

INNOVACIÓN EN MÉTODOS DE PAVIMENTACIÓN: CASOS REGIONALES

Surfacing techniques innovation: regional case studies

Sandra Campagnoli

Profesora Titular, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Contacto: sandra.campagnoli@escuelaing.edu.co

Resumen

En este artículo se presentan dos experiencias relacionadas con métodos de pavimentación en caminos de Bajos Volúmenes de Tránsito (BVT) – caminos que se encuentran en la red terciaria. La primera de ellas es la experiencia que se ha tenido en Chile en un programa de conservación de caminos rurales que adelanta de manera sistemática desde 2003, conocido como “Programa de Caminos básicos”. La segunda, hace referencia a una experiencia realizada en los laboratorios de Suelos y Pavimentos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, con el objeto de comparar aditivos comerciales, entre ellos cemento, para optimizar la estabilización de un material de “afirmado”, existente en 23 km de la vía que une San Pablo, uno de los municipios de Colombia más azotados por el conflicto armado, con Cañabral, al sur del Departamento de Bolívar.

Al final del artículo se incluyen algunas consideraciones sobre los pavimentos en afirmado, sobre las llamadas innovaciones tecnológicas para pavimentación, sobre la necesidad de disponer en los caminos rurales de rasantes y de drenajes adecuados y de conservarlos una vez intervenidos.

Palabras clave: Red Terciaria, Estabilización, Afirmados, Caminos Básicos, Conservación.

Abstract

This article presents two experiences relating to surfacing techniques for Low-Traffic Volume Roads, which are part of tertiary networks. The first took place in Chile as part of a conservation of rural roads program, which has been systematically implemented since 2003 and is known as the “Programa de Caminos básicos” (Program of basic roads). The second was carried out in the Land and Pavement laboratories at the Julio Garavito Colombian School of Engineering, and its purpose was to compare commercially available admixtures, including cement, in order to maximize the stabilization of a road surface used on 23 km of the road that connects San Pablo, one of the Colombian municipalities most affected by the armed conflict, with Cañabral in the south of the Bolívar department.

At the end of the article some considerations are presented on road surfaces in terms of the so-called technological road surfacing innovations regarding the need to have sufficient drainage on rural roads and their subsequent preservation once engineered.

Key words: Tertiary network, Stabilization, Road surfaces, Basic roads, Preservation.

Introducción

Bajos Volúmenes de Tránsito – BVT son característicos en la red vial terciaria, que se encuentra a cargo de las administraciones municipales, aun cuando también pueden darse en las redes secundaria y primaria gestionadas por los Departamentos y la Nación. Por tratarse de vías con volúmenes de tránsito que no superan los 200 vehículos por día (vpd), para la selección de la superficie de rodadura, la gran mayoría de las veces se aplican reglas simplistas, como dejar la superficie en tierra si el tránsito es menor a los 50 vpd, o superficies en grava – denominadas en nuestro medio como afirmados – cuando el tránsito sea mayor al valor anterior y no supere los 200 vpd o sellar o pavimentar cuando se tenga un tránsito superior a los 200 vpd. (Gourley, Greening, & Jones, 2002)

La selección del tipo de superficie va aparejada con la calidad de los trazados geométricos y del drenaje que, en general, son deficientes en las vías de BVT. Estas vías presentan problemas desde su conceptualización ya que los estudios y diseños prácticamente son inexistentes o si existen tienen soporte débil; por otro lado, la construcción de estos caminos usualmente es artesanal y el control de calidad de los materiales y de los procesos constructivos posiblemente no se lleva a cabo. En la operación de estas vías no hay control de sobrecargas y la conservación, la mayoría de las veces, es la gran ausente.

Atender las redes de BVT de manera eficiente y económica es una preocupación de muchos gobiernos y agencias viales alrededor del mundo. Entidades como la Global Transport Knowledge Partnership (gTKP), el Department for International Development (DFID) y el Transport Research Laboratory (TRL) de Gran Bretaña, la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), el Banco Mundial (WB) y la Corporación Andina de Fomento, hoy Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), han realizado o financiado estudios con el objeto de buscar soluciones a las problemáticas, no solo de índole

técnico, sino también social, ambiental, económico y de gestión, que se presentan en las redes de BVT.

