65.3	0.180	8.0	17.0	6.3	8.8
No. 200	61.2	0.075	4.0	8.0	5.9	2.9
PASA 200	30.1				2.9	
Σ	1,036.5					



OBSERVACIONES:

Realizo:	Vo. Bo.	Vo. Bo.
EDWIN RUIZ Laboratorista TRAE LTDA	I. C. RICARDO ENRIQUEZ ARELLANO Estudiante Postgrado	I. C. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

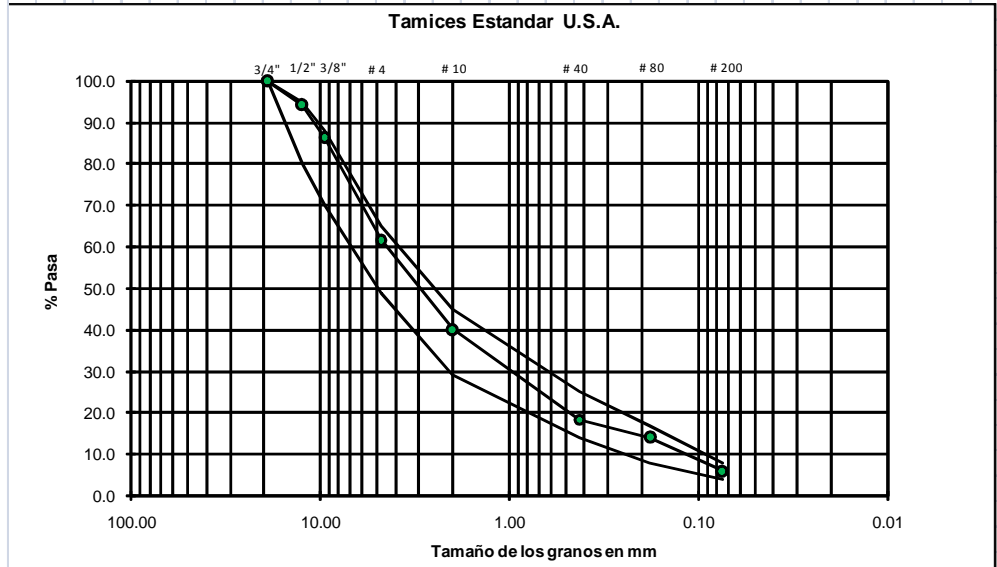
ANEXO D
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en el laboratorio de suelos de la
Universidad de Nariño

	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
	SECCION DE LABORATORIOS
	EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE Y GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO

PROYECTO: Tesis de grado "Postgrado Ingenieria de Carreteras"	TIPO DE MEZCLA: MDC - 2
SEÑORES: Ing. Ricardo Enriquez - Ing. Oscar López	MUESTRA: No. 1-A (En la volqueta planta)
FECHA DE MUESTREO: Junio 14 de 2011	FECHA DE ENSAYO: Junio 14 de 2011

EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS - L.N.V. E- 732 - 07				OBSERVACIONES	
W1=	Peso de la muestra de ensayo (gr)	1	1,200.00	Peso del filtro sin usar (gr)	5 11.81
W2=	Peso del agua en la muestra de ensayo (gr)	2		Se desprecia	
W3=	Peso del agregado mineral extraido (gr)	3	1,127.35	(8) + (7)	6 12.96
W4=	Peso de la materia mineral en el extracto (gr)	4		Se desprecia	
PORCENTAJE DE ASFALTO			6.05%		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	INVIAS - ART 450 - 07 MDC - 2	
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	64.50	5.7	5.7	94.3	80.0	95.0
3/8"	88.30	7.8	13.6	86.4	70.0	88.0
No. 4	278.20	24.7	38.3	61.7	49.0	65.0
No. 10	243.50	21.6	59.9	40.1	29.0	45.0
No. 40	245.20	21.8	81.7	18.3	14.0	25.0
No. 80	47.70	4.2	85.9	14.1	8.0	17.0
No. 200	91.90	8.2	94.1	5.9	4.0	8.0
Pasa No. 200	66.90	5.9	100.0	0.0		
Σ	1,126.20	100.0				



