

12º CONGRESO DE LA VIALIDAD URUGUAYA

Presentación de Trabajo Técnico

“Primeras Experiencias en la Evaluación del Desgaste de Pinturas de Demarcación Horizontal con el Equipo de Pulimento Acelerado de Áridos”

Gestión y Mantenimiento Vial

*Verónica Vanesa Mechura⁽¹⁾, Héctor Luis Delbono⁽¹⁾, José Julian Rivera⁽¹⁾
y Raúl Martinuzzi⁽²⁾*

⁽¹⁾ *LEMaC – Centro de Investigaciones Viales, Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata, La Plata, Argentina. lemac@frlp.utn.edu.ar*

⁽²⁾ *BECHA SA, Villa Gobernador Gálvez, Provincia de Santa Fe, Argentina.*

1. Introducción

Las marcas viales desarrollan un rol fundamental sobre los caminos, sean urbanos o rurales, debido a que son las encargadas de brindar seguridad al conductor. Las mismas le permiten a este mantener el vehículo dentro del carril del tránsito y planear la tarea de conducción hacia adelante. Por este motivo, la falta de señalización o el deterioro de la misma, tienen repercusión directa e inmediata en la circulación de los vehículos, pues es un factor determinante en la seguridad vial.

Las marcas viales se obtienen combinando los materiales base (pinturas, termoplásticos o plásticos en frío), con el agregado de microesferas de premezcla y de sembrado. Los materiales base se diferencian, según su modo de aplicación, por cómo impactan en el medio ambiente y en la salud de las personas, y en cuanto a su durabilidad.

Las pinturas son materiales utilizados a nivel mundial y están compuestas por resinas (históricamente se han utilizado resinas de caucho clorado y más recientemente se reemplazaron por mezclas acrílico-estirenadas, alquídicas-acríticas o 100% acrílicas), pigmentos (funcionales y cargas), solventes y numerosos aditivos. En diversas regiones, como parte del movimiento mundial para limitar las emisiones de VOC (Compuesto Orgánico Volátil) de modo de minimizar los efectos en la salud humana y buscar un mejor desempeño, las pinturas base solvente lentamente se están reemplazando por las pinturas base acuosa [1]. En Argentina, es muy utilizado el material termoplástico pero a nivel mundial existe una tendencia al uso de las pinturas base acuosa debido a que, como se mencionó, presentan una mayor compatibilidad con el medio ambiente. Por este motivo, este trabajo se limitó al estudio de cuatro pinturas acrílicas comercialmente disponibles en el mercado, de las cuales tres son pinturas base acuosa y una es pintura base solvente.

Para evaluar la durabilidad de los productos de demarcación vial existen ensayos exclusivos que van desde pruebas de campo (por ejemplo según Norma UNE EN 1824/2012) a equipos de gran escala, denominados Simuladores de Desgaste (por ejemplo según Norma UNE EN 13197/2012). Dichos métodos requieren un tiempo considerable de ensayo para obtener el resultado [4]. Por otra parte, se utilizan métodos de abrasión para pinturas en general, que no tienen en cuenta las condiciones específicas de servicio a las que se encuentran sometidos los materiales de demarcación horizontal. En Argentina, la evaluación se realiza mediante la Norma IRAM 1221/2018, que estima el comportamiento de la película seca mediante la caída de un abrasivo. En Europa, en cambio, se plantean dos ensayos de abrasión según la naturaleza del material a ensayar y si contienen microesferas de vidrio premezcladas. Se puede optar, así, por el método de Caída de un Abrasivo

(según UNE 135203-2/10) o por el Método Taber (según UNE 135203-1/10). Utilizando este último método, algunos autores comparan la resistencia a la abrasión de pinturas acrílicas base solvente y acuosa encontrando un excelente comportamiento y una menor pérdida de peso por abrasión en las pinturas base acuosa comparadas con las base solvente. También destacan que los tiempos medidos de resistencia al secado y al lavado, en las pinturas de base acuosa, resultan adecuados en condiciones favorables, aunque existe la advertencia del riesgo de lavado en caso de lluvia repentina, en condiciones de baja temperatura y alta humedad. Este último aspecto, demuestra que la metodología de análisis presenta una falencia en cuanto a la evaluación del comportamiento en servicio de las pinturas ante la presencia del agua.

