

BOLETÍN TÉCNICO

PITRA-LanammeUCR

Volumen 13, N.º 7, Octubre 2022

Evaluación de la compatibilidad entre materiales de demarcación vial horizontal para la redemarcación sobre marcas existentes en carreteras de Costa Rica

Ing. Sandra Solórzano Murillo

✉ sandra.solorzanomurillo@ucr.ac.cr

Jay Pérez Castrillo

✉ jay.perez@ucr.ac.cr

Juan Pablo Quesada Guerrero

✉ juan.quesadaguerrero@ucr.ac.cr

Unidad de Seguridad Vial y Transporte

Introducción

En Costa Rica y a nivel mundial, los accidentes de tránsito son un problema que desencadenan pérdidas económicas, sociales y de salud pública, provocando asimismo congestión vehicular, gastos en atención médica e incapacidades y otros. Por esta razón, es necesario proporcionar una infraestructura vial que sea segura para los usuarios; infraestructura que perdone los errores de los conductores, que sirva de guía al usuario y que regule la forma en que cada uno de estos la utiliza.

Por esto, la señalización (o demarcación) horizontal es de las medidas de seguridad vial más importantes, debido a que guía e informa al usuario que circula por la vía. Sin embargo, este tipo de marcas se encuentran expuestas a factores climáticos, de tránsito vehicular y de geometría de la vía que afectan su durabilidad y disminuyen su visibilidad. Cuando el desempeño de las señales horizontales ya no es el adecuado, es posible aplicar un nuevo material sobre las marcas existentes en la carpeta de ruedo, siempre que los dos materiales sean compatibles entre sí, de tal manera que la vía se mantenga en condiciones adecuadas para los usuarios.

Por tal razón, se realizó el estudio utilizando como indicadores del desempeño de los materiales, la retrorreflectividad y la adherencia entre las cuatro combinaciones posibles entre la pintura base solvente y el material termoplástico, con el fin de identificar la factibilidad de compatibilidad entre los materiales.

Metodología

Para definir cuándo es necesario realizar una demarcación, se evalúan dos criterios: la retrorreflectividad y el nivel de desgaste. El primer criterio se lleva a cabo de acuerdo con las normas INTE Q36 e INTE Q46 para garantizar la evaluación de la retrorreflectividad de los tramos seleccionados. De acuerdo con la normativa nacional se establece un mínimo de retrorreflectividad para el color blanco y amarillo de 300 mcd/m²/lx y 250 mcd/m²/lx respectivamente en material termoplástico, así como de 250 mcd/m²/lx y de 200 mcd/m²/lx respectivamente en material pintura base solvente. Estos requisitos se consideraron para el análisis de los resultados obtenidos en la aplicación de las diferentes tecnologías.

El segundo criterio es una valoración visual que se enfoca en la durabilidad de las marcas, esto debido a que determina la cantidad de material de demarcación que permanece adherida a la superficie del pavimento y que afecta tanto la visibilidad diurna, como nocturna (Texas Transportation Institute, 2003, citado en Quesada, J., 2021). El desgaste de las señales se analizó de acuerdo con la norma ASTM D913 que establece estándares fotográficos con los que se pueden realizar las comparaciones.

Para llevar a cabo la evaluación de la señalización se seleccionaron cuatro tramos de prueba para el análisis de campo de cada una de las combinaciones de los materiales establecidas en la matriz de compatibilidad para nuestro país, esto en coordinación con las instituciones interesadas en el desarrollo del proyecto.

Una vez seleccionados los tramos, se realizaron levantamientos geométricos en cada una de las secciones que se evaluarían con el fin de determinar las dimensiones de cada uno de los elementos viales, incluyendo el tamaño de las señales horizontales existentes en la superficie de rueda.

Posteriormente, se procedió a realizar las labores de redemarcación con el fin de aplicar las combinaciones de materiales en los tramos seleccionados, para luego, realizar mediciones de retrorreflectividad a los 14 días, 1 mes, 2 meses, 3 meses y 6 meses posteriores a la aplicación del material en el pavimento. Los datos se obtuvieron utilizando dos retrorreflectómetros horizontales: un LTL-XL Delta y un Classic EasyLux).

