



CTSCAFE PARA CIUDADANOS.....

<http://www.ctscafe.pe>

ISSN 2521-8093



Volumen VII- N° 21 Noviembre 2023

<http://www.ctscafe.pe>

Lima - Perú

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen VII- N° 21 Noviembre 2023

ISSN 2521-8093



Recuperación de pavimentos flexibles envejecidos sobre bases de pavimentos rígidos en las calles de la ciudad de Calceta-Manabi-Ecuador

Mg. María Fabiola Ávila Martínez
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí M.F.L
Correo Electrónico: mfavila@espam.edu.ec

Ph.D. Gabriel Antonio Navarrete Schettini
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí M.F.L
Correo Electrónico: gnavarrete@espam.edu.ec

Mg. Jonathan Gerardo Chicaiza Intriago
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí M.F.L
Correo Electrónico: Jonathan.chicaiza@espam.edu.ec

Mg. José Ramón Santana Aveiga
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí M.F.L
Correo Electrónico: jrsantana@espam.edu.ec

Recibido: 20 octubre 2023

Aceptado: 20 noviembre 2023

Resumen: El objetivo de la presente investigación fue la de valorar las diferentes propiedades de las mezclas asfálticas convencionales que se colocan sobre bases de pavimentos rígidos en las calles y avenidas de la ciudad de Calceta provincia de Manabí Ecuador. Para la valoración de las propiedades de las mezclas asfálticas como son: Densidad Bulk, estabilidad, flujo, peso unitario, vacíos en la mezcla, vacíos en agregado mineral y vacíos rellenos asfalto se utilizó el método Marshall en laboratorio que permitió concluir que estas mezclas asfálticas convencionales envejecidas en un tiempo de 10 años presentan propiedades que cumplen con las especificaciones para carreteras según lo que exigen las normas ecuatorianas. Excepto en la relación de vacíos en mezcla que presenta un valor superior a la norma, por lo que se sugirió enriquecerla con finos para cumplir con lo que establecen dichas normas. Y así poderla reutilizar en nuevos diseños para la colocación de carpetas asfálticas.

Palabras claves: Mezclas asfálticas / Método Marshall / Normas ecuatorianas / Carpetas asfálticas.

Abstract: The objective of the present investigation was to assess the different properties of conventional asphalt mixtures that are placed on rigid pavement bases in the streets and avenues of the city of Calceta, province of Manabí, Ecuador. For the assessment of the properties of asphalt mixtures such as Bulk Density, Stability, Flow, Unit Weight, Voids in the Mixture, Vacuums in mineral aggregate and asphalt filled voids, the Marshall method was used in the laboratory that allowed us to conclude that these conventional

asphalt mixtures aged in a time of 6 years present properties that meet the specifications for roads as required by Ecuadorian standards. Except in the relation of voids in mixture that presents a value superior to the norm, reason why it was suggested to enrich it with fines to fulfill with what establish said norms. And so it can be reused in new designs for the placement of asphalt folders.

Keywords: Asphalt mixtures / Marshall Method / Ecuadorian standards / Asphalt binders.

Résumé : L'objectif de cette recherche était d'évaluer les différentes propriétés des mélanges asphaltiques conventionnels placés sur des bases de chaussée rigides dans les rues et avenues de la ville de Calceta, province de Manabí, Équateur. Pour l'évaluation des propriétés des enrobés bitumineux telles que : Densité apparente, stabilité, écoulement, poids unitaire, vides dans le mélange, vides dans les granulats minéraux et vides remplis d'asphalte, la méthode Marshall a été utilisée en laboratoire, ce qui nous a permis de conclure que ces mélanges bitumineux conventionnels vieillis sur une période de 10 ans ont des propriétés qui répondent aux spécifications routières requises par les normes équatoriennes. À l'exception du taux de vides dans le mélange, qui a une valeur supérieure à la norme, il a donc été suggéré de l'enrichir avec des fines pour se conformer à ce qu'établissent ces normes. Et ainsi pouvoir le réutiliser dans de nouvelles conceptions pour la pose de couches d'asphalte.