El presente trabajo se enmarca en una tesis doctoral en la cual se plantea la implementación de ensayos utilizados en el ámbito vial para simular el desgaste producido en servicio y, de esta manera, obtener una valoración relativa de las distintas pinturas utilizadas para demarcación horizontal en pavimentos. Para ello, se implementa la adaptación del ensayo de Pulimento Acelerado de Áridos sobre sustratos donde se aplica el material a evaluar. Se pretende de esta manera, hallar un método de laboratorio para analizar el desempeño de las pinturas de demarcación considerando el tránsito simulado y el efecto del agua.

2. Experimental

El equipo empleado para generar el desgaste de las pinturas es el denominado de Pulimento Acelerado de Áridos, utilizado para caracterizar la calidad de los áridos en las capas de rodadura, que se encuentra enmarcado en la Norma NLT-174/93. En la Figura 1, se muestra el equipo utilizado en el Centro de Investigaciones Viales LEMaC, de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, en la cual se observa que el mismo presenta un mecanismo denominado “rueda de ensayo”, sobre cuya periferia lisa y plana se fijan 14 probetas para conformar una superficie continua de rodadura.



Figura 1. Equipo de Pulimento Acelerado de Áridos del LEMaC.

Fuente: elaboración propia.

A su vez, el equipo contiene un sistema para hacer girar la rueda de caucho maciza de ensayo alrededor de su eje, a una velocidad de 343 vueltas/min. Con la ayuda de un mecanismo, propio del equipo, la superficie de la rueda de caucho apoya sobre las probetas de la rueda de ensayo con una carga total de 725 ± 10 N. Se utiliza el dispositivo disponible para la alimentación del agua durante el ensayo, que consiste en un recipiente cilíndrico transparente con boca ancha, provisto de una tapa sifónica. Dicho recipiente va situado en un soporte superior y a una altura constante, respecto al punto de entrada del agua en la zona de alimentación sobre la rueda de ensayo. El agua, desde el depósito, desemboca en un compartimento solidario con la rampa del abrasivo (no utilizado en este caso). De aquí en más, por simplificación y por tratarse de una adaptación de la metodología, se denomina al equipo como Pulimento Acelerado.

A partir de la sistemática de ensayo adoptada, se hicieron diferentes pruebas con distintos productos para generar el sustrato de las pinturas. Las pruebas realizadas indican que el sustrato óptimo se obtiene al utilizar resinas epoxídicas en gel, cuyo moldeo se observa en la Figura 2.



Figura 2. Confección de los sustratos de las muestras.

Fuente: elaboración propia.

Sobre el sustrato cuyo peso registrado es P_0 , se aplican las pinturas mencionadas y se acondicionan en una cámara a 40°C por un período de 7 días (Figura 3).



Figura 3. Acondicionamiento de las muestras en cámara.

Fuente: elaboración propia.

Una vez finalizado el tiempo de curado, se registra el peso P_1 y se procede a ensayar las probetas por un período de 4 horas. Luego del ensayo, se dejan secar las probetas por 24 horas en la cámara mencionada a 40°C y se registra el peso P_2 . Todos los pesos registrados son obtenidos con una balanza de precisión como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Balanza de precisión para registrar el peso de las probetas.

Fuente: elaboración propia.

Se calcula la pérdida de peso en gramos correspondiente a 4 (cuatro) horas de ensayo según la Ecuación (1).

$$PP = (P_1 - P_2) \quad (1)$$

Para representar los datos de pérdida de peso de cada uno de los materiales se recurre a la estadística promediando los mismos y calculando la desviación estándar.

Para la comparación de las imágenes anteriores y posteriores al ensayo, como así también entre las distintas muestras, se utiliza una cabina portátil, Figura 5, construida para este fin. La misma está conformada por un caño que en su extremo superior posee un orificio para capturar las imágenes y una linterna que ilumina las muestras y, en el extremo inferior posee una tapa con un recorte cuadrado de 10 cm x 10 cm, realizado para observar las muestras. Bajo dicho recorte, se utiliza una plantilla para colocar las distintas muestras en la misma posición al momento de la captura de las imágenes.



