“CARACTERIZAR Y REALIZAR EL DISEÑO CON MATERIAL DE LA REGIÓN DE SAN LUIS, TOLIMA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RED SECUNDARIA Y TERCIARIA DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, UTILIZANDO COMO MATERIAL LIGANTE LA MAPIA – ASFALTITA”.

Ing. Diego Niño Estupiñan

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

ESP. INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

BOGOTA D.C.

2016

“CARACTERIZAR Y REALIZAR EL DISEÑO CON MATERIAL DE LA REGIÓN DE SAN LUIS, TOLIMA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RED SECUNDARIA Y TERCIARIA DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, UTILIZANDO COMO MATERIAL LIGANTE LA MAPIA – ASFALTITA”.

Ing. Diego Niño Estupiñan

Trabajo de grado para optar al título de

Especialista en ingeniería de pavimentos

Director:

Ing. Julián Hurtado

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

ESP. INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

BOGOTA D.C.

2016

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 6

2. Objetivo General 8

2.1. Objetivos Específicos 8

3. Marco Teórico 9

3.1. Exploración geológica detallada del yacimiento de asfaltitas. 9

3.1.2. Características generales de las minas y yacimientos de arena asfalto y conglomerados asfalticos. 9

3.1.3. Sugerencias para la investigación de estos materiales. 10

3.1.4. Ubicación de los afloramientos de asfaltitas presentes en área. 10

3.1.5. Apertura de apiques para el análisis de asfaltitas. 13

3.2. Muestreo y análisis de calidad. 14

3.2.2. Características Geológicas e industriales de las asfaltitas. 14

3.3. Evaluación E Interpretación De La Información. 14

3.3.1. Criterios para ubicación de la zona de extracción. 14

3.4. Características Geológicas. 15

3.4.1. Tipo de depósito 15

3.4.2. Alternativas de uso 15

3.4.3. Alternativas para el mejoramiento de la calidad de las arenas y los conglomerados asfálticos 17

4. Prácticas y ensayos de laboratorio 18

5. RESULTADOS OBTENIDOS 31

5.1. Calculo de densidad bulk de la asfaltita virgen 32

5.1.1. Calculo de la densidad del material granular 32

5.1.2. Calculo de la densidad del material granular rap 32

5.1.3. Calculo de la granulometría y porcentaje de asfalto de las 3 muestras 33

5.1.4. Calculo de la granulometría modificada a una mdc-19 33

5.1.5. Calculo de la densidad bulk de las probetas de asfaltita mejorada con granular y rap 35

5.2. CALCULO DE LA ESTABILIDAD Y FLUJO DE LAS PROBETAS 35

5.2.1. Estabilidad y flujo de probetas con asfltita virgen 35

5.2.2. Estabilidad y flujo de probetas con asfltita mejorada 36

6. ANALISIS DE RESULTADOS 38

CONCLUSIONES 40

RECOMENDACIONES 41

BIBLIOGRAFIA 42

Lista De Tablas

Tabla N° 1. *Ubicación afloramientos asfaltita muestreo fase 2. ..... 13*

Tabla N° 2. *Probables usos de la asfaltita 17*

Tabla N° 3. *Resultados de la densidad bulk de la asfaltita 32*

Tabla N° 4. *Resultados de la densidad bulk del material granular 32*

Tabla N° 5. *Resultados de la densidad bulk del material granular Rap 32*

Tabla N° 6. *Resultados de la granulometría de la asfaltita (3 muestras) 33*

Tabla N° 7. *Resultados de la granulometría de la asfaltita (3 muestras) 33*

Tabla N° 8. *Resultados de la granulometría modificada de la asfaltita 34*

Tabla N° 9. *Resultados de la densidad bulk probetas de la asfaltita mejorada 35*

Tabla N° 10. *Resultados de la estabilidad y flujo probetas de la asfaltita virgen 35*

Tabla N° 11. *Resultados de la estabilidad y flujo probetas de la asfaltita mejorada 37*

Tabla N° 12. *Resultados de la relación estabilidad - flujo probetas de la asfaltita mejorada 37*

Lista De Figuras

Figura N° 1. *Distribución de los afloramientos de asfaltita 11*

Figura N° 2. *Impregnación en la estación 096. ..... 15*

Figura N° 3. *Apique para extracción de asfaltita. 18*

Figura N° 4.*Equipo centrífugo para extracción del contenido de asfalto. 19*

Figura N° 5. *Muestra tratada con gasolina 20*

Figura N° 6. *Muestra tratada con tricloroetileno 20*

Figura N° 7. *Muestra después del primer lavado 21*

Figura N° 8. *Muestra después del último lavado* *21*

Figura N° 9. *Tamizado del material granular seco limpio* *22*

Figura N° 10. *Proceso de elaboración de probetas de asfaltita* *23*

Figura N° 11. *Proceso de pesaje en inmersión de las probetas* *24*

Figura N° 12. *Proceso de pesaje superficialmente saturado de las probetas* *25*

Figura N° 13. *Determinación de la masa unitaria y densidad del granular y Rap* *25*

Figura N° 14. *Proceso de disgregación de la asfaltita natural* *26*

Figura N° 15. *Proceso de mezclado de materiales granulares con la asfaltita a 150°C* *27*

Figura N° 16. *Proceso de elaboración de probetas de asfaltita mejorada* *27*

Figura N° 17. *Temperatura de compactación y elaboración de probetas de asfaltita mejorada (120°C)* *28*

Figura N° 18. *Obtención de probetas de asfaltita mejorada* *28*

Figura N° 19. *Ensayo de estabilidad y flujo para probetas de asfaltita virgen y mejorada* *29*

Figura N° 20. *Probetas falladas de asfaltita virgen* *30*

Figura N° 21. *Probetas falladas de asfaltita mejorada con granular* *30*

Figura N° 22. *Probetas falladas de asfaltita mejorada con Rap* *31*

Lista De Graficas

Grafica N° 1. *Granulometría mejorada, granulometría MDC-19 y granulometrías existentes* *34*

1. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo vial de nuestro país es de vital importancia la optimización de los recursos naturales y la correcta utilización de las fuentes y materiales que están a la mano de los ordenadores del gasto y de los contratistas en los corredores viales y en la red terciaria de cada uno de los municipios de Colombia.

Por esta razón, es importante impulsar la investigación para caracterizar y entender el comportamiento de materiales alternativos a los tradicionales, con el objetivo de favorecer los recursos públicos que se invierten en desarrollo vial, mejorar los tiempos de ejecución planeados para las obras y garantizar la productividad de las regiones agrícolas del país, de manera que se puedan transportar los productos con una mejor calidad de vías terciarias.

Se realizó un recorrido a través de parte de la documentación existente tanto de investigación como información de carácter oficial, de manera que se permita contar con el punto de vista de la academia y de la experiencia en contratación que acumula durante varios años algunos municipios y ciudades del país.

Es el caso del municipio de Chía, Cundinamarca, municipio que cuenta con una experiencia de más de 15 años en la aplicación de asfaltita mezclada con emulsión asfáltica y material granular para el complemento de su esqueleto granulométrico. Hoy por hoy es uno de los municipios líderes en la ejecución de mejoramiento de vías secundarias y terciarias con la implementación de capas de asfaltita mejorada siguiendo los procedimientos tradicionales de aplicación de una mezcla asfáltica en frio

Siguiendo los comentarios del Ing. J. J. PEÑA C. expresados en su ponencia ante el XIII SIMPOSIO COLOMBIANO SOBRE INGENIERIA DE PAVIMENTOS, realizadas en Cartagena de Indias en 10-09-2006, en documento denominado “UNA MIRADA A LOS RECURSOS CONVENCIONALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CARRETERAS EN COLOMBIA”, encontramos que:

“Colombia es un país que cuenta con más de 115.000 kilómetros de carreteras desarrolladas, en un alto porcentaje, en la zona montañosa enmarcada por la cordillera de los Andes, la cual ha entregado los materiales pétreos que por años se han utilizado en la construcción y mantenimiento de los 12.000 kilómetros de vías pavimentadas y en el sostenimiento de más de un centenar de kilómetros en afirmados.

