

# Propuesta metodológica de análisis de productos paliativos de polvo en vías no pavimentadas para mejoras en la seguridad vial

**José Julián Rivera**

Correo electrónico: jrivera@frlp.utn.edu.ar

**Artículo Original**

**Hugo Gerardo Botasso**

Correo electrónico: gbotasso@frlp.utn.edu.ar

**Natalia Alderete**

Correo electrónico: natalia-alderete@hotmail.com

**Ignacio Celi**

Correo electrónico: ignaciojceli@hotmail.com

Universidad Tecnológica Nacional, La Plata, Argentina

## Resumen

Una causa importante de accidentes en vías no pavimentadas de segundo o tercer orden, reside en una inadecuada visibilidad ocasionada por el polvo en suspensión por la circulación vehicular, trayendo aparejado un daño ambiental significativo sobre las personas, animales y vegetales de su entorno, y un desgaste permanente por pérdida de material aportado y necesidad de mayor conservación. Para disminuir este problema existen en el mercado productos de variados orígenes, con presentaciones y formas de aplicación del más amplio espectro, los cuales han demostrado resultados dispares, dados sus ámbitos de aplicación acotados en cuanto a las tipologías de suelos, comúnmente no coincidentes entre unos y otros. Por ello, la selección del paliativo y su dosis para cada caso sobre la base empírica resulta desaconsejable, recomendándose recurrir a ensayos de laboratorio que cuantifiquen la acción para cada combinación de suelo/producto/dosis en particular. Con un fin similar existen ensayos aplicables, pero que por ser originalmente pensados para otras aplicaciones, resultan excesivamente complejos para el bajo grado de rigurosidad necesario dadas las categorías de las vías implicadas, por lo que requieren adaptaciones para su simplificación de empleo. Tal situación ha sido encarada desde el LEMaC, Centro de Investigaciones Viales de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, proponiéndose una metodología de ensayo adaptada y generándose la presente publicación sobre la base de esta experiencia.

Palabras claves: paliativo de polvo, vías no pavimentadas, seguridad vial, ingeniería vial

Recibido: 27 de junio del 2013

Aprobado: 20 de diciembre del 2013

## INTRODUCCIÓN

Los tratamientos superficiales sobre vías no pavimentadas de segundo o tercer orden son una alternativa de menor costo que la pavimentación para la supresión de polvo en suspensión dado por la circulación vehicular. Estos se pueden ejecutar sobre capas de rodadura existentes o sobre capas estabilizadas. Su finalidad es mejorar o conservar las características físicas y mecánicas de la superficie. Entre estos se pueden citar a los riegos asfálticos (de imprimación,

de liga, etc.), los tratamientos superficiales asfálticos (superposiciones simples, dobles o múltiples de riegos asfálticos y áridos), los paliativos de polvo, los sellados superficiales (*Cape Seal*, *Otta Seal*), las lechadas asfálticas, etc. [1,2].

Sin dudas entre estos sobresalen, por su economía, los paliativos de polvo, que son productos utilizados para la supresión de polvo en carreteras o calles no pavimentadas, actuando sobre las partículas de polvo, lo cual genera la

adhesión de las mismas entre sí, evitando así el molesto polvo generado por la circulación de vehículos y genera el viento, entre otros.

La supresión del polvo en el aire resulta una problemática esencial para la seguridad vial en vías no pavimentadas. Por sus características esta origina accidentes que se registran en las estadísticas de causas de accidentes bajo la tipología de "por exceso de velocidad" y/o "por falta de conservación de la infraestructura", constituyentes entre ambas de más del 50 % de los accidentes en este tipo de vías en los países de la región, aunque no es posible saber específicamente que porcentaje corresponde específicamente a este fenómeno [3,4].

Además, deben considerarse los efectos en el campo de la tecnología de los materiales, rendimientos de cultivos, cuestiones ambientales y aspectos económicos.