Para evaluar la adherencia entre capas se utilizó la norma ASTM D4541, la cual establece el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia a la tensión de una o varias capas de material. Para el caso específico del material termoplástico, INTECO define un procedimiento de ensayo para determinar la fuerza de adherencia en la norma INTE Q43. Para aplicar el protocolo citado se extrajeron bloques de la carpeta asfáltica con muestras contenidas de la demarcación original o envejecida, tanto de color blanca como amarilla en ambos materiales a evaluar termoplástico y pintura base solvente. Los resultados de adherencia se analizaron en función del esfuerzo en tensión promedio en unidades kPa y el tipo de falla entre las diferentes capas determinadas como adhesiva o cohesiva. Cabe indicar, que, los resultados de adherencia no se pudieron evaluar contra un valor mínimo, ya que a nivel nacional no existe aún un requisito establecido, pero se evaluó contra el resultado obtenido de la aplicación de la demarcación respectiva directamente al sustrato. En la siguiente imagen se describen las fallas posibles para la designación de capas.

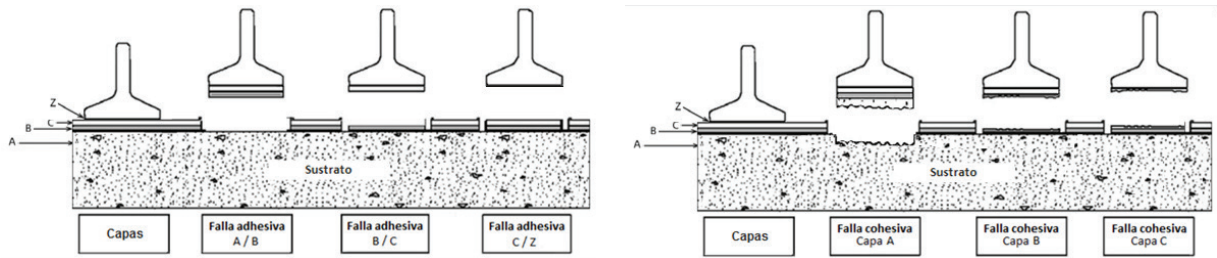


Figura 1. Diagrama para la designación de capas y descripción de fallas adhesivas y cohesivas

Nota: Modificada a partir de ASTM, 2012

Además, se monitoreó la aparición de algún tipo de deterioro en las señales horizontales con el fin de observar la evolución del desgaste de la demarcación.

Resultados

La ubicación de los cuatro tramos seleccionados para realizar las pruebas en campo se detalla en la siguiente tabla, así como la combinación aplicada en cada uno:

Tabla 1. Ubicación de tramos de pruebas en campo

Tramo	Combinación aplicada
Ruta Nacional 109: Saint Francis College	Termoplástico sobre pintura base solvente
Ruta Nacional 121: San Rafael de Escazú	Termoplástico sobre termoplástico
Ruta Nacional 109: Cementerio de Moravia	Pintura base solvente sobre pintura base solvente
Ruta Nacional 251: Pinares de Curridabat	Pintura base solvente sobre termoplástico

Nota: Tomado de (Quesada, 2021)

1. Termoplástico sobre pintura base solvente: Ruta Nacional 109: Saint Francis College

En el gráfico de la Figura 2 se puede observar que el material blanco tuvo un comportamiento satisfactorio a lo largo de los meses de evaluación, ya que los valores medidos en campo superaron el valor mínimo de 300 mcd/m²/lx de retrorreflectividad requerido inicialmente y se mantuvo por encima durante el periodo de monitoreo de los 180 días.

En el caso de la señalización amarilla se observa un comportamiento atípico, esto a raíz de los problemas presentados durante la aplicación de las microesferas de vidrio sobre el termoplástico aplicado. Sin embargo, pasados los 180 días se observa una mejora en el comportamiento debido a que, con el tiempo, las microesferas contenidas en la composición del termoplástico quedan expuestas conforme se desgasta el material debido a la abrasión de los vehículos, al proceso de envejecimiento y a la exposición a la intemperie.

