



CONVENIO
CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
RUTINARIO DE CARRETERAS

INFORME DE AUDITORIA
TECNICA
RUTA 123 TRAMO
LA AGONIA - SANTA BARBARA
FEBRERO, 2000





Laboratorio Nacional de Materiales
y Modelos Estructurales

Para recibir

Programa de Ingeniería de
Infraestructura de Transporte



LM-PMR-40-2000

28 de febrero de 2000.

M. O. P. T. CONSERVACION VIAL
Recibido por: <u>Rosa</u>
Fecha: <u>28-2-2000</u>

Ingeniero
Fernando Rodríguez
Director Ejecutivo
Conservación Vial CONAVI
Presente

Estimado señor:

Elevamos a su consideración un breve informe de auditoría técnica al proyecto de tratamiento superficial doble en la Ruta 123 Tramo la Agonía – Santa Bárbara con visitas realizadas los días 9,11,17 y 18 de febrero.

Con mucho gusto nos ponemos a su disposición para brindarle nuestra colaboración en, lo que al respecto, estime conveniente.

Atentamente,

Ing. Mario Arce J.
Coordinador
PITRA - LANAMME

Adj/ lo indicado.-

Informe de auditoría técnica realizada a proyecto de tratamiento superficial doble

Ruta 123
Tramo la Agonía – Santa Bárbara

A. Generalidades

Fecha de visita: 9, 11, 17 y 18 de febrero del 2000

La constructora que tiene a cargo el proyecto es CAMUSA, que fue sub-contratada por la empresa MECO, como parte de los trabajos del Programa de Mantenimiento Rutinario.

En las fechas indicadas se visitó la construcción de un tratamiento superficial en la ruta 123, con el fin de verificar la dosificación de agregado y ligante empleados, así como sus propiedades físicas más importantes. Las muestras fueron tomadas en los días 9 y 11 de febrero, conforme a lo que se indica a continuación:

Tabla 1: Muestras para análisis de propiedades físicas (*)

Muestra	Material	Sitio de muestreo
1	Agregado Grueso (quintilla)	Góndola de vagoneta
2	Agregado Fino (polvo de piedra)	Góndola de vagoneta
3	Emulsión asfáltica	Tanque distribuidor

Tabla 2: Muestras para determinar dosificación (*)

Muestra	Material	Sitio de muestreo
1	Agregado grueso	Lugar de colocación
2	Agregado grueso	Lugar de colocación
3	Agregado fino	Lugar de colocación
4	Agregado fino	Lugar de colocación
5	Ligante asfáltico capa 1	Lugar de colocación
6	Ligante asfáltico capa 1	Lugar de colocación
7	Ligante asfáltico capa 2	Lugar de colocación
8	Ligante asfáltico capa 2	Lugar de colocación

(*) Muestreo realizado el 9 y 11 de febrero del 2000.

B. Especificación del tratamiento superficial

A continuación se presentan los requisitos contractuales para la construcción del tratamiento superficial.

Tabla 3: Especificaciones de diseño del tratamiento superficial doble

Dosificación y granulometría (por metro cuadrado)		Designación del sello	
		S-1	S-2
1) Aplicar material bituminoso	l	1.00	1.70
2) Distribuir agregados			
Graduación tipo 2	kg	6	-
Graduación B	kg	-	22
Segunda capa			1.00
3) Aplicar material bituminoso	l	-	
4) Distribuir agregados graduación tipo 2	kg	-	6
TOTALES			
Material bituminoso	l	1.0	2.70
Agregados	kg	6	28

La cantidad del material bituminoso mostrado en la tabla corresponde a la cantidad de emulsión integrada por la combinación de cemento asfáltico, agua y agente emulsificante). En este proyecto, el análisis se hace para la columna S-2, correspondiente a un TS-2.

Tabla 4: Requisitos de graduación para recubrimiento (% pasando cada malla)

Malla	GRADUACION	
	Graduación Tipo 2	Graduación B
12.5 mm		100
9.5 mm	100	85-100
No. 4	85-100	10-30
No. 8	60-100	0-10
No. 100	0-10	-
No. 200	0-1	0-1

Según lo indicado en las Especificaciones, el agregado debe cumplir también con los siguientes requisitos:

Tabla 5: Requisitos de graduación para recubrimiento

Ensayo	Designación AASHTO	Valor de norma
Abrasión	AASHTO T 96	35% máx
Sanidad	AASHTO T 104	12% máx
Recubrimiento	AASHTO T 182	95% mín
Caras fracturadas del ret. No.4	(*)	75% mín
Límite líquido	(*)	25% máx
Índice plástico	(*)	6% máx
Equivalente de arena	(*)	55% mín
No se podrán utilizar agregados livianos	AASHTO T 195	
Densidad de agregados	AASHTO T 19M	1100 kg/m ³

(*) No mencionado en el texto de las especificaciones especiales.

