



Revista de Arquitectura e Ingeniería
ISSN: 1990-8830
Olga-Toledo@empai.co.cu
Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería
de Matanzas
Cuba

Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles.

Zambrano Meza, María Isabel; Tejada Piusseaut, Eduardo

Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles.

Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 13, núm. 3, 2019

Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193961007002>

Todos los derechos reservados.

Todos los derechos reservados.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles.

Use of materials granular treaties with asphaltic emulsion for bases or subbases of flexible pavements

María Isabel Zambrano Meza mzambrano@gmail.com
Universidad Técnica de Manabí (UTM). Portoviejo, Ecuador, Ecuador
Eduardo Tejeda Piusseaut etejeda@civil.cujae.edu.cu
Universidad Tecnológica de la Habana, Cuba

Resumen: La utilización de bases y subbases tratadas con conglomerantes hidráulicos o ligantes asfálticos se está haciendo habitual en la construcción de carreteras, ya que mejoran su comportamiento. Los materiales granulares que tradicionalmente se utilizan en la construcción y rehabilitación de las carreteras de la ciudad de Portoviejo, en Ecuador, no satisfacen en ocasiones, todas las exigencias de las normas del MTOP. Se exponen los resultados de laboratorio realizados a materiales procedentes de las canteras Megarok y San José, para ser analizados como base o subbase de carreteras, seleccionándose el material procedente de la cantera Megarok para su tratamiento con emulsión asfáltica. Se logran buenos resultados añadiendo una emulsión asfáltica catiónica, incrementándose significativamente la resistencia a CBR tras inmersión y de resistencia conservada. Además de las ventajas técnico-económicas, son evidentes también las ventajas que desde el punto de vista ambiental representa el uso de emulsiones en la práctica constructiva del territorio.

Palabras clave: pavimentos flexibles, emulsiones asfálticas, bases tratadas con ligantes asfálticos.

Abstract: The use of bases and subbases tried with cement or binder asphaltic are becoming habitual in the construction of highways, since they improve their behavior. The granular materials that traditionally are used in the construction and rehabilitation of the highways of the city of Portoviejo, in Ecuador, they don't satisfy in occasions, all the demands of the norms of the MTOP. The laboratory results are exposed carried out to materials coming from the quarries Megarok and San José, to be analyzed as base or subbase of highways, being selected the material coming from the quarry Megarok for their treatment with asphaltic emulsion. Good results are achieved adding a cationic asphaltic emulsion, being increased the resistance significantly to CBR after immersion and of conserved resistance. Besides the technician-economic advantages, they are evident also the advantages that it represents the use of emulsions in the constructive practice of the territory from the environmental point of view.

Keywords: flexible pavements, emulsion asphaltic, base tried with emulsion asphaltic.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los intercambios comerciales a nivel nacional e internacional se lleva a cabo en Ecuador a través de la red de carreteras del país, a través de las cuales la población transporta sus mercancías, siendo en su mayoría de pavimentos asfálticos. A pesar del esfuerzo del gobierno en mejorar las comunicaciones en todo el territorio, aún existen zonas en que, por deficiente mantenimiento por parte de las

Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 13, núm. 3, 2019

Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, Cuba

Recepción: 07 Enero 2019
Aprobación: 22/08/19

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193961007002>

instituciones encargadas, utilización de materiales inadecuados pocos estudios de suelos, o que han completado su vida útil, se presentan deterioros importantes.

Cuando se analizan los materiales que forman parte de las bases o subbases de los pavimentos flexibles, se revela en ocasiones que adolecen de las características exigidas en las normas, especialmente en cuanto a su composición granulométrica y plasticidad, por consiguiente, en su resistencia.

Las prescripciones técnicas en carreteras exigen determinadas calidades en las bases y subbases de los pavimentos flexibles que permitan resistir las altas tensiones producidas por el tráfico pesado, lo que posibilita un buen comportamiento en el tiempo, en las condiciones más desfavorables. De ahí que el uso de aglomerantes hidráulicos o ligantes asfálticos para el tratamiento de los materiales granulares son alternativas que permiten aumentar resistencias y mejorar su comportamiento.