Figura 5. Cabina portátil utilizada para comparación visual

Fuente: elaboración propia.

Los materiales utilizados para el desarrollo del trabajo son tres pinturas base acuosa comparadas con una pintura acrílica base solvente. En todos los casos los materiales evaluados son de color blanco. La denominación de las pinturas utilizadas es:

- ALU: Pintura acrílica acuosa. Su ficha de seguridad indica que presenta una densidad de $1,70 \text{ g/cm}^3$. El porcentaje en peso de sólidos contenido en la pintura es de 74,5% determinado de acuerdo a la norma UNE EN 12802/2012.
- AF01: Pintura acrílica acuosa. Según las especificaciones del fabricante presenta una densidad relativa de $1,77 \text{ g/cm}^3$. El porcentaje en peso de sólidos contenido en la pintura es de 82,5% determinado de acuerdo a la norma UNE EN 12802/2012.

- AF05: Pintura acrílica acuosa. Según las especificaciones del fabricante presenta una densidad relativa de $1,73 \text{ g/cm}^3$. El porcentaje en peso de sólidos contenido en la pintura es de 82,2% determinado de acuerdo a la norma UNE EN 12802/2012.
- SLU: Pintura con solventes de secado rápido, basada en resinas acrílicas especiales. La pintura sin el agregado de microesferas, según las especificaciones técnicas del fabricante, tiene una densidad de $1,44 \text{ g/cm}^3$. El porcentaje en peso de sólidos contenido en la pintura es de 75,5% determinado de acuerdo a la norma UNE EN 12802/2012.

Debido a que las fichas de los materiales no indican mayores características de los mismos, las pinturas fueron analizadas por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) en un equipo IRAffinity-1 disponible en el Centro CITEMA de la Universidad Tecnológica Nacional Regional La Plata, Figura 6, usando el método de transmisión con la finalidad de determinar las características de las mismas.



Figura 6. Equipo IRAffinity-1.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 7, presenta los espectros FTIR de cada una de las pinturas utilizadas que fueron evaluadas en estado de película seca.

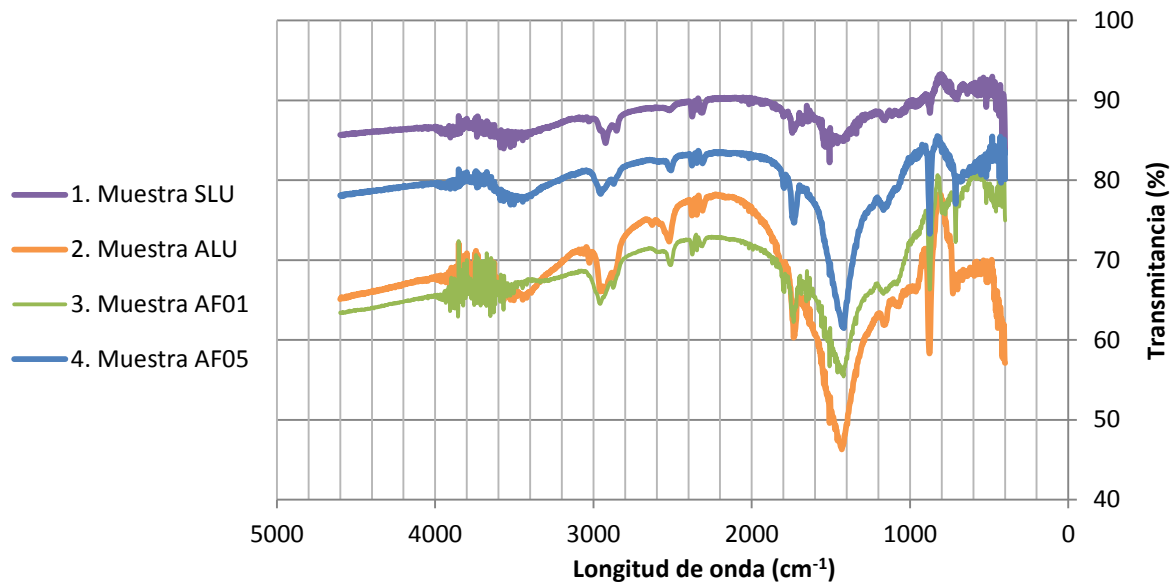


Figura 7. Espectros FTIR de las Pinturas utilizadas.

