

“ENSAYO COMPARATIVO PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE PALIATIVOS DE POLVO”

Becario: Ignacio Celi ⁽¹⁾
Directora: Ing. Natalia Alderete ⁽²⁾

1. Resumen

La supresión del polvo en el aire resulta una problemática esencial no sólo en el campo de la tecnología de los materiales sino también en la seguridad vial, 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.

El objetivo del presente trabajo consistió en conocer los parámetros para clasificar los suelos y poder determinar el desempeño de diferentes paliativos, evaluando la eficacia relativa mediante el potencial de erosión. La cantidad de producto y los porcentajes de aplicación variaron para identificar el desempeño óptimo de cada producto. El método de ensayo utilizado fue el 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 base a éste se planteó una metodología de ensayo propia utilizando los recursos disponibles para lograr resultados representativos.

Abstract

The suppression of dust in the air is an essential problematic, not only in the field of materials technology, also in road safety, crop yields, environmental and economic aspects. The idea of having a technique that keeps the surface shape without expending hours of road machinery, to restore the profile of it, has allowed dust palliatives to evolve into different products. These products act changing the surface tension of the particles of soil salts or, in the case of complex organic compounds, producing chemical reactions.

The aim of this study was to determine the parameters to classify soils and to determine the performance of different dust palliatives evaluating the relative efficacy through erosion potential. The amount of product and the application rates varied to identify the optimum performance of each product. The test method used was developed by the Center for Research and Development Engineering Corps of the U.S. Navy in order to evaluate the relative effectiveness of different dust suppressants. Based on this, an own methodology was developed using available resources to achieve representative results.

(1) Becario de investigación del Centro de Investigaciones Viales LEMaC Depto. de Ing. Civil

(2) Director de Beca

2. Fundamentos

Los tratamientos superficiales son una alternativa para la supresión de polvo de menor costo que la pavimentación. Los mismos se pueden ejecutar sobre capas de rodadura existentes o capas estabilizadas. Su finalidad es mejorar o conservar las características físicas y mecánicas de la superficie. Hay distintos tipos de tratamientos superficiales:

- Tratamiento Superficial Simple
- Tratamiento Superficial Doble
- Tratamiento Superficial Múltiple
- Riego de Imprimación
- Riegos de Liga
- Paliativos de polvo
- Cape Seal, Otta Seal, etc.
- Riego Pulverizado
- Lechadas Asfálticas

Los **paliativos de polvo** son productos utilizados para la supresión de polvo en carreteras o calles no pavimentadas. Éstos actúan sobre las partículas de polvo generando la adhesión de las mismas entre sí, evitando así el molesto polvo generado por el aterrizaje de helicópteros, la circulación de vehículos, el viento, entre otros.

3. Materiales y equipos utilizados

3.1. Características de suelos

El suelo utilizado para los ensayos fue clasificado de acuerdo con los parámetros establecidos por el sistema del Highway Research Board (H.R.B.).

Este sistema clasifica a los suelos basándose en las determinaciones de laboratorio sobre la distribución de partículas por tamaño, y en los valores del Límite Líquido e Índice de Plasticidad a los que asigna símbolos desde A-1 hasta A-8, en tres grandes grupos:

- I. Suelos de partículas gruesas, que contiene hasta un 35% de finos. Comprende los grupos: A-1, con los subgrupos: (A-1-a y A-1-b); A-2, con los subgrupos: (A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7) y A-3, sin subgrupos.
- II. Suelos de partículas finas (limo-arcillosos), que contiene por encima de un 35% de finos. Comprende los grupos: A-4, A-5, A-6 y A-7. De ellos sólo el A-7 se subdivide en: A-7-5 y A-7-6.

Aquellos suelos que tienen un comportamiento similar se hallan dentro de un mismo grupo, y están representados por un determinado índice, llamado Índice de Grupo. La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su Límite Líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200. Según el sistema de clasificación original, los Índices de Grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4; los correspondientes a los suelos limosos entre 4 y 8, y los de los suelos arcillosos entre 8 y 20. En los últimos años la metodología de cálculo del Índice de Grupo ha sido modificada en la normativa, posibilitando la obtención de resultados por encima de 20. El Índice de Grupo debe ir siempre acompañando a la clasificación.