La idea de contar con alguna técnica que permita mantener la superficie sin necesidad de recurrir a horas de maquinaria vial para restituir el perfil de la misma, ha permitido evolucionar en diferentes productos, que actúan cambiando la tensión superficial de las partículas de suelo con las sales o, en el caso de los compuestos orgánicos complejos, produciendo diferentes reacciones químicas.

Pero evidentemente cada forma de acción resulta en menor o mayor grado adecuada para las diversas tipologías de los suelos comúnmente detectables en las trazas de las vías en cuestión.

En el afán de incorporar productos al mercado, este aspecto ha sido muchas veces pasado por alto en su comercialización, dando origen a experiencias con resultados dispares.

La toma de decisiones para futuras intervenciones basadas en las experiencias previas, por lo tanto, no es aconsejable, ya que ante variaciones en los diversos aspectos de interés es de esperarse resultados distintos a los obtenidos precedentemente [5]. Por esto suele recurrirse en cada obra a la generación de tramos de prueba para diversos productos o dosis [6], lo cual como metodología de diseño deja mucho que desear.

En busca de antecedentes para dar luz en tal sentido, desde el LEMaC se ha arribado a un método de ensayo desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería del Cuerpo de Ingenieros de la Marina Estadounidense, con el propósito de evaluar la eficacia relativa de los diferentes supresores de polvo en aplicaciones militares. Pero dicho método, y su equipamiento correspondiente, resultan en la práctica excesivos, dado que no han sido desarrollados para esta aplicación en particular. Puntualmente, en lo que se refiere al equipamiento, resulta de muy difícil disponibilidad en el medio local en su versión original, pero de sencilla materialización si se introducen una serie de simplificaciones en base a algunos supuestos básicos.

Estas simplificaciones se relacionan con el hecho de que, aun con un rango amplio de tipologías, los suelos proclives a generar altas concentraciones de polvo en el aire son los

suelos finos, que presentan valores de pasatamiz N°200 (malla de abertura 75  $\mu$ m) elevados. Es decir, que gran parte del material suelto pasará a ser polvo en suspensión. Por esto es admisible que exista una relación directa entre las concentraciones de polvo en el aire y el grado de erosión del material tratado [7]. Así, teniendo una valoración en cuanto a lo segundo, se tendrá una estimación sobre lo primero.

Teniendo en cuenta lo anterior, los equipos para este tipo de aplicaciones, pueden dejar de lado los esfuerzos para precisar las concentraciones de polvo en el aire y centrarlos en la determinación de la pérdida por erosión, lo cual resulta mucho más sencillo en términos del empleo de recursos técnicos.

Dadas las adaptaciones necesarias en función de lo explicitado, se procedió a un análisis de prueba.

La presente publicación está constituida por la memoria de los antecedentes relevados, las adaptaciones impuestas al método y el equipamiento de ensayo, así como de los resultados obtenidos en la experiencia de comprobación, con el propósito de divulgarlos a quienes pueda resultarles de interés en aplicaciones análogas.

## MATERIALES Y METODOS

### Lineamientos básicos

La metodología de estudio seleccionada es de tipo comparativo. Mediante la misma se puede evaluar sobre el suelo a ser tratado, la eficacia de los distintos productos paliativos de polvo en diversas dosificaciones utilizables, para luego mediante un balance técnico/económico efectuar la toma de decisiones.

Para ello se plantea la utilización de un equipo (el cual se analiza en detalle en el acápite "Equipamiento empleado"), mediante el cual se somete a muestras compactadas del suelo en estudio, sin tratamiento (patrón) y con diversos tratamientos, a una intensa abrasión que simula ciclos acelerados de su puesta en servicio en campo, analizándose luego las pérdidas generadas en cada caso.

Esta abrasión se genera mediante un flujo de aire intenso y el empleo de una arena monogranular durante 2 min. En la figura 1 se observan imágenes de una probeta durante el proceso de abrasión y después del mismo.

El tratamiento de las probetas con el paliativo de polvo se realiza con un rociador en forma uniforme, alcanzándose las dosis de las aplicaciones en campo.