C. Resultados de ensayos de laboratorio

1. Análisis de la Dosificación de Tratamiento Superficial

Tabla 6: Dosificación de agregado y ligante

Graduación para agregados y secuencia de operaciones		Especificación	Dosificación	
		S-2	Muestra	Promedio
Primera capa:				
1) Aplicar material bituminoso	1.70	L/m ²	0.93 0.40	0.67
2) Distribuir agregados				
Graduación tipo 2	-	Kg/m ²	8.03	
Graduación B	22	kg/m ²	7.81	7.92
Segunda capa:				
3) Aplicar material bituminoso	1.00	L/m ²	1.11 0.77	0.94
4) Distribuir agregados graduación tipo 2				
	6	Kg/m ²	7.35 6.74	6.91
TOTALES				
Material bituminoso	2.70	L/m ²		1.61
Agregados	28	kg/m ²		14.83

Nótese que las cantidades colocadas, a excepción del material graduación tipo 2, están muy alejadas de la especificación. Las cantidades totales también se alejan de lo especificado. Nótese también la alta variabilidad de resultados de cada muestra en la aplicación de emulsión (0.93 y 0.40 l/m²), lo que da cuenta de la

falta de uniformidad del riego. En términos generales se puso menos emulsión y menos agregado que lo especificado (prácticamente la mitad de las cantidades), o sea que lo hecho en sitio dista mucho de lo especificado en el contrato.

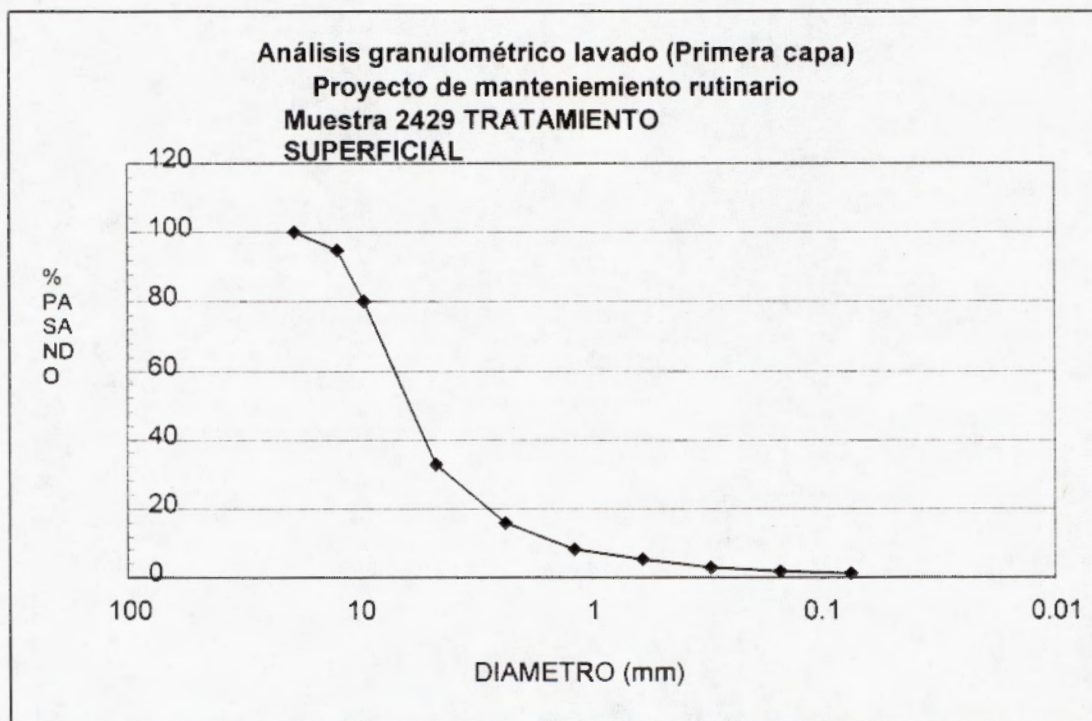
2. Análisis de granulometría

2.1 Primera capa (graduación tipo B)

Tabla 6: Granulometría de graduación tipo B

Malla (mm)	Malla	Especificación	% Pasando
19.00	¾		100
12.50	½	100	95
9.50	3/8	85-100	80
4.75	No.4	10-30	33
2.36	No. 8	0-10	16
1.18	No. 16	-	8
0.60	No. 30	-	5
0.30	No. 50	-	3
0.15	No. 100	-	2
0.075	No. 200	0-1	1

Los valores sombreados incumplen con la especificación.



