

Mejorado de vías secundarias no pavimentadas de la municipalidad de Rivadavia mediante el empleo de desgomado de soja. J. Rivera, G. Botasso, A. Porro. (T0255) XVIII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, 26 al 28 de septiembre de 2022 en Buenos Aires, Argentina.

MEJORADO DE VÍAS SECUNDARIAS NO PAVIMENTADAS DE LA MUNICIPALIDAD DE RIVADAVIA MEDIANTE EL EMPLEO DE DESGOMADO DE SOJA

J. Julián Rivera¹, H. Gerardo Botasso¹, Anael R. Porro¹

1 LEMaC Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP – CIC PBA, Avenida 60 y 124, La Plata – Bs. As. (CP: 1900), Te. 0221-4890413, jjulianrivera@hotmail.com.ar

RESUMEN

El Municipio de Rivadavia (Provincia de Buenos Aires, Argentina) tiene acceso sin costos a un residuo del proceso de obtención del aceite de soja, comúnmente denominado como “desgomado de soja”, que utiliza en experiencias pilotos en el mejorado de vías no pavimentadas de su red vial. En vistas de analizar desde un punto de vista técnico las implicancias viales y potencialidades de esta práctica, se ponen en contacto con el LEMaC, para encarar un estudio en tal sentido. Para atender a tal requisito, se realizan análisis sobre diversos suelos representativos de las trazas viales de la zona, utilizándose el producto en estudio con diferentes finalidades (estabilizante, paliativo de polvo, etc.) e implementándose una batería de ensayos normalizados y desarrollados *ad-hoc*; a los efectos de estudiar de manera específica las diversas características necesarias a los fines citados. La presente publicación surge del informe de los análisis realizados, e incluye una caracterización de los materiales implicados, los resultados a los que se arriban y una descripción del proceso de aplicación en obra y sistemática de análisis recomendables.

INTRODUCCIÓN

Al Noroeste de la provincia de Buenos Aires se encuentra el Municipio de Rivadavia, el cual presenta dos particularidades relevantes al presente estudio. Por un lado, dentro de sus actividades agrícolas se encuentra el cultivo de soja y, por el otro, presenta una tipología de suelo característico de la zona carente de cohesión.

El Municipio presenta como ventaja no sólo el de la producción de la soja, sino también el de contar con empresas que la procesan de algún modo, generándose valor agregado. Entre esos procesos, se destaca el que a partir de los porotos de soja genera oligoelementos. Es por ese tipo de procesos que se accede sin costo a un residuo de la obtención del aceite de soja, comúnmente denominado “desgomado de soja”. Dada esta disponibilidad, desde las oficinas técnicas del Municipio se decide emplearlo en diversas aplicaciones, entre las cuales se encuentra el mejorado de vías no pavimentadas de su red vial.

La región del Municipio de Rivadavia

La zona de la provincia de Buenos Aires en la cual se ubica el Municipio de Rivadavia (Figura 1) integra la región geográfica de la Pampa Húmeda. Sus suelos, típicamente de uso agrícola-ganadero, identifican lo que se conoce como la Pampa Arenosa. Dichos suelos, además de las propiedades referentes a la siembra, presentan buenas cualidades desde el punto de vista de su empleo como material vial. Pero esas características positivas se refieren a un aporte estructural destacable dado su componente friccional, aunque desprovisto de una marcada componente cohesiva que impida su erosión (ya sea por viento, agua o acción del tránsito).

El presente trabajo refleja los análisis realizados en las instalaciones del LEMaC, en busca de establecer, desde un punto de vista técnico, las implicancias viales y potencialidades de las pruebas piloto realizadas en campo, a partir de la aplicación del residuo en las vías no pavimentadas de la red vial terciaria del partido; que complementa a su red primaria-secundaria vinculante de las localidades que lo componen (Figura 2).