La cuantificación del potencial de erosión se realiza mediante las pesadas de las muestras antes y después de ser sujetas al flujo de aire. Este método es utilizado para determinar la eficacia relativa de los paliativos de polvo y para identificar las cantidades de paliativo necesarias para alcanzar niveles aceptables de mitigación de polvo.

### Equipamiento empleado

Con propósitos que podrían ser relacionables con la finalidad buscada en el presente estudio, existen en la actualidad metodologías de ensayo que permitirían mediante diversas técnicas (recolección en filtros, técnicas ópticas, etc.) detectar los niveles de polvo en el aire generados durante la sollicitación de una muestra de suelo tratada y sin tratar.



**Fig. 1. Probeta durante y después del ensayo**

Incluso la versión original del equipamiento finalmente utilizado, desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería del Cuerpo de Ingenieros de la Marina Estadounidense [8], fue diseñada para permitir en diversos puntos de una cámara en donde se genera el proceso de erosión de la probeta, la recolección de información mediante equipamiento óptico para determinar la concentración de polvo en el aire.

Teniendo en cuenta lo analizado, como parte integrante de un trabajo más complejo, en el LEMaC se instrumentó la recolección de polvo suspendido mediante filtros, los cuales fueron luego analizados llegando a establecer los niveles de suspensión existentes durante la solicitud. Pero al ser aplicado para evaluar estos paliativos para una finalidad vial, se advirtió que el sistema de recolección de polvo a los niveles generados para estos casos no alcanza a demostrar una sensibilidad en tal sentido. Esto se hizo sobre suelos naturales de una traza que presentaba altos niveles de polvo en suspensión y la cual al ser tratada con un paliativo en específico presentó notables reducciones en tal sentido. Es decir, que de hecho había una falencia, que en ese caso puntual fue mitigada [9].

En cambio, sí se vio en el proceso de ensayo que existieron pérdidas diversas por erosión de las probetas, en forma proporcional con la dosis utilizada, y por lo tanto con la eficacia del tratamiento. A su vez, Rushing *et. al.* [1] concluyeron que los productos evaluados que tuvieron una excelente mitigación del polvo mostraron escasa erosión superficial, mientras que los productos que tuvieron una mitigación pobre del polvo eran completamente erosionados.

Debido a que era necesario materializar nuevos ejemplares del equipamiento empleado, para su utilización en un trabajo interlaboratorios con otras instituciones en un proyecto de investigación, en donde el análisis de los paliativos de polvos es parte constituyente, se procedió a adaptar el equipo, pasando el mismo a estar conformado según lo detallado a continuación.

El equipo, de fabricación propia a muy bajo costo relativo, consiste en una cámara de viento sellada para evitar la salida del polvo durante el ensayo, que se encuentra dividida en dos compartimentos. En uno de dichos compartimentos se

halla el equipo generador del flujo de aire que alcanza los 240 km/h. Se trata básicamente de un soplador/aspirador de hojas de los que comúnmente se encuentran en el mercado. En este caso en particular el equipo es de marca Black&Decker de 1.500 W.

En el otro compartimento se ubica la probeta a ser ensayada, para lo cual se coloca debajo de una boquilla metálica de apertura rectangular de 16,1 cm de ancho y 2,5 cm de alto. Un conducto de retorno permite la circulación del aire desde la cámara de ensayo hacia el ventilador eléctrico para equilibrar la presión.

La corriente de aire se aplica a 2,5 cm de altura sobre la probeta y en un ángulo de 20° con respecto a la horizontal. A su vez se incorpora al flujo de aire 600 g de arena silícea seleccionada. La arena utilizada pasa por el tamiz N°20 (apertura 840  $\mu$ m) y queda retenida en el tamiz N°30 (apertura 590  $\mu$ m).

El proceso implica el vertido de la arena durante un lapso de 1 min. dejándose luego 1 min. más de flujo de aire solo, pasado el cual se da por terminado el ensayo.