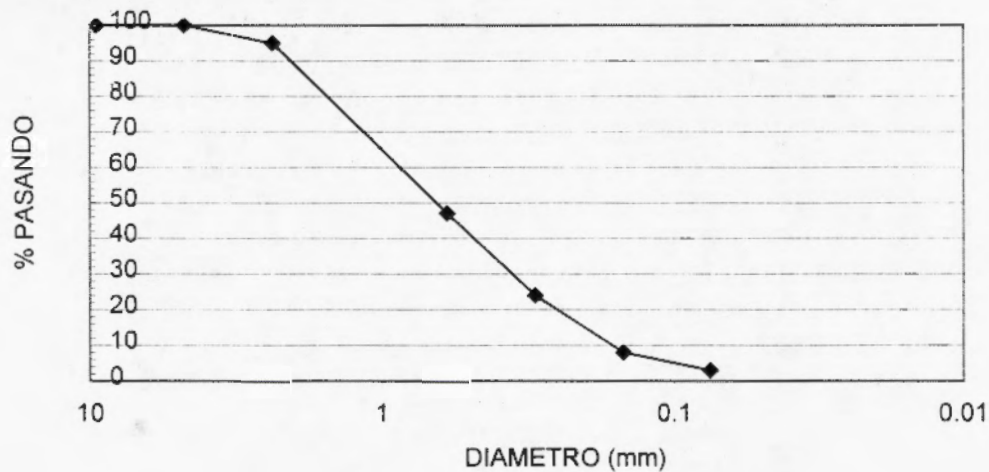
2.2 Segunda capa (graduación tipo 2)

Tabla 7: Granulometría de graduación tipo 2

Malla (mm)	Malla	Especificación	% Pasando
9.50	3/8	100	100
4.75	No. 4	85-100	100
2.36	No. 8	60-100	95
0.60	No. 30		47
0.30	No. 50		24
0.15	No. 100	0-10	8
0.075	No. 200	0-1	3

Los valores sombreados incumplen con la especificación. Nótese que el material tiene exceso de polvo y debió ser lavado para reducir el polvo que perjudica la adherencia del agregado con el ligante.

Análisis granulométrico lavado (Segunda capa)
Proyecto de mantenimiento rutinario
Muestra 2430 TRATAMIENTO SUPERFICIAL



3. Otros resultados de laboratorio

Los siguientes resultados de los ensayos sí están conformes con las especificaciones.

3.1 Primera capa (agregado grueso)

- Porcentaje de agregados con caras fracturadas (MOP E109): 99.4%
- Abrasión en máquina de Los Angeles: 24.1%

3.2 Segunda capa (agregado fino)

- Equivalente de arena (AASHTO T 176 – 86): 91%
- Límites de Atterberg: LL:NP
LP: NP
IP: NP

3.3 Emulsión asfáltica

La densidad de la emulsión asfáltica utilizada, a 25 °C, es de 1.012 g/l.

El porcentaje del residuo por evaporación es: 64.048 ± 0.002 %, que está de acuerdo con la normativa ASTM D977 para emulsiones del tipo CRS-1h (usual en nuestro medio); que especifica un residuo asfáltico de al menos 60%.

D. Comentarios acerca de la ejecución del proyecto

El inspector del proyecto, Franklin Picado, indicó que se utilizó una dosificación de 1.2 l/m^2 de emulsión asfáltica, en la primera capa, y en la segunda, 1.8 l/m^2 , el día 11 de febrero. Sin embargo, esto fue lo que indicó la cuadrilla, pero la falta de dispositivos de control de velocidad en las maquinarias impide controlar esta tasa de riego en forma adecuada.

La maquinaria utilizada fue la siguiente:

- Distribuidor de agregados
- Distribuidor de emulsión
- Compactador de rodillo (de 6 toneladas)

El estado de la maquinaria utilizada directamente en la construcción del tratamiento es muy deficiente. El distribuidor de agregado y el de emulsión tienen varios problemas operativos, que se enumeran a continuación.