Fuente: elaboración propia

De los espectros obtenidos, se compara los valores de longitud de onda de cada uno, encontrando que se asemejan bastante en su composición. Se observa que las pinturas ALU y SLU tienen pequeños picos en la zona superior a los 3000 cm^{-1} , característicos de resinas estirenadas [9]. Con respecto a las pinturas AF01 y AF05 se deduce que las mismas son tipo acrílicas puras debido a que no presentan dichas vibraciones. En el caso de las pinturas base acuosa, se observa que los picos en la zona entre 1400 cm^{-1} y 1600 cm^{-1} dan indicio de que estas pinturas tienen contenidos más importantes de carbonato de calcio en su composición que la pintura base solvente SLU.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Pulimento Acelerado realizado sobre cada una de las pinturas. Para la denominación de la muestra se utiliza la nomenclatura del material utilizado y un número correlativo. Se destaca que los valores considerados corresponden a 82320 pasos de rueda sobre cada muestra, calculados considerando el tiempo de ensayo y las características del equipo.

Tabla 1. Resultados de Abrasión mediante la implementación del ensayo de Pulimento Acelerado.

Muestra	Peso sustrato P ₀ (g)	Peso inicial P ₁ (g)	Pintura (g)	Peso final P ₂ (g)	Pérdida de peso (g)	Pérdida de peso promedio (g)	Desvío estándar (g)
ALU-1	87,3501	89,0600	1,7099	88,9101	0,1499	0,141	0,022
ALU-2	80,5710	82,1101	1,5391	81,9305	0,1796		
ALU-3	92,9231	93,9604	1,0373	93,8320	0,1284		
ALU-4	86,7755	88,0818	1,3063	87,9683	0,1135		
ALU-5	80,0087	80,9716	0,9629	80,8382	0,1334		
ALU-6	92,8818	94,4598	1,5780	94,3326	0,1272		
ALU-7	86,7147	87,9284	1,2137	87,7763	0,1521		
AF01-1	88,6611	90,4213	1,7602	90,2910	0,1303	0,134	0,01
AF01-2	94,0903	95,3605	1,2702	95,2305	0,1300		
AF01-3	89,7410	91,3815	1,6405	91,2216	0,1599		
AF01-4	93,4052	94,7037	1,2985	94,5800	0,1237		
AF01-5	88,9596	90,7808	1,8212	90,6424	0,1384		
AF01-6	94,0352	96,3058	2,2706	96,1649	0,1409		
AF01-7	89,5867	91,2549	1,6682	91,1447	0,1102		
AF01-8	81,9545	83,7855	1,8310	83,6474	0,1381		
AF05-1	81,9951	83,4348	1,4397	83,3452	0,0896	0,104	0,02
AF05-2	88,1507	89,2450	1,0943	89,1573	0,0877		
AF05-3	81,6345	83,4149	1,7804	83,3407	0,0742		
AF05-4	91,5409	93,0049	1,4640	92,8981	0,1068		
AF05-5	84,6991	86,1402	1,4411	86,0036	0,1366		
AF05-6	81,5253	83,0807	1,5554	82,9520	0,1287		
SLU-1	90,3408	91,9510	1,6102	91,7515	0,1995	0,158	0,03
SLU-2	91,8612	93,0809	1,2197	92,9015	0,1794		
SLU-3	83,0225	84,1922	1,1697	84,0723	0,1199		
SLU-4	90,0750	91,0795	1,0045	90,9526	0,1269		
SLU-5	82,5922	83,4402	0,8480	83,2535	0,1867		
SLU-6	84,6744	86,1306	1,4562	85,9999	0,1307		
SLU-7	89,9273	91,9063	1,9790	91,7711	0,1352		
SLU-8	87,0105	88,5316	1,5211	88,3438	0,1878		
SLU-9	82,4567	84,0205	1,5638	83,9277	0,0928		

Se observa que la pintura base solvente SLU es la que tiene mayor pérdida de peso, seguida por la pintura ALU de base acuosa; se destaca que ambas son pinturas acrílicas estirenadas y de menor contenido de sólidos en peso. En la Figura 8, se muestra el gráfico con los distintos valores obtenidos en las muestras ensayadas.