Mots-clés: Mélanges d'asphalte / Méthode Marshall / Normes équatoriennes / Liants d'asphalte.

58

1. Introducción

Navarrete (2019) & Gutiérrez (2013), manifiestan que la inutilización de pavimentos envejecidos del firme que estén fuera de cualquier criterio de reciclaje en cualquiera de sus formas, representa un grave peligro para el ambiente y además los seres vivos que habitan en él, por convertirse en focos de contaminación muy graves y hasta letales para la población humana.

El reciclado de firmes comprende una serie de metodologías constructivas que tienden al aprovechamiento de materiales envejecidos de firmes y pavimentos integralmente, técnica que desde la crisis energética de los años setenta vienen implementando cada vez con más prodigalidad en la rehabilitación estructural de firmes de carretera (Jofre 2002 & Bustos 2010).

Delgado (2006), propone que una parte fundamental en evitar la deformación de los firmes es la graduación de los ingredientes de mezclas asfálticas en caliente. En la actualidad existe evidencia que muestra que mezclas con granulometrías de graduaciones densas son deseables para mitigar los efectos de la deformación permanente. El mismo autor sugiere que cuando estas mezclas son comprimidas de una forma adecuada, da como resultados menos vacíos de aire y mayor contacto entre partículas a diferencia de una granulometría abierta. Según Delgado (2006) al contrario de lo antes expresado las mezclas hechas con granulometrías abiertas del tipo discontinuas, presentan mayor deformación que las mezclas de granulometría densa esto se atribuye a que en las

primeras existe menor contacto entre partículas y dado que el contacto partícula-partícula en la mezcla es de mayor importancia a altas temperaturas, las mezclas de tipo discontinuas son más susceptibles de presentar roderas bajo estas condiciones.

2. Material y métodos

2.1 Material experimental: los restos de pavimento se obtuvieron del centro de deposición de desechos de pavimento asfáltico ubicado en las afueras del Cantón Bolívar, km 1 vía a Tosagua. Estos residuos fueron calentados hasta 130°C, de esta manera se procedieron a descomponer los materiales.

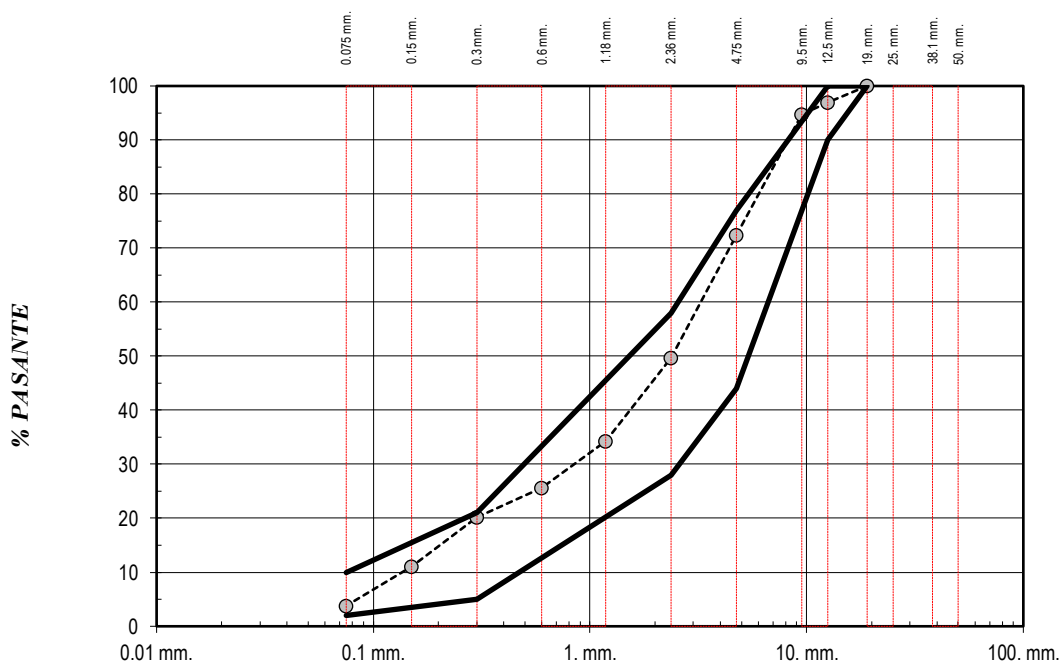
Una vez los materiales sueltos, se estableció la granulometría, contenidos de asfaltos, ensayos rice o gravedad específica teórica máxima las cuales fueron moldeadas para hacer briquetas y realizar las pruebas del análisis de Marshall (Navarrete 2018).