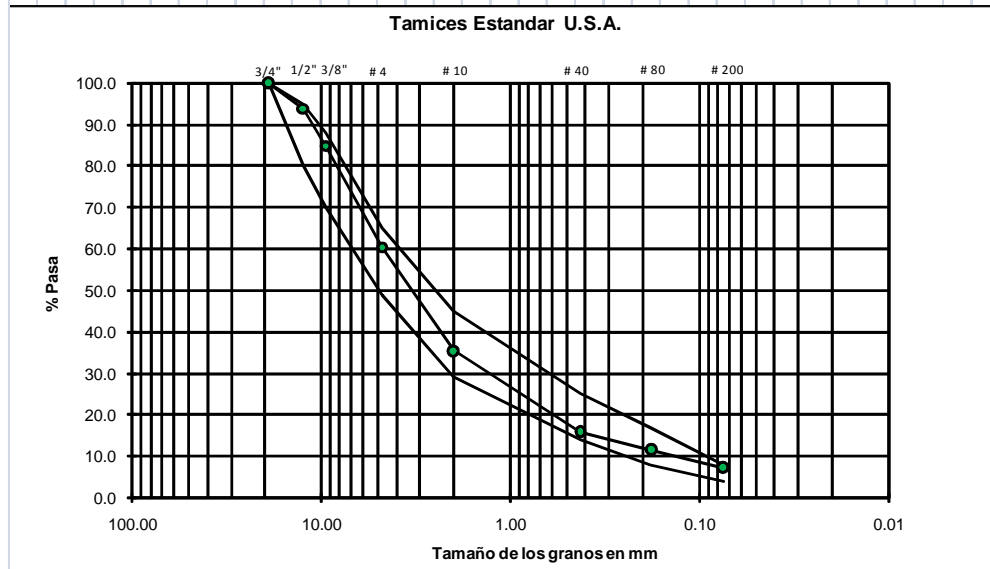
ANEXO D
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en el laboratorio de suelos de la
Universidad de Nariño

	<h2 style="margin: 0;">UNIVERSIDAD DE NARIÑO</h2> <p style="margin: 0;">SECCION DE LABORATORIOS</p> <p style="margin: 0;">EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE Y GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO</p>
---	---

PROYECTO: Tesis de grado "Postgrado Ingenieria de Carreteras"	TIPO DE MEZCLA: MDC - 2
SEÑORES: Ing. Ricardo Enriquez - Ing. Oscar López	MUESTRA: No. 1-B (En la volqueta planta)
FECHA DE MUESTREO: Junio 14 de 2011	FECHA DE ENSAYO: Junio 14 de 2011

EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS - L.N.V. E- 732 - 07				OBSERVACIONES	
W1=	Peso de la muestra de ensayo (gr)	1	1,200.00		Peso del filtro sin usar (gr)
W2=	Peso del agua en la muestra de ensayo (gr)	2		Se desprecia	Peso del filtro despúes de la prueba (gr)
W3=	Peso del agregado mineral extraido (gr)	3	1,128.83	(8) + (7)	
W4=	Peso de la materia mineral en el extracto (gr)	4		Se desprecia	Material mineral en filtro (gr)
PORCENTAJE DE ASFALTO			5.93%		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	INVIAS - ART 450 - 07	
					MDC - 2	
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	69.80	6.2	6.2	93.8	80.0	95.0
3/8"	101.90	9.0	15.2	84.8	70.0	88.0
No. 4	274.70	24.4	39.6	60.4	49.0	65.0
No. 10	281.80	25.0	64.6	35.4	29.0	45.0
No. 40	220.40	19.5	84.1	15.9	14.0	25.0
No. 80	47.90	4.2	88.4	11.6	8.0	17.0
No. 200	49.00	4.3	92.7	7.3	4.0	8.0
Pasa No. 200	82.10	7.3	100.0	0.0		
Σ	1,127.60	100.0				