Mediante los valores de los ensayos de Límite Líquido, Límite Plástico, Índice de Plasticidad (Tabla 1) y granulometría (Tabla 2) se determinó la clasificación HRB del suelo a ensayar como A-2-4(0).

Ensayos	Límite Líquido	Límite Plástico
Peso de pesafiltro = Pp [g]	34,4	-
Pp + Muestra húmeda [g]	60,8	-
Pp + Muestra seca [g]	54,8	-
N° de golpes	26	-
Factor de corrección	0,99	-
Humedad [%]	27	-
Índice de Plasticidad = IP		0

Tabla 1. Límite líquido y Límite plástico

Ensayo	Granulometría
Peso muestra [g]	157,4
Tamiz N°10 P. muestra retenida [g]	4,2
Material Pasante [%]	97,3
Peso muestra [g]	157,4
Tamiz N°40 P. muestra retenida[g]	11,8
Material Pasante [%]	92,5
Peso muestra [g]	157,4
Tamiz N°200 P. muestra retenida[g]	103,2
Material Pasante [%]	34,4
Índice de grupo	0

Tabla 2. Granulometría y Clasificación

3.2. Características de probetas

Los moldes utilizados para la confección de las probetas son moldes metálicos de 15,5 cm de diámetro interno y 3,6 cm de espesor (*Figura 1*).

Con el objetivo de conocer la Densidad Seca Máxima y la Humedad Óptima se realizó el ensayo Proctor tipo I de la Dirección Vialidad Nacional sobre el suelo en estudio, obteniéndose los siguientes resultados:

Dsmáx (Densidad Seca Máxima): 1,816 g/cm³

Hóp (Humedad Óptima): 15,2 %.

Las probetas fueron compactadas estáticamente, con la Humedad Óptima, mediante la prensa de compresión hasta lograr un 95% de su Densidad Seca Máxima. Una vez moldeadas, se dejaron a temperatura ambiente hasta peso constante, para luego poder ser ensayadas.



Figura 1. Molde metálico con la muestra del suelo

3.3. Características de la cámara de viento

El equipo consiste en una cámara de viento fabricada en el LEMaC – Centro de Investigaciones Viales, sellada para evitar que el polvo se escape durante el ensayo y dividida en dos compartimentos. En uno de dichos compartimentos se encuentra el equipo generador del flujo de aire que alcanza 240 km/h, y en el otro compartimento se ubica la probeta a ser ensayada (*Figura 2*). Este dispositivo de aplicación del flujo de aire resultó capaz de alcanzar velocidades que erosionen la superficie de las muestras.

Las probetas se colocan dentro de la cámara sellada debajo de una boquilla metálica de apertura rectangular de 16,12 cm de ancho y 2,54 cm de alto (*Figura 2*). Un conducto de retorno permite la circulación del aire desde la cámara de ensayo hacia el ventilador eléctrico para equilibrar la presión.



Figura 2. Probeta colocada en el compartimiento de ensayo

Las corrientes de aire se aplican a 2,54 cm de altura sobre la probeta y en un ángulo de 20° con respecto a la horizontal (*Figura 3*). A su vez se incorpora al flujo de aire 600 g de arena sílicea seleccionada. La arena utilizada es arena que pasa por el tamiz N°20 y queda retenida en el tamiz N°30. Esto se realizó para replicar las condiciones durante el aterrizaje generando la abrasión adicional mediante las partículas de arena.



Figura 3. Boquilla metálica

3.4. Características de los paliativos de polvo

Para el análisis del desempeño de los paliativos de polvo se evaluaron tres diferentes productos, designados como A (Tabla 3), B (Tabla 4) y C (Tabla 5). Los productos A y B están especialmente formulados para caminos de tierra. Éstos actúan eléctricamente sobre las partículas de polvo generando la adhesión de las mismas entre sí evitando el polvo en el aire. El producto C tiene aplicaciones en otras áreas, sin embargo, el fabricante recomendó su uso como paliativo.

Características Paliativo A	
Aspecto	Líquido amarillento
Densidad a 25°C (gr/cm3):	Aprox. 1.265
pH	7
Formulación	0,6% de producto 99,4% H2O
Preparación	Mezclar el producto con el agua y aplicar. Se recomienda una dosis de 50litros de producto por cada 8000 litros de agua, lo que equivale a regar aproximadamente 25 cuadras una vez por día dependiendo del tipo y granulometría del suelo, como así también del uso del camino.