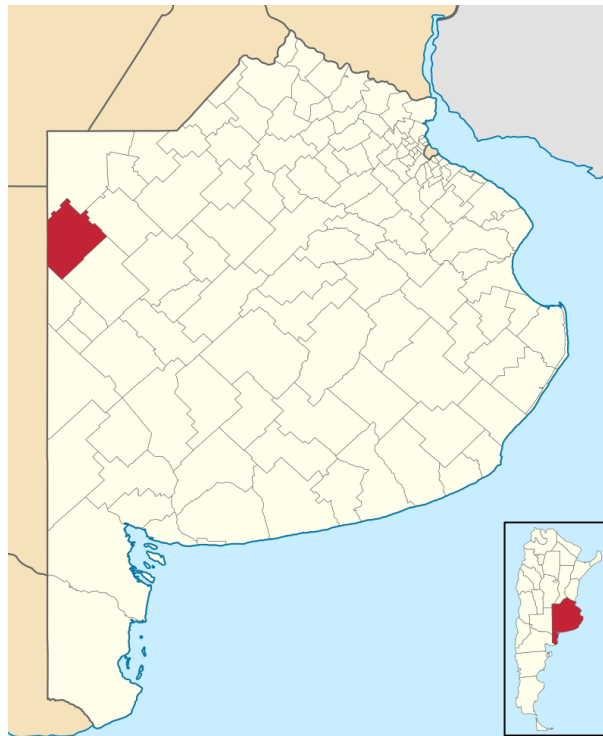


Figura 1. Ubicación del Municipio de Rivadavia en la provincia de Buenos Aires (Argentina).
Fuente: Milenioscuro (SF)

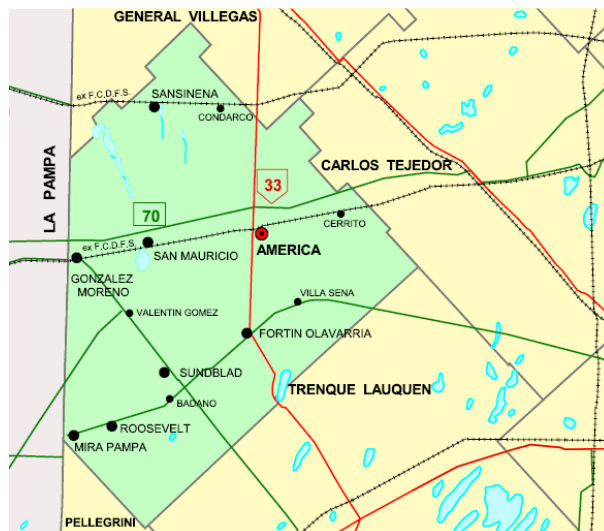


Figura 2. Red vial primaria-secundaria y localidades del partido. Fuente: <https://masternews.com.ar>

MATERIALES

El “desgomado de soja”

En las instalaciones de la empresa América Pampa SA (Figura 3), ubicada en el propio Partido de Rivadavia, se efectúa la extracción del aceite de soja de la cual se obtiene el denominado “desgomado de soja” como residuo del proceso.

Este residuo posee una coloración amarillenta, con un aspecto gomoso artificial inicial, que al dejarlo en reposo genera un escurrimiento de un componente aceitoso residual en estado líquido, que se separa de una fase de aspecto sólido plástico. Si esa muestra del producto en reposo se remueve, se vuelve a una apariencia del material idéntica a la inicial.

Durante una visita a la planta de esta empresa, personal del LEMaC realiza la toma de una muestra representativa de dicho material (Figura 4) de aproximadamente 15 kg, los cuales resultan más que suficientes para las pruebas que con él se realizan.



Figura 3. Planta de extracción de aceite de soja y obtención del “desgomado de soja”.
Fuente: elaboración propia



Figura 4. Muestra de desgomado de soja en el laboratorio. Fuente: elaboración propia

Suelo arenoso

El suelo natural de traza a ser tratado es de tipo arenoso y responde a la tipología típica de suelos naturales del oeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 5).