En la foto superior de la figura 2 puede observarse una vista parcial del equipo, ubicándose a la derecha el compartimento que contiene al equipo soplador y a la izquierda la cámara donde se coloca la probeta a ser ensayada; en la parte superior se alcanza a ver el embudo por el cual se vierte la arena durante el ensayo. En la foto inferior izquierda se puede observar el ángulo de acción entre la boquilla y la probeta ubicada en su posición de ensayo y la caja donde cae la arena vertida para ser arrastrada libremente hacia la boquilla por el flujo de aire. Finalmente, en la foto inferior derecha, se observa un detalle de la boquilla durante el proceso de fabricación del equipo.

Los moldes metálicos utilizados para la confección de las probetas poseen 15,5 cm de diámetro interno y 3,6 cm de espesor.

El suelo que se tomará como ensayo es compactado estáticamente dentro de estos moldes en su humedad óptima, mediante una prensa de compresión hasta lograr una densidad prefijada del 95 % de su densidad seca máxima, ambos parámetros establecidos mediante el correspondiente ensayo Proctor.



Fig. 2. Equipo de ensayo

Se moldean de esta forma juegos de probetas patrón y probetas tratadas con el paliativo de polvo en análisis, dejándoselas en su molde a temperatura ambiente hasta peso constante, según puede observarse en la figura 3, para luego poder ser ensayadas.

#### Suelo empleado

Para corroborar la sensibilidad de la prueba ante variaciones lógicas de la dosis de un paliativo de polvo, y en forma comparativa ante distintos paliativos de polvo según su forma de acción, se efectuaron una serie de ensayos de prueba sobre un suelo factible de ser tratado en tal sentido.

Dentro del rango de suelos seleccionables para la prueba, se ha tomado a aquellos que presentan una baja cohesión, previendo se ponga en evidencia así, en forma más marcada, la sensibilidad del ensayo. Por esto es que, según se puede observar en el párrafo siguiente, el suelo presenta un valor no muy elevado de pasatamiz N° 200, aunque es de esperarse sea de aplicación en suelos con mayor contenido de finos.

El suelo seleccionado para la prueba presenta, según el sistema de clasificación de la Highway Research Board (HRB), los valores de caracterización de la tabla 1, obtenidos según las Normas VN-E1-65, VN-E2-65 y VN-E3-65 de la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina [10].

| Tabla 1<br>Caracterización del suelo empleado |           |
|---|-----------|
| Determinación                                 | Resultado |
| Límite líquido(%)                             | 27        |
| Límite plástico(%)                            | np        |
| Índice de plasticidad (%)                     | 0         |
| Pasatamiz N° 10 (ab.2,000mm,%)                | 97,3      |
| Pasatamiz N° 40 (ab.420mm,%)                  | 92,5      |
| Pasatamiz N° 200 (ab.75mm,%)                  | 34,4      |
| Clasificación HRB                             | A-2-4(0)  |

Con el objetivo de conocer la densidad seca máxima y la humedad óptima se realizó el ensayo Proctor Tipo I, según la Norma VN-E5-93 de la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina, obteniéndose los resultados de la tabla 2.

| Tabla 2<br>Resultados ensayo Proctor      |            |
|---|------------|
| Determinación                             | Resultados |
| Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,816      |
| Humedad óptima (%)                        | 15,2       |

#### Paliativos de polvo utilizados

Para el análisis se evaluaron tres productos diferentes, designados como A (tabla 3), B (tabla 4) y C (tabla 5). Los productos A y B están especialmente formulados para el tratamiento de vías sin pavimentar, actuando eléctricamente sobre las partículas de polvo, generando la adhesión de las mismas entre sí. El producto C tiene aplicaciones en otras áreas, sin embargo, el fabricante recomendó su uso como paliativo.

| Tabla 3<br>Características paliativo A |   |
|--|---|
| Paliativo de polvo A                   |   |
| Aspecto                                | Líquido amarillento   |
| Densidad a 25 °C(g/cm <sup>3</sup> )   | 1,265   |
| pH                                     | 7   |
| Preparación                            | Mezclar el producto en agua y aplicar. Se recomienda una dosis de 50L de producto por cada 8,000 L de agua, lo cual sirve para regar aproximadamente 25 cuadras |

| Tabla 4<br>Características paliativo B |  |
|--|--|
| Paliativo de polvo B                   |  |
| Aspecto                                | Solución blanca viscosa  |
| Densidad a 25 °C (g/cm <sup>3</sup> )  | 1,000-1,050  |
| pH                                     | 4-5  |
| Preparación                            | Mezclar el producto en agua y aplicar. Se recomienda una dosis de 0,1 L de producto diluido en 1 L de agua por m <sup>2</sup> de superficie a tratar |