Tabla 3. Características paliativo A

Características Paliativo B	
Aspecto	Líquido blanco lechoso
Densidad a 25°C (gr/cm3):	Aprox. 1,00 – 1,05
pH	4-5
Formulación	9% de producto 91% H ₂ O
Preparación	Mezclar el producto con el agua y aplicar. Se recomienda una dosis de 0,1 litro de producto diluidos en 1 litro de agua, por cada m ² de superficie a tratar.

Tabla 4. Características paliativo B

Características Paliativo C	
Aspecto	Solución blanca viscosa
Formulación	10% producto 89,5% Agua desionizada 0,5% CaCl ₂ para ajustar la viscosidad
Preparación	Calentar el agua desionizada a 60°C, fundir el paliativo y añadirlo al agua, mezclar y por último añadir una pequeña cantidad de solución de sal. Enfriar el sistema a 40°C y aplicar.

Tabla 5. Características paliativo C

4. Desarrollo experimental

El ensayo realizado es un ensayo de tipo comparativo, con el cual se evalúa la eficacia de los productos y se busca una óptima dosificación en el desempeño de los mismos. Esto se lleva a cabo sometiendo a una probeta de suelo a un flujo de aire intenso y a la abrasión mediante arena monogranular durante 2 minutos (Figura 4).

La metodología implementada consistió, por una parte, en la confección de probetas y la posterior aplicación del paliativo, denominándose éstas como “probetas tratadas”. Por otra parte, en la confección de probetas sin paliativo, denominadas “probetas patrón”. Luego, se procedió a la evaluación de las probetas tratadas y probetas patrón, comparando los valores obtenidos mediante el ensayo para tener resultados representativos.

La aplicación se realizó mediante un rociador para poder lograr una distribución uniforme del producto. A su vez se ajustó la velocidad y la forma de aplicación para que los resultados sean similares a las aplicaciones de campo.

La cuantificación del potencial de erosión se realizó 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. La medición del peso de las muestras antes y después del ensayo brindó información sobre la efectividad de los paliativos de polvo.



Figura 4. Probeta durante y después del ensayo

Un punto importante a tener en cuenta es que, si bien esta metodología de evaluación del desempeño de paliativos no hace diferenciación entre el suelo que es erosionado y el suelo que suspendido en el aire como polvo, los resultados son válidos para realizar comparaciones entre diferentes paliativos.

Las concentraciones de polvo dentro de la cámara no se pudieron registrar ya que no se cuenta con las tecnologías necesarias para su medición, como técnicas ópticas para detectar los niveles de polvo en el aire.

5. Análisis de resultados

5.1. Valores obtenidos y dosificaciones empleadas

- *1er ensayo:* Paliativo A - Se evaluaron cuatro probetas: dos de ellas fueron probetas patrón y otras dos fueron rociadas con 11,7 g de solución de agua más paliativo A (7,9 g de producto en 1 l de agua) según indicaciones del producto, y se compararon los resultados (Tabla 6).

Paliativo A				
NOMENCLATURA	CON ADITIVO 11.7gr		PATRÓN	
	C	D	E	F
Peso inicial [g]	2966,7	2993,5	2972,6	2982,2
Peso final [g]	2943,8	2972,9	2967,2	2971,7
diferencia [g]	22,9	20,6	5,4	10,5
Potencial de erosión [%]	0,8	0,7	0,2	0,4
PROMEDIO[g]	21,7		7,9	

Tabla 6. Resultados del primer ensayo

- *2do ensayo:* Paliativo B – Se evaluaron seis probetas: tres de ellas fueron probetas patrón y otras tres fueron rociadas con 20 g de solución de agua más paliativo B (20 g de producto en 1 l de agua) según indicaciones del producto, y se compararon los resultados (Tabla 7)

Paliativo B						
NOMENCLATURA	CON ADITIVO 20g			PATRÓN		
	D	E	F	A	B	C
Peso inicial [g]	3032,3	3056,9	3039,1	2349	2341,5	2346,9
Peso final [g]	3027,3	3053	3034,6	2338,1	2328	2334,9
diferencia [g]	5	3,9	4,5	10,9	13,5	12
Potencial de erosión [%]	0,2	0,1	0,1	0,5	0,6	0,5
PROMEDIO [g]	4,5			12,1		

Tabla 7. Resultados del segundo ensayo

- *3er ensayo:* Paliativo C - Se evaluaron cinco probetas: dos de ellas fueron probetas patrón (A y B), a las probetas C, D y F se le aplicaron con un pincel 15g de solución de agua más paliativo C (30 g de producto en 300 cm³), y a la probeta E se le aplicaron 20 g, y se compararon los resultados (Tabla 8).