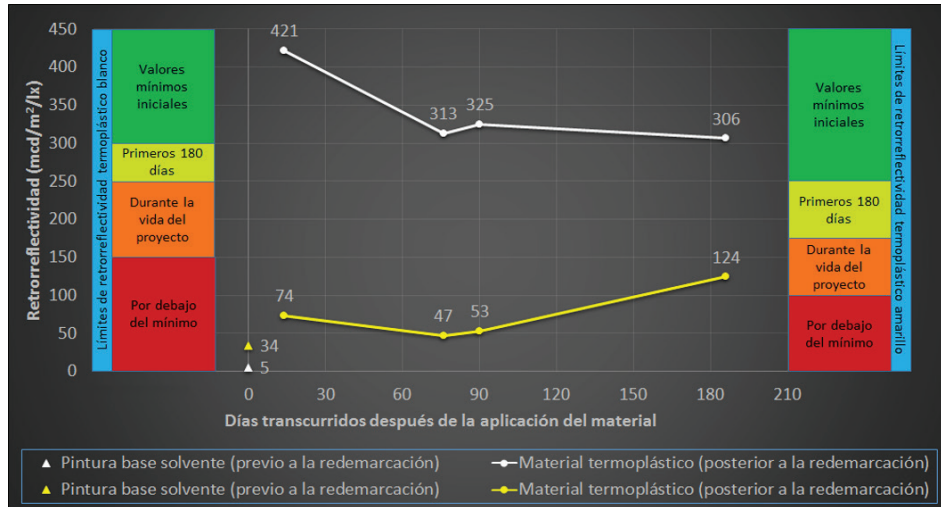
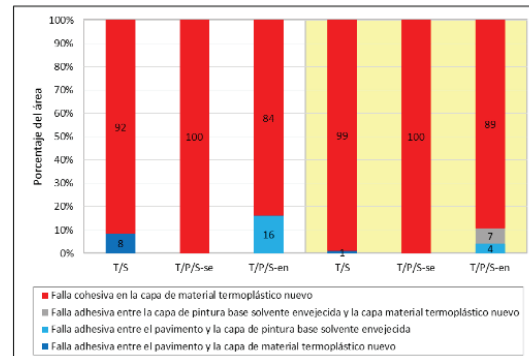
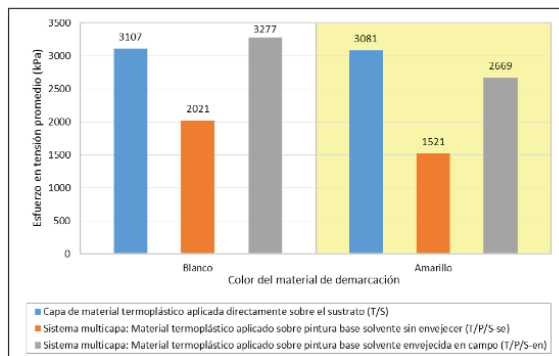


Figura 2. Comportamiento de la retroreflectividad para color blanco y amarillo en tramo Saint Francis College

Nota: Tomado de (Quesada, 2021).

Con relación a los resultados obtenidos del ensayo de adherencia en el gráfico de la Figura 3-A, se representan los resultados de la evaluación cuantitativa en función del esfuerzo en tensión promedio (kPa) para una aplicación de termoplástico sobre el pavimento sin sellador, una aplicación multicapa de termoplástico sobre pintura base solvente sin envejecer y el sistema multicapa de material termoplástico aplicado sobre pintura base solvente envejecida. Para las tres probetas de color blanco se superan los 2 000 kPa, incluso en la aplicación sobre pintura base solvente envejecida se obtuvieron los mayores resultados superando los 3 277 kPa. En el color amarillo se observó que los resultados superaron los 1 500 kPa en las tres aplicaciones; sin embargo, la aplicación de termoplástico sobre el sustrato sin sellador presentó el mayor resultado, superando los 3 081 kPa. En cuanto a la evaluación cualitativa de la compatibilidad, tanto para el color blanco como el amarillo de acuerdo con la Figura 3B, la falla cohesiva representó en los tres casos evaluados la mayoría de las fallas observadas.



A. Resultados de la evaluación cuantitativa de la compatibilidad para la combinación de material termoplástico sobre pintura base solvente.

B. Resultados de la evaluación cualitativa de la compatibilidad para la combinación de material termoplástico sobre pintura base solvente.

Figura 3. Resumen de resultados cuantitativos y cualitativos de la evaluación de compatibilidad para la combinación de material termoplástico sobre pintura base solvente

Nota: Tomado de (Quesada, 2021).

