

CONTRIBUCIÓN AL MEJORAMIENTO DE LAS CALLES DE LA CIUDAD DE PORTOVIEJO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE BASES Y SUBBASES TRATADAS CON EMULSIONES ASFÁLTICAS

María Isabel Zambrano Meza¹, Eduardo Tejeda Piusseaut¹.

¹Universidad Técnica de Manabí. Av. Urbina y Che Guevara. m.zambrano@utm.edu.ec

Abstract— The subbase and base materials of flexible road pavements traditionally used in Canton Portoviejo are not agglomerated, classified as well-graded stone aggregates, and in some cases with high plasticity. These materials are sometimes not behave properly under the influence of the loads and the presence of moisture. Currently internationally layers for pavement, various additives which improve their performance are used, among which are asphalt emulsions. The work is a study of the influence of the use of asphalt emulsion as a binder of these materials, as well as the most appropriate to use percentages. It is an alternative for engineers as a contribution to the improvement of pavements within our region and a contribution to improving the quality of life of our people.

Index Terms— Asphalt emulsions, gravel-emulsion, bases, subbases, treated bases

I. INTRODUCCIÓN

El comportamiento de los pavimentos flexibles ante las cargas del tráfico y agentes climáticos depende en gran medida de las características resistentes conseguidas en las capas de base y subbase del pavimento.

Las capas de bases y subbase de los pavimentos pueden ser aglomeradas, cuando se emplean ciertos aditivos con el objetivo de mejorar el comportamiento del material en las condiciones más desfavorables.

En el cantón Portoviejo se han utilizado materiales granulares mejorados con cemento o cal para la construcción de los pavimentos, sin embargo no se han tenido buenos resultados.

Cuando los pavimentos construidos no presentan buen comportamiento, es decir, se afecta la regularidad superficial, o aparecen baches y grietas prematuros, ocasiona cierta inconformidad en los conductores y habitantes en general, así como a las entidades gubernamentales. En estos casos se incrementan los presupuestos necesarios para la conservación al requerirse actividades no previstas, además de los inconvenientes creados a los usuarios de la vía.

La mejora del comportamiento de materiales pétreos para su utilización en las capas del pavimento puede lograrse mediante el tratamiento de estos materiales con cemento, cal, emulsiones asfálticas o aditivos químicos. Cada uno de estas adiciones permite mejorar algunas de las propiedades de los áridos, como la reducción de permeabilidad, el incremento de la resistencia o la reducción de la plasticidad.

La incorporación de emulsiones asfálticas a materiales que tradicionalmente se emplean como materiales de base o subbase

de los pavimentos flexibles en el cantón Portoviejo, permitirá dotar a estas capas de una mayor resistencia a través del incremento de la cohesión en el material. La investigación sobre el comportamiento del material tratado con emulsiones pretende primero establecer cuáles son las fórmulas de trabajo factibles para los tipos y características de los agregados del cantón Portoviejo y después estudiar hasta donde se mejoran las características y el comportamiento del material ya tratado.

La investigación tiene gran impacto ya que se pone a disposición de la comunidad científica y de las entidades públicas y privadas una valiosa información sobre la manera en que pueden usarse los materiales tratados con emulsiones, lo que representa una alternativa para la construcción de los pavimentos flexibles, contribuyendo así con el mejoramiento de las vías y la satisfacción de los usuarios. Además es un tema de actualidad por el creciente empleo de la tecnología en frío en la construcción de pavimentos, ofrece una protección al medio y mejora el comportamiento de materiales locales, con la reducción de la relación costo/beneficio.

El trabajo tiene como objetivo general el de contribuir con el mejoramiento de las vías del cantón Portoviejo mediante la utilización de materiales pétreos tratados con emulsión asfáltica.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Las emulsiones asfálticas

Se llama emulsión a un sistema compuesto de dos líquidos inmiscibles, de los que uno se dispersa en el otro en forma de gotas diminutas. Se le llama al primero fase dispersa o discontinua y al segundo fase continua.

En las emulsiones asfálticas, las dos fases en presencia son el agua como fase continua y betún asfáltico como fase dispersa (ver figura 1).