Geométricamente dispuestos en la topografía colombiana se encuentran desde crudos pesados (con buenas características para la pavimentación) hasta los conglomerados y arenas asfálticas, conocidos como rocas asfálticas, nemes y asfaltitas, que, con la aplicación de una tecnología e industria apropiadas, pueden satisfacer las necesidades de materiales pétreos, cada vez más escasos y distantes de los proyectos viales.

La utilización de esos recursos ayudaría a disminuir el consumo de los agregados normales, garantizaría (aplicando técnicas adecuadas) mayor durabilidad de las obras y favorecería la economía nacional, puesto que disminuiría los costos en el transporte y en la construcción de los proyectos, con un menor impacto ambiental.

Los asfaltos naturales han sido utilizados en todo el mundo y su historia se registra desde el siglo XIX.

En Colombia también se ha hecho uso en forma artesanal, de estos materiales, que se encuentran diseminados de sur a norte en el territorio colombiano, desde el Putumayo hasta Arauca, obteniendo resultados desde malos a excelentes, dependiendo, básicamente, del contenido de asfalto presente, del objetivo perseguido y del procedimiento empleado en el beneficio y la aplicación de los mismos.

Es conveniente aclarar que estos recursos son de características variables, por lo cual hay que elaborar un plan de manejo para su homogeneización. Igualmente debe advertirse que se encuentran, en algunos casos, contaminados con minerales o suelos finos y que, como sucede con todos los materiales naturales, es necesario acondicionarlos para que se logren los requisitos mínimos que exigen las normas de construcción de carreteras.

Colombia es muy rica en este tipo de materiales y es un deber de nuestra ingeniería apropiar técnicas que nos permitan su utilización para dar una alternativa coherente al mejoramiento de la infraestructura vial."

Mediante contrato JBE-11531 DE 2010, firmado entre la autoridad minera Ingeominas y Juan Manuel Garzón, posteriormente cedido a la sociedad G&G TM 1 SAS, se pactó la concesión para la exploración y posterior explotación de un yacimiento "MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ASFALTO NATURAL O ASFALTITAS" en un área de 467.29 Hectáreas, ubicadas en jurisdicción de los municipios de Ortega y San Luis, Departamento del Tolima.

2. Objetivo General

- Caracterizar y realizar el diseño con material de la región de san luis, Tolima para el mejoramiento de la red secundaria y terciaria del departamento de Cundinamarca, utilizando como material ligante la mapia – asfaltita.

2.1. Objetivos Específicos

- Caracterizar la MAPIA – ASFALTITA proveniente del municipio de San Luis, Tolima, con el objetivo de tener plena certeza de su composición granulométrica, contenido de asfalto y densidad del material.
- Presentar la información geológica del sector de explotación de la asfaltita para exponer sus características de explotación y potencial de uso a nivel de infraestructura vial.
- Realizar las recomendaciones de investigación y utilización de la asfaltita de San Luis, Tolima en proyectos de mejoramiento vial a nivel de red secundaria y terciaria, con diferentes alternativas de tratamiento como la inclusión de materiales granulares naturales y material granular tipo RAP.
- Presentar los resultados de diseño de las alternativas de mejora de la asfaltita proveniente de San Luis, Tolima para su utilización en el mejoramiento de vías secundarias o terciarias a nivel departamental.

3. Marco Teórico

3.1. Exploración geológica detallada del yacimiento de asfaltitas.

En esta fase se realizaron los trabajos exploratorios detallados con el fin de determinar a qué formación están asociadas las impregnaciones de asfaltita, su estructura, cantidad o recurso de geológico de roca impregnada de asfaltita y confirmar la extensión del área de interés industrial para la empresa, generando estimativos tecnológicos con precisiones superiores al 90% y definiéndose el verdadero potencial de la zona de interés económico para los minerales presentes en la zona.

3.1.2. Características generales de las minas y yacimientos de arena asfalto y conglomerados asfalticos.

Las minas de arena asfalto se caracterizan por ser mantos de areniscas impregnadas por crudos pesados del Cretáceo, de consistencia dura y densidades altas; los contenidos de asfalto residual son variables, estableciéndose un promedio de un 5% con respecto de la arena; en la mayoría de los casos, el asfalto encontrado presenta buena adherencia y características.

Las minas de conglomerados asfálticos, en menor número que las anteriores, presentan, por lo general, gradaciones densas, contenidos de asfalto residual variable entre 2.5 y 8.6% respecto del peso de los agregados. Las partículas de agregados, que alcanzan las tres pulgadas de tamaño, tienen diferente calidad, desde las duras y resistentes hasta las deleznables. El asfalto natural presenta condiciones químicas aptas de un buen asfalto que ha brindado durabilidad en los trabajos que se han realizado desde afirmados hasta capas de rodadura.

Tanto en las arenas como en los conglomerados asfálticos se encuentra azufre, que diseminado en la masa de la “mezcla asfáltica natural” mejora la susceptibilidad térmica del componente asfáltico. Por consiguiente, estos materiales están compuestos, en términos generales, por agregados pétreos, asfalto natural, azufre y fluidos constituidos por agua y solventes del petróleo.

3.1.3. Sugerencias para la investigación de estos materiales.

Es necesario revisar la dureza y la durabilidad de las partículas, y luego establecer la composición granulométrica, en donde es conveniente analizar la cantidad de polvo o Filler que generalmente es inerte, si están embebidos en la matriz. La forma de las partículas es importante y es posible transformarlas mediante trituración. Estas características deben estar acordes con las exigencias establecidas en las normas de construcción o las referentes a un proyecto determinado.

Para la parte asfáltica, es importante trabajar con los residuos de la destilación al vacío, después de realizar las pruebas de extracción y de recuperación del asfalto por el método de Rostler, analizando su composición química o su contenido de asfáltenos. Igualmente debe analizarse su consistencia a diferentes temperaturas, medida por la viscosidad o la penetración, los puntos de ignición y llama, y las características pertinentes a la clasificación de los residuos asfálticos, tales como penetración, ductilidad y solubilidad.

Las mezclas obtenidas al usar estos recursos deben satisfacer las condiciones mecánicas de un proyecto, pero el análisis o la metodología de ensayo debe ser acorde con las condiciones propias del material estudiado, cuidando la presencia de solventes, los tiempos y temperaturas de curado o tiempos de rotura que pueden alterar el material original. En este punto se han obtenido buenos resultados aplicando los ensayos de mezclas en frío, las pruebas Hubbard Field y el Marshall modificando para emulsiones y asfaltos líquidos.

3.1.4. Ubicación de los afloramientos de asfaltitas presentes en área.

Después de la primera fase (Exploración Preliminar), se procedió, mediante la metodología de transeptas, a determinar los sitios donde afloran las asfaltitas, realizando los recorridos de tal forma que la ubicación de los afloramientos permita determinar la estructura general del depósito con ayuda de los elementos estructurales de las rocas aflorantes.

Durante la exploración se ubicaron 10 afloramientos de asfaltita, los cuales están distribuidos espacialmente desde el centro del contrato de concesión hasta la parte norte del área. En la figura 3 se observa con puntos verdes los sitios donde se ubicaron los afloramientos de asfaltita, con bandera roja se muestra los puntos extremos del polígono de la concesión, la línea color magenta

muestra el polígono del contrato de concesión y las líneas grises muestran los recorridos realizados por el geólogo para ubicar los afloramientos de asfaltitas presentes en el área.

Se resalta que la figura presente corresponde a la obtenida del GPS Garmin Etrex con el programa MapSource, la cual nos da una imagen clara y georreferenciada de los puntos y recorridos.

En la tabla 4 se presentan el resumen de las coordenadas planas de Gauss con origen Bogotá, los elementos estructurales y el espesor de la impregnación de Asfaltitas en la roca.