Como se indicó en la metodología, se aplicó la norma ASTM D913 para evaluar los cambios significativos en el periodo de estudio y se determinó que en las líneas amarillas de esta combinación es más difícil visualizar algún cambio significativo; sin embargo, no se presentaron fallas por desprendimiento, grietas ni daños prematuros que pudieran estar relacionadas con la incompatibilidad del material, tal y como se evidencia en las fotografías de la Figura 4, las cuales se presentan a manera de ejemplo para este primer caso de análisis. En el caso del material blanco se observa en la Figura 4 cómo las líneas se oscurecieron un poco con el tiempo, esto debido a la acumulación de polvo, suciedad, condiciones climáticas y marcas de las llantas de los vehículos; no obstante, esto no se relaciona con la incompatibilidad del material con la superficie.

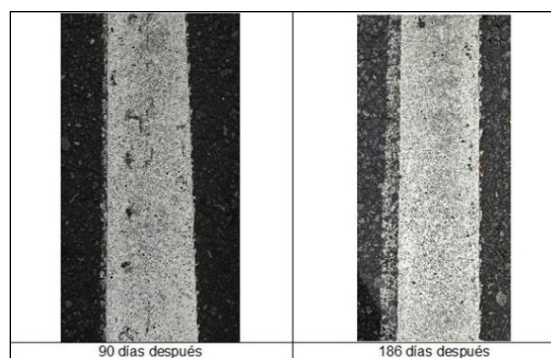
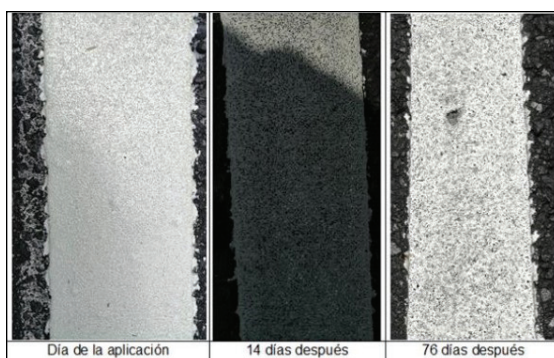
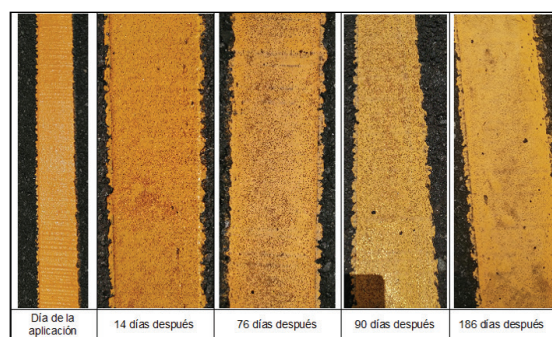


Figura 4. Evolución del desgaste de las marcas para color blanco y amarillo en tramo Saint Francis College

Nota: Tomado de (Quesada, 2021).

2. Termoplástico sobre termoplástico: Ruta Nacional 121: San Rafael de Escazú

En el gráfico de la Figura 5 se observa que ninguno de los dos colores de material termoplástico cumplió con los valores mínimos iniciales de retrorreflectividad establecidos para Costa Rica, esto debido a problemas presentados durante la aplicación del material, por lo que la tasa de riego de microesferas de vidrio superficial y su uniformidad no fueron las adecuadas. Sin embargo, pasados los 180 días se observa una mejora en el comportamiento debido a las microesferas contenidas en el termoplástico de color amarillo.