Cuadro N°1: Composición física del pavimento envejecido

TAMIZ N°.	Abertura	MASA RETENIDA		PORCENTAJES ACUMULADOS			Especificaciones (% Pasantes Acumulados) Arena-Hormigón ASTM C-33	
		Parcial gr.	Acumulada gr.	Retenido	Pasante	Pasante Corregido		
50. mm.	2 "							
38.1 mm.	1½ "							
25. mm.	1 "							
19. mm.	¾ "	0.00	0.00	0.00	100.00		100	
12.5 mm.	1/2 "	56.00	56.00	3.02	96.98		90 - 100	
9.5 mm.	3/8 "	42.50	98.50	5.30	94.70			
4.75 mm.	No. 4	413.50	512.00	27.57	72.43		44 - 77	
PASA No. 4								
2.36 mm.	No. 8	422.00	934.00	50.30	49.70		28 - 58	
1.18 mm.	No. 16	288.00	1,222.00	65.81	34.19			
0.6 mm.	No. 30	160.00	1,382.00	74.42	25.58			
0.3 mm.	No. 50	100.00	1,482.00	79.81	20.19		5 - 21	
0.15 mm.	No. 100	170.50	1,652.50	88.99	11.01			
0.075 mm.	No. 200	134.00	1,786.50	96.20	3.80		2 - 10	
FONDO		70.50		3.8				Rango M.F.: 2,15 a 3,38
Masa Inicial Muestra:		1857	Masa Seca Muestra:		1857.00	Módulo de Finura de Ensayo = 3.922		

Fuente: Navarrete (2018)

En la figura N°1, se observa la curva granulométrica del pavimento asfáltico envejecido. Se puede apreciar que dentro de la composición existe mayor cantidad de agregados fino, es por ello que se considera necesario enriquecerlo con la adición de los agregados pétreos (Navarrete 2018).

Figura N°1: Curva granulométrica del pavimento asfáltico envejecido


Fuente: Navarrete (2018)

60

2.2 Variables para evaluar los mezclas asfálticas

El cumplimiento de las exigencias en el método de Marshall se encuentra en el anexo 1, permitiendo obtener información sobre las características físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente con la ayuda de figuras de estabilidad Marshall, flujo, porcentaje de vacíos (VTM), porcentaje de vacíos del agregado mineral (VMA), porcentaje de vacíos en rellenos de asfalto (VFA). (MOP 001-F-2002, capítulo 400, p.204-398)

2.3 Evaluación de pavimentos – método Marshall y Superpave

En una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, el asfalto y el agregado son combinados en proporciones exactas. Las proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla, eventualmente, el desempeño de la misma como pavimento terminado. Existen varios métodos de diseño comúnmente utilizados para determinar las proporciones apropiadas de agregado y asfalto en una mezcla. Dentro de estos métodos se encuentran el Método de diseño de Marshall y el método de diseño de Superpave (Jiménez, Sibaja y Molina, 2009).