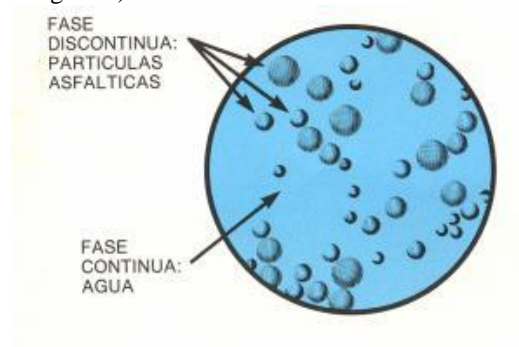
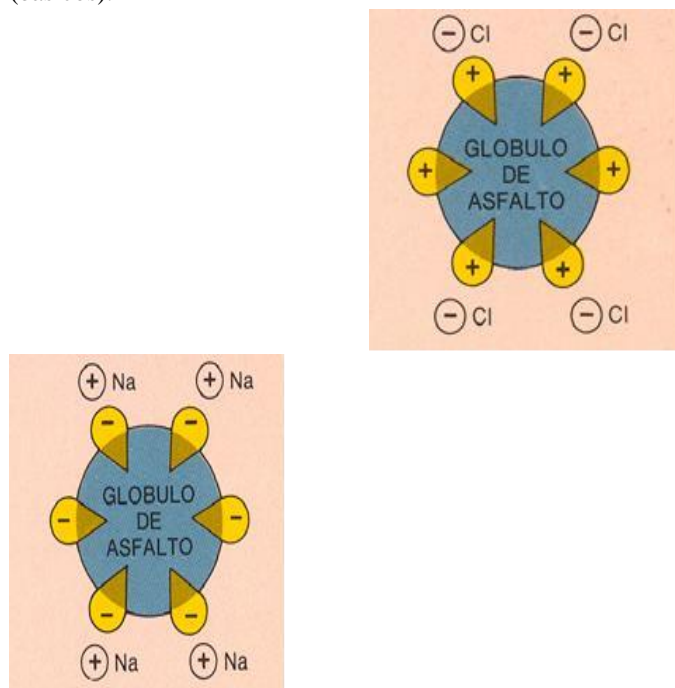


Figura 1. Fases en una emulsión asfáltica

Como es imposible preparar una emulsión estable con estos materiales por sí solos, se introduce otro componente, denominado emulgente, que se concentra en la capa interfacial de ambos materiales, modificando considerablemente sus propiedades y haciendo estable la emulsión.

Las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas o catiónicas, según la carga de partículas que le confiere el emulgente (figura 2). Las aniónicas son de tipo básicas ($\text{Ph} > 7$). A causa de su carga negativa, los glóbulos de betún asfáltico de una emulsión aniónica tienen especial afinidad por las superficies iónicamente positivas, como son las de los áridos calizos (básicos).



EMULSION CATIÓNICA EMULSION ANIÓNICA

Figura 2. Tipos de emulsiones

Los emulgentes usados en la fabricación de emulsiones catiónicas son normalmente aminas o sales de amonio cuaternario. Las moléculas de emulgente tapizan completamente el glóbulo de asfalto, que queda así cubierto de radicales positivos y actúa como si estuviera cargado positivamente.

La rotura de la emulsión se produce cuando las partículas de ligante bituminoso se vuelven a unir para constituir película continua de betún. La rotura se produce por dos causas: la atracción electrostática originada al contacto con una superficie de carga opuesta y la evaporación del agua.

En la emulsión aniónica, que tiene afinidad por los áridos básicos, la atracción electrostática no es capaz por sí sola de provocar la rotura de la emulsión, sino que se precisa de la eliminación de parte del agua de la emulsión por evaporación o absorción por los áridos. Una vez producida la rotura, la carga eléctrica de las partículas de asfalto hace que su adherencia a los áridos básicos sea muy buena.

Las emulsiones catiónicas rompen inmediatamente por

reacción química en presencia de áridos de cualquier naturaleza, aun cuando estén húmedos. En cualquier caso no es aconsejable su utilización con lluvias o con temperaturas por debajo de 5°C .

Diversos factores influyen en el proceso de rotura de una emulsión:

La absorción del agua producida por texturas ásperas en el árido y piedras porosas, hacen reducir el tiempo de rotura.

El contenido de humedad en la piedra, mejora el revestimiento pero demora el tiempo de rotura.

Las condiciones atmosféricas, la separación ocurre más rápidamente en climas cálidos.

Las fuerzas mecánicas producidas por la presión del rodillo de compactación.