Sin embargo, se está haciendo imperioso disponer de investigaciones en laboratorio y experiencias de campo, que muestren a los ingenieros y funcionarios, las escasas posibilidades que brindan los materiales granulares, cuando no se emplean aditivos para mejorar su comportamiento en las bases y subbases de los pavimentos, proponiendo una manera de hacerlo; de lo contrario, no será posible responder a las exigencias que reclaman nuestras carreteras, por el necesario incremento de la transportación que demanda el desarrollo del país. La tecnología en frío, como se conoce al uso de las emulsiones en carreteras, parece muy apropiada para toda esta región, en la que existe una extensa red de vías secundarias y terciarias [1]

La Universidad Técnica de Manabí, en Ecuador, desarrolla actualmente un proyecto de investigación, conjuntamente con el departamento de Viales de la Universidad Tecnológica de la Habana, con el objetivo de promover el uso de las emulsiones asfálticas para el tratamiento de materiales granulares. En este artículo se recogen las primeras experiencias de este proyecto, se describen las características de los materiales empleados, así como los resultados de laboratorio, donde se lograron apreciables incrementos de resistencia.

1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES GRANULARES PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

En los pavimentos flexibles, una carpeta constituida por una mezcla asfáltica proporciona la superficie de rodamiento; que soporta directamente las solicitaciones del tránsito y aporta las características funcionales. Estructuralmente, la carpeta absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales, ya que las cargas de los vehículos se distribuyen hacia las capas inferiores, que son las bases y subbases.

La capa de base está situada inmediatamente debajo de la carpeta y su función es absorber la mayor parte de los esfuerzos verticales, de modo que su rigidez o resistencia a la deformación bajo las solicitaciones repetidas

del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con algún tipo de cementante [2].

Una base granular está formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una capa integrante del pavimento. Los materiales utilizados en la base granular deben cumplir ciertos requisitos. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 80%; la porción que pase el tamiz N°40 deberá tener un Índice de Plasticidad menor que 6% y un Límite Líquido menor de 25%. Los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de Desgaste menor del 40%; y deben estar exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base granular puedan causar fallas en el pavimento. Basado en estos criterios de aceptación, el Ministerio de Transportes y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE) establece cuatro tipos de bases para pavimentos de carreteras (Tabla 1) [3].

Las bases clase 1 deberán estar constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los tipos A y B en la tabla 1. El proceso de trituración que se emplee será tal que se obtengan los tamaños especificados directamente de la planta de trituración, sin embargo, si hiciere falta cumplir las exigencias de graduación, se puede completar con material procedente de una trituración adicional, o con arena fina, mezclados en planta.

Tabla 1
Husos granulométricos para materiales de bases granulares.

TAMICES		% en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada				
Pulgadas	Mm	CLASE 1		CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4
		Tipo A	Tipo B			
2	50,8	100	---			100
1 ½	38,1	70-100	100			
1	25,4	55-85	70-100	100		50-90
¾	19	50-80	60-90	70-100	100	
03-ago	9,5	35-60	45-75	50-80	-	
N°4	4,76	25-50	30-50	35-65	45-80	20-50
N°10	2	20-40	20-50	25-50	30-60	
N°40	0,425	oct-25	oct-25	15-30	20-35	
N°200	0,075	02-dic	02-dic	mar-15	mar-15	0-15

MTOPE-001-F-2002.

Las bases clase 2 están constituidas por fragmentos de roca o grava, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso. Si hiciere falta para cumplir las exigencias de graduación se puede completar con material procedente de una trituración adicional, o con arena fina, que serán mezclados necesariamente en planta. Deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la tabla 1. Las bases clase 3 estarán formadas por fragmentos

de roca o grava, pero con fracción de agregado grueso triturado al menos el 25% en peso, mientras que las de clase 4 serán agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas y graduadas dentro de ciertos límites granulométricos, sin especificar el porcentaje de agregado grueso triturado.

La subbase es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, brindando apoyo uniforme y permanente al pavimento. Tiene la función de proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Se usan normalmente subbases granulares constituidas por suelos, materiales cribados o de trituración parcial, así como suelos estabilizados [2].

La subbase granular está compuesta por suelos naturales o en combinación con agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado. Deben cumplir determinados requisitos de calidad, estableciéndose una capacidad de soporte mínima de 30% y la porción que pase el tamiz N°40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un Límite Líquido máximo de 25. También se establece un coeficiente de los Ángulos inferiores al 50%. El material de sub-base granular también debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub-base granular puedan causar fallas en el pavimento [3].