Debido a su uso vial, a los fines de la investigación, el tipo de clasificación empleada es la conocida como HRB (por la *Highway Research Board* donde fuera desarrollada). En la Argentina, esta determinación puede efectuarse según las Normas de Ensayo de la Dirección

Nacional de Vialidad (DNV, 2001) identificadas como VN-E1, VN-E2 y VN-E3. Como es de habitual conocimiento, este sistema de clasificación se basa en el comportamiento de los suelos utilizados en obras viales según su capacidad portante y condiciones de servicio, a partir de la determinación de su composición granulométrica y estados límites en cuando a contenido de humedad.

Se determina que el material empleado es un suelo tipo A-2, de acuerdo con la Clasificación HRB. Lo cual indica un aceptable comportamiento como subrasante bajo determinadas condiciones.

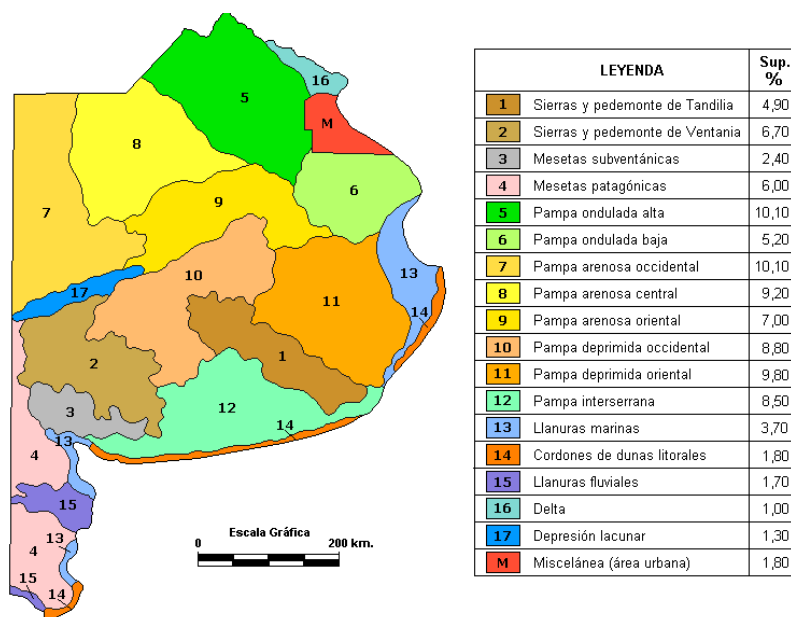


Figura 5. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Fuente: <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/index.htm>

De acuerdo a la Norma VN-E4 (DNV, 2001), los suelos A-2 son inferiores a los A-1 por su pobre gradación o inferior ligante, o ambos aspectos a la vez, y pueden ser muy estables con drenaje satisfactorio. En relación con la cantidad y calidad del ligante, pueden ablandarse con la humedad y presentarse sueltos y polvorientos en épocas de sequías; algunos son dañados por las heladas. Bien arenados y compactados, pueden servir de bases y utilizados como superficie de rodamiento pueden perder estabilidad por efectos de la saturación capilar o falta de drenaje. La calidad de los suelos A-2, en algunas de sus variantes, como bases varía desde buena, cuando el porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200) es bajo, hasta dudosa, con alto porcentaje pasando aquel tamiz e Índice de Plasticidad mayor de 10. Generalmente los suelos A-2 son adecuados para cubrir subrasantes muy plásticas, cuando se construya un pavimento de hormigón.

Los resultados en cuanto a la clasificación del suelo empleado en las experiencias se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de caracterización del suelo arenoso. Fuente: elaboración propia

Límite Líquido (%):	29
Límite Plástico (%):	-
Índice de Plasticidad:	0
PTN ^o 10 (%):	57,5
PTN ^o 40 (%):	40,5
PTN ^o 200 (%):	26,9
Clasificación HRB:	A-2-4(0)

PRUEBAS INICIALES EN OBRA

En las experiencias piloto realizadas por el Municipio, para su aplicación en el mejorado de las vías de suelo arenoso, se emplea el desgomado de soja diluido en agua y es distribuido mediante una barra regadora montada debajo de una cisterna; en busca de un esparcido lo más homogéneo posible sobre la superficie del camino en tratamiento (Figura 6).