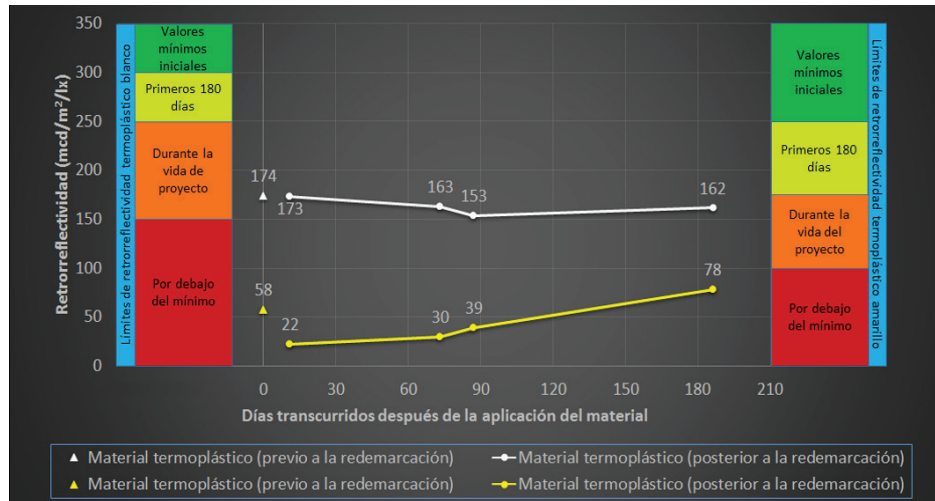
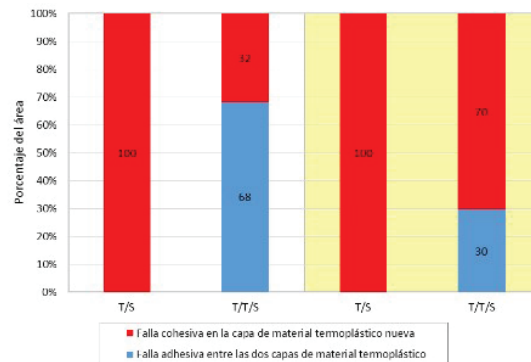
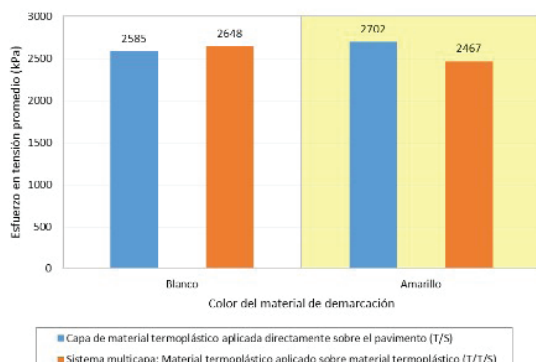


Figura 5. Comportamiento de la retroreflectividad para color blanco y amarillo en tramo San Rafael Escazú

Nota: Tomado de (Quesada, 2021).

Con relación a los resultados obtenidos del ensayo de adherencia en el siguiente gráfico de la Figura 6-A, se muestran los resultados de la evaluación cuantitativa en función del esfuerzo en tensión promedio (kPa) para una aplicación de termoplástico sobre el pavimento sin sellador y una aplicación de la capa de termoplástico sobre la capa de material termoplástico envejecida; para ambas situaciones se supera en ambos colores los 2 450 kPa. En cuanto a la evaluación cualitativa de la compatibilidad, tanto para el color blanco como el amarillo, en la probeta de termoplástico sobre el pavimento asfáltico la falla al 100% se consideró cohesiva mientras que en la probeta de termoplástico sobre termoplástico envejecido en el color blanco, la falla adhesiva representó un 68 % y en el color amarillo la falla representativa fue el tipo cohesiva con un 70 %, según los resultados representados en la Figura 6-B.



A. Resultados de la evaluación cuantitativa de la compatibilidad para la combinación de material termoplástico sobre termoplástico.

B. Resultados de la evaluación cualitativa de la compatibilidad para la combinación de material termoplástico sobre termoplástico.

Figura 6. Resumen de resultados cuantitativos y cualitativos de la evaluación de compatibilidad para la combinación de material termoplástico sobre termoplástico

Nota: Tomado de (Quesada, 2021).

En cuanto a la aplicación de la evaluación visual en campo, en el caso de las líneas de color blanco según la evaluación realizada a los 11 días después de la aplicación del material mostró la existencia de ciertas grietas en el material, sin embargo, tras el análisis respectivo se determina que esta falla es producto de un reflejo de grietas existentes en el pavimento, por lo tanto, no está relacionada con la incompatibilidad del material.

De manera similar a casos anteriores, se observa que, con el paso de los días, las líneas blancas se oscurecieron poco a poco, esto debido al polvo y cualquier otro tipo de suciedad en la superficie. A pesar de todo esto, no se encontró ninguna otra falla que pueda estar relacionada con la incompatibilidad del material.