Se establecen tres tipos de subbases. Los materiales de subbase de la clase 1 estarán constituidos por agregados obtenidos por trituración de roca o gravas y graduados dentro de los límites indicados en la tabla 2, y por lo menos el 30% del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración. Las subbases clase 2 están constituidas por agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas y graduados dentro de los límites indicados para la granulometría clase 2; la subbase granular clase 3 estará constituida por agregados naturales [3].

Tabla 2
Husos granulométricos para materiales de subbases granulares.

TAMIZ		% en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
Pulgadas	Mm	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3	76,2	---	---	100
2	50,8	---	100	---
1 ½"	38,1	100	70-100	---
N°4	4,76	30-70	30-70	30-70
N°40	0,425	oct-35	15-40	---
N°200	0,075	0-15	0-20	0-20

Fuente: MTOP-001-F-2002.

2. LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS, VENTAJAS Y APLICACIONES

El comportamiento de las capas de bases o subbases granulares, utilizadas en pavimentos pueden ser mejoradas mediante la incorporación de emulsiones asfálticas. Pero, ¿qué son las emulsiones y cuáles son sus ventajas?

La emulsión asfáltica es un producto conseguido por la dispersión de una fase asfáltica en una fase acuosa, donde las partículas quedan electrizadas, por tanto, los líquidos que la forman constituyen dos partes que se denominan: fase discontinua (formada por pequeños glóbulos de asfalto) y la fase continúa, formada por agua. Falta referencia

Las propiedades de una emulsión dependen notablemente del producto químico usado como emulgente. Dicho químico es un agente con actividad de superficie, que determina si la emulsión se clasificará como aniónica o catiónica, y favorece la interacción entre dos fases inmiscibles en la que se refleja la formación de una mezcla estable.

En las emulsiones aniónicas el agente emulsificante les confiere una polaridad negativa a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga negativa, mientras que en las catiónicas el agente emulsificante les confiere a los glóbulos una polaridad positiva, o sea que éstos adquieren una carga positiva.

En el empleo de emulsiones asfálticas, es necesario tener control sobre su rompimiento, que ocurre cuando se separan las dos fases que las constituyen, debido a la carga eléctrica que tiene el material pétreo. Después de aplicadas, las emulsiones tienen que romper, en un tiempo que depende del uso que se le esté dando, para que el asfalto comience a brindarle cohesión a la mezcla. Las emulsiones se clasifican en: emulsiones de rompimiento rápido, de rompimiento medio y de rompimiento lento. En estabilizaciones asfálticas o bases tratadas, deben usarse las emulsiones de rompimiento lento, de manera que exista tiempo suficiente para el mezclado, antes de la rotura.

Las emulsiones asfálticas tienen ventajas apreciables sobre el uso de asfaltos en mezclas en caliente, o en tratamientos superficiales. Es un ligante asfáltico no contaminante ni peligroso, ya que contiene del 35 al 40% de agua como solvente, por tanto, su manipulación es sencilla y segura, gracias a que permite trabajarla a temperatura ambiente. Puede ser almacenada por tiempo prolongado, que puede llegar a meses.

Las emulsiones tienen gran adhesión con cualquier agregado pétreo, a pesar de condiciones de humedad adversas, debido a la enorme dispersión de las partículas de asfalto de tamaño muy pequeño y al uso de agentes emulsificantes de tipo catiónico. Permiten una pronta funcionalidad de la obra, con equipos de construcción y fabricación de mezclas mucho más sencillo, no contamina el medio ambiente y no produce emisión de humos o gases durante la fabricación de las mezclas.

Las emulsiones asfálticas aplicados a materiales granulares se conocen como gravaemulsión. Constituyen una mezcla homogénea de áridos, emulsión bituminosa, agua y, ocasionalmente aditivos, cuya fabricación

y puesta en obra se realizan a temperatura ambiente, y que se utiliza en las capas inferiores de los pavimentos. Existen varios tipos de mezclas de grava-emulsión, en función del uso en el que se halle comprendida la curva granulométrica de los áridos que las constituyen [4].