El método de diseño de Superpave, es un nuevo sistema llamado Superior Performing Asphalt Pavement. Representa una tecnología de tal manera provista que pueda especificar cemento asfáltico y agregado mineral, desarrollar diseños de mezclas asfálticas; analizar y establecer predicciones del desempeño del pavimento. Este método evalúa los componentes de la mezcla asfáltica en forma individual (agregado mineral y asfaltos) y su interacción cuando están mezclados (Garnica *et al.*, 2004).

Cuadro N°2: Criterios Marshall

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

Fuente: Garnica *et al.* (2004) y del MTOP (2002)

Cuadro N°3: Mínimo de porcentaje de vacíos en agregados minerales (VAM)

Máximo tamaño de partícula nominal		Porcentaje mínimo VMA		
		Porcentaje diseño vacíos de aire		
mm	in	3.0	4.0	5.0
1.18	No.16	21.5	22.5	23.5
2.36	No.8	19.0	20.0	21.0
4.75	No.6	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8.	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2.	13.0	14.0	15.0
19	3/4.	12.0	13.0	14.0
25	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0

Fuente: Garnica *et al.* (2004) y el MTOP (2002).

Cuadro N°4: Tipo de mezcla y mínimo de porcentaje de vacíos en agregados minerales (VAM)

Tipo de Mezcla	VAM. Mínimo (%)
A	16
B	15
C, D	14
E	13

Fuente: Garnica *et al.* (2004) y el MTOP (2002)

Garnica *et al.* (2004) citado anteriormente, menciona que las buenas mezclas asfálticas en caliente trabajan bien debido a que son, diseñadas, producidas y colocadas de tal manera que se logra obtener las propiedades deseadas. Hay varias propiedades que contribuyen a la buena calidad del pavimento de mezclas en caliente, estas incluyen:

- Estabilidad
- Durabilidad
- Impermeabilidad
- Trabajabilidad
- Flexibilidad
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia al deslizamiento

2.3.1 Densidad bulk o peso unitario

La densidad Bulk es la relación entre la masa de un volumen unitario total de un agregado, el cual incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre las partículas. (Alvarado., Feiser., Flórez., & Rojas. 2014 & Navarrete 2018)... fue determinado de acuerdo al manual de especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (MTOPE, 2002, p.204-398)

2.3.2 Estabilidad

62

Está dirigida a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. Es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Durante el ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, los cabezales superior e inferior se acercan, y la carga sobre la briqueta aumenta al igual que la lectura en el indicador del cuadrante porcentaje (Alvarado, 2014 & Navarrete 2018). Determinados de acuerdo a las especificaciones del Manual de especificaciones MTOPE--001-F-2002. (MTOPE, 2002, p.204-398).

2.3.3 Flujo

El flujo representa la deformación de la briqueta que está indicada por la disminución en el diámetro vertical de briqueta, y es medida en centésimas de pulgadas porcentaje (Alvarado, 2014 & Navarrete 2018). Será determinada de acuerdo al Manual de especificaciones MTOPE--001-F-2002. (MTOPE, 2002, p.204-398)

2.3.4 Vacíos en la mezcla

El porcentaje de vacíos se calculó a partir del peso específico total de cada probeta compactada y del peso específico teórico de la mezcla de pavimentación porcentaje (Alvarado, 2014 & Navarrete 2018). De acuerdo a las especificaciones del Manual de especificaciones MTOPE--001-F-2002 (MTOPE, 2002, p.204-398).