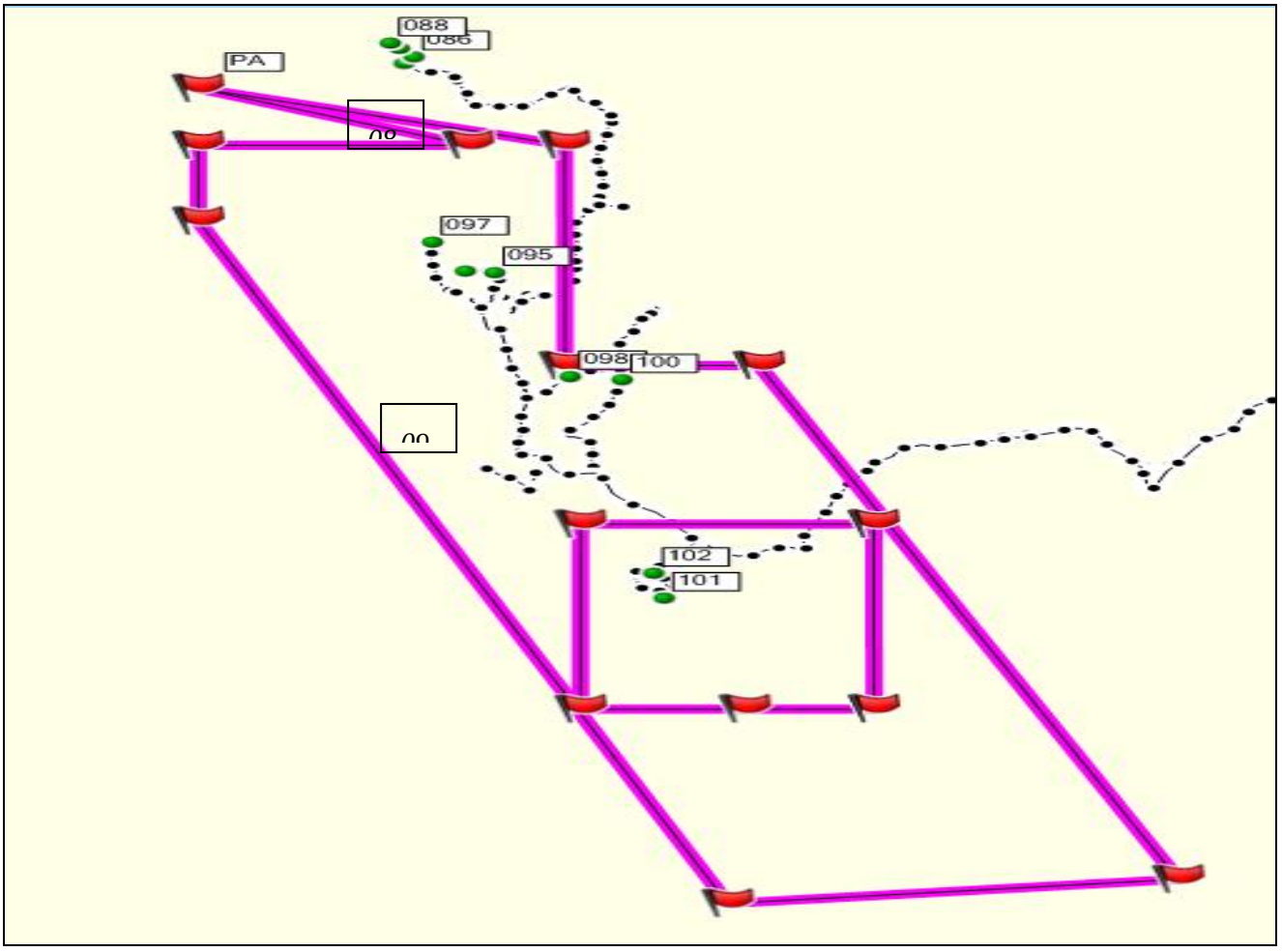


Figura N° 1. *Distribución de los afloramientos de asfaltita*

Fuente: *Informe geológico GYG TM1 SAS*

Numero Punto GPS	***Descripción***	***Coord. Este***	***Coord. Norte***	***Altitud***	***Elementos estructurales***
85	Aquí se observa como brota la asfaltita directamente de la roca, que es una arenisca de grano medio dispuesta en capas delgadas (1 a 20 cm) concordantes entre sí.	873919	890484	486 m	Azit Buz 275°, Buz 18°
86	Capa de arenisca impregnada de asfaltita, de aprox. 35 cm de espesor, también un manadero con unos 40 cm de diámetro.	873952	890518	506 m	Azit Buz 290° , Buz 15°
87	Manadero de asfaltita, elementos estructurales no diferenciables claramente.	873902	890563	481 m	
88	Manadero de asfaltita, las mismas capas delgadas de estaciones anteriores.	873872	890591	477 m	Azit Buz 280°. Buz 20°
95	Secuencia de areniscas de gano fino a medio con asfaltita impregnando localmente la roca.	874226	889380	476 m	Azit Buz 210°, Buz 22°.
96	Afloramiento de asfaltita, muestra una impregnación de unos 30 cm	874126	889388	478 m	

97	Canto Rodado, muestra impregnación de unos 60cm	874015	889541	461 m	
98	Capa de asfaltita de 1m aprox. de espesor, es una secuencia estratigráfica a la base conglomeratica seguida de areniscas con alto contenido de asfaltita, al techo areniscas tobaceas.	874483	888831	459 m	Azit Buz 225° Buz 18°
100	Arenisca impregnada de asfaltita, espesor 80cm, unos 10m arriba contacto con areniscas tobaceas.	874660	888814	480 m	Azit Buz 90°, buz 10°.
101	Afloramiento de asfaltita al borde del rio. Espesor 60cm sostenido 30m hacia el norte.	874801	887663	439 m	Azit Buz 120° Buz 20°.
102	Continuidad del punto 101	874766	887794	446 m	Azit Buz 120° Buz 20°.

Tabla N° 1. *Ubicación afloramientos asfaltita muestreo fase 2.*

Fuente: *Informe geológico GYG TM1 SAS*

3.1.5. Apertura de apiques para el análisis de asfaltitas.

Para esta fase, dentro del área de influencia, se diseñaron y realizaron de forma manual 5 apiques los cuales buscaron analizar la forma, contorno y estructura que se define con los afloramientos de asfaltita.

Cada apique se realizó de 0.5 x 0.5 metros y 1.5 metros de profundidad y de su material se obtuvieron igual número de muestras de aproximadamente 0,7 m^3.

La distribución de los apiques corresponde al desarrollo del sistema de exploración denominado "cortes verticales con apiques", el cual se diseñó partiendo de una malla de exploración lineal de los puntos de muestreo, generando una caracterización integral.

3.2. Muestreo y análisis de calidad.

Para esta fase las muestras tomadas en los 5 (cinco) apiques fueron sometidas al análisis de características tecnológicas, básicamente resaltando el % de Asfalto impregnado en la roca.

3.2.2. Características Geológicas e industriales de las asfaltitas.

Se determinó que las Asfaltitas presentes en el área están asociadas con el **grupo Villeta** (Kv), el cual estructuralmente forma un anticlinal cuyo eje está dispuesto N30E y los flancos caen con buzamientos de 10° a 20°. Lo que genera que las Asfaltitas estén impregnadas en una capa de areniscas dentro del anticlinal.

3.3. Evaluación E Interpretación De La Información.

De la información tomada anteriormente, en especial de las labores de muestreo y como resultado del análisis geológico, se concluyó que toda el área del título minero JBE -11531 es apta para el desarrollo de la explotación tanto de materiales de construcción como de asfaltitas.

3.3.1. Criterios para ubicación de la zona de extracción.

Los factores de mayor incidencia en la ubicación de la zona de extracción de asfaltitas, en la zona nororiental del contrato de concesión JBE-11531 fueron:

- Calidad en las características geológicas y físico mecánicas.
- Cantidad del material requerido (material transportado), y su recuperación por con el aumento del caudal del río.
- Facilidades de vía de acceso hasta las zonas de extracción desde el municipio de San Luis.
- Infraestructura disponible como electricidad.
- Zona de influencia directa con bajo índice poblacional, lo que disminuye la posibilidad de conflictos sociales.
- Aceptación del proyecto por los habitantes de la región.