Como ejemplo, a nivel latinoamericano, la CAF en el 2009 financió un estudio, liderado por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, cuyo propósito fue evaluar la situación de la red vial de BVT en la región, del cual se derivó el documento “Soluciones e innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito”, (Corporación Andina de Fomento, 2010), que ha servido de insumo para la definición de políticas y la elaboración de documentos como el CONPES 3857, Lineamientos de política para la gestión de la red terciaria (Departamento Nacional de Planeación Ministerio de Transporte, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, & Presidencia de la República, 2016).

Los países que se analizaron y que se incluyen en el documento de la CAF son Argentina, Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador, Paraguay y Perú. Dentro de estos, el programa de Caminos Básicos de Chile se ha convertido en referente en la región en materia de conservación de la red de BVT, y es al cual se hará breve mención en este texto, presentándose algunos ejemplos que se pueden considerar verdaderas innovaciones en métodos de pavimentación.

Como caso regional, ya de la realidad colombiana, se traen también a colación dentro de este artículo los resultados y recomendaciones, que se considera que aún continúan vigentes, de un estudio realizado en 2002 por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito para el Fondo de Inversiones para la Paz (FIP), que fue coordinado por el entonces Fondo Nacional de Caminos Vecinales (FNCV), con el objeto de optimizar la estabilización de 23 km de vía en «afirmado» entre el municipio de San Pablo – uno de los municipios del país más azotados por el conflicto armado – y Cañabral, al sur del departamento de Bolívar.

Programa de caminos básicos de Chile

Desde 2003, la Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile adelanta dentro de las actividades de conservación de sus caminos rurales no pavimentados un programa denominado "Caminos Básicos". Con este programa se introdujo una forma diferente de realizar el mantenimiento de los caminos para mejorar su nivel de servicio y reducir los costos de su conservación.

En el contexto de este programa, un camino básico corresponde a un camino sin pavimentar que soporta BVT – entre 40 y 250 vpd – posee un saneamiento consolidado, con una geometría en planta y en perfil coherente con los niveles de tránsito y un ancho de calzada de, al menos, 6 m.

El programa contempla tres grupos de soluciones técnicas para la conservación de los caminos básicos, a saber:

- La aplicación de sales o de productos ligantes o aglomerantes para la estabilización de capas granulares,
- La aplicación de sellos asfálticos o de tratamientos superficiales para la protección de capas granulares, y
- Una solución que se puede considerar como la combinación de las dos anteriores y que consiste en la estabilización del material existente para conformar una capa de base o de subbase, más la construcción de una protección asfáltica como superficie de rodadura.

Entre las sales, el cloruro de sodio (NaCl) y el cloruro de magnesio hexahidratado ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), conocido como bischofita, han sido las de mayor aplicación, principalmente para la estabilización de capas granulares y eventualmente como paliativos del polvo, especialmente en la región norte del país, donde se presentan condiciones propicias de aplicación, no solamente climáticas como lluvias escasas con sequías frecuentes, sino de disponibilidad de las sales cerca a los proyectos (Figura 1). En zonas con mayores niveles de precipitación, se han aplicado estas sales en menor



Figura 1: Apariencia de una capa granular tratada con bischofita

proporción, al inicio del período estival, principalmente en riegos como paliativos del polvo.