## RESULTADOS

Con los paliativos A y B se evaluaron dos probetas con cada producto, siendo rociadas según las indicaciones del fabricante. Con el paliativo C se evaluaron dos probetas a las que se les aplicaron 15 g de solución de agua más paliativo, siendo el mínimo que presentó en forma visual un

tratamiento del total de la superficie, y otras dos a las cuales se les aplicaron 20 g de solución, generando un tratamiento superior al absolutamente necesario. Se moldearon además dos probetas patrón sin tratamiento. En la tabla 6 se comparan los resultados obtenidos.

| Tabla 5<br>Características paliativo C |   |
|--|---|
| Paliativo de polvo C                   |   |
| Aspecto                                | Solución blanca viscosa   |
| Densidad a 25 °C (g/cm <sup>3</sup> )  | No determinada  |
| pH                                     | No determinado  |
| Preparación                            | Calentar el agua desionizada a 60°C (89,5 % de la mezcla), fundir el paliativo en esta (10% de la mezcla) y agregar CaCl <sub>2</sub> para ajustar viscosidad (0,5% de la mezcla). Aplicar hasta lograr la cobertura de la superficie a 40 °C |

| Tabla 6<br>Resultados del tercer ensayo |                        |                      |
|---|------------------------|----------------------|
| Probeta                                 | Erosión individual (%) | Erosión promedio (%) |
| Patrón                                  | 16,6                   | 16,8                 |
|   | 17,0                   |                      |
| Aditivada A                             | 22,9                   | 21,8                 |
|   | 20,6                   |                      |
| Aditivada B                             | 5,0                    | 4,5                  |
|   | 3,9                    |                      |
| Aditivada C (15g)                       | 11,8                   | 12,9                 |
|   | 14                     |                      |
| Aditivada C (20g)                       | 8,1                    | 8,9                  |
|   | 9,6                    |                      |

## DISCUSIÓN

De acuerdo con los valores de los ensayos realizados, se pueden efectuar las siguientes observaciones:

- Los resultados obtenidos para cada par de probetas muestran una dispersión acotada respecto a las erosiones determinadas.

- El paliativo A, empleado en la dosis recomendada por su fabricante, en este tipo de suelo no cumple con su función prevista, presentándose pérdidas por erosión un 30 % por encima de la erosión en las probetas patrón. Esto puede

deberse a que se trata de una dosis insuficiente o a una incompatibilidad de tratamiento con la tipología de suelo analizado.

- El paliativo B, empleado en la dosis recomendada por el fabricante, presenta una disminución en la erosión de más del 70 % respecto de la erosión de las probetas patrón.

- El paliativo C, empleado en la disolución recomendada por su fabricante y en la dosis mínima que permite el recubrimiento superficial, permite registrar una disminución en la erosión de más del 20 % respecto de las probetas patrón.

- El paliativo C, empleado en la disolución recomendada por su fabricante y en una dosis por encima de la mínima que permite el recubrimiento superficial, permite registrar una disminución en la erosión de más del 45 % respecto de las probetas patrón.

## CONCLUSIONES

La metodología de análisis y equipamiento propuestos, aceptando en suelos finos que la erosión tiene relación directa con el polvo en suspensión, permiten efectuar una estimación, mediante un análisis comparativo sobre los materiales de una vía sin pavimentar, de la factibilidad técnica de empleo de diversos productos paliativos de polvo y sus correspondientes dosis, frente a la alternativa de no tratar la superficie.