Figura 6. Distribución en obra del desgomado de soja diluido. Fuente: Secretaría de Obras Públicas, Municipio de Rivadavia

Mediante estas pruebas, el Municipio determina dos parámetros de relevancia en cuanto a los procedimientos a emplearse posteriormente en laboratorio; los cuales son la dilución necesaria para que el material sea bombeable y pueda distribuirse mediante el sistema de riego ideado, y la dotación media que se alcanza con una pasada del regador a la velocidad habitual que puede desarrollar.

Dilución

La dotación de agua a incorporarse debe ser tal que permita su mezclado con el residuo en las condiciones que se obtiene de la planta de procedencia en la cisterna del equipo de distribución utilizado, y su posterior distribución con la barra trasera a tal efecto con la cual se provee al equipo de arrastre; tareas estas que se facilitan con contenidos elevados de agua. Pero a su vez, el agua debe dotarse en la menor cantidad posible para que no se pierdan las potenciales propiedades que el desgomado de soja pueda tener.

Contándose con estas dos condiciones en pugna, se obtiene como solución de compromiso un grado de dilución mínimo empleable en obra, que se logra al mezclar un volumen de 40 % de desgomado de soja con 60 % de agua (Figura 7).

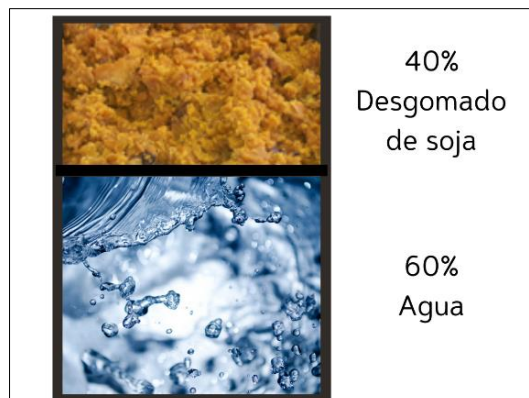


Figura 7. Grado de dilución mínimo en obra. Fuente: elaboración propia

Dotación

La dotación empleada en obra se determina de manera empírica como de 11,4 g de desgomado de soja por cada 1000 g de suelo seco a ser tratado, denominada a los efectos de este trabajo como Dosis Oficial. Se debe tener en cuenta que a los 11,4 g de desgomado de soja se le debe incorporar el agua de diluido en su proporción mínima de 40/60 de volumen; es decir, cada 11,4 g de producto se dosifican 17,1 g de agua (Figura 8).

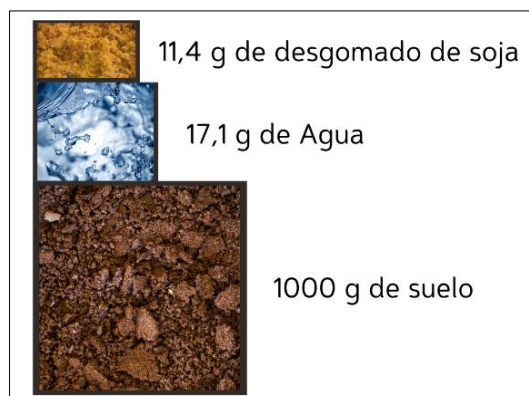


Figura 8. Constitución en peso de la Dosis Oficial. Fuente: elaboración propia

METODOLOGÍA DE ESTUDIO Y RESULTADOS

Ingresadas las muestras se propone una estrategia para el estudio de las mismas, la cual consiste en realizar distintos tipos de evaluaciones que puedan indicar la respuesta a cada tipo de sollicitación. Se desarrollaron tres evaluaciones: la de la respuesta estructural esperable, la del potencial deterioro en función de la humedad y la de erosionabilidad ante los agentes ambientales.