Para las líneas amarillas no se encontró ningún tipo de falla por desprendimiento, grietas o algún otro tipo de daño prematuro relacionado con la incompatibilidad del material, únicamente se observaron manchas de color negro, producto de las marcas de las llantas de los vehículos, ya que muchos de estos transitan por encima de la demarcación.

3. Pintura base solvente sobre pintura base solvente: Ruta Nacional 109: Cementerio de Moravia

Del gráfico de la Figura 7 se extrae que la pintura color blanco obtuvo un comportamiento satisfactorio, ya que los valores iniciales superaron el requisito mínimo de retrorreflectividad y las evaluaciones a los 90 días y 180 días se ubicaron por encima del rango establecido. En el caso de la señalización amarilla, el desempeño no es sobresaliente en comparación con la pintura color blanco; sin embargo, en el periodo de evaluación los valores se mantuvieron entre los 142 mcd/m²/lx y 147 mcd/m²/lx. Los bajos resultados de retrorreflectividad de la pintura amarilla desde el inicio se deben a un problema experimentado con el equipo a la hora de aplicar las microesferas de vidrio sobre la pintura.

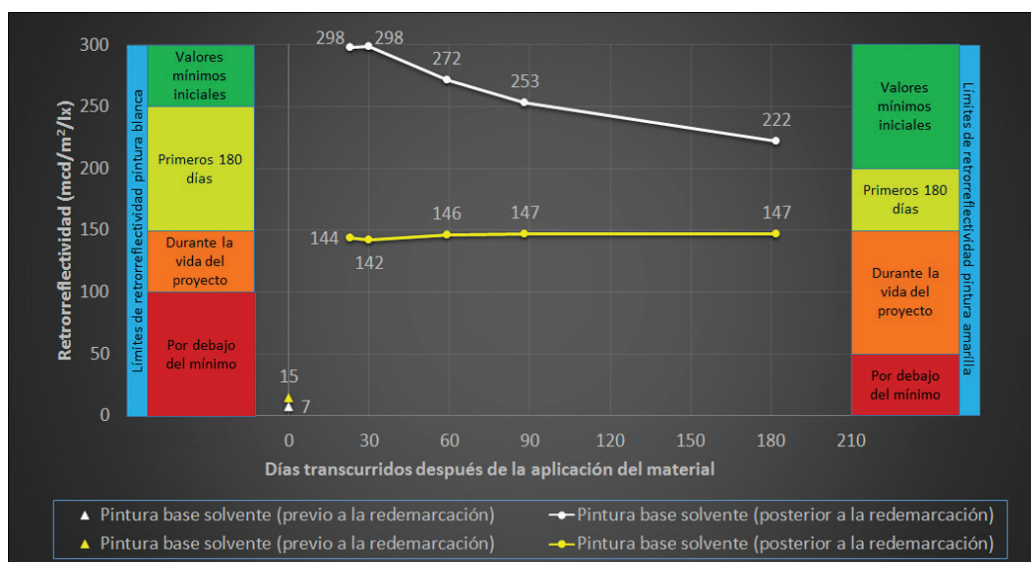
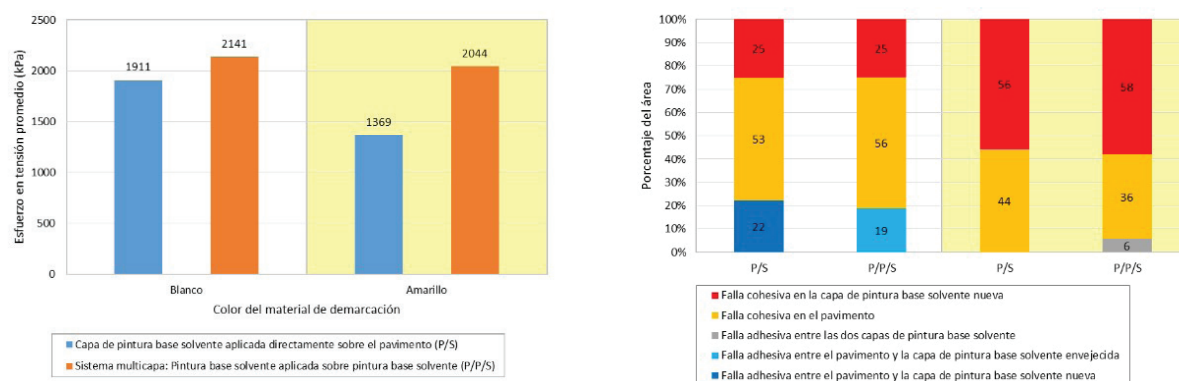


Figura 7. Comportamiento de la retrorreflectividad para color blanco y amarillo en tramo Cementerio de Moravia

Nota: Tomado de (Quesada, 2021).