Los tratamientos superficiales simples (TSS) y dobles (TSD) son, dentro de las capas asfálticas de protección de los caminos básicos los de mayor aplicación. Algunas regiones se han especializado en la aplicación de sellos que se consideran realmente innovaciones dentro de las técnicas de pavimentación, como el sello del Cabo (Cape Seal) en la Región de Los Ríos y el sello de Otta (Otta Seal) en la región de Magallanes, este último ha sido aplicado solamente a nivel experimental. (Figura 2)

Como se aprecia en la figura 2, el sello del Cabo combina la flexibilidad de un tratamiento superficial simple (TSS) el cual consiste en el riego de un ligante asfáltico (normalmente en forma de emulsión), seguido de la extensión y compactación de una grava uniforme, con la rigidez de una lechada asfáltica, también conocida como mortero asfáltico o Slurry Seal, definida como la mezcla de agregado fino bien gradado, llenante mineral y emulsión asfáltica. Por su parte, el sello de Otta, también mostrado en la figura 2, es esencialmente un tratamiento superficial, en el que la grava uniforme ha sido reemplazada por gravas naturales o roca triturada con gradación abierta, semidensa o densa.

Sello del Cabo (*Cape Seal*)



Tratamiento Superficial Simple (TSS)



Lechada Asfáltica

Sello de Otta (*Otta Seal*)



Gradación agregados del sello de Otta



Extensión agregados sobre el riego de ligante

1. Ligante

2. Agregados

3. Lechada Asfáltica

Figura 2: Sello del Cabo y Sello de Otta

En 2009, se realizó una evaluación del programa de Caminos Básicos ejecutado durante el período 2005–2008 (Herrera, Fuenzalida, & Tudela, 2009), en la que se concluye la necesidad de redefinirlo como un programa de “mejoramiento” y no de conservación vial y de formalizarlo para que anualmente se destinen recursos y se establezcan metas de ejecución, teniendo claros los criterios para la selección de los caminos a intervenir, convirtiendo así al programa en una política de Estado, sin depender de las autoridades de turno. Igualmente, de esta evaluación se derivaron algunas recomendaciones en cuanto al diseño y a la organización y gestión del programa, entre las que se resaltan la necesidad de crear y aplicar metodologías de evaluación de los proyectos que permitan priorizar las inversiones, de generar un manual de normas de diseño y de efectuar el seguimiento a las soluciones

implementadas que permitiera cuantificar los impactos que se dieran en el mediano y largo plazo.

Tal ha sido el desarrollo del programa (Figura 3), que en 2011 la Dirección Nacional de Vialidad elaboró la Política de Conservación Vial para Caminos Básicos, (Ministerio de Obras Públicas & Dirección Nacional de Vialidad, 2011), de tal forma que se logren mantener los caminos ya intervenidos bajo esta modalidad con los estándares establecidos para los mismos. Por ejemplo, las técnicas de conservación de los caminos que han sido tratados con sales como solución básica, incluyen: bacheo granular, riegos superficiales, reperfilados o recebo granular con adición de cloruro, ya se encuentran en las especificaciones incluidas en el Volumen 7 del Manual de Carreteras de Chile.

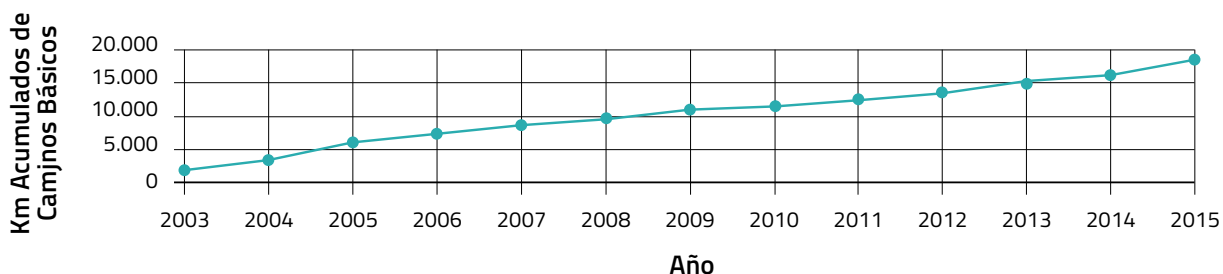


Figura 3: Evolución del programa de Caminos Básicos

San pablo - Cañabraval, Departamento de Bolívar, Colombia

San Pablo es, quizás, uno de los municipios de Colombia más afectados por el conflicto armado. Ubicado al sur del Departamento de Bolívar, en la margen izquierda del río Magdalena, en la zona conocida como Magdalena Medio, de clima cálido, con una temperatura media anual de 28.4 °C y un nivel de precipitación promedio de 2651 mm por año. (Figura 4)