Respuesta estructural

Una manera de evaluar la respuesta estructural vial de tratamientos como el de referencia, es mediante el ensayo de VSR (Valor Soporte Relativo). Este ensayo en su versión de “embebido por 96 horas”, realizado según la Norma VN-E6 (DNV, 2001), permite establecer la respuesta estructural mínima a ser registrada por un material de estas características, en la situación de saturación de la capa. Además, registra el *Hinch* (Hinchamiento) que sufre desde la *Hopt* (Humedad Óptima) del material hasta la *Hsat* (Humedad de Saturación) del ensayo. Se trata de un análisis que se pone del lado de la seguridad en cuanto a la cuantificación de esta respuesta estructural. Las probetas a ser ensayadas para la obtención del VSR y el *Hinch* pueden ser moldeadas de diversas maneras, una de las más habituales en suelos finos (y que es la que se toma de referencia) es cuando el moldeo se efectúa de manera estática a densidad prefijada; que para este estudio se realiza a la *Hopt* y el 100 % de la *Dsmax* (Densidad Seca Máxima), obtenidas mediante el Ensayo Proctor correspondiente. En este caso, más allá de la clasificación del suelo, se ha decidido utilizar el Tipo I de la Norma VN-E5 (DNV, 2001) por el grado de finura y la mínima compactación que recibiría en obra (debido esto último a las condiciones básicas que revestirían los equipos que el Municipio podría destinar). Dentro de las técnicas indicadas en la norma, cabe señalar una adaptación de procedimientos que se ha decidido utilizar para este estudio en particular. Esta adaptación consiste en que las probetas moldeadas de acuerdo con lo señalado, es decir a la *Hopt* correspondiente, se las somete a un curado de 24 horas en estufa a 60 °C, para permitir que se produzca el efecto de impermeabilización del suelo arenoso. Este efecto se presume se da en obra por la incorporación del desgomado de soja. El curado en laboratorio descrito simula el que se registraría luego de 14 días en obra, ante situaciones climáticas normales y sin tránsito en exceso.

Para comenzar con el estudio la primera determinación que se toma es la variación en el contenido de desgomado de soja empleado para observar si un valor mayor puede resultar en mayores aptitudes viales. De este modo se plantean tres situaciones: suelo arenoso solo (denominada “A”), suelo arenoso más la dosis oficial de desgomado de soja (denominada “A+DO”) y suelo arenoso más el doble de la dosis oficial de desgomado de soja (denominada “A+DO x2”).

Para las tres Situaciones se efectúan ensayos Proctor Tipo I, obteniéndose resultados similares en cuando a *Dsmax* y *Hopt*; por lo cual se decide tomar los valores promedios de referencia que se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores Proctor de referencia para el suelo arenoso tratado.

Fuente: elaboración propia

Situación	<i>Dsmax</i> (g/cm ³)	<i>Hopt</i> (%)
A	1,807	11
A+DO		
A+DO x2		

Una vez obtenidos estos valores se procede a efectuar los análisis para las tres situaciones aplicadas al ensayo de Valor Soporte Relativo, obteniéndose los resultados que se vuelcan en la Tabla 3.

Los resultados obtenidos se observan relativamente coincidentes, lo cual permite deducir que, de existir un efecto impermeabilizante aportado por el desgomado de soja, el embebido de 96 horas hasta la saturación lo contrarresta. Por lo tanto, es necesario analizar si existe para esta tipología de suelo un estado intermedio en el cual se evidencie un grado de impermeabilidad aportado por el desgomado de soja, aunque menor al exigible para evitar la saturación de la capa. Para ello se moldean probetas de acuerdo con el procedimiento ya descrito sobre las cuales, una vez curadas, se vierten 1000 cm³ de agua que se deja que drenen hacia la estructura durante 3 horas. Al ser ensayadas estas probetas se vuelven a registrar resultados de VSR similares a los obtenidos en la experiencia original. De este modo queda ratificado que para la tipología de suelo arenoso no es probable utilizar el desgomado de soja como un producto “estabilizante”, de acuerdo a lo que convencionalmente se considera para los mismos.