En cuanto a la evaluación de adherencia de la combinación de pinturas base solvente sobre base solvente, se determinó que en ambos colores el esfuerzo en tensión promedio fue mayor para el sistema multicapa de pintura base solvente aplicada sobre la capa de pintura base solvente envejecida que el esfuerzo a tensión promedio de la capa de pintura aplicada directamente sobre el pavimento, tal como se observa en la Figura 8-A. Los resultados cualitativos mostraron que, en el color blanco, la falla predominante es la falla cohesiva en el pavimento, mientras que en el caso del color amarillo la falla predominante fue la falla cohesiva en la capa de pintura base solvente nueva o recién aplicada, sin embargo, a nivel cualitativo sus resultados superaron en todos los casos los 1 369 kPa.



A. Resultados de la evaluación cuantitativa de la compatibilidad para la combinación pintura base solvente sobre pintura base solvente.

B. Resultados de la evaluación cualitativa de la compatibilidad para la combinación pintura base solvente sobre pintura base solvente.

Figura 8. Resumen de resultados cuantitativos y cualitativos de la evaluación de compatibilidad para la combinación de pintura base solvente sobre pintura base solvente

Nota: Tomado de (Quesada, 2021).

Los resultados observados aplicando la evaluación visual, en el caso de la pintura color blanco, mostraron que las líneas se oscurecieron un poco con el tiempo debido a la acumulación de polvo, sustancias, suciedad y marcas de las llantas de los vehículos. Este comportamiento es consistente con la disminución de retrorreflectividad observada en la Figura 7. En cuanto a las líneas amarillas, es más difícil visualizar algún cambio significativo; sin embargo, se observó un oscurecimiento debido a la suciedad y marcas de las llantas de los vehículos. Nuevamente, este comportamiento no se atribuye a ningún tipo de incompatibilidad del material.

4. Pintura base solvente sobre termoplástico: Ruta Nacional 251: Pinares de Curridabat

En este caso se puede observar en la Figura 9 que, para ambos colores, se tuvo una tendencia similar en los resultados. Además, para ambos colores siempre se tuvo un resultado de retrorreflectividad dentro del rango establecido a nivel nacional para los primeros 180 días, por lo que se podría asegurar que no hay problemas de incompatibilidad entre la pintura base solvente sobre termoplástico, a pesar del resultado inicial del color amarillo.