3.4. Características Geológicas.

Las asfaltitas identificados geológicamente están caracterizadas por estar impregnadas en rocas de la formación Honda específicamente dentro de las areniscas y areniscas conglomeráticas. En la siguiente foto se observa la impregnación presente en el área.



Figura N° 2. *Impregnación en la estación 096.*

Fuente: *propia*

3.4.1. Tipo de depósito

El depósito es catalogado geológicamente como anticlinal con eje N20E, el flanco oeste tiene buzamientos del orden de los 20 grados y buzan con azimut entre 250 y 275. El flanco este tiene buzamientos que oscilan entre los 20 a 23 grados con azimuts entre los 90 a 120 grados.

El anticlinal básicamente está asociado a las formaciones Honda y el grupo Villeta. Este es un yacimiento de impregnación, el cual impregna una capa de arenas gruesas y arenas conglomeráticas de la formación Honda con espesor oscilante entre los 30 cm y 1m de espesor.

3.4.2. Alternativas de uso

Los conglomerados asfálticos tienen aplicación en el mejoramiento de las vías de bajo volumen de tránsito, al colocar una capa de quince (15) centímetros, con calidad de afirmado estabilizado con asfalto, recomendándose colocar un sello de arena asfalto como protección, siendo ello absolutamente necesario cuando el porcentaje de asfalto residual es menor al requerido por la granulometría; también se pueden construir capas de subbase para los diferentes tipos de

pavimentos, capas de base para los pavimentos flexibles, en donde la humedad de compactación es función del contenido de asfalto e igual a la humedad óptima del Proctor modificado. La respuesta de estas capas es mejor que la proporcionada por una capa granular convencional, siempre y cuando se de una granulometría adecuada, buena homogeneidad en el material y, en la construcción, se compacte con la humedad adecuada y se facilite la perdida de los volátiles, los cuales se pierden en la manipulación de los conglomerados y con el efecto de las condiciones ambientales como la temperatura, la humedad ambiente, el viento, etc.

Estos materiales se usan con éxito en capas de rodadura para tráficos medios y livianos, después de ajustar la granulometría y el contenido de asfalto con Crudos pesados o emulsiones asfálticas. Se tiene experiencia, con buena respuesta, de carpetas de diez centímetros compactos, sobre una estructura granular de 60 centímetros, con tráfico pesado en la carretera acceso a la mina San Pedro; los conglomerados asfálticos con tamaño máximo de ¾ de pulgada de la carpeta, fueron mezclados con emulsión asfáltica de rotura lenta normal, con emulsión asfáltica con Látex y otro tramo con crudo de Castilla.

Cuando estos recursos naturales se usen en las capas de los pavimentos, es conveniente homogeneizarlos y disgregar los terrones de azufre; el uso a granel de estos conglomerados sin un debido proceso y control puede generar grietas como los ocurridos en la vía Líbano-Santa Teresa, debidas a la descomposición de los terrones de azufre, expulsión de gases y presión con el efecto del agua.

Las arenas asfálticas se pueden usar para capas de sello, para capas de subbase y base para tráficos livianos y mejorando la gradación, incluyendo en la matriz partículas gruesas, se pueden construir también capas de pavimentos para tráficos mayores, mejorando la granulometría de la mezcla. En forma empírica se han colocado capas de rodadura con el material natural, encontrando altas deformaciones por exceso de asfalto, presencia de agua o volátiles, falta de valor de estabilidad en la mezcla y deficiencia estructural del conjunto de capas del pavimento.

El siguiente cuadro resume los usos de los dos materiales de que se trata, así:

CONGLOMERADOS ASFÁLTICOS	Afirmados estabilizados
	Capas de subbase en Pavimentos Rígidos
	Capas de subbase en Pavimentos Articulados
	Capas de subbase en Pavimentos Flexibles
	Capas de base en pavimentos flexibles
	Capas intermedias o antirreflectoras
	Capas de rodadura
ARENAS ASFÁLTICAS	Capas de sello
	Capas de subbase en Pavimentos Rígidos
	Capas de subbase en Pavimentos Articulados
	Capas de subbase en Pavimentos Flexibles
	Capas de base en pavimentos flexibles

Tabla N° 2. *Probables usos de la asfaltita*

Fuente. *Propia*

3.4.3. Alternativas para el mejoramiento de la calidad de las arenas y los conglomerados asfálticos

Para las arenas y los conglomerados asfálticos que tengan granos duros y resistentes y un residuo asfáltico de buena calidad para el objeto de los pavimentos, es factible el arreglo granulométrico adicionado agregados que los lleven a un uso granulométrico deseado, con partículas trituradas o naturales; y también es factible la incorporación de asfaltos fluidificados de emulsión asfáltica, de asfaltos líquidos o de crudo pesado como el de Castilla.

4. Prácticas y ensayos de laboratorio

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se ejecutaron una serie de ensayos de laboratorio, de manera que se permitiera tener el mayor conocimiento de las propiedades básicas de la asfaltita proveniente del municipio de san Luis, Tolima, correspondiendo a la primera etapa del proyecto como lo es la caracterización de la misma.

Se decidió ejecutar los ensayos de determinación del contenido de asfalto, granulometría propia de la asfaltita y cálculo de la densidad propia del material y gravedad especifica bulk.

Para la determinación del contenido real de asfalto en la muestra de asfaltita primero se procedió a realizar un cuarteo de las muestras, ya que se tomaron muestras de 3 sitios diferentes de la mina con apiques de profundidad variable entre 0,2 m a 0,6 m sobre la superficie existente en campo. De esta manera es posible homogenizar las muestras respectivas ya que se pueden presentar granulometrías con menores cantidades de finos y porcentajes de asfalto variables.



Figura N° 3. *Apique para extracción de asfaltita.*

Fuente: *Propia.*

Para realizar el procedimiento inicial de extracción del contenido de asfalto de la muestra de asfaltita, se siguen las indicaciones establecidas en la norma para ensayos de materiales 732-13 “Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas para pavimentos”, del Instituto Nacional de Vías, en la cual recomiendan utilizar una muestra de material entre 650 a 2500 g, para su análisis en cualquiera de las modalidades ofrecidas en la norma.

Se escogió tomar una muestra de 1500 g para el análisis y optar por la metodología A para ejecutar el ensayo utilizando un equipo centrífugo como se muestra en la siguiente imagen:



Figura N° 4.*Equipo centrífugo para extracción del contenido de asfalto.*

Fuente: Propia.

Se procedió a realizar el ensayo con 3 muestras de asfaltita de 1500 g de peso de las cuales, 2 se realizaron con material diluyente tipo gasolina y 1 con Tricloroetileno así:

- Muestra 1 – Gasolina corriente
- Muestra 2 – Gasolina corriente
- Muestra 3 – Tricloroetileno



Figura N° 5. *Muestra tratada con gasolina*

Fuente: *Propia.*



Figura N° 6. *Muestra tratada con tricloroetileno*

Fuente: *Propia.*

Se desarrollaron los ensayos según las indicaciones de la norma 732-13 del Instituto Nacional de Vías, de manera que se activó el quipo centrifugo a más de 3000 revoluciones por minuto, obteniendo poco a poco la extracción del contenido de asfalto de la muestra a un recipiente externo, de lo que en cada lavado se fue encontrando material granular limpio así:



Figura N° 7. *Muestra después del primer lavado*

Fuente: *Propia.*

En el proceso de extracción del contenido de asfalto, se evidencio uno de los comportamientos que posteriormente nos darían pautas para la ejecución del resto de ensayos y fue la necesidad de realizar más lavados de lo habitual, ya que en materiales asfalticos naturales de este tipo, generalmente la experiencia en laboratorio arroja que después de 3 lavados se libera totalmente el contenido de asfalto, mientras que para estas muestras fue necesario realizar más de 6 lavados para alcanzar la limpieza total del material granular y liberar el asfalto, hasta encontrar la siguiente muestra lavada:



Figura N° 8. *Muestra después del último lavado*

Fuente: *Propia.*

Posteriormente se procedió a analizar la granulometría del material resultante siguiendo las indicaciones de la norma para ensayos 213-13 “Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino” del Instituto Nacional de Vías, esto se ejecuta para determinar sobretodo la cantidad de finos que contiene la muestra de asfaltita con el objetivo de mejorar y complementar la granulometría con material grueso en la medida justa para llevar la granulometría final de la mezcla de asfaltita a la gradación de una mezcla asfáltica tradicional. Se utiliza la serie de tamices que van desde ¾” hasta el tamiz N° 200.