Tabla 3. Resultados de los ensayos de Valor Soporte Relativo. Fuente: elaboración propia

Situación	VSR (%)	Hinch (%)
A	16	0,08
A+DO	18	0,08
A+DO x2	18	0,10

Deterioro en función del tiempo

Es posible continuar los estudios al buscar para esta tipología de suelos si existe otro tipo de aporte cuantificable. Para conducir este análisis se recurre al moldeo de probetas a la *Dsmax* y la *Hopt* ya establecidas, y de acuerdo al Procedimiento LEMaC-B05/15 de la “Guía de metodologías y procedimientos para uso vial desarrolladas en el LEMaC - Edición 2019” (LEMaC, 2019).

A grandes rasgos se puede mencionar que las probetas son cilíndricas, de 5 cm de diámetro y 10 cm de altura, utilizándose en su obtención un moldeo a doble pistón (Figura 9); el cual asegura una adecuada distribución de tensiones.

El procedimiento, además, contempla el sumergir totalmente las probetas en agua y establecer de manera visual, a partir del cronometrado de la experiencia, el grado de deterioro que registran en función del tiempo. Llevada al caso de las tres situaciones propuestas, se logra establecer el disgregado total de la probeta de la “Situación A” antes de los 10 minutos de sumergida, mientras que en el mismo lapso las probetas de la “Situación A+DO” y “Situación A+DO x2” sólo registran una leve disminución de su resistencia a la desintegración (Figura 10). La experiencia permite arribar a una serie de conclusiones desde el punto de vista vial detalladas en el apartado correspondiente.

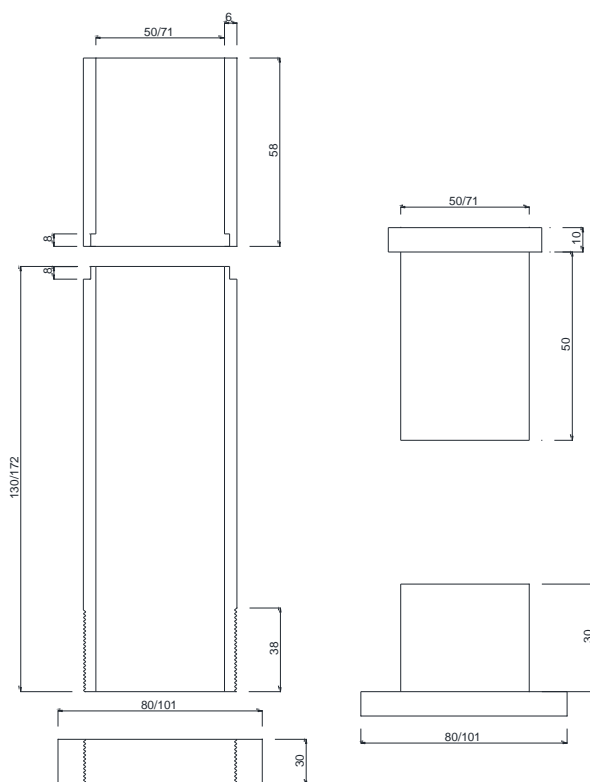


Figura 9. Molde a doble pistón. Fuente: LEMaC (2019)



Figura 10. Probetas de la “Situación A” (izq.), “Situación A+DO” (centro) y “Situación A+DO x2” (der.) luego de 10 minutos de sumergidas. Fuente: elaboración propia

Grado de erosión

Finalmente, se analiza el potencial de empleo de desgomado de soja, en esta tipología de suelo, como un producto paliativo de polvo. Para ello se efectúa con las tres Situaciones ya descritas el análisis mediante el Procedimiento LEMaC-B04/13, también volcado en la guía

citada (LEMaC, 2019). Mediante este procedimiento se erosionan las probetas moldeadas con un flujo forzado de arena monogranular, durante un cierto lapso de tiempo. El equipo y la acción generada surgen de la adaptación y simplificación de un instructivo de trabajo del *US Army Corps of Engineers* llevada a cabo en el LEMaC (Rivera et al., 2014).