Paliativo C						
NOMENCLATURA	CON ADITIVO 15g			CON ADITIVO 20g	PATRÓN	
	C	D	F	E	A	B
Peso inicial [g]	3039	3041,3	3057,5	3052,8	3032,5	3017,4
Peso final [g]	3027,2	3027,3	3041	3044,7	3015,9	3000,4
diferencia [g]	11,8	14	16,5	8,1	16,6	17
Potencial de erosión [%]	0,4	0,5	0,5	0,3	0,5	0,6
PROMEDIO [g]		14,1		8,1	16,8	

Tabla 8. Resultados del tercer ensayo

5.2. Evaluación de resultados

De acuerdo a los valores registrados en los ensayos realizados, se pueden efectuar las siguientes observaciones:

- El paliativo que no cumplió con su función fue el paliativo A, ya que la pérdida de suelo que tuvieron las probetas después del ensayo fueron más del doble que la pérdida de suelo que tuvieron las probetas patrones.
- El paliativo B fue el que mejor desempeño tuvo, ya que disminuyó aproximadamente en la mitad la pérdida de suelo en comparación con la probeta patrón.
- El paliativo C es eficaz al agregarle una dosis significativa del producto. Por lo tanto, es necesario evaluar el aspecto económico para poder contemplar si esta alternativa resulta adecuada en comparación con la aplicación simple de otro producto.
- El paliativo B, a comparación del resto de los paliativos, resulta más práctico ya que se usa muy poco producto diluido en una gran cantidad de agua, por lo que sólo es necesaria una aplicación para obtener resultados satisfactorios.

6. Conclusiones

Efectivamente el trabajo desarrollado ha sido de utilidad para poder conocer el desempeño que tienen los distintos paliativos con las dosificaciones propuestas.

Los ensayos realizados de Límite Líquido, Límite Plástico, granulometría e Índice de Plasticidad permitieron clasificar al suelo empleado. A su vez, la metodología utilizada posibilitó la evaluación del desempeño de los productos, logrando determinar la efectividad relativa de cada uno de ellos para el suelo en estudio.

El empleo de paliativos permite lograr una disminución de la erosión, y el polvo consecuente. Sin embargo, es necesario realizar los ensayos correspondientes para determinar la dosis óptima.

Mediante el desarrollo del equipamiento y de las primeras experiencias se abren nuevos interrogantes para seguir investigando la temática, siendo de fundamental importancia al considerar la gran cantidad de temas que involucra la supresión del polvo, no sólo en cuestiones de mantenimiento de caminos sino también en relación al medio ambiente y la seguridad vial.

7. Bibliografía

Laboratory Investigation of Chemical Dust Palliative Performance on Sandy Soil, J. F. Rushing et. al., 2007.

Dust Control Field Handbook, Standard Practices for Mitigating Dust on Helipads, Lines of Communication, Airfields, and Base Camps, J. F. Rushing et. al., 2006.

Dust palliative selection and application guide, Peter Bolander, Pavement Engineer, Pacific Northwest Region. Alan Yamada et. al., 1999.

The incorporation of dust palliatives as a maintenance option in unsealed roads management systems, D. Jones, paper from the 20th ARRB Conference 2001.

Norma de Dirección de Vialidad Nacional VN – E1 – 65: “Tamizado de suelos por vía húmeda”

Norma de Dirección de Vialidad Nacional VN – E2 – 65: “Límite Líquido”

Norma de Dirección de Vialidad Nacional VN – E3 – 65: “Límite plástico, índice de plasticidad”

Norma de Dirección de Vialidad Nacional VN – E5 – 93: “Compactación de suelos”

<http://es.scribd.com/doc/59926125/Clasificacion-de-Suelos-Metodo-AASHTO>

<http://es.scribd.com/doc/53086709/16/SISTEMA-DE-CLASIFICACION-DE-SUELOS-AASHTO>

<http://surface.akzonobel.com>