El agregado tiene un esqueleto mineral semejante al de una base granular artificial, con un fuerte esqueleto mineral de áridos gruesos que asegura una transmisión de los esfuerzos de compresión por rozamiento interno. Los gruesos quedan a su vez encajados por un mortero que rellena sus huecos, dotando al conjunto de cohesión, flexibilidad e impermeabilidad. Este mortero está constituido por tres fases diferentes: los elementos finos (arena) del árido, los glóbulos de betún en estado de coalescencia y el agua libre. Esta estructura se mantiene hasta que en el proceso de compactación, se produce un laminado de los glóbulos de betún que provoca la rotura definitiva, con lo que se consigue desarrollar una buena cohesión y una alta compacidad [5].

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES GRANULARES DE LAS CANTERAS SAN JOSÉ Y MEGAROK

La primera etapa de trabajo en el proyecto ha tenido como objetivo caracterizar materiales procedentes de diferentes canteras de la región, para estudiar la influencia que tiene la estabilización con emulsión asfáltica en el incremento de su resistencia, empleando el ensayo de CBR, de forma inmediata (en seco), tras inmersión y la resistencia conservada.

De los resultados de estos diseños se obtienen los porcentajes adecuados para cada uno de los materiales procedentes de las canteras, comprobándose el efecto de su estabilización, para alcanzar los niveles exigidos como materiales de base y/o subbase de los pavimentos, permitiendo además analizar limitaciones y plantear nuevas hipótesis de trabajo.

Los materiales granulares extraídos de las canteras San José y Megarok fueron ensayados en el laboratorio para comprobar si cumplen las especificaciones de granulometría, plasticidad, dureza y de resistencia, que establecen las normas del MTOP [3] para materiales de bases y subbases de pavimentos de carreteras.

Las figuras 1 y 2 muestran el resultado del análisis granulométrico realizado a los materiales procedentes de las canteras Megarok y San José, respectivamente. En los gráficos se ha incluido las especificaciones del MTOP para los materiales de bases de clase 1, del tipo A. Obsérvese que en ambos casos no se cumplen totalmente las especificaciones granulométricas; los porcentajes pasados se acercan al valor inferior del huso y dejan de cumplir la especificación a partir del tamaño de 38mm [6].

El huso granulométrico para clase 1, del tipo A, establece un tamaño del árido no superior a 2 pulgadas, sin embargo, los áridos procedentes de ambas canteras tienen un 30% de partículas superiores al tamaño máximo. Aunque los materiales tienen una granulometría continua,

estas diferencias suponen dificultades para alcanzar la máxima densidad durante la compactación del material.