2.3.5 Vacíos en agregados mineral

Será calculado con base al peso específico total del agregado y se expresará como un porcentaje del volumen total de la mezcla compactada porcentaje (Alvarado, 2014 &

Navarrete 2018). Determinada de acuerdo a las especificaciones del Manual de especificaciones MTOP--001-F-2002 (MTOP, 2002, p.204-398)

2.3.6 Vacíos en rellenos de asfalto

Los vacíos en rellenos de asfalto, fueron obtenidos al restar los vacíos de aire, y luego dividiendo por los vacíos de aire, y expresando el valor final como un porcentaje (Alvarado, 2014 & Navarrete 2018). Determinados de acuerdo a las especificaciones del Manual de especificaciones MTOP--001-F-2002. (MTOP, 2002, p.204-398).

3. Resultados y discusión

Como observamos en el cuadro 5 muestra datos obtenidos en el ensayo y especificaciones de acuerdo al Manual de especificaciones MTOP--001-F-2002. (MTOP, 2002, p.204-398), como se puede apreciar la estabilidad obtuvo un valor de 3381 lb que es mayor al mínimo permitido por las exigencias de MTOP (2002) y lo sugerido por Garnica et al. (2004) que proponen también un mínimo de 1800 lb, los resultados arrojan que el flujo es (15.1 pulg/100) está en el rango propuesto por los autores antes mencionados, ya que sugieren que este en un intervalo entre 8 – 16 pulg/ 100.

En cuanto al peso unitario los autores mencionan que lo ideal es que supere a los 2000, en el valor obtenido sobrepasa con 174. Para los vacíos de los agregados las exigencias de MTOP es que superen el 13%, los datos obtenidos superan en 6% a lo establecido. MTOP, (2002) propone un rango de 65-75% para los vacíos rellenos de asfalto, 67.37% obtenido como resultado entra en este rango.

Los vacíos en la mezcla superan en 1,37% lo mínimo permitido por MTOP (2002) sugiere que el rango no debe superar el 5% concordado con Delgado (2006), ya que manifiesta que al reutilizar el pavimento las partículas tienden a separarse y esto podría crear una deformación si no se le adicionan agregados ya sean gruesos o finos, en este caso en particular para que tenga la consistencia y compactación necesaria se deben aplicar agregados finos.

Cuadro N°5: Diseño Marshall del pavimento asfaltico envejecido

Propiedades	% Asfalto - diseño	Valor obtenido	Exigencias (MTOP, 2002) y Garnica et al. (2004)
Densidad Bulk	5,70	2151	
Estabilidad	5,70	3381	> 1800 lb
Flujo	5,70	15,5	8 - 16 pulg/100
Peso unitario	5,70	2,174	>2000
Vacíos en mezcla	5,70	6,37	3.0 - 5.0%
Vacíos en agregados	5,70	19,62	> 13%
Vacíos rellenos asfalto	5,70	67,37	65 - 75%

Fuente: Navarrete (2018)

Cuadro N°6: Propiedades de la mezcla asfáltica

PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA																								
MUESTRA	FECHA	CARRIL	ABSCISA TRAMO	PASANTE TAMIZ No. 200	% DE ASFALTO	GRAVEDAD ESPECIFICA AGREGADOS COMBINADOS	PESO BRIQUETA			VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M (%)	V.F.A (%)	C. A. (%) EFECT. EN LA MEZCLA	RELACION FILLER BETUN	FACTOR DE CORRECC.	ESTABILIDAD			FLUJO
							SECO EN EL AIRE	SECO CON S.S.S.	SUMERG. EN AGUA		BULK	RICE	AGREG.	VACIOS EN AIRE	ASFALTO						CARGA DEL DIAL	MEDIA	CORREG.	
01	16/11/2018	STOCK		3,80	5,63	2.522	1183	1186	642	544	2.174	2.297	81,35	5,35	13,30	18,65	71,29	6,20	0,67	0,93	1110	4.123	3.834	17
02	16/11/2018	STOCK		3,80	5,63	2.522	1063	1066	571	495	2.147	2.297	80,34	6,53	13,13	19,66	66,79	6,20	0,67	1,09	760	2.839	3.095	16,0
03	16/11/2018	STOCK		3,80	5,63	2.522	1039	1043	555	488	2.131	2.297	79,74	7,23	13,03	20,26	64,33	6,20	0,67	1,09	790	2.949	3.214	15,0
PROMEDIOS Y RESULTADOS:					5,63	2.522					2.151	2.297	80,48	6,37	13,15	19,52	67,37		0,67			3.381	15,5	
RANGOS ESPECIFICACION:													3-5		>13			0,8-1,2				>1800	8-14	
GRAVEDAD ESPECIFICA CEMENTO ASFALTICO:						1,013																		
CODIGO MUESTREO:						0,01																		