Figura 11. Imágenes del dispositivo de ensayo adaptado. Fuente: LEMaC (2019)

De manera resumida se puede señalar que el equipo consiste en una cámara de viento sellada para evitar la salida del polvo 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, 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 la 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. En la foto superior de la Figura 11 puede observarse una vista parcial del equipo, ubicándose a la derecha el compartimento que contiene al equipo soplador y a la izquierda la cámara en la que se coloca la probeta a ser ensayada; en cuya 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.

Se aplica entonces el procedimiento señalado con los materiales del estudio, alcanzándose los resultados de la Tabla 4. En la Figura 12 se observan imágenes de las probetas una vez ensayadas.

Tabla 4. Resultados de Pérdida por Erosión. Fuente: elaboración propia

Situación	Perdida por Erosión (%)
A	26,8
A+DO	10,9
A+DO x2	11,0



Figura 12. Probetas luego del ensayo a la erosión, de izq. a der.: “A”, “A+DO” y “A+DO x2”. Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los análisis efectuados permiten arribar a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Para los suelos arenosos, el aporte de desgomado de soja no puede considerarse como un “estabilizante”, de acuerdo a lo que convencionalmente se entiende en tal sentido, pues ante la saturación de la capa no se registra un incremento del aporte estructural por su empleo.
- Si, en cambio, puede establecerse que aporta un grado al menos de impermeabilización que puede justificar su uso, desde el punto de vista vial, en políticas periódicas de conservación de vías mejoradas. Esto se debe a que, al dotar la capa de un grado de resistencia a la desintegración, puede deducirse que se reduce la posibilidad de erosión y deformación de la misma, cuando se toman los recaudos necesarios.

- En tal sentido, la Dosis Oficial parece ser suficiente, pues los resultados obtenidos con ésta son similares a los que se obtienen duplicándola.
- Los recaudos enunciados, se recomienda, sean el utilizar pendientes transversales en el perfilado de las vías mejoradas de al menos el 2 %, con adecuados drenajes laterales. Además, tratar al menos los 10 cm superficiales con el desgomado de soja (incorporando las mejoras en el mezclado ya citadas para la tipología anterior), con riegos en la Dosis Oficial con una recurrencia de entre 3 a 6 meses; la cual debe ser ajustada de acuerdo a la experiencia en obra.
- Se observa también que el desgomado de soja posee un efecto relativo como paliativo de polvo; razón por la cual se puede considerar un aporte adicional al mencionado en su empleo en tareas de conservación sobre este tipo de suelos. Para obtener resultados en relación a este efecto, también es suficiente con el empleo de la Dosis Oficial; pues al duplicar la misma no se registra disminución en la pérdida por erosión.

REFERENCIAS

DNV (2001). *Normas de Ensayo*. Dirección Nacional de Vialidad. Argentina.

LEMaC (2019). *Guía de metodologías y procedimientos para uso vial desarrollados en el LEMaC – Centro de Investigaciones Viales (edición 2019)*. Editorial edUTecNe, ISBN 978-987-4998-27-9, Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

MILENIOSCURO (SF). *CC BY-SA 4.0*. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=68900102>.

RIVERA, J. J., BOTASSO, H. G., ALDERETE, N., & CELI, I. (2014). *Propuesta metodológica de análisis de productos paliativos de polvo en vías no pavimentadas para mejoras en la seguridad vial*. *Revista Cubana de Ingeniería*, 5(1), 5-10.