Tabla 8: Análisis de los equipos utilizados

Distribuidor de agregados	Distribuidor de emulsión
Se observa muy deteriorado, es un modelo viejo y con su pintura sin renovar y varios puntos con herrumbre.	Hay boquillas de rociado que están atascadas o tienen deficiencias en su alineamiento. Algunas se reparan en el sitio, en otros casos no se puede hacer mucho por ellas. El riego queda con marcas longitudinales que muestran áreas no cubiertas por la emulsión.
No distribuye el agregado de forma uniforme debido a su mal estado de funcionamiento. Deja estrías con poco material, tal como se ve en las fotografías que se adjuntan.	Presenta un problema recurrente en el sistema de bombeo de la emulsión. El medidor de velocidad para el riego no funciona.
El control de velocidad no funciona. Este distribuidor de agregado se utiliza como camión bodega para acarrear herramientas, rótulos, conos y otros accesorios.	El sistema de control de temperatura constante de la emulsión no funciona correctamente, pues cuando ha pasado apagado el distribuidor, el calentamiento debe hacerse por medio de un sistema muy rudimentario: toman un trapo, lo rocían con diesel, y le prenden fuego, luego lo colocan en la parte inferior trasera del vehículo.

El inspector informó que no hay un control exacto de la cantidad de material que se coloca, tanto de emulsión asfáltica como agregados. Esto se debe a que los controles de velocidad de los aparatos están dañados. Esto se evidencia en el incumplimiento de dosificación evidenciando en el apartado C.

La superficie sobre la que se colocó el tratamiento superficial fue limpiada con escobón manual, según las disposiciones del contrato, el barrido de superficie debe ser hecho con un equipo mecánico. La superficie barrida no fue humedecida con agua, para facilitar así la impregnación del ligante. En otros tratamientos previamente hechos se han observado secciones que se han despegado fácilmente por la limpieza deficiente.

La superficie del pavimento de soporte estaba muy fracturada en algunos tramos, con el fenómeno de piel de lagarto. En otras secciones había bacheo reciente. Hizo falta mayor trabajo de preparación de la superficie de soporte. Los drenajes laterales tampoco son buenos en este pavimento. Hay sectores con agua empozada y faltan espaldones de protección en los laterales.

Además de los problemas anteriores, se debe mencionar que existió poca coordinación por parte del contratista en la colocación del material. En un caso, la

colocación del agregado fue unos 20 minutos después de la colocación del ligante, por esto, en este tramo, el ligante ya estaba sin capacidad suficiente de adherencia. Se recuerda que la emulsión utilizada es de rompimiento rápido, de manera que la aplicación del agregado debe ser casi de inmediato luego de la emulsión.

El proceso de construcción de un tratamiento debe ser un tren continuo o secuencia inmediata de operaciones y maquinarias. Primero barrer, luego revisar la temperatura ambiente y de la superficie, enseguida humedecer con agua, luego regar la emulsión y detrás de él, distribuir el agregado antes de que enfríe el residuo de la emulsión. Inmediatamente después se va compactando apropiadamente. Después debe ser protegido del paso de los vehículos por algunas horas, mediante los banderilleros y rótulos regulatorios de velocidad. Nada de esto funcionó con la secuencia oportuna que se requiere, ni en secuencia continua de maquinarias.

El riego de ligante se hizo antes, pero el distribuidor de agregado entró tarde a colocar el agregado. Por este motivo, hubo un período prolongado en que el riego estuvo expuesto a enfriamiento. El riego de la segunda capa fue excesivo en algunas zonas, tal como se observa en los derrames laterales que se ven en las fotografías.

El rociador tiene sus boquillas desalineadas y semi-bloqueadas, tal como se evidencia de la fotografía donde se nota diferente dirección de los chorros de emulsión al pasar el camión. El inspector indicó que al principio tuvo que paralizar el arranque del riego para que destaparan algunas de las boquillas.

El trabajo de las juntas transversales de construcción (al iniciar o terminar la jornada) fue muy pobre. La junta de construcción longitudinal se hizo al centro, pero no fue irregular. En algunos tramos quedó doblemente pintada y en otros quedó sin ligante.

El día 17 de febrero no se laboró por falta de agregado fino y el día 18 de febrero tampoco se hizo nada en la ruta Santa Bárbara- Agonía. Estos retrasos dan cuenta de la falta de coordinación de las operaciones en este proyecto y la carencia de planes de trabajo. Mientras tanto el inspector y el ingeniero pierden su tiempo laboral y su transporte por este motivo. Este trabajo lleva hasta ahora aproximadamente 10 días y no ha sido terminado, se pudo haber realizado en menos de tres días de labor.

No se realizó muestreo en la parte final del trabajo de tratamiento, pero cabe la posibilidad de que haya habido cambio en las propiedades del material granular, ya que se tuvo que esperar varios días para conseguir el material de nuevo. Aquí también se refleja falta de planificación de la proveeduría de materiales que implica un riesgo para el cumplimiento uniforme de las especificaciones.