En 2002, dentro del Plan Colombia, el Fondo de Inversiones para la Paz de la presidencia de la República y bajo la coordinación del entonces Fondo Nacional de Caminos Vecinales, contrató con la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito un estudio cuyo objeto fue optimizar la estabilización de 23 km de "afirmado" de la vía San Pablo - Cañabraval, comparando aditivos comerciales, incluido el cemento.

Adicional al cemento, en total, fueron evaluados 5 aditivos de los que, de acuerdo con las respectivas fichas técnicas, tres aceleran y activan el proceso de cristalización del cemento, promoviendo la formación de largas agujas conectoras cristalinas, por lo que su aplicación debe ir acompañada de porcentajes que se pueden considerar relativamente altos de este producto (4.0 al 6.5% con respecto al peso seco de agregados). Los dos aditivos restantes fueron un agente tensoactivo aniónico y una emulsión polimérica, sustituto del asfalto.

Los materiales de las capas granulares existentes en la vía y los procedentes de fuentes seleccionadas para la

recarga de material y su estabilización corresponden, en general, a gravas y arenas de río o a depósitos de terrazas aluviales de gravas en matriz areno-arcillosa con índices de plasticidad que varían entre 10 y 26%. (Figura 5)

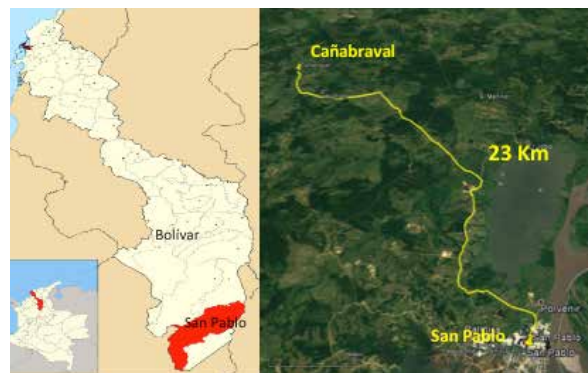


Figura 4: Localización del camino



Figura 5: Fuentes y materiales existentes en la vía San Pablo - Cañabraval

Agente estabilizador	Fuentes de materiales	RANGO Contenidos Cemento Aditivo	RANGO Resistencias 7 días (Kg/cm ²)	RANGO Resistencias 28 días (Kg/cm ²)	Durabilidad Pérdidas (%)
Cemento	Casa de Tabla Carigua Lorenza	3.0% - 9.0%	2.60 - 15.1	2.70 - 21.4	4.00 - 22.0
Cemento + Aditivo 1		4.0% - 6.5% 0.40% - 0.65%	12.6 - 27.0	12.7 - 38.5	4.20 - 15.5
Cemento + Aditivo 2		4.0% - 6.0% 0.5%	10.8 - 25.0	20.0 - 34.7	6.70 - 12.5
Cemento + Aditivo 3		0.0 - 50(Km/m ³) 0.35 l/ m ³	0.00 - 13.9	0.00 - 11.9	Desintegración
Aditivo 4	Casa de Tabla	0.33 - 0.49 (l/ m ³)	-----	5.9 - 6.7	Desintegración
	Carigua	0.33 - 0.49 (l/ m ³)	9.0 - 11.3	8.10 - 10.2	Desintegración
Aditivo 5	Lorenza	1.0 - 1.6 (l/ m ³)	8.3 - 9.1	7.7 - 8.9	Altas en el 2.º ciclo

Tabla 1: Comportamiento de los materiales estabilizados en las pruebas de laboratorios