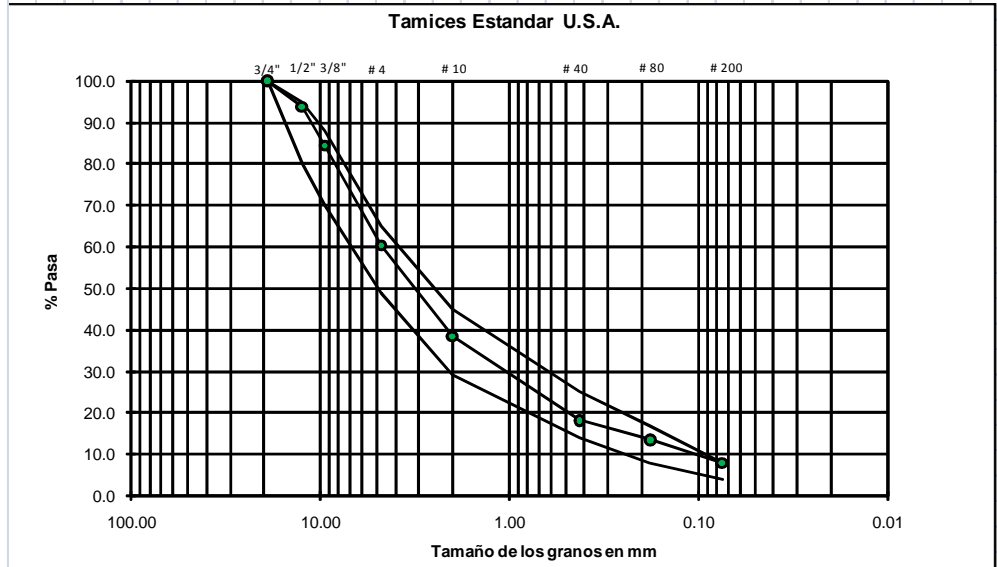
ANEXO D
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en el laboratorio de suelos de la
Universidad de Nariño

	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
	SECCION DE LABORATORIOS
	EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE Y GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO

PROYECTO: Tesis de grado "Ingeniería de Carreteras"	TIPO DE MEZCLA: MDC - 2
SEÑORES: Ing. Ricardo Enriquez - Ing. Oscar López	MUESTRA: No. 1-C (En la volqueta planta)
FECHA DE MUESTREO: Junio 14 de 2011	FECHA DE ENSAYO: Junio 15 de 2011

EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS - L.N.V. E- 732 - 07				OBSERVACIONES	
W1=	Peso de la muestra de ensayo (gr)	1	1,200.00	Peso del filtro sin usar (gr)	5 11.82
W2=	Peso del agua en la muestra de ensayo (gr)	2		Se desprecia	
W3=	Peso del agregado mineral extraido (gr)	3	1,128.05	(8) + (7)	6 14.07
W4=	Peso de la materia mineral en el extracto (gr)	4		Se desprecia	7 2.25
PORCENTAJE DE ASFALTO			6.00%		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	INVIAS - ART 450 - 07 MDC - 2	
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	69.20	6.1	6.1	93.9	80.0	95.0
3/8"	106.30	9.4	15.6	84.4	70.0	88.0
No. 4	270.20	24.0	39.6	60.4	49.0	65.0
No. 10	247.40	22.0	61.6	38.4	29.0	45.0
No. 40	227.40	20.2	81.8	18.2	14.0	25.0
No. 80	53.10	4.7	86.5	13.5	8.0	17.0
No. 200	63.10	5.6	92.1	7.9	4.0	8.0
Pasa No. 200	89.10	7.9	100.0	0.0		
Σ	1,125.80	100.0				



Elaboro y Calculo:	Reviso Vo Bo:
SILVIO CABRERA Profesional Laboratorio UDENAR	ING. RICARDO ENRIQUEZ A. Estudiante Postgrado
	ING. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