Este análisis, complementado con el correspondiente estudio de los costos implicados en cada caso, resulta una herramienta de suma utilidad en la toma de decisiones en tal sentido, gracias al empleo de una herramienta simplificada al efecto, superadora de la toma de decisiones en función de las experiencias previas actualmente instrumentadas en la mayoría de los casos de aplicación.

## REFERENCIAS

1. RUSHING, John F.; TINGLE, Jeb S. "Dust Control Field Handbook, Standard Practices for Mitigating Dust on Helipads, Lines of Communication, Airfields, and Base Camps". US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Geotechnical and Structures Laboratory, 2006.
2. PÁRAMO, Jorge A.; CASSAN, Rosana B. "Manual de diseño para pavimentos de bajos volúmenes de tránsito. Región Litoral Argentina". Laboratorio Vial del Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE) - Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario de Argentina, 1997.
3. CESVI. "Estadísticas sobre accidentología vial", Centro de Experimentación y Seguridad Vial de la Argentina, <http://www.cesvi.com.ar> [consultado en mayo de 2013].
4. LEIVA ALVA, Jerie W. "Análisis de accidentes viales aplicando la ingeniería de tránsito". Univesidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, 2003.
5. BOLANDER, Peter; YAMADA, Alan. "Dust palliative selection and application guide". United States Department of Agriculture, Forest Services, Technology & Develop-

- ment. Program 7700-Transportation Systems 9977 1207-SDTDC, 1999.
6. INV. "artículo 312 - 07 Tratamiento paliativo del polvo en afirmados". Manual de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, Instituto Nacional de Vías de Colombia, 2007.
7. JONES, D.; SADZIK, E.; WOLMARANS, I. "The incorporation of dust palliatives as a maintenance option in unsealed roads management systems". 20th ARRB Conference, Pavement Recycling and Stabilisation Association of Australia, 2001.
8. RUSHING, John F.; NEWMAN, J. Kent; McCAFFREY, Timothy J. "Laboratory Investigation of Chemical Dust Palliative Performance on Sandy Soil". US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Geotechnical and Structures Laboratory, 2007.
9. CELI, Ignacio; ALDERETE, Natalia. "Ensayo comparativo para evaluar el desempeño de paliativos de polvo". Tesis de Becarios de Investigación 2012, LEMaC Centro de Investigaciones Viales, Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, 2012. ISSN 2250-7221.
10. DNV. "Normas de ensayo". Gerencia de Planeamiento, Investigación y Control, Dirección Nacional de Vialidad de Argentina, 1998.

## AUTORES

### José Julián Rivera

Ingeniero Civil, Profesor Adjunto Ordinario, Investigador, Magister en Transporte y Logística, Consejero Docente, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica Nacional (UTN) La Plata, Argentina

### Hugo Gerardo Botasso

Ingeniero Civil, Profesor Titular Ordinario, Investigador, Magister en Ingeniería Ambiental, Departamento de Ingeniería Civil, UTN, La Plata, Argentina

### Natalia Alderete

Ingeniera Civil, Investigadora, Ayudante Graduada Interina, UTN, La Plata, Argentina

### Ignacio Celi

Estudiante de Ingeniería Civil, UTN, La Plata, Argentina

## Analysis Methodology Proposal of Dust Palliative Products on Unpaved Roads to Improve Road Safety

### Abstract

One of the main causes of accidents on secondary unpaved roads is the inadequate visibility originated by the dust particles suspended in the air because of the vehicles. This brings along a significant environmental damage to people, animals and plants of the area, a permanent deterioration because of the loss of material and therefore a need for more conservation. In order to diminish this problem, there are different types of products in the market, with various origins and forms of application. These products have shown diverse results in different investigations, given that they have a reduced field application regarding soil typologies, and which are not commonly the same in the different studies. Hence, empirically based decision making about palliative products and their doze is not advisable. Laboratory tests, on the other hand, should be made to determine the effect of the combination soil/product/doze. The situation described has been studied from the LEMaC, Road Investigation Center from the National Technological University of Argentina, and it has been proposed an adapted test methodology. The present work is based on the results of that experience.

Key words: dust palliatives, unpaved roads, road safety, road engineering