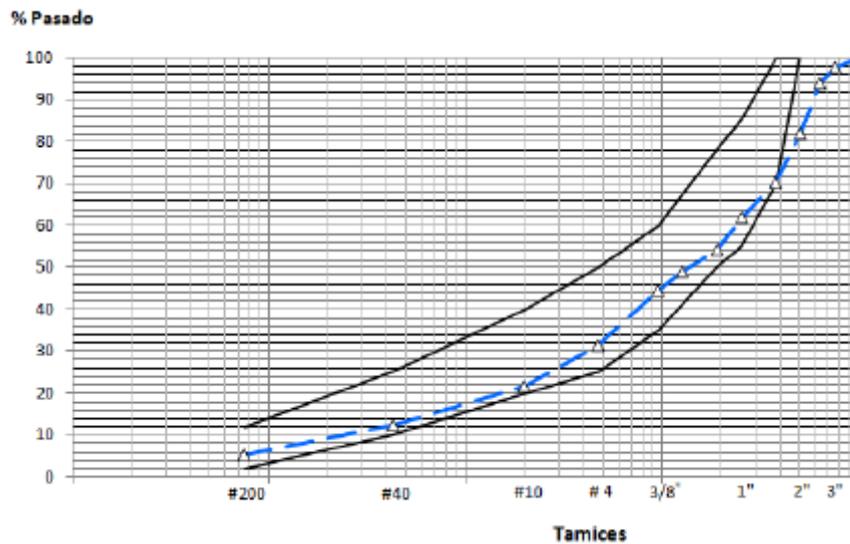


Figura 1.
Análisis granulométrico del material de cantera Megarok

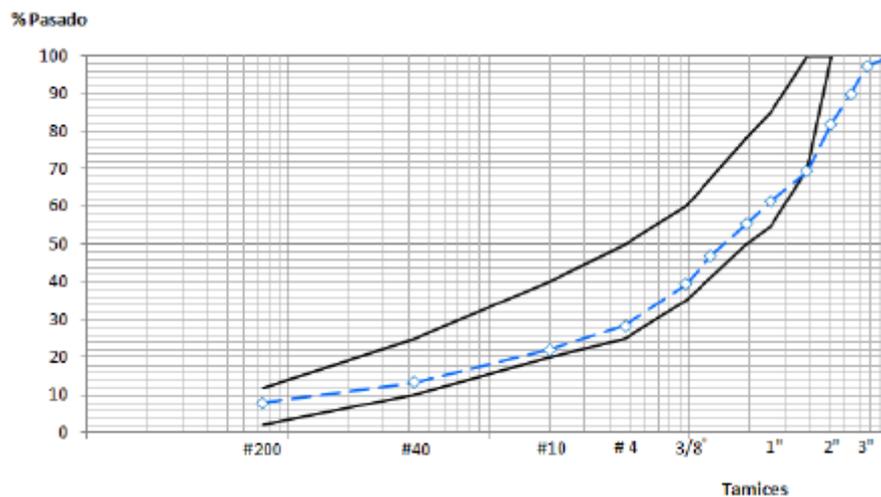


Figura 2.
Análisis granulométrico del material de cantera San José

Mediante los ensayos se pudo determinar que el material proveniente de la cantera “San José” tiene un Límite Líquido de 44,9% y un Límite Plástico de 25,2 %, por consiguiente, el Índice de Plasticidad es de 19,7%, cuyo valor es muy superior al especificado para material de base o de subbase. El material procedente de la cantera “Megarok” presentó un Límite Líquido de 35,4% y Límite Plástico de 24,7 %, por tanto, su Índice de Plasticidad es de 10,8%, por lo que también incumple las especificaciones [6].

Respecto a los ensayos de compactación, ejecutados con la Energía del Proctor Modificado, se encontraron diferencias entre los materiales; mientras que en la de San José la densidad máxima es de 1,64g/cm³ y la

humedad óptima correspondiente es de 15,6%, en Megarok, la densidad máxima es de 1,78 g/cm³ y la humedad óptima es de 18,8%.

Ambos materiales cumplen las exigencias en cuanto a dureza, el material proveniente de la cantera San José presenta un Coeficiente de Desgaste de Los Ángeles del 32%, mientras que el material proveniente de la cantera Megarok tiene 19%. Las especificaciones plantean que el coeficiente debe ser menor a 40% para base y menor de 50% en caso de subbase.

El material proveniente de la cantera “San José” tiene un Límite Líquido de 44,9% un Límite Plástico de 25,2 %, por lo cual su Índice de Plasticidad es de 19,7%, por tanto, tiene una elevada plasticidad. En la cantera “Megarok” el Límite Líquido es de 35,4% y el Límite Plástico de 24,7 %, con un Índice de Plasticidad de 10,8%, también con una plasticidad superior a lo especificado.

Se sabe que los Índices de consistencia se realizan con el material que pasa el tamiz No. 40. El material pasado el tamiz 40, en ambos casos, tienen excesiva plasticidad, además, el porcentaje que pasa este tamiz 10 es superior al 20%, y más del 10% pasa el tamiz 40. Esto supone que la cantidad de material fino presente puede afectar significativamente la resistencia cuando son ensayados en condiciones de inmersión.

Las figuras 3 y 4 muestran los resultados de la resistencia a CBR efectuadas a los materiales sin estabilizar. Se puede observar en los gráficos que la resistencia en seco (de forma inmediata) es elevada, aunque por debajo de lo que se establece para material de base, sin embargo, después de inmersión se observa una caída apreciable en la resistencia en ambos casos.

Para probetas compactadas a máxima densidad, se obtuvo 11,8% y 12,6% de resistencia conservada tras inmersión con los materiales de las canteras San José y de Megarok respectivamente. El descenso de la resistencia después de inmersión no solo se debe al elevado Índice Plástico en ambos materiales, sino también a que es significativa la presencia de finos menores al tamiz 40 [6].