La comparación entre los diferentes agentes estabilizadores se llevó a cabo midiendo las resistencias a la compresión simple, después de los procesos de curado, a 7 y 28 días, de probetas de ensayo fabricadas con las mezclas de los materiales pétreos y los aditivos en las dosificaciones y condiciones de curado indicados por cada uno de los proveedores. Adicionalmente, siguiendo los protocolos de la Portland Cement Association – PCA, se realizaron pruebas de durabilidad, sometiendo las probetas a ciclos de inmersión, secado y cepillado. Lo anterior, teniendo en cuenta que al no pavimentar la vía o colocar una capa de protección tal como un sello, el comportamiento del material en presencia de agua junto con la abrasión se constituyen en criterios fundamentales para la selección de la estabilización más apropiada.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 1, donde es posible apreciar que las probetas con cemento solo y las de éste mezclado con dos de los aditivos, pasaron la prueba de durabilidad, cumpliendo los valores que da la especificación al respecto. (Ver el ARTICULO 350-13, Suelo – Cemento, de las Especificaciones

Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías). Frente al cemento y aun cuando las mezclas con cemento más los aditivos 1 y 2 también alcanzaron resistencias adecuadas, considerando que el costo por m³ del material estabilizado debido a la inclusión de ellos es aproximadamente igual al costo de añadir un 5% adicional de cemento a la mezcla, resulta lógico concluir que, en este caso, el cemento resultó el agente estabilizador más apropiado, tanto técnica como económicamente.

Algunas consideraciones finales relacionadas con la red terciaria

Sobre los pavimentos en afirmado

De acuerdo con un informe del Departamento Nacional de Planeación (Departamento Nacional de Planeación (DNP), n.d.), de los 142.284 km de la red terciaria, el 70% (99.599 km) se encuentran en Afirmado, lo que hace

suponer que los materiales que conforman la estructura del pavimento cumplen las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras que tiene a este respecto el Instituto Nacional de Vías, en los Artículos 300 - Disposiciones Generales para la Ejecución de Afirmados, Subbases y Bases Granulares y Estabilizadas y 311 - Afirmado, en los que se establecen, entre otras disposiciones, los requisitos de calidad de los agregados para la conformación de capas de pavimento en afirmado. (Instituto Nacional de Vías, Ministerio de Transporte, República de Colombia, 2013)

Posiblemente, si se caracterizaran los materiales de la red que se dice se encuentra en Afirmado, se encontraría que en un muy alto porcentaje no cumplen con los estándares establecidos para ellos, por lo que su desempeño en el pavimento también debe ser más precario y bastante alejado del esperado. Basta con observar los materiales con sobretamaños presentes en vías clasificadas como en afirmado, o incluso, para el caso expuesto de la vía San Pablo – Cañabral, apreciar las curvas granulométricas de las fuentes de materiales, que resultan más finas frente a las especificadas. (figura 6)

Por otro lado, si se acogieran las recomendaciones para la selección del Afirmado como alternativa de superficie que se encuentran en la literatura técnica, ejemplo de las cuales se muestra en la Figura 7, en muchas de las regiones del país, teniendo en cuenta solamente los niveles de precipitación y las condiciones topográficas, los pavimentos en afirmado no resultarían ser una opción apropiada de pavimentación. Este es, también, el caso de la vía San Pablo – Cañabral.

Es importante resaltar, tal y como se presenta en el documento Soluciones e Innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito, que una vía con un buen material granular como superficie de rodadura puede presentar varias ventajas entre las que se cuentan “menores costos de construcción y algunas veces de mantenimiento, facilidad en su mantenimiento debido a las relativamente bajas necesidades tecnológicas y de mano de obra requeridas, facilidad para la realización de reparaciones puntuales y, en ciertas ocasiones, menor accidentalidad en razón de las menores velocidades de operación...En condiciones ideales, una buena vía en afirmado puede prestar un excelente servicio por muchos años”.