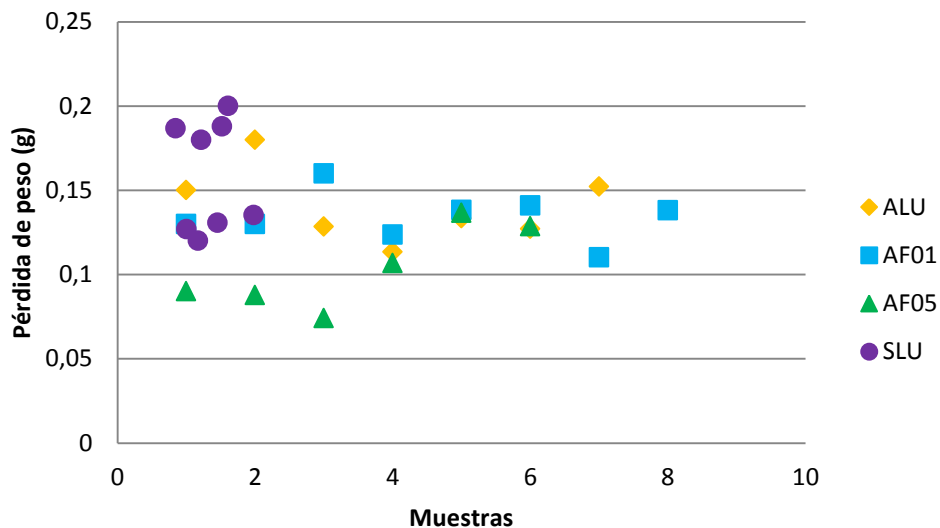


Figura 8. Variación de la pérdida de peso de pintura luego del ensayo de Pulimento Acelerado en las muestras ensayadas.

Fuente: elaboración propia

En la Figura 9, se muestran imágenes tomadas en condiciones controladas de iluminación de las probetas pintadas con los materiales, luego de ser ensayadas.

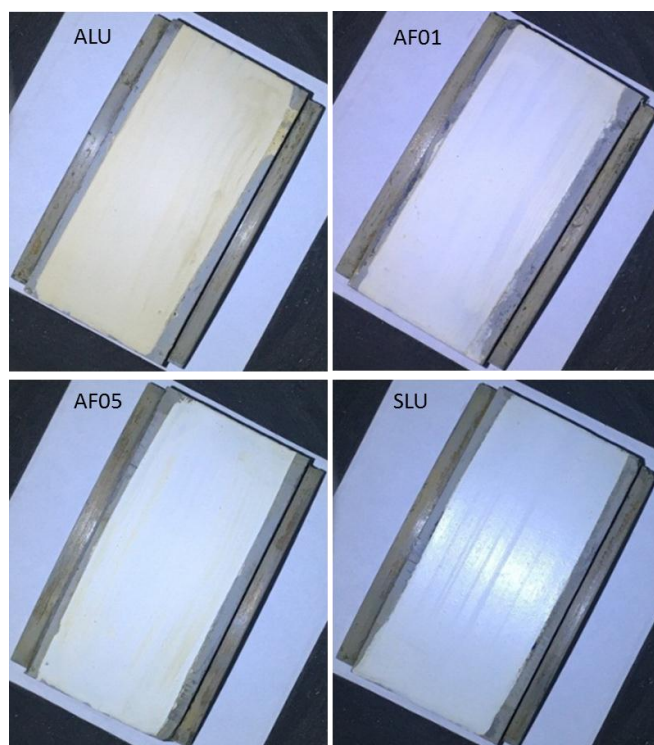


Figura 9. Muestras ensayadas por el método de pulimento de Pulimento Acelerado.