El alto contenido de polvo de la segunda capa de material (3% de la malla 200) se refleja en sitio porque se observa un exceso de polvo en el aire al pasar los vehículos. También hay mucho polvo de piedra suelta en toda la carretera y que termina en los bordes. Esto ha sido una molestia para los vecinos del lugar, por la cantidad excesiva de polvo que se levanta, además de que el material suuelto puede llegar a facilitar el deslizamiento de los vehículos al frenar y propicia la obstrucción de drenajes.

No se hizo barrido o limpieza final de partículas sueltas. En este caso la cantidad de material suuelto fue muy apreciable y quedó acumulado en los bordes del tramo con tratamiento.

El personal asignado para el trabajo de operación de las maquinarias se observa muy joven (algunos parecen menores de edad) y de poca experiencia. Tampoco utilizan chalecos de seguridad; ni demuestran preocupación o entrenamiento en estos aspectos. No se supo si había algún ingeniero residente asignado para coordinar las labores de este trabajo, tampoco había bitácora de proyecto para registrar los asuntos técnicos.

El trabajo fue subcontratado a la empresa Camusa, sin embargo, la deficiente ejecución contradice la finalidad misma de un subcontrato. En general, con una subcontratación se busca a una empresa especialista que tiene el personal, los equipos y la experiencia necesaria para realizar un trabajo correcto y rápido. En este caso no ocurrió nada de esto, y pareciera que la calidad de las obras declinó con el subcontrato.

E. Señalamiento vial

El señalamiento vial era deficiente, básicamente constaba de dos señales verticales, tipo rótulo rectangular, que se muestran en las fotografías adjuntas. El banderillero no sabía dirigir adecuadamente el tránsito. Además de esto, sólo se contaba con dos conos en todo el proyecto, por lo que los vehículos eran detenidos abruptamente, y, al abrir el paso, recorrían a gran velocidad el trabajo recién ejecutado.

Las maquinarias permanecieron estacionadas en la carretera (durante los tiempos muertos), sin que hubiera rótulos preventivos para alertar a los conductores. No se usaron chalecos de seguridad ni bandera para el encargado de guiar al tránsito. También hicieron falta rótulos que indicaran una velocidad máxima de paso a los conductores para proteger la labor recién terminada.

CONCLUSIONES

La labor de construcción de tratamiento observada en la ruta No. 123, entre la Agonía y Santa Bárbara presenta múltiples defectos constructivos y de materiales que pueden reducir la vida útil del tratamiento construido y que causan problemas a los vecinos del lugar. Adicionalmente, los materiales incumplen las especificaciones (dosificación y granulometría) en forma individual por capa y en conjunto.

Los problemas principales observados son el mantenimiento pobre y dispositivos malos de la maquinaria utilizada, y la falta de entrenamiento para la ejecución de estos trabajos que se observó en el personal asignado. Es muy importante regular esta situación deficiente en los tratamientos a realizar próximamente. Lo usual en estos trabajos es revisar minuciosamente la maquinaria, antes de realizar el proyecto, y pedir un tramo de prueba de construcción, para evaluar el proceso constructivo y la habilidad del personal. Si el ingeniero no está satisfecho con estos dos aspectos, el tratamiento no se autoriza hasta que pase estas dos pruebas en forma correcta. Nuevamente, se requiere que la ingeniería de proyecto sea muy firme para corregir estos problemas en la construcción de tratamientos superficiales.

En lo relativo al análisis de materiales utilizados, los ensayos indican que no se está aplicando la cantidad mínima especificada de agregado y emulsión asfáltica, además de que la granulometría se desvía bastante de la norma; hay incertidumbre, adicionalmente, del desarrollo de la adhesividad ligante – agregado.

Anexo de Fotografías

Las fotografías adjuntas muestran varios aspectos del proyecto de construcción de tratamiento superficial de doble capa. Obsérvese el deficiente estado de los equipos utilizados, las señales viales preventivas, el personal asignado, el estado del pavimento de soporte (sobre todo las grietas), el derrame lateral de riego y los detalles de riego y distribución del agregado con franjas que indican deficiencias.

En la última carpeta de fotografías se aprecian detalles del acabado final del trabajo. Se observa una junta de construcción que muestra un gran cambio entre el acabado de un día y del otro día. También se nota el material granular suelto y el polvo sobre la superficie terminada que no se adhiere y que tampoco fue barrido al finalizar. En la vista general se aprecia la falta de capa en ciertas franjas al centro de la carretera que también dan cuenta del acabado deficiente del tratamiento.