La superficie específica de la piedra, por lo que el exceso de finos o piedra sucia acelera la separación.

La carga eléctrica de la piedra puede acelerar la rotura, particularmente en catiónicas.

Aplicaciones de las emulsiones.

La tabla 1 contiene las diferentes aplicaciones de las emulsiones asfálticas en relación con los tipos de emulsiones que se recomienda utilizar en cada caso. Estas recomendaciones pueden servir como referencia general, en principio, las aplicaciones que llevan árido fino requieren emulsiones más fluidas y lentas. Nótese que hay emulsiones que llevan fluidificantes en su composición, otras requieren el empleo de aditivos que retarden la rotura en la obra (en lechadas asfálticas).

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

Este fenómeno de rompimiento o ruptura de la emulsión ocurre debido a la carga eléctrica que tiene el material pétreo. La carga que tiene el material pétreo neutraliza la carga de las partículas de asfalto en la emulsión, permitiendo que se acerquen unas a otras para formar agregados de gran tamaño; estos agregados son los que se depositan sobre el material pétreo formando una capa asfáltica.

Tabla 1. Tipos de emulsiones relacionadas con su empleo

TIPOS DE EMULSIONES Y SU EMPLEO	EMULSION DE ROMPIMIENTO					
	RAPIDO		MEDIO		LENTO	
	VISCOSA	NO VISCOSA	VISCOSA	NO VISCOSA	VISCOSA	NO VISCOSA
Riegos de liga		●				
Riegos de impregnación				● (Fluidif.)		● (Fluidif.)
Riegos con agregado fino		●				
Riegos con agregado grueso	●					
Riegos de penetración	●					
Mezclas abiertas			● (Fluidif.)			
Mezclas densas						●
Lechadas		● (c/aditiv.)		● (c/aditiv.)		●
Estabilizaciones				●		●
Regeneración y reciclado				●		●

Materiales aglomerados con emulsión

Las técnicas de estabilización y mejoramiento con materiales bituminosos son utilizadas con gran éxito, logrando aumentar la vida útil y disminuir la frecuencia en el mantenimiento de las vías rurales. Su análisis a mediano y largo plazo, resulta ser una solución competitiva económicamente, ofreciendo mejores superficies de ruedo y que indiscutiblemente posee un mejor desempeño ante condiciones de lluvia y humedad extrema

Se definen tres clases de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica, que se denominan A, B y C. Las características del material granular estabilizado con emulsión asfáltica se establecen en los documentos técnicos del proyecto, en función de la importancia de la vía, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento.

En la Tabla 2 se establecen las posibilidades de uso de las clases de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica en función del tipo de pavimento y de los niveles de tránsito establecidos.

Las capas deberán estar constituidas por materiales de tipo granular en estado natural o por mezclas de agregados naturales con agregados provenientes de trituración de piedra de cantera o de grava natural. Todos los materiales granulares, independientemente de su procedencia, deberán encontrarse exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla u otras sustancias incorporadas que puedan resultar ambientalmente nocivas o inconvenientes para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

Tabla 2. Uso de capas de materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica

Tipo de Capa	Categorías de Tránsito		
	T0 – T1	T2 – T3	T4 – T5
Pavimento Asfáltico			
Capa de	GEEA_A, B ó	GEEA_A ó B	GEEA_A
Capa de	GEEA_B ó C	GEEA_B ó C	GEEA_A ó B
Pavimento de Losas de Concreto de Cemento Pórtland			
Capa de	GEEA_A ó B	NA	NA

Capa de Subbase	GEEA_B ó C	GEEA_B ó C	GEEA_GEEA_A ó B
-----------------	------------	------------	-----------------

NA = No Aplica. Para tránsitos medios y altos, la capa de base para pavimentos de losas de concreto de cemento Pórtland requiere una mayor resistencia a la erosión que ofrecida por las capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica; por lo tanto, la base no puede ser de material granular estabilizado con emulsión asfáltica correspondiente a esta Sección.