Fuente: elaboración propia

Mediante las imágenes se puede apreciar visualmente que la pintura base solvente SLU es la que presenta más brillo, la diferencia significativa en el color de la pintura base acuosa ALU.

En el caso principalmente de las pinturas base acuosa AF01 y AF05, se observa que la película de pintura no tiene buena adherencia con el sustrato. Como en este ensayo se pretende evaluar el desgaste en los materiales por el paso del tránsito y el efecto del agua, se recomienda en futuras aplicaciones de la metodología evaluar la adherencia con el sustrato en estudio y descartar los resultados en que se observe esta falla en la zona de ensayo. En la Figura 10, se muestran imágenes de las probetas con las pinturas AF01 y AF05 en las cuales se resalta que fue una falla habitual.

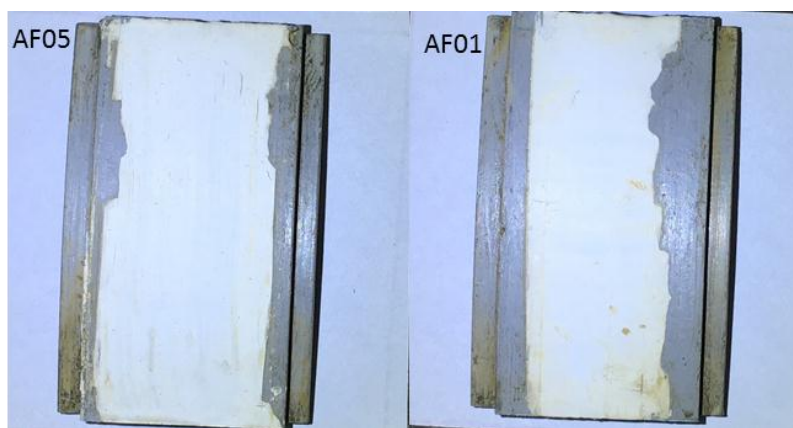


Figura 10. Muestras ensayadas que presentan fallas de adherencia con el sustrato.

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, en la Figura 11, se observa una comparación de la pérdida de peso en gramos relacionada al peso de pintura original de la misma muestra. Se resalta que, a pesar de que en algunos casos se agregó mayor cantidad de pintura, la pérdida de peso se mantiene en valores similares. Por otra parte, en el caso de la pintura base solvente se observan dos valores de referencia independiente del peso de pintura colocado.