Figura N° 9. *Tamizado del material granular seco limpio*

Fuente: *Propia.*

El siguiente dato para caracterizar la asfaltita corresponde a encontrar la densidad bulk del material y la densidad por el cálculo de dimensionamiento de probetas y peso del material. Para la determinación de la densidad se siguieron las indicaciones de la norma para ensayos de laboratorio 733-13 “Gravedad especifica bulk y densidad para mezclas asfálticas compactadas no

absorbentes utilizando especímenes saturados y superficialmente secos", del Instituto Nacional de Vías. Se elaboraron 3 probetas cilíndricas de asfaltita compactada con 1200 g de muestra para la ejecución del ensayo, se solicitó el equipo de compactación giratorio por amasado GYROCOM para garantizar una compactación más homogénea y contar con datos más acertados en la elaboración de las probetas, pero se negó la utilización del equipo por parte del encargado de la programación de actividades aun contando con la autorización del director del programa de Ingeniería civil y del director de la especialización en Ingeniería de pavimentos, razón por la cual, se procedió a rehabilitar el compactador por amasado antiguo (verde) con que cuenta la Universidad y el cual se encontraba inhabilitado al momento de hacer los ensayos.



Figura N° 10. *Proceso de elaboración de probetas de asfaltita*

Fuente: *Propia.*

Una vez se obtuvieron las 3 probetas de asfaltita pura se realizaron las mediciones de la geometría final de las probetas cilíndricas y se realizó el pesaje de las mismas en estado de inmersión al baño de maría (25°C) durante 4 minutos garantizando que la temperatura de la probeta no difiera de la del agua en más de 2°C marcando este peso con la letra C y finalmente llevando la probeta bajo el agua a la misma temperatura de 25°C y sacándola al exterior rápidamente para secarla levemente con una toalla este peso se registra como B y en estado seco

al aire llevando la muestra al horno a 110°C hasta tener masa constante y se registra este peso con la letra A.

Posteriormente con los pesos obtenidos se procedió a calcular la gravedad especifica bulk y la densidad especifica del material con las fórmulas que nos ofrece la norma para ensayos de laboratorio 733-13 “Gravedad especifica bulk y densidad para mezclas asfálticas compactadas no absorbentes utilizando especímenes saturados y superficialmente secos”, del Instituto Nacional de Vías así:

$$\text{Gravedad específica bulk} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Densidad} = \text{Gravedad específica bulk} \times 997.0$$



Figura N° 11. *Proceso de pesaje en inmersión de las probetas*

Fuente: *Propia.*



Figura N° 12. *Proceso de pesaje superficialmente saturado de las probetas*

Fuente: *Propia.*

La siguiente etapa de la investigacion se enfocó a determinar la masa unitaria y la densidad del material granular con que se complementara la granulometria de la asfaltita de manera que se siguen las indicaciones para hacerlo, según la norma para ensayos de laboratorio 217-13 “Densidad bulk (Peso unitario) y porcentaje de vacíos de os agregados en estado suelto y compacto”, del Instituto Nacional de Vías, este procedimiento se realiza para el granular tradicional y también para el granular proveniente del reciclado de asfaltos en funcionamiento también llamado RAP.



Figura N° 13. *Determinación de la masa unitaria y densidad del granular y Rap*

Fuente: *Propia.*

Finalmente se procede a elaborar las probetas de asfaltita mejorada de manera que se calculan los pesos del material granular que se debe adicionar a la asfaltita para que pueda encajar en la granulometría de una mezcla asfáltica tradicional. Se realizan 9 probetas con material granular tradicional y 6 probetas con material granular tipo Rap, con el objetivo de analizar las 2 posibilidades de mejora y cual se comporta mejor respecto de la otra, de manera que pueda ser una alternativa útil para el mejoramiento de vías terciarias.

Se encontró una resistencia bastante alta de la asfaltita de san Luis a la temperatura ya que no sufre ninguna alteración en su composición física a 100 °C, de manera que se requirió previamente de un proceso de disgregación del material con espátula y en caliente a una temperatura de 115°C, como se observa a continuación:



Figura N° 14. *Proceso de disgregación de la asfaltita natural*

Fuente: *Propia.*

Posteriormente, se realizó la mezcla del material granular con la asfaltita a una temperatura de 150 °C, ya que esta se considera como la temperatura ideal de mezclado para una mezcla densa en caliente y es la temperatura a la cual funcionan normalmente las plantas típicas de producción de mezclas asfálticas.



Figura N° 15. *Proceso de mezclado de materiales granulares con la asfaltita a 150°C*

Fuente: *Propia.*

Una vez que se homogenizó la mezcla a temperatura de 150°C se procedió a trasladar la muestra al equipo compactador, previamente este se calibra para que funcione a 300 revoluciones y aplique una carga de aproximadamente 600 Kpa en el proceso de compactación, también se debe aceitar el recipiente o molde metálico que recibe la muestra para facilitar la extracción del espécimen compactado y no se debe olvidar ejecutar los 25 punzonamientos a la mezcla una vez ya este depositada dentro del molde metálico.



Figura N° 16. *Proceso de elaboración de probetas de asfaltita mejorada*

Fuente: *Propia.*



Figura N° 17. *Temperatura de compactación y elaboración de probetas de asfaltita mejorada (120°C)*

Fuente: *Propia.*



Figura N° 18. *Obtención de probetas de asfaltita mejorada*

Fuente: *Propia.*

Una vez se obtuvieron las 15 probetas de asfaltita mejorada, 9 con complemento de material granular tradicional y 6 con material granular tipo Rap, se procede a hacer la evaluación de la estabilidad y flujo de las mismas y también a las 3 probetas que se realizaron inicialmente con asfaltita pura de manera que se pueda tener una variedad de datos interesantes y suficientes para analizar.

Adicionalmente se quiso evaluar la deformación de la asfaltita virgen y la mejorada, utilizando la máquina de ahuellamiento que se encuentra en el laboratorio de pavimentos de la Universidad

para tener un dato preciso frente a este fenómeno, ya que dentro de una buena cantidad de las experiencias registradas de aplicaciones de asfaltita en vías terciarias esta es la principal deficiencia de los mejoramientos, lastimosamente la máquina de simulación de ahuellamiento se encontró sin estar habilitada, de manera que solo fue posible evaluar la estabilidad y flujo con el quipo Marshall dentro del alcance de este proyecto.

Se fallaron finalmente las 15 probetas de asfaltita mejorada y 3 de asfaltita virgen, siguiendo los lineamientos de la norma para ensayos de laboratorio 748-13 "Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall", del Instituto Nacional de Vías, de manera que se dejaron las probetas sumergidas en agua caliente a 60 °C durante 30 a 40 minutos y se siguieron las demás recomendaciones.