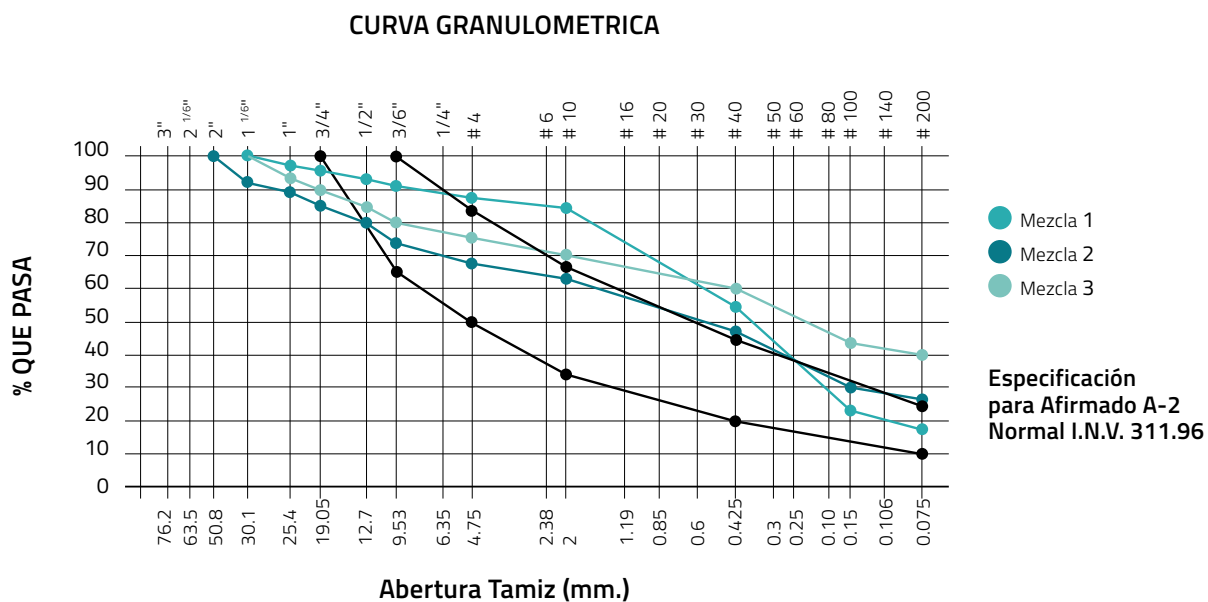
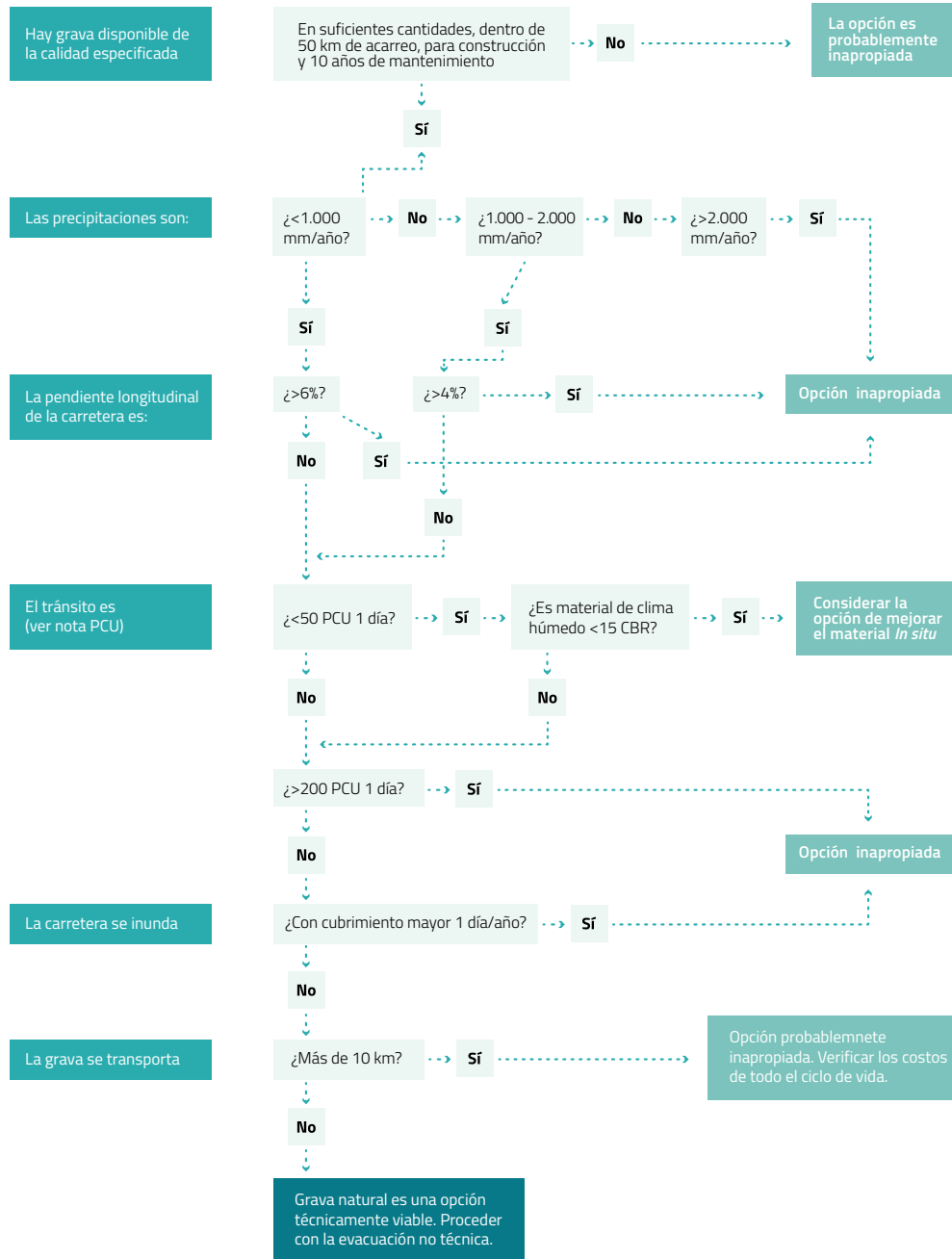