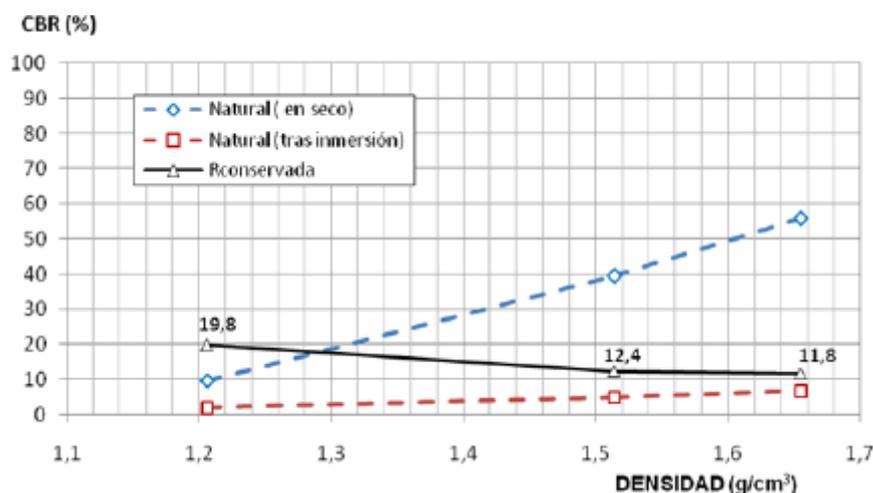


Figura 3.
Resistencia a CBR del material de la cantera San José en estado natural. Resistencia inmediata (en seco) y tras inmersión.

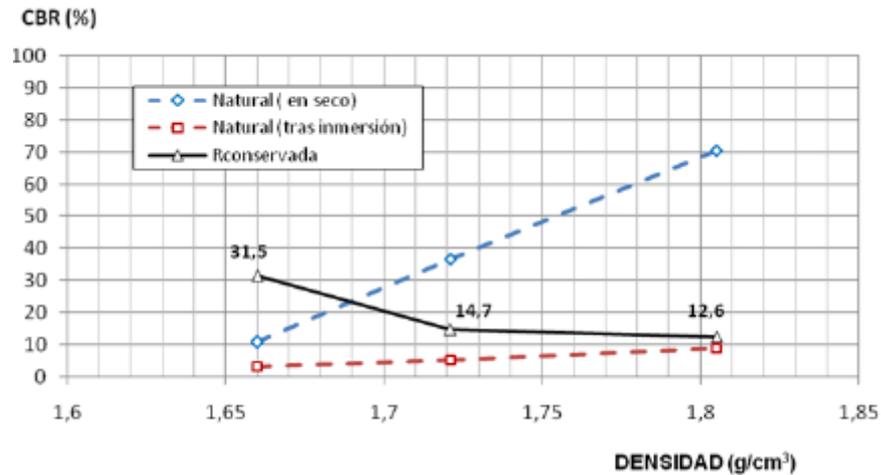


Figura 4.
Resistencia a CBR del material de la cantera Megarok en estado natural. Resistencia inmediata (en seco) y tras inmersión.

La tabla 3 contiene un resumen de las pruebas realizadas a los materiales, así como los valores especificados para bases y subbases según el MTOP. Se puede observar que ambos materiales incumplen con los Índices de Consistencia, aunque tienen una adecuada dureza, con un bajo Coeficiente de Desgaste. En ambos casos mostraron muy baja resistencia cuando son ensayados a CBR en condiciones de inmersión.

Tabla 3.
Revisión de las especificaciones

Propiedades	Especificaciones		SAN JOSÉ	MEGAROCK
	Base	subbase		
Densidad seca máxima (g/cm³)	-	-	1,64	1,78
Humedad óptima (%)	-	-	15,6	18,8
Límite Líquido (%)	< 25	< 25	44,9	35,4
Índice Plástico (%)	< 6	< 6	19,7	10,8,
Desgaste "Los Ángeles" (%)	< 40	< 50	32	19
Índice de CBR (%)	en seco		56	70,7
	> 80	< 30	6,6	8,9

4. MATERIAL DE LA CANTERA MEGAROK MEJORADO CON LA ADICION DE EMULSION ASFÁLTICA.

Los materiales a estabilizar con emulsión asfáltica pueden ser agregados pétreos o suelos naturales, utilizando agregados triturados, clasificados o una mezcla de ambos, estar exentos de materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial. El agregado deberá presentar un desgaste no

mayor de cincuenta por ciento (50%) al ser ensayado en la máquina de Los Ángeles y la emulsión asfáltica que se utilice debe ser catiónica de rotura lenta.