Las características de los agregados pétreos que se empleen en la construcción de una capa granular estabilizada con emulsión asfáltica, deberán llenar los requisitos que se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Requisitos de los agregados para capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica

Ensayo		Norma de Ensayo	Clase de Material Granular a estabilizar con emulsión asfáltica		
			GE	GE	GEEA_
Análisis petrográfico		ASTM C-295			
Dureza					
Desgaste Los Angeles (Gradación A)	En seco, 500 revoluciones, % máximo	INV E-218			
	En seco, 100 revoluciones, % máximo		50	40	35
	Después de 48 horas de inmersión, 500		10	8	7
			70	60	55
Micro Deval, % máxi			2	2	2
10% de finos					
Durabilidad					
Pérdidas en ensayo de					
- Agregado Grueso		ASTM D-6928	45	35	30
Valor en seco, kN mínimo		BS 812 PART 111	30	40	60
- Sulfato de Magnesio		INV E-220	18	18	18
Limpieza					
Límite Líquido, %		INV E-	35	25	25
Índice de Plasticidad,		INV E-	7	6	3
Equivalente de Arena,		INV E-	15	20	8
Valor de Azul de		EN-	10	10	10

Terrones de arcilla y partículas delezna- bles, % máximo		INV E-211	2	2	2
Geometría de las					
Partículas	1 cara 2 caras	INV E-227	NA	50 NA	70 50

NA = No Aplica

El ensayo de desgaste en la Máquina de los Ángeles después de 48 horas de inmersión se hará con el material en condición saturada y superficialmente seca. Para ello, el material se retirará del recipiente de inmersión, se hará rodar sobre una toalla para secar su superficie y se someterá inmediatamente al ensayo de desgaste.

La tabla 4 contiene las especificaciones que deben cumplir los materiales sin tratar, en relación con el CBR referido al 95 % de la densidad seca máxima, según el ensayo Modificado AASHTO T 180, después de 4 días de inmersión. El material granular deberá cumplir también con alguna de las granulometrías de la Tabla 5. La granulometría deberá cumplirse por el material listo para su extensión en obra y por el material compactado en el sitio.

Tabla 4. Capacidad de Soporte para los materiales estabilizados con emulsión

Material Granular	GEEA_C	GEEA_B	GEEA_A
CBR, % mínimo de material emulsión asfáltica	15%	30%	60%

Tabla 5. Granulometrías admisibles para la construcción de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica

TIPO	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	3	25.	12.	9.5	4.7	2.0	0.4	0.07
	1	1"	1/	3/	No.	No	No.	No.
Clase	% PASA							
	1	70-	50	45	30-	10	5-	
	00	100	-80	-75	60	-27	18	3-15
Clase	r1	-	100	60	50	30-	10	5-
Clase	r2	-	100	-90	-80	60	-27	18

En adición a los requisitos de granulometría, la relación de polvo (% pasa tamiz 0.075 mm/ % pasa tamiz 0.425 mm) no deberá exceder de 2/3. Además, El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 μ m (No 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

Resistencia

Existen diferentes métodos de diseño para capas de material granular estabilizado con emulsiones asfálticas. La mezcla se puede diseñar por resistencia a la compresión confinada, por resistencia a la tracción indirecta o por módulo dinámico. Los documentos del proyecto pueden establecer, mediante especificación particular, los métodos de diseño y los criterios de selección del contenido óptimo de ligante.

Cuando se utiliza para el diseño de la estabilización con emulsión asfáltica el ensayo de inmersión-compresión, se aplican los siguientes criterios como guía para la selección del óptimo contenido de ligante en la mezcla:

- Resistencia de probetas curadas en seco \geq 2000 KPa
- Resistencia conservada tras curado húmedo \geq 75%

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo.

Ensayos complementarios

Adicionalmente, dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de otros ensayos complementarios, ejecutados sobre muestras preparadas con el contenido óptimo de ligante asfáltico, como complemento del diseño de la mezcla. Estos ensayos pueden ser: Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco, el de Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo, el Módulo Dinámico o la Curva de Fatiga.

III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las soluciones tradicionales para la construcción de bases y subbases de los pavimentos en el cantón Portoviejo, incluyen la combinación de lastre y material pétreo en diferentes proporciones, que es repartido y compactado siguiendo un proceso empírico que adolece de durabilidad en el tiempo.

El desconocimiento en el empleo de las emulsiones asfálticas ha provocado el poco desarrollo de la tecnología en frío, empleando la piedra y el lastre como única alternativa para la construcción de bases y subbases de pavimentos, resultando una solución de poca duración y alto costo. Cada año estas vías se vuelven a destruir en períodos de lluvia, altas temperaturas y elevadas cargas de tráfico, por tanto, hay que disponer de nuevos recursos para su rehabilitación.