Figura 6: Presencia de sobretamaños y gradaciones fuera de la especificación.

EVALUACIÓN DE INGENIERÍA



PCU: Pasajeros por vehículo. Otros tipos de vehículo se convierten de los sondeos de tránsito y flujos máximos diario para los siguientes tres años.

CBR: Relación de soporte de California, Resistencia in situ medida con el DCP o estimada por inspección visual.

DCP: Penetrómetro dinámico de cono.

Material mejorado in situ = Carretera estándar de tierra con peralte mantenido y sistema de drenaje efectivo.

Figura 7: Diagrama de flujo para la selección del afirmado como alternativa de superficie. (Petts, Cook, & Salter, 2008)

Sobre las llamadas innovaciones tecnológicas

Con el interés que ha tomado la red terciaria dentro de los programas de desarrollo de la infraestructura en el país y de las acciones previstas para atender el posconflicto, los tratamientos superficiales, abandonados prácticamente en Colombia por una insólita decisión ministerial hace cerca de 10 años, vuelven a cobrar vigencia (Campagnoli, 2007).

Estas técnicas se han venido llamando innovaciones a pesar de que, en el país, estaban incluidas en las especificaciones que publicó en 1940 el entonces Ministerio de Obras Públicas – MOP y que en 1938 se registraban carreteras nacionales pavimentadas con tratamientos superficiales, (Sánchez, 1993). La división de Ingeniería de Materiales, también de este ministerio, publicó en 1969 un manual sobre tratamientos superficiales y el Distrito 4 del MOP, encargado de la conservación de las vías del Departamento de Boyacá, compartió en la primera reunión regional de Distritos organizada por la Dirección General de Conservación, las experiencias capitalizadas entre 1969 y 1972 en la ejecución de carpetas asfálticas por el sistema de riegos. También en esa época se contaba ya con experiencias en el uso de materiales no estándar (escorias) para la construcción de bases.