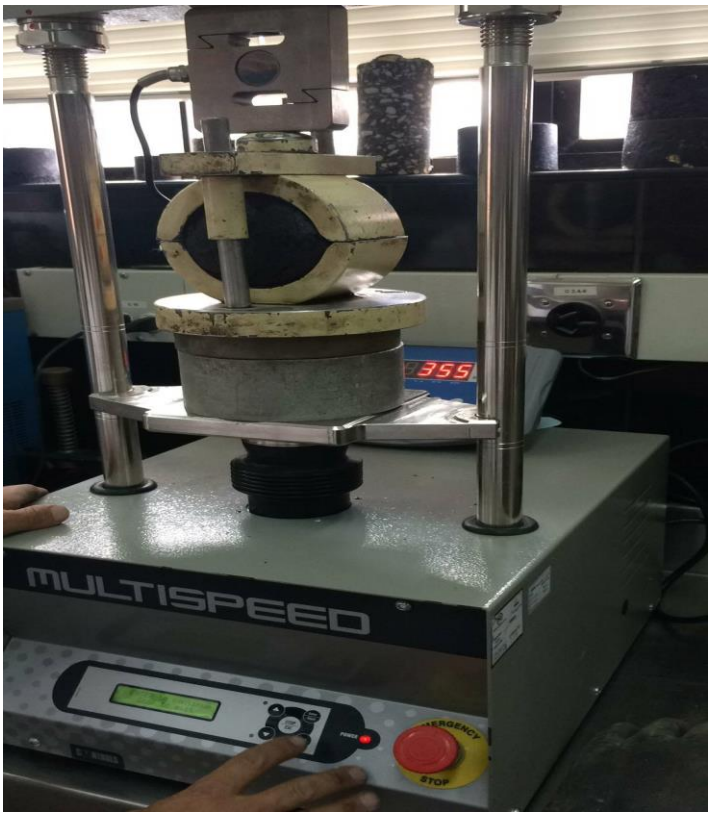


Figura N° 19. *Ensayo de estabilidad y flujo para probetas de asfaltita virgen y mejorada*

Fuente: *Propia*



Figura N° 20. *Probetas falladas de asfaltita virgen*

Fuente: *Propia*



Figura N° 21. *Probetas falladas de asfaltita mejorada con granular*

Fuente: *Propia*



Figura N° 22. *Probetas falladas de asfaltita mejorada con Rap*

Fuente: *Propia*

De esta manera se culminó con el trabajo de laboratorio y se procedió a realizar la organización de los resultados obtenidos en la práctica.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se presentan las tablas resumen de los resultados obtenidos durante el proceso de ensayos de laboratorio:

5.1. Calculo de densidad bulk de la asfaltita virgen

	DENSIDAD DEL MATERIAL ASFALTITA VIRGEN									
	Diametro (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso (g)	Densidad (g/cm3)	PESO A (g)	PESO B (g)	PESO C (g)	GRAV BULK	DENS BULK (g/cm3)
probeta 1	10	6,8	534,07	1173,56	2,197	1173,56	1173,98	633,32	2,171	2,16
probeta 2	10	7,9	620,46	1206,11	1,944	1206,11	1207,98	581,89	1,926	1,92
probeta 3	10	7,3	573,34	1187,95	2,072	1187,95	1188,43	603,05	2,029	2,02

Tabla N° 3. *Resultados de la densidad bulk de la asfaltita*

Fuente. *Propia*

5.1.1. Calculo de la densidad del material granular

MASA UNITARIA Y DENSIDAD DEL MATERIAL GRANULAR										
Peso recipiente (g)	Vol recipiente (cm3)	Peso con material (g)	Peso material (g)	Peso con material (g)	Peso material (g)	Peso con material (g)	Peso material (g)	densidad 1	densidad 2	densidad 3
5124	8063,46	9701	4577	9748	4624	9754	4630	0,568	0,573	0,574

Tabla N° 4. *Resultados de la densidad bulk del material granular*

Fuente. *Propia*

5.1.2. Calculo de la densidad del material granular rap

MASA UNITARIA Y DENSIDAD DEL MATERIAL GRANULAR TIPO RAP										
Peso recipiente (g)	Vol recipiente (cm3)	Peso con material (g)	Peso material (g)	Peso con material (g)	Peso material (g)	Peso con material (g)	Peso material (g)	densidad 1	densidad 2	densidad 3
5124	8063,46	9981	4857	9976	4852	10034	4910	0,602	0,602	0,609

Tabla N° 5. *Resultados de la densidad bulk del material granular Rap*

Fuente. *Propia*

5.1.3. Calculo de la granulometría y porcentaje de asfalto de las 3 muestras

		GRANULOMETRIA 1				GRANULOMETRIA 2			GRANULOMETRIA 3		
TAMIZ	ABERTURA TAMIZ	PESO	PORCENTAJE	% PASA	% RETIENE	PESO	PORCENTAJE	% PASA	PESO	PORCENTAJE	% PASA
1 1/2	37,50	0	0,00%	100,00%	0,00%	0	0,00%	100,00%	0	0,00%	100,00%
1	25,40	0	0,00%	100,00%	0,00%	0	0,00%	100,00%	0	0,00%	100,00%
3/4	19,00	0	0,00%	100,00%	0,00%	0	0,00%	100,00%	0	0,00%	100,00%
1/2	12,50	6,79	0,61%	99,39%	0,61%	4,06	0,34%	99,66%	5,05	0,42%	99,58%
3/8	9,50	5,42	0,48%	98,91%	0,48%	0	0,00%	99,66%	0	0,00%	99,58%
4	4,75	4,86	0,43%	98,48%	0,43%	6,42	0,53%	99,13%	9,12	0,75%	98,83%
8	2,40	13,5	1,20%	97,27%	1,20%	15,31	1,27%	97,86%	21,31	1,76%	97,07%
10	2,00	18,26	1,63%	95,65%	1,63%	21,4	1,78%	96,08%	18,4	1,52%	95,56%
16	1,200	121,55	10,84%	84,81%	10,84%	158,79	13,17%	82,91%	138,16	11,40%	84,16%
20	0,850	47,84	4,27%	80,54%	4,27%	72,45	6,01%	76,90%	77,45	6,39%	77,77%
30	0,590	197,98	17,65%	62,89%	17,65%	236,17	19,60%	57,30%	213,07	17,58%	60,19%
40	0,425	288,24	25,70%	37,19%	25,70%	288,61	23,95%	33,36%	293,41	24,20%	35,99%
50	0,297	80,75	7,20%	29,99%	7,20%	74,59	6,19%	27,17%	87,12	7,19%	28,80%
60	0,250	122,44	10,92%	19,07%	10,92%	110,96	9,21%	17,96%	100,96	8,33%	20,47%
80	0,180	75,64	6,74%	12,32%	6,74%	64,73	5,37%	12,59%	94,03	7,76%	12,72%
100	0,149	83,64	7,46%	4,86%	7,46%	86,24	7,16%	5,44%	86,99	7,18%	5,54%
140	0,100	32,81	2,93%	1,94%	2,93%	40,81	3,39%	2,05%	38,81	3,20%	2,34%
200	0,075	16,83	1,50%	0,44%	1,50%	17,22	1,43%	0,62%	23,11	1,91%	0,43%
FONDO		4,91	0%	0,00%		7,48	0,62%	0,00%	5,27	0,43%	0,00%
TOTAL		1121,46	100,00%			1205,24	100%		1212,26	100,00%	

Tabla N° 6. *Resultados de la granulometría de la asfaltita (3 muestras)*

Fuente. *Propia*

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
PESO INICIAL	1500	1500	1500
PESO FINAL SECO LIMPIO GRANULARES	1121,46	1205,24	1212,26
% ASFALTO	25,24%	19,65%	19,18%

Tabla N° 7. *Resultados de la granulometría de la asfaltita (3 muestras)*

Fuente. *Propia*

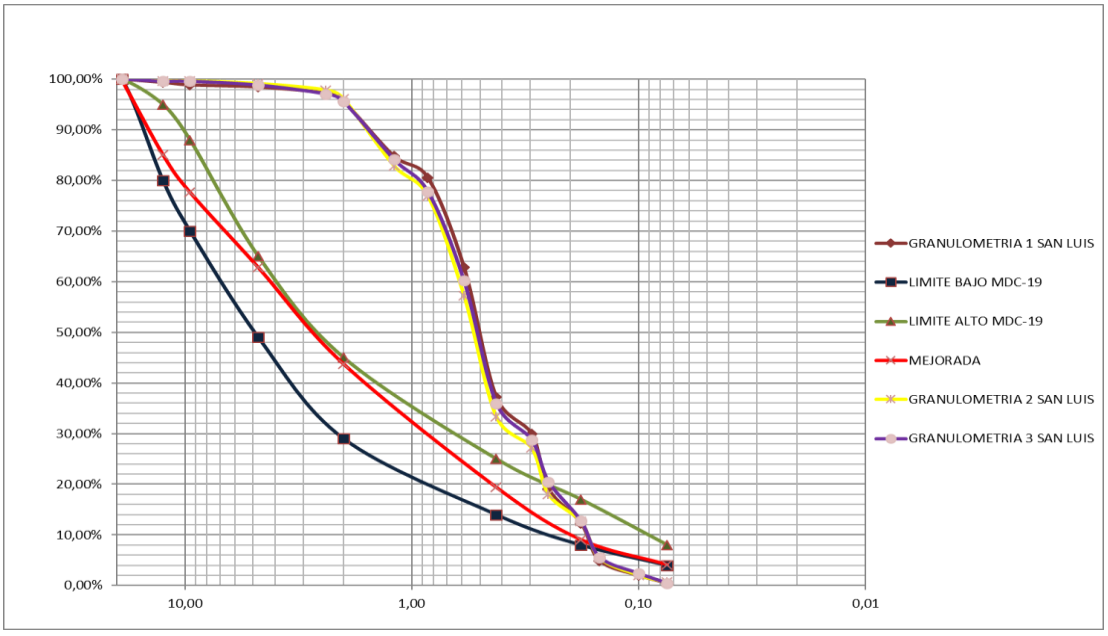
5.1.4. Calculo de la granulometría modificada a una mdc-19