Fuente: Navarrete (2018)

4. Conclusiones

La reutilización de residuos de pavimento asfáltico envejecido cumplen todos los parámetros de las pruebas Marshall excepto en el vacío en las mezclas que se puede solucionar con el aumento de agregados ya sean finos o gruesos dependiendo de la condición del pavimento a reutilizar.

Mediante la reutilización de los residuos de pavimento asfáltico envejecido se contribuirá a la disminución de la explotación de las minas de material pétreo para así mitigar los impactos negativos al medio ambiente.

Una adecuada reutilización de residuos de pavimento asfáltico envejecido permitirá ampliar los usos de aplicación que se le puedan dar a estos para favorecer a las vías de las comunidades que más lo necesitan.

5. Recomendaciones

Motivar a las entidades públicas y privadas para que a través de los departamentos de Medio Ambiente integren en sus políticas y planes de desarrollo la reutilización de los residuos de pavimento asfalto envejecido como alternativa para la reducción de la explotación de las minas de material pétreo.

6. Literatura citada

- Alvarado, A., Feiser, J., Flórez, G., & Rojas, A.** (2014). Viabilidad técnica de un diseño de mezcla para la elaboración de asfaltos modificados con llantas reciclables.
- Bustos, G.** (2010). Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Madrid: LITEAM.
- Delgado, H., Garnica, P., Villatoro, M., & Rodríguez Oropeza, G.** (2006). Influencia de la granulometría en las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica. *Publicación Técnica*, (299).
- Delgado, H.**(S/F). Influencia de la granulometría en las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica. Metodología RAMCODES en las mezclas asfálticas. *Publicación Técnica*, 299.
- García, H.** (2018). Plan tecnológico del proceso de reciclado de llantas.
- Garnica, P., Delgado, H., Gomez Lopez, A., Alonso Romero, S., & Alarcon, A.** (2004). Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. *Publicación Técnica*, (246).
- Gonzales, F., Barros, S., Cortez, N., & Pinto, G.** (2015). Estudio técnico de reciclaje y tratamiento de vehículos del corral municipal de Iquique, Chile, para resolver problemática de alto abandono de vehículos. *Revista Perspectiva*, 16(1-2).
- Gutierrez, M.** (2013). Diseño del plan de gestión integral de residuos sólidos para Bimbo de Colombia S.A. Planta yumbo, valle del Cauca Colombia.
- Jimenez, M; Sibaja, D; Molina, D.** (2009). Mezclas asfálticas en frío en Costa Rica, conceptos, ensayos y especificaciones. *Infraestructura vial*, 18-29.
- Jofré, C.** (2002). La técnica del reciclado de firmes con cemento. *Carreteras, revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, (119).
- Navarrete Schettini, G. A.** (2019). Reutilización de residuos sólidos de elastómero y pavimento asfáltico envejecido y su impacto ambiental en Manabí-Ecuador.
- MTOP.** (2013). *Procedimiento para proyectos viales*. Quito.

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen VII- N° 21 noviembre 2023

*Contáctenos en nuestro correo electrónico
revistactscafe@ctscafe.pe*

147

Página Web:

<http://ctscafe.pe>

Blog:

<https://ctscafeparaciudadanos.blogspot.com/>

Facebook

<https://www.facebook.com/Revista-CTSCafe-1822923591364746/>