Otros materiales que se vienen considerando como innovadores son los asfaltos naturales, lo que resulta alejado de la realidad. Si se mira el libro CAMINOS, Breve historia, Anécdotas y Datos estadísticos, su autor, el Ingeniero Fernando Sánchez Sabogal, cita que los primeros pavimentos en Bogotá a finales del siglo XIX se hicieron con asfalto natural de Pesca, yacimiento ubicado en el departamento de Boyacá, (Sánchez, 1993). Otra referencia al respecto de la aplicación de los asfaltos naturales en la pavimentación de carreteras, se encuentra en el boletín de Minas de agosto de 1954, donde se presenta un informe de Silvano Uribe, elaborado en 1941, titulado, Asfalto Natural. Su posible aprovechamiento. También, un ejemplo más reciente, es el estudio de caracterización de la asfaltita de la cantera San Venancio para su aplicación en la carretera Puerto Rico – San Vicente del Caguán, elaborado en 1986 para el entonces Fondo Vial Nacional del Ministerio de Obras Públicas y Transporte por la empresa INCOL Ltda. Tal como esta, se encuentran muchas otras experiencias relacionadas con el estudio y evaluación de yacimientos de asfaltos naturales y con su aplicación en diferentes regiones del país.

Posiblemente, cuando se consideren pavimentos porosos para la captación y tratamiento de aguas, pavimentos para la generación de energía o, para no ser tan ambiciosos, el empleo de mezclas tibias o de RAP aprovechado en su máxima capacidad como concreto asfáltico, se podría estar hablando de verdaderas innovaciones en métodos y materiales para pavimentación en las vías de la red terciaria.

Sobre las necesidades de rasantes y drenajes adecuados

Se quiere insistir en dos aspectos que resultan evidentes desde la técnica que, sumados a otros factores, darán lugar a un buen desempeño de las vías, maximizando las inversiones, aun cuando atiendan BVT. Ellos son el nivel de rasante y el drenaje.

“Un trazado razonable, un buen drenaje y una superficie de rodamiento estable que permitan un tránsito seguro durante todas las épocas del año, son las primeras condiciones a obtener en un camino” Ministerio de Obras Públicas de la República de Colombia, Normas de Trazado (1955).

Mientras no se atiendan estos aspectos, cualquier esfuerzo por rescatar el patrimonio vial de la red terciaria, mediante técnicas “innovadoras” de estabilización de suelos y superficies selladas, será infructuoso.

Sobre la necesidad de conservación

Finalmente, no se debe perder de vista la necesidad urgente de implementar políticas y acciones encaminadas para la conservación de los caminos intervenidos, de forma que se genere una verdadera cultura al respecto dentro de las autoridades municipales, departamentales y nacionales que tienen a su cargo redes viales de BVT. Solo así se verán justificadas las inversiones. Quizás, este fue un punto que no fue cubierto en el CONPES 3857, pues no se trata de solo mejorar, reconstruir o rehabilitar la red terciaria sino, también, de conservarla una vez que haya sido intervenida.

BIBLIOGRAFÍA

Campagnoli, S. (2007). Tratamientos superficiales ¿Por qué los hemos abandonado? Revista Escuela Colombiana de Ingeniería, Año 17 No., 7–12.

Corporación Andina de Fomento (2010). Soluciones e innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (n.d.). Política para la Gestión de la Red Terciaria: Presupuesto Informado por Resultados.

Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Transporte, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, & Presidencia de la República. (2016). Lineamientos de Política para la gestión de la red terciaria - CONPES 3857, 1–52.

Gourley, C., Greening, A., & Jones, D. (2002). Paving the way for rural development & poverty reduction, (September), 2–4.

Instituto Nacional de Vías, Ministerio de Transporte, & República de Colombia. (2013). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

Ministerio de Obras Públicas, & Dirección Nacional de Vialidad. (2011). Política de Conservación Vial. Etapa II - Caminos Básicos.

Sánchez, F. (1993). CAMINOS Breve historia, anécdotas, Datos Estadísticos. Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Universidad del Cauca.