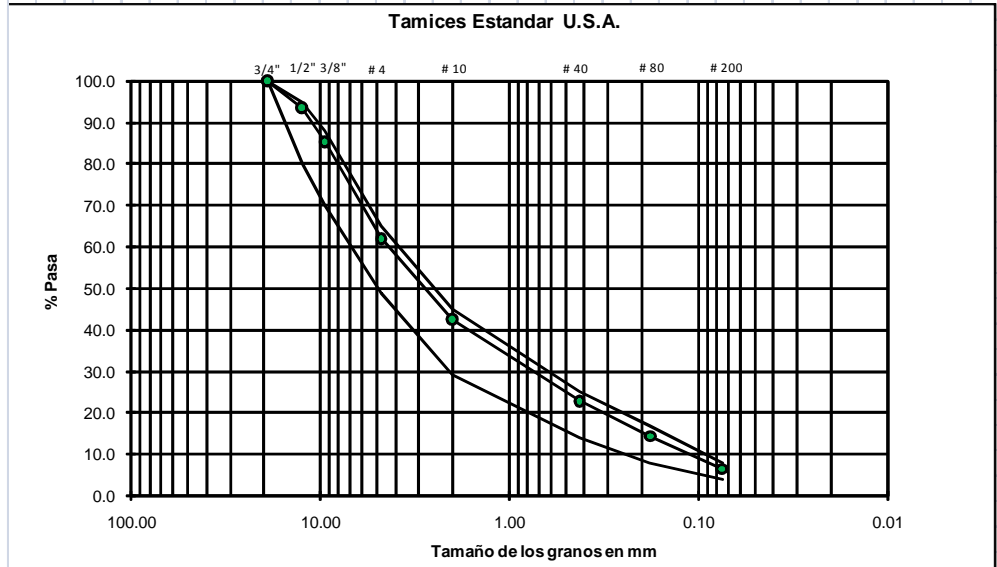
ANEXO D
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en el laboratorio de suelos de la
Universidad de Nariño

	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
	SECCION DE LABORATORIOS
	EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE Y GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO

PROYECTO: Tesis de grado "Postgrado Ingenieria de Carreteras"	TIPO DE MEZCLA: MDC - 2
SEÑORES: Ing. Ricardo Enriquez - Ing. Oscar López	MUESTRA: No. 2-A (En la volqueta planta)
FECHA DE MUESTREO: Junio 16 de 2011	FECHA DE ENSAYO: Junio 16 de 2011

EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS - L.N.V. E- 732 - 07				OBSERVACIONES	
W1=	Peso de la muestra de ensayo (gr)	1	1,200.00	Peso del filtro sin usar (gr)	5 11.55
W2=	Peso del agua en la muestra de ensayo (gr)	2		Se desprecia	
W3=	Peso del agregado mineral extraido (gr)	3	1,126.42	(8) + (7)	6 13.67
W4=	Peso de la materia mineral en el extracto (gr)	4		Se desprecia	7 2.12
PORCENTAJE DE ASFALTO			6.13%		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	INVIAS - ART 450 - 07 MDC - 2	
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	72.70	6.5	6.5	93.5	80.0	95.0
3/8"	91.60	8.1	14.6	85.4	70.0	88.0
No. 4	262.10	23.3	37.9	62.1	49.0	65.0
No. 10	220.30	19.6	57.5	42.5	29.0	45.0
No. 40	220.50	19.6	77.1	22.9	14.0	25.0
No. 80	95.40	8.5	85.6	14.4	8.0	17.0
No. 200	89.40	8.0	93.6	6.4	4.0	8.0
Pasa No. 200	72.30	6.4	100.0	0.0		
Σ	1,124.30	100.0				



Elaboro y Calculo:	Reviso Vo Bo:
SILVIO CABRERA Profesional Laboratorio UDENAR	ING. RICARDO ENRIQUEZ A. Estudiante Postgrado
	ING. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

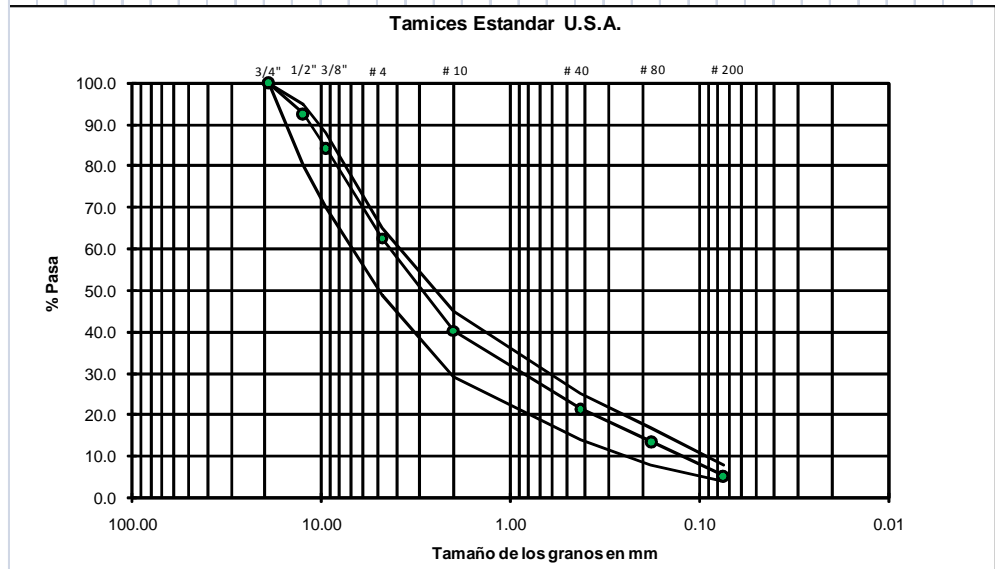
ANEXO D
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en el laboratorio de suelos de la
Universidad de Nariño