Las ventajas que ofrecen las emulsiones asfálticas pueden resumirse en las siguientes:

Se aplican en frío, incluso con áridos húmedos, donde no se

requiere maquinaria compleja.

Se puede ajustar el comportamiento según la aplicación y características de los áridos.

Es un ligante versátil, económico, que no contamina y ahorra energía.

El transporte fácil al no requerir camiones térmicos.

Son productos valiosos para el mantenimiento preventivo, pudiéndose utilizar en lechadas, tratamientos superficiales, soluciones de bacheo y sellado de grietas.

En las actividades de reciclado, además de las ventajas que ofrece este tipo de solución, pueden ser utilizadas con un alto % de material fresado, por lo que ofrece evidentes ventajas económicas y reducción de impacto al medio ambiente.

Mediante la investigación sobre el comportamiento de capas de subbase y bases de carreteras mejoradas con emulsiones asfálticas, se establecen las fórmulas de trabajo factibles para los tipos y características de los agregados del cantón Portoviejo.

Los resultados de esta investigación pone a disposición de la comunidad científica y de las entidades públicas y privadas información valiosa para la construcción de las bases y subbases de carreteras, mediante el empleo de materiales granulares locales mejorados con emulsiones asfálticas.

IV. CONCLUSIONES

Debido al deterioro existente en los pavimentos flexibles, el país está haciendo grandes inversiones en las carreteras, especialmente en el cantón Portoviejo. La correcta gestión de los recursos naturales y con la utilización de nuevas técnicas constructivas, pueden mejorar el comportamiento de la estructura de los pavimentos y por consiguiente, reducir los costos de conservación.

En los materiales tratados con emulsiones asfálticas, debido a que el contenido de ligante es bajo, en su fabricación se debe garantizar un reparto homogéneo del ligante, mediante un adecuado mezclado.

En los ensayos de laboratorio debe garantizarse que todas las probetas tengan el contenido de fluidos óptimo, obtenido en el ensayo Proctor modificado, donde el contenido de fluidos será la suma del porcentaje de emulsión añadido y el agua de aporte en la mezcla.

Los materiales pétreos utilizados en las capas de bases o subbase deben tener determinadas características para ser utilizados como parte de las estructuras; deben ser áridos duros, con caras de fractura, con limitadas partículas planas y alargadas, y con adecuada limpieza.

En el tratamiento se pueden emplear emulsiones asfálticas aniónicas o catiónicas, con rompimiento medio o lento; y debe emplearse una elevada energía de compactación, además de cumplir con un huso granulométrico correspondiente a una grava-emulsión.

Bibliografía

Bardesi Alberto. Repsol YPF. Recomendaciones de empleo de emulsiones en vías de baja intensidad de tráfico. XVII VYODEAL - 4º Congreso Nacional de Carreteras Locales.

2004.

Batista Fátima, Antunes María de Lurdes. Estudio da sensibilidade à água de misturas betuminosas. XVI CILA. Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto. Brasil. 2011.

Fernández Loaiza, Carlos. Mejoramiento Y Estabilización De Suelos. México. Limusa. 1982.

Godoy Cobar Sergio R., Agüero Umattino José A. Experiencia en Guatemala sobre reciclado en frío con estabilización de la capa de base. XVI CILA. Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto. Brasil. 2011.

Instituto de Desarrollo Urbano. Especificaciones IDU - ET – 2005. Sección 440-05. Capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica. Colombia, 2006.

Nosetti Adrián, Jiménez Félix Pérez, Martínez Adriana. Estudio de las mezclas bituminosas recicladas en frío con emulsión con el compactador giratorio Superpave. XVI CILA. Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto. Brasil. 2011.

Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. 4ta edición. Abril 2004. España.

Rosero Alvarado, F. David. Bases estabilizadas con emulsión asfáltica para pavimentos (aplicación calle Nogales Parroquia Nayón l= 1.0 km). Trabajo de graduación. Quito-Ecuador, 2013.

Reyes Freddy A., Reyes Ortiz, Oscar J., Camacho Javier F. NaCl para mejorar las propiedades mecánicas de bases y subbases granulares. Universidad Militar Nueva Granada. Grupo Investigación Geotecnia PhD. Universidad Javeriana, Grupo CECATA. Colombia. 2005.