En este caso cabe resaltar que, dada la granulometría tan fina de la asfaltita, el proceso de normalización de la granulometría a la de los rangos que maneja la MDC-19 fue complejo, y en gran parte se debe adicionar material de los tamices con mayor apertura como se observa:

GRANULOMETRIA MODIFICADA PARA MDC-19						
TAMIZ	**ABERTURA TAMIZ**	**PESO ADICIONAL**	**PORCENTAJE**	**% PASA**	**% RETIENE**	**% PASA MDC-19**
1 1/2	37,50	0,00	0,00%	100,00%	0,00%	
1	25,40	0,00	0,00%	100,00%	0,00%	
3/4	19,00	0,00	0,00%	100,00%	0,00%	100
1/2	12,50	178,39	14,87%	85,13%	14,87%	80-95
3/8	9,50	89,19	7,43%	77,70%	7,43%	70-88
4	4,75	178,39	14,87%	62,84%	14,87%	49-65
8	2,40	0,00	0,50%	62,33%	0,50%	
10	2,00	222,99	18,58%	43,75%	18,58%	29-45
16	1,200	0,00	4,52%	39,23%	4,52%	
20	0,850	0,00	1,78%	37,46%	1,78%	
30	0,590	0,00	7,36%	30,10%	7,36%	
40	0,425	0,00	10,71%	19,39%	10,71%	14-25
50	0,297	0,00	3,00%	16,39%	3,00%	
60	0,250	0,00	4,55%	11,83%	4,55%	
80	0,180	0,00	2,81%	9,02%	2,81%	8-17
100	0,149	0,00	3,11%	5,92%	3,11%	
140	0,100	0,00	1,22%	4,70%	1,22%	
200	0,075	0,00	0,61%	4,09%	0,61%	4-8
FONDO		105,09	4,09%	0,00%		

Tabla N° 8. *Resultados de la granulometría modificada de la asfaltita*

Fuente. *Propia*



Grafica N° 1. *Granulometría mejorada, granulometría MDC-19 y granulometrías existentes*

Fuente: *Propia*

5.1.5. Calculo de la densidad bulk de las probetas de asfaltita mejorada con granular y rap

		DENSIDAD DEL MATERIAL ASFALTITA MEJORADO									
		Diametro (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso (g)	Densidad (g/cm3)	PESO A (g)	PESO B (g)	PESO C (g)	GRAV BULK	DENS BULK (g/cm3)
GRANULAR	probeta 1	10,000	7,2	563,92	1192,06	2,11	1192,06	1206,03	644,31	2,12	2,12
	probeta 2	10,000	7,2	561,56	1193,64	2,13	1193,64	1191,2	634,54	2,14	2,14
	probeta 3	10,000	7,2	565,49	1195,49	2,11	1195,49	1198,26	642,73	2,15	2,15
	probeta 4	10,000	7,4	577,27	1196,26	2,07	1196,26	1228,69	662,4	2,11	2,11
	probeta 5	10,000	7,2	561,56	1194,20	2,13	1194,20	1148,8	605,21	2,20	2,19
	probeta 6	10,000	7,3	569,41	1155,15	2,03	1155,15	1206,53	628,33	2,00	1,99
	probeta 7	10,000	6,9	541,92	1216,50	2,24	1216,50	1198,95	655,86	2,24	2,23
	probeta 8	10,000	6,5	510,51	1189,13	2,33	1189,13	1198,14	679,05	2,29	2,28
	probeta 9	10,000	6,7	526,22	1182,45	2,25	1182,45	1195,89	681,92	2,30	2,29
RAP	probeta 10	10,000	6,7	526,22	1180,50	2,24	1180,50	1180,32	654,32	2,24	2,24
	probeta 11	10,000	6,7	526,22	1184,40	2,25	1184,40	1184,96	657,07	2,24	2,24
	probeta 12	10,000	6,6	518,36	1179,24	2,27	1179,24	1179,69	657,12	2,26	2,25
	probeta 13	10,000	6,5	510,51	1173,86	2,30	1173,86	1174,89	652,58	2,25	2,24
	probeta 14	10,000	6,6	518,36	1175,06	2,27	1175,06	1176,39	649,87	2,23	2,23
	probeta 15	10,000	6,6	518,36	1176,70	2,27	1176,70	1178,39	649,32	2,22	2,22

Tabla N° 9. *Resultados de la densidad bulk probetas de la asfaltita mejorada*

Fuente. *Propia*

5.2. CALCULO DE LA ESTABILIDAD Y FLUJO DE LAS PROBETAS

A continuación, se muestran los resultados del ensayo Marshall para las probetas fabricadas en el laboratorio:

5.2.1. Estabilidad y flujo de probetas con asfltita virgen

	ESTABILIDAD (Kg)	FLUJO (mm)
probeta 1	1980	9,2
probeta 2	1750	9,6
probeta 3	2280	7,9

Tabla N° 10. *Resultados de la estabilidad y flujo probetas de la asfaltita virgen*

Fuente. *Propia*

5.2.2. Estabilidad y flujo de probetas con asfltita mejorada

En este caso se comparan los resultados según lo que solicita la especificación 450-13 “Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto asfaltico)” del Instituto Nacional de Vías, ya que es la norma aplicable en el caso de las recomendaciones de diseño para mejoramiento con asfaltita, en la norma solicitan unos valores mínimos así:

PARA NT1:

- ESTABILIDAD MINIMA: 510 Kg o 5000 N
- FLUJO: ENTRE 2 – 4
- RELACION ESTABILIDAD – FLUJO: 200 a 400

PARA NT2:

- ESTABILIDAD MINIMA: 765 Kg o 7500 N
- FLUJO: ENTRE 2 – 4
- RELACION ESTABILIDAD – FLUJO: 300 a 500

Y si se requiere comparar con la especificación técnica 510-11 del IDU “MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, DENSAS, SEMIDENSA, GRUESAS, Y DE ALTO MÓDULO” se puede hacer con los valores que solicitan así:

PARA T0-T1:

- ESTABILIDAD MINIMA: 600 Kg
- FLUJO: ENTRE 2 – 4
- RELACION ESTABILIDAD – FLUJO: 200 a 400

PARA T2-T3:

- ESTABILIDAD MINIMA: 750 Kg
- FLUJO: ENTRE 2 – 4
- RELACION ESTABILIDAD – FLUJO: 300 a 500

		ESTABILIDAD (Kg)	FACTOR DE CORRECCION	ESTABILIDAD CORREGIDA POR VOLUMEN (Kg)	CUMPLE/NO CUMPLE	FLUJO (mm)	CUMPLE/NO CUMPLE
GRANULAR	probeta 1	1610	0,86	1384,6	CUMPLE	6,9	NO CUMPLE
	probeta 2	1683	0,86	1447,38	CUMPLE	7,2	NO CUMPLE
	probeta 3	1249	0,86	1074,14	CUMPLE	6,4	NO CUMPLE
	probeta 4	1632	0,83	1354,56	CUMPLE	4,9	NO CUMPLE
	probeta 5	832	0,86	715,52	CUMPLE	4,9	NO CUMPLE
	probeta 6	1142	0,86	982,12	CUMPLE	6,2	NO CUMPLE
	probeta 7	431	0,93	400,83	NO CUMPLE	4,5	NO CUMPLE
	probeta 8	1087	1	1087	CUMPLE	4,6	NO CUMPLE
	probeta 9	891	0,96	855,36	CUMPLE	3,9	CUMPLE
RAP	probeta 10	1381	0,96	1325,76	CUMPLE	4,9	NO CUMPLE
	probeta 11	1398	0,96	1342,08	CUMPLE	4,8	NO CUMPLE
	probeta 12	1399	1	1399	CUMPLE	4,3	NO CUMPLE
	probeta 13	1490	1	1490	CUMPLE	4,4	NO CUMPLE
	probeta 14	1301	1	1301	CUMPLE	3,9	CUMPLE
	probeta 15	1234	1	1234	CUMPLE	4	CUMPLE