	UNIVERSIDAD DE NARIÑO	
	SECCION DE LABORATORIOS	
	EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE Y GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO	

PROYECTO: Tesis de grado "Postgrado Ingenieria de Carreteras"	TIPO DE MEZCLA: MDC - 2
SEÑORES: Ing. Ricardo Enriquez - Ing. Oscar López	MUESTRA: No. 2-B (En la volqueta planta)
FECHA DE MUESTREO: Junio 16 de 2011	FECHA DE ENSAYO: Junio 16 de 2011

EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS - L.N.V. E- 732 - 07				OBSERVACIONES	
W1=	Peso de la muestra de ensayo (gr)	1	1,200.00	Peso del filtro sin usar (gr)	5 11.54
W2=	Peso del agua en la muestra de ensayo (gr)	2		Se desprecia	
W3=	Peso del agregado mineral extraido (gr)	3	1,127.53	(8) + (7)	6 14.67
W4=	Peso de la materia mineral en el extracto (gr)	4		Se desprecia	
PORCENTAJE DE ASFALTO			6.04%		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	INVIAS - ART 450 - 07 MDC - 2	
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	83.10	7.4	7.4	92.6	80.0	95.0
3/8"	92.20	8.2	15.6	84.4	70.0	88.0
No. 4	245.60	21.8	37.4	62.6	49.0	65.0
No. 10	250.60	22.3	59.7	40.3	29.0	45.0
No. 40	211.30	18.8	78.5	21.5	14.0	25.0
No. 80	89.10	7.9	86.4	13.6	8.0	17.0
No. 200	92.70	8.2	94.7	5.3	4.0	8.0
Pasa No. 200	59.80	5.3	100.0	0.0		
Σ	1,124.40	100.0				



Elaboro y Calculo:	Reviso Vo Bo:
SILVIO CABRERA Profesional Laboratorio UDENAR	ING. RICARDO ENRIQUEZ A. Estudiante Postgrado
	ING. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

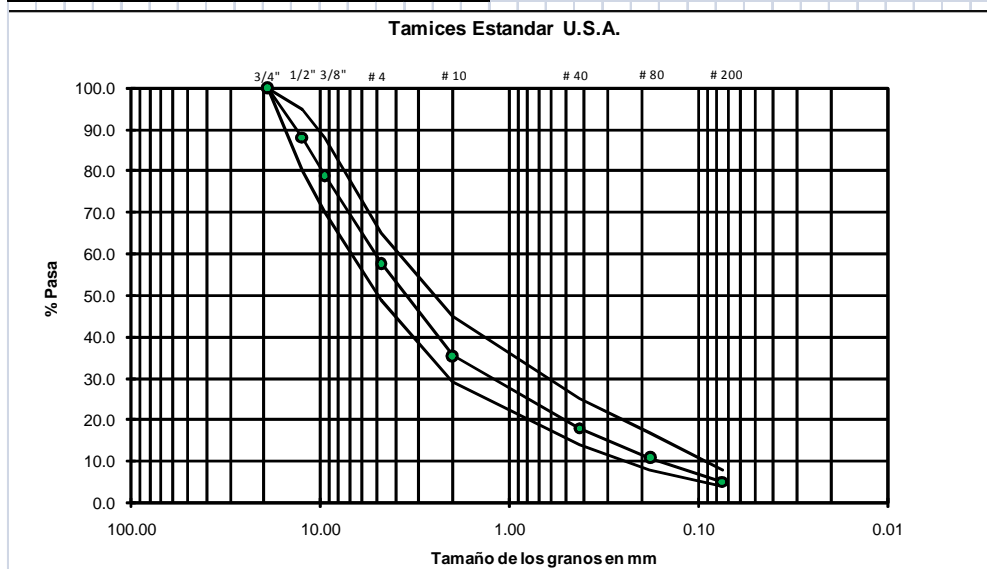
ANEXO D
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en el laboratorio de suelos de la
Universidad de Nariño