El contenido óptimo de agua de preenvuelta se fijará basándose principalmente en la humedad que dé lugar a un cubrimiento uniforme y homogéneo del material mineral por parte del ligante, mientras que la humedad óptima de compactación será la óptima del ensayo modificado de compactación sobre el suelo o agregado por estabilizar [7].

El diseño de la mezcla se efectúa normalmente utilizando el ensayo de inmersión-compresión, siguiendo el siguiente criterio para la determinación del contenido óptimo de ligante [7]:

- Resistencia seca (R_s) ≥ 10 kg/cm²
- Resistencia húmeda (R_h) ≥ 7.5 kg/cm²

$$R_c = \frac{R_h}{R_s} \times 100$$

[ECUACIÓN 1]

- Resistencia conservada (R_c) $\geq 50\%$, donde:

También se puede utilizar el ensayo de CBR para evaluar la resistencia en la mezcla, determinándose del mismo modo la resistencia conservada, hallando la relación porcentual entre el CBR húmedo (tras inmersión) y el CBR seco (inmediato). Todo diseño de mezcla debe determinar:

- El porcentaje de agua para mezcla y compactación, respecto al peso seco del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión, respecto al peso seco del componente mineral.
- El valor mínimo de la densidad seca en la mezcla.

El experimento desarrollado consistió en añadir diferentes porcentajes de emulsión asfáltica catiónica al material granular procedente de la cantera Megarok, que fue seleccionado por sus mejores características, para ensayarlo a CBR en condiciones de inmersión, comprobando de esta manera el efecto que produce la incorporación del ligante asfáltico.

Los porcentajes de emulsión añadida fueron de 5, 7 y 9%, respecto al peso de áridos. En la preparación de las muestras, se tuvo en cuenta añadir la cantidad de agua de pre- envuelta necesaria para completar el contenido de fluidos en la mezcla correspondiente a la humedad óptima del material en estado natural (18,8%). Para ello se restó al contenido de humedad óptima, la humedad natural que tenía el material en el momento del ensayo y el contenido de emulsión a añadir en cada caso.

Las probetas fueron preparadas en los moldes de CBR, añadiendo primero la cantidad de agua de envuelta, mezclando después y añadiendo por último la emulsión según el porcentaje (5,7 o 9%). Por último, se realiza el mezclado tratando de lograr el reparto uniforme en la mezcla, antes de proceder a la compactación, aplicando la energía del Proctor

Modificado. Las probetas fueron posteriormente colocadas en estufa durante 24 horas para lograr eliminar el agua añadida y luego de enfriadas se ensayaron a CBR en dos condiciones diferentes, la mitad ensayadas de forma inmediata (en seco) y la otra mitad luego de un proceso de inmersión durante cuatro días.

La figura 5 muestra los resultados de las pruebas realizadas. Es evidente el efecto que se ha logrado con la incorporación de la emulsión asfáltica sobre la resistencia del material. Se puede apreciar que en condiciones inmediatas (en seco) el CBR se ha incrementado hasta valores por encima del 100%, sin embargo, las normas exigen que se considere la pérdida de resistencia por acción del agua, como forma de evaluar la adhesividad pasiva del asfalto, o la resistencia a ser desplazado por la acción del agua.

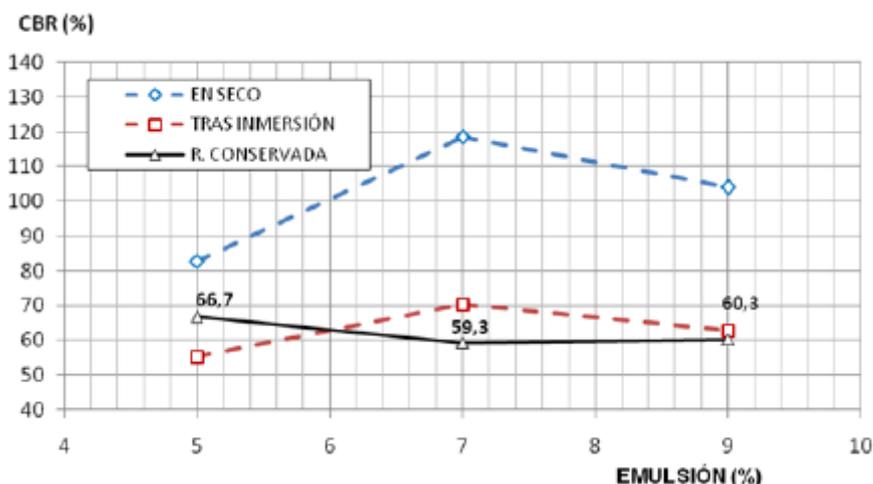


Figura 5.
Resistencia a CBR del material de la cantera Megarok después de ser tratado con emulsión asfáltica catiónica.
Resistencia inmediata (en seco), tras inmersión y conservada.