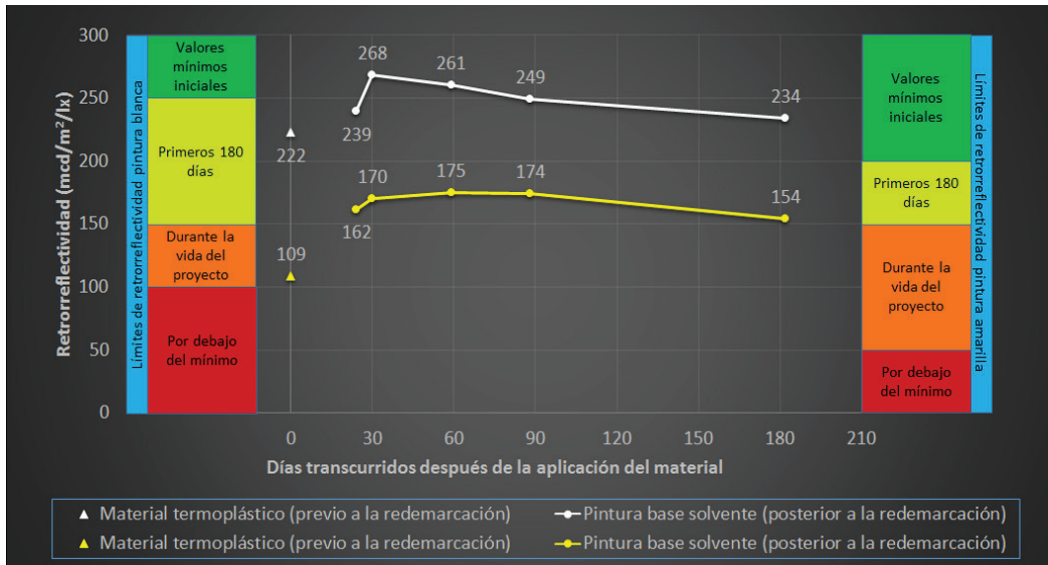
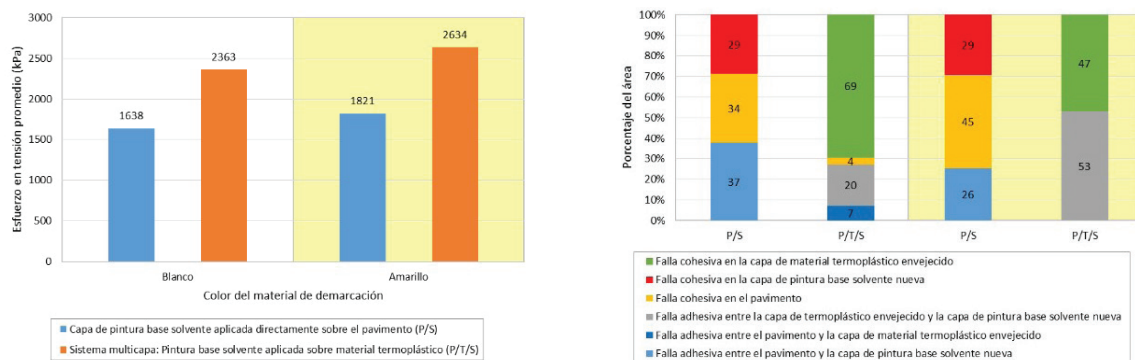


Figura 9. Comportamiento de la retroreflectividad para color blanco y amarillo en tramo Pinares de Curridabat

Nota: Tomado de (Quesada, 2021).

Sobre los resultados obtenidos de la evaluación cuantitativa de la pintura base solvente sobre el material termoplástico envejecido mostrados en la Figura 10-A, se puede concluir que el sistema multicapa presenta un mayor esfuerzo en tensión promedio superando los 2 360 KPa tanto para el color blanco como amarillo. Sin embargo, el análisis cualitativo presentó mayor variabilidad como se puede observar en la Figura 10-B, donde para el caso del color blanco de pintura sobre pavimento, la falla cohesiva en el pavimento y la falla adhesiva entre el pavimento y la capa de pintura base solvente nueva son las fallas mayormente presentes. Esto no fue el caso para la probeta de pintura color amarillo sobre el pavimento, donde se observa que las fallas más presentadas fueron la falla cohesiva en el pavimento y la falla cohesiva en la capa de pintura base solvente nueva. En el caso del sistema multicapa color blanco, la falla cohesiva en la capa de material termoplástico envejecido fue la más observada, mientras que para el color amarillo la falla más representativa fue la adhesiva.



A. Resultados de la evaluación cuantitativa de la compatibilidad para la combinación pintura base solvente sobre termoplástico.

B. Resultados de la evaluación cualitativa de la compatibilidad para la combinación pintura base solvente sobre termoplástico.

Figura 10. Resumen de resultados cuantitativos y cualitativos de la evaluación de compatibilidad para la combinación de pintura base solvente sobre material termoplástico.

Nota: Tomado de (Quesada, 2021).

A partir de la auscultación visual en campo, en el caso del material blanco, se observó cómo las líneas de demarcación se oscurecieron un poco con el tiempo debido a la acumulación de polvo, intemperismo, suciedad y marcas de las llantas de los vehículos. En las líneas amarillas es más difícil visualizar un cambio significativo; sin embargo, se observó un oscurecimiento debido al intemperismo y marcas de las llantas de los vehículos. Para ninguno de los dos casos se observaron fallas que pudieran estar relacionadas con la incompatibilidad del material.

Conclusiones

- *Con respecto a la combinación de material termoplástico sobre pintura base solvente:*