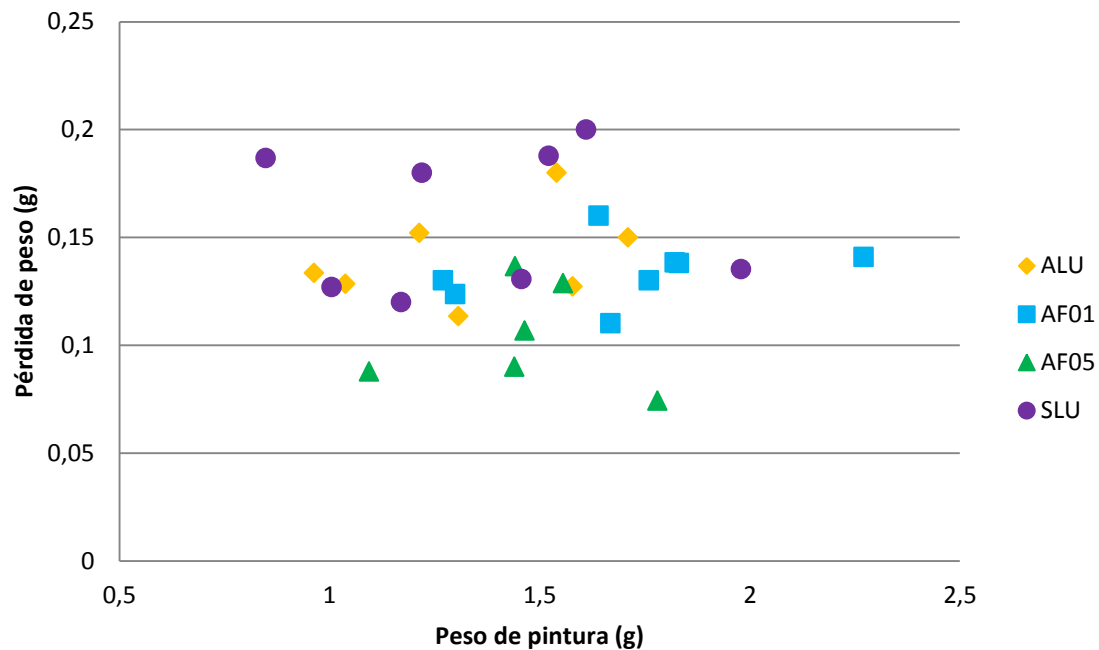


Figura 11. Variación de la pérdida de peso de pintura luego del ensayo de Pulimento Acelerado con respecto al peso de pintura colocado en cada muestra. Fuente: elaboración propia.

Si bien es necesario continuar con el ensayo de Pulimento Acelerado para determinar un valor límite, incluso con otros materiales de demarcación vial, se encuentra que es un ensayo que permite evidenciar el efecto del tránsito y el agua en las películas de pintura de demarcación vial. Es preciso destacar que este ensayo permite evaluar 14 muestras en las mismas condiciones.

4. Conclusiones

Se implementa el ensayo de Pulimento Acelerado, encontrando en el mismo una herramienta eficaz en la valoración de los materiales, tanto por la rapidez del ensayo/adquisición de los resultados como por la posibilidad de ensayar varias pinturas simultáneamente bajo las mismas condiciones.

En estas primeras experiencias se observa un mejor comportamiento, con una menor pérdida de peso, en las pinturas acrílicas base acuosa, principalmente con la pintura AF05. Por otro lado, se registran valores mayores de pérdida en las pinturas acrílicas estirenadas base acuosa y base solvente. Estas últimas, son las que presentan un menor contenido de sólidos en peso en su composición.

Si bien, es necesario continuar con la experiencia, se observa que en cada uno de los materiales la pérdida de peso mantiene cierta tendencia a los valores encontrados. Se resalta que algunos materiales han tenido problemas de adherencia por lo que se recomienda junto con los resultados

realizar una comparación visual, con el fin de acreditar que la pérdida de peso se debe al desgaste sobre la pintura y no a una pérdida de la película de pintura por falla de adherencia.

5. Bibliografía

- [1] MOUTON, Yves. Organic materials in civil engineering. John Wiley & Sons, 2013. Mouton,(2013) apud BABIC, D., BURGHARDT, T., BABIC, D., “Application and characteristics of waterborne road marking paint”, International Journal for Traffic and Transport Engineering, v. 5, n. 2, pp. 150-169, Jun. 2015.
- [2] Norma UNE-EN 1824/2012 “Materiales para señalización vial horizontal. Pruebas de campo.”
- [3] Norma UNE-EN 13197/2012 “Materiales para señalización vial horizontal. Simulador de desgaste. Mesa giratoria.”
- [4] Mouton, Yves. Organic materials in civil engineering. John Wiley & Sons, 2013.
- [5] Norma IRAM 1221/2018 “Recubrimiento para demarcación de pavimentos. Pintura vial retrorreflectante y no retrorreflectante”.
- [6] Norma UNE 135203-2/10 “Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Materiales. Ensayos de abrasión en laboratorio. Parte 2: Determinación de la resistencia a la abrasión mediante el método de caída de un abrasivo.”
- [7] Norma UNE 135203-1/2010 “Equipamiento para la señalización vial. Señalización horizontal. Materiales. Ensayos de abrasión en laboratorio. Parte 1: Determinación de la resistencia a la abrasión mediante el método Taber.”
- [8] Norma UNE EN 12802/2012 “Materiales para señalización vial horizontal. Métodos de laboratorio para la identificación.”
- [9]. Chicago Society for Coatings Technology. Infrared Spectroscopy Committee. An infrared spectroscopy atlas for the coatings industry. Federation of Societies for Coatings Technology, 1980”.
- [10] NLT-174/93 “Pulimento acelerado de los áridos”.