	<h2 style="margin: 0;">UNIVERSIDAD DE NARIÑO</h2> <p style="margin: 0;">SECCION DE LABORATORIOS</p> <p style="margin: 0;">EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE Y GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO</p>
---	---

PROYECTO: Tesis de grado "Postgrado Ingenieria de Carreteras"	TIPO DE MEZCLA: MDC - 2
SEÑORES: Ing. Ricardo Enriquez - Ing. Oscar López	MUESTRA: No. 2-C (En la volqueta planta)
FECHA DE MUESTREO: Junio 16 de 2011	FECHA DE ENSAYO: Junio 17 de 2011

EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS - L.N.V. E- 732 - 07				OBSERVACIONES			
W1=	Peso de la muestra de ensayo (gr)	1	1,200.00		Peso del filtro sin usar (gr)	5	11.15
W2=	Peso del agua en la muestra de ensayo (gr)	2		Se desprecia	Peso del filtro despúes de la prueba (gr)	6	13.67
W3=	Peso del agregado mineral extraido (gr)	3	1,128.52	(8) + (7)			
W4=	Peso de la materia mineral en el extracto (gr)	4		Se desprecia	Material mineral en filtro (gr)	7	2.52
PORCENTAJE DE ASFALTO			5.96%				

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	INVIAS - ART 450 - 07	
					MDC - 2	
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	134.80	12.0	12.0	88.0	80.0	95.0
3/8"	102.10	9.1	21.0	79.0	70.0	88.0
No. 4	239.50	21.3	42.3	57.7	49.0	65.0
No. 10	250.20	22.2	64.5	35.5	29.0	45.0
No. 40	197.60	17.5	82.1	17.9	14.0	25.0
No. 80	78.40	7.0	89.0	11.0	8.0	17.0
No. 200	67.30	6.0	95.0	5.0	4.0	8.0
Pasa No. 200	56.10	5.0	100.0	0.0		
Σ	1,126.00	100.0				



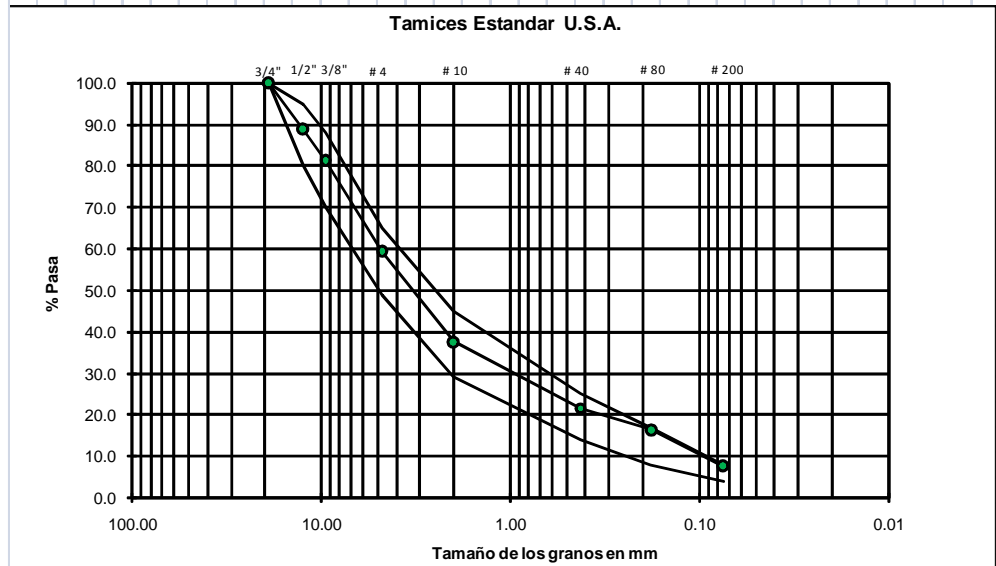
ANEXO D
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en el laboratorio de suelos de la
Universidad de Nariño