Tabla N° 11. *Resultados de la estabilidad y flujo probetas de la asfaltita mejorada*

Fuente. *Propia*

		RELACION E/F	CUMPLE/NO CUMPLE
GRANULAR	probeta 1	200,67	CUMPLE
	probeta 2	201,03	CUMPLE
	probeta 3	167,83	NO CUMPL E
	probeta 4	276,44	CUMPLE
	probeta 5	146,02	NO CUMPL E
	probeta 6	158,41	NO CUMPL E
	probeta 7	89,07	NO CUMPL E
	probeta 8	236,30	CUMPLE
	probeta 9	219,32	CUMPLE
RAP	probeta 10	270,56	CUMPLE
	probeta 11	279,60	CUMPLE
	probeta 12	325,35	CUMPLE
	probeta 13	338,64	CUMPLE
	probeta 14	333,59	CUMPLE
	probeta 15	308,50	CUMPLE

Tabla N° 12. *Resultados de la relación estabilidad - flujo probetas de la asfaltita mejorada*

Fuente. *Propia*

6. ANALISIS DE RESULTADOS

Se evidencio un alto contenido de asfalto en las 3 muestras de asfaltita aun cuando se realizó el cuarteo respectivo para homogenizarlas, se presentaron contenidos de asfalto entre el 19,18 % y el 25,2 % de asfalto lo que resulta muy atractivo para continuar analizando las diferentes posibilidades de uso de este material en particular, ya que generalmente las asfaltitas históricamente trabajadas tienen entre el 5 % y el 9 % de asfalto.

Se confirmó que la asfaltita es un material netamente de granulometría fina, ya que los porcentajes de material por encima del tamiz de 3/8" son entre el 0,34 % y el 1,09 %, lo que obliga siempre a hacer el complemento con materiales gruesos.

Se obtienen probetas con densidad más alta al utilizar Rap que granulares convencionales, de manera que esto puede ayudar a encontrar valores de flujo más bajos, haciendo más probable cumplir con los requisitos solicitados por las normas.

Se encontraron valores de flujo en los siguientes rangos:

- Asfaltita virgen entre 7,9 – 9,6
- Asfaltita con granular convencional entre 3,9 y 7,2
- Asfaltita con granular tipo Rap entre 3,9 y 4,9

Lo que evidencia que es mejor el comportamiento de la asfaltita al mezclarse con material reciclado que con el material convencional, aunque es bueno resaltar que se debe tener mayor control en el mezclado homogéneo de los materiales y la temperatura a la cual se ejecuta la misma operación.

La relación estabilidad – flujo se cumple para todas las probetas mejoradas con Rap mientras que ara las probetas mejoradas con granular convencional solo cumplen 5 de 9.

La estabilidad tiene unos resultados excelentes superando en más de un 264 % lo solicitado por las normas, para el caso de la asfaltita mejorada con Rap y en el caso del granular convencional superando lo requerido en un 204 % en promedio.

Solo cumplieron todos los requisitos las probetas número 9, 14 y 15, la primera corresponde a la última de las 9 que se fabricaron con granular convencional y las 2 restantes a parte de las 6

probetas fabricadas con Rap, cabe resaltar que las 4 probetas restantes que se hicieron con Rap tuvieron valores muy cercanos al rango permitido por la norma en el flujo que fue el único ítem que no se cumplió, esto puede ser causado por la falla en el control de mezclado y temperaturas en el proceso de mezcla sobre la estufa.

CONCLUSIONES

Se evidencia que la asfaltita del municipio de san Luis, Tolima, es un material potencialmente útil para la implementación de proyectos de mejoramiento de la red terciaria del departamento de Cundinamarca y a nivel nacional, puesto que ofrece un desempeño muy favorable logrando llegar a comportarse dentro de los rangos de una mdc-19.

La asfaltita del municipio de san Luis, Tolima, presenta un alto contenido de bitumen, razón por la cual se aconseja realizar investigaciones más a fondo que permitan evaluar su desempeño como mezcla en frio y así tener una mayor pluralidad en la ejecución de técnicas de mejoramiento vial.

La asfaltita del municipio de san Luis, Tolima, tiene un comportamiento muy bueno al complementarse con material reciclado tipo Rap, sin ningún tipo de adición de emulsiones asfálticas ni concretos asfalticos puros, dado su alto contenido de bitumen, entre el 19% y el 25%, razón por la cual se convierte en una opción de trabajo ambientalmente más sostenible, ya que promueve la reutilización de recursos instalados y suprime la explotación de materiales granulares de cantera.

Es importante revisar el caso puntual de la utilización de la asfaltita como base y subbase granular de apoyo de una carpeta de rodadura, ya que al lograr los estándares como una mdc-19, debe ofrecer un comportamiento muy bueno funcionando como soporte.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ejecutar para futuras investigaciones un mayor control de las temperaturas de disgregación de la asfaltita y de mezclado de la asfaltita con el material de mejoramiento, ya que este puede ser un factor de alteración de los resultados como el flujo. Con un mayor control seguramente las probetas cuyo valor de flujo estuvo muy cerca de entrar al rango solicitado por las normas, pudieron tener un resultado positivo.

La versatilidad de los micro pavimentos o lechadas asfálticas como el slurry seal, es muy amplia, ya que reduce el deterioro de las vías protegiéndolas de la oxidación del asfalto bajo ella y reduce el costo de mantenimiento de las mismas.

El uso adecuado de los micro pavimentos “slurry seal”, permite brindar soluciones para sellar los pavimentos que presentan un estado de oxidación muy avanzado o como en este caso, otorgar una capa de protección para que esa oxidación no se presente, además de dar un mejor acabado a la carpeta de rodadura.

Para realizar el proceso de sellado de manera acertada se debe seguir el Artículo 433 - 07 lechada asfáltica del INVIAS. La correcta ejecución de este sellado garantizará reducir el mantenimiento de las vías al mínimo durante los años posteriores a su construcción.

Se recomienda usar el slurry seal como capa de rodadura protectora del mejoramiento que se plantee hacer con la asfaltita de san Luis, Tolima.

BIBLIOGRAFIA

- Norma para ensayos de materiales 732-13 “Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas para pavimentos”, del Instituto Nacional de Vías.
- Norma para ensayos 213-13 “Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino” del Instituto Nacional de Vías.
- Norma para ensayos de laboratorio 733-13 “Gravedad especifica bulk y densidad para mezclas asfálticas compactadas no absorbentes utilizando especímenes saturados y superficialmente secos”, del Instituto Nacional de Vías.
- Norma para ensayos de laboratorio 217-13 “Densidad bulk (Peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto y compacto”, del Instituto Nacional de Vías.
- Norma para ensayos de laboratorio 748-13 “Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall”, del Instituto Nacional de Vías.
- Especificación 450-13 “Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto asfaltico)” del Instituto Nacional de Vías.
- Especificación técnica 510-11 “MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE, DENSAS, SEMIDENSA, GRUESAS, Y DE ALTO MÓDULO”, del Instituto de Desarrollo Urbano.
- “UNA MIRADA A LOS RECURSOS CONVENCIONALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CARRETERAS EN COLOMBIA”, J.J. Peña. 2006.
- “Informe geológico GYG TM1 SAS”, Juan Manuel Garzón. 2010.