La resistencia tras inmersión se ha reducido apreciablemente, para cualquier contenido de emulsión. Con todos los porcentajes de emulsión añadidos, la resistencia conservada es superior al 50%, con el mayor valor para el 5% de emulsión donde se obtuvo el 66,7%. Se puede asumir entonces como óptimo para la mezcla el menor porcentaje que satisface el 50% de resistencia conservada, el 5% de emulsión.

Con ninguno de los porcentajes de emulsión utilizados se supera la resistencia para una base, que debe ser de 80% después de inmersión, no obstante, el material si cumple con la resistencia de una subbase o de una base para tráfico medio.

CONCLUSIONES.

La experiencia constructiva en la ciudad de Portoviejo ha demostrado que los materiales que tradicionalmente se han utilizado en la construcción de los pavimentos no se comportan adecuadamente, presentándose en muchos casos, deterioros prematuros.

En el trabajo desarrollado se ha puesto de manifiesto que los materiales procedentes de las dos canteras estudiadas (Megarok y San José), satisfacen las exigencias de dureza, pero no cumplen con las especificaciones granulométricas para bases o subbases de carreteras, además de que presentan un Índice Plástico superior a lo especificado por la norma del MOPT.

La incorporación de emulsión asfáltica de tipo catiónica ha mejorado significativamente la resistencia, lográndose elevadas resistencias en seco, aunque después de inmersión la resistencia decrece aproximadamente en un 40%. Sin embargo, con los tres porcentajes de emulsión utilizados en las pruebas se supera el 50% de resistencia conservada.

Aunque la resistencia alcanzada en la mezcla, no supera el 80% de CBR con ningún porcentaje de emulsión, es decir, no cumple como material de base, se puede añadir a la mezcla un filler de aportación (cemento o cal), para favorecer la adhesividad de los áridos con el ligante, mejorando aún más la resistencia

La alternativa de mejorar estos materiales con el uso de aditivos brinda posibilidades reales de favorecer el comportamiento de las bases y subbases, de una manera económica, prolongándose la vida de los pavimentos.

Referencias

- E. A. P. A. Mejoramiento de vías secundarias y terciarias en Colombia con el uso de mezcla asfáltica natural en Frío (asfaltitas). Análisis, aplicaciones y casos exitosos. Expo-Asfalto 2017, Cancún. México, vol. http://www.amaac.org.mx/archivos/21_mejoramiento_de_vias_secundarias_y_terciarias_en_colombia_con_el_u 2017.
- Fonseca Montejó, Alfonso. "Ingeniería de pavimentos para carreteras". 2da edición. Santa Fe de Bogotá, DC. Colombia. 2001.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS (MTOPT) 001-F-2002. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. Ecuador.
- RODRIGO, J. N. Mezclas bituminosas en frío. Grava-emulsión. Vol. ateb.es, 2015.
- PROAS. Técnicas en Frío. GRAVA-EMULSIÓN. 2012. <https://www.cepsa.com>.
- CUSME VÉLIZ, Washington Jamil; TAPIA VÉLEZ, Ricardo Martín. "Estudio del comportamiento del material de mejoramiento tratado con emulsión asfáltica para su utilización como base/sub-base en la estructura de pavimentos". Trabajo de titulación de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas. Año 2016.
- ARTÍCULO 340 - 02. "Base estabilizada con emulsión asfáltica". Norma de Colombia. 2010.
- INTRIAGO INTRIAGO, John Enrique; ZAVALA LUCAS, Karla Liceth. "Análisis del comportamiento del material de cantera seleccionado para mejoramiento, tratado con cemento para su utilización como base en

la estructura". Trabajo de titulación de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas. Año 2016.

PAREDES GILER, Jimmy Fernando; SOLORZANO PIN, Maria Goretty. "Análisis del comportamiento del material de préstamo de cantera tratado con emulsión asfáltica para su utilización como sub-base en la estructura de pavimentos". Trabajo de titulación de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas. Año 2016.