	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
	SECCION DE LABORATORIOS
	EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE Y GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO

PROYECTO: Tesis de grado "Postgrado Ingenieria de Carreteras"	TIPO DE MEZCLA: MDC - 2
SEÑORES: Ing. Ricardo Enriquez - Ing. Oscar López	MUESTRA: No. 3-A (En la volqueta planta)
FECHA DE MUESTREO: Junio 17 de 2011	FECHA DE ENSAYO: Junio 21 de 2011

EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS - L.N.V. E- 732 - 07				OBSERVACIONES	
W1=	Peso de la muestra de ensayo (gr)	1	1,200.00	Peso del filtro sin usar (gr)	5 10.95
W2=	Peso del agua en la muestra de ensayo (gr)	2		Se desprecia	
W3=	Peso del agregado mineral extraido (gr)	3	1,125.98	(8) + (7)	6 14.33
W4=	Peso de la materia mineral en el extracto (gr)	4		Se desprecia	7 3.38
PORCENTAJE DE ASFALTO			6.17%		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	INVIAS - ART 450 - 07 MDC - 2	
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	125.00	11.1	11.1	88.9	80.0	95.0
3/8"	84.00	7.5	18.6	81.4	70.0	88.0
No. 4	246.00	21.9	40.5	59.5	49.0	65.0
No. 10	245.00	21.8	62.4	37.6	29.0	45.0
No. 40	180.00	16.0	78.4	21.6	14.0	25.0
No. 80	58.00	5.2	83.6	16.4	8.0	17.0
No. 200	98.00	8.7	92.3	7.7	4.0	8.0
Pasa No. 200	86.60	7.7	100.0	0.0		
Σ	8	1,122.60	100.0			



Elaboro y Calculo:	Reviso Vo Bo:
SILVIO CABRERA Profesional Laboratorio UDENAR	ING. RICARDO ENRIQUEZ A. Estudiante Postgrado
	ING. OSCAR LOPEZ RODRIGUEZ Estudiante Postgrado

ANEXO D
Resultados ensayos de laboratorio efectuados en el laboratorio de suelos de la
Universidad de Nariño

	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
	SECCION DE LABORATORIOS
	EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE Y GRANULOMETRIA DEL MATERIAL MINERAL EXTRAIDO

PROYECTO: Tesis de grado "Postgrado Ingenieria de Carreteras"	TIPO DE MEZCLA: MDC - 2
SEÑORES: Ing. Ricardo Enriquez - Ing. Oscar López	MUESTRA: No. 3-C (En la volqueta planta)
FECHA DE MUESTREO: Junio 17 de 2011	FECHA DE ENSAYO: Junio 22 de 2011

EXTRACCION CUANTITATIVA DEL ASFALTO MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS - L.N.V. E- 732 - 07				OBSERVACIONES	
W1=	Peso de la muestra de ensayo (gr)	1	1,200.00	Peso del filtro sin usar (gr)	5 10.93
W2=	Peso del agua en la muestra de ensayo (gr)	2		Se desprecia	
W3=	Peso del agregado mineral extraido (gr)	3	1,129.19	(8) + (7)	6 14.12
W4=	Peso de la materia mineral en el extracto (gr)	4		Se desprecia	
PORCENTAJE DE ASFALTO			5.90%		

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	INVIAS - ART 450 - 07 MDC - 2	
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	125.30	11.1	11.1	88.9	80.0	95.0
3/8"	106.30	9.4	20.6	79.4	70.0	88.0
No. 4	243.80	21.7	42.2	57.8	49.0	65.0
No. 10	227.50	20.2	62.4	37.6	29.0	45.0
No. 40	210.10	18.7	81.1	18.9	14.0	25.0
No. 80	85.90	7.6	88.7	11.3	8.0	17.0
No. 200	65.20	5.8	94.5	5.5	4.0	8.0
Pasa No. 200	61.90	5.5	100.0	0.0		
Σ	1,126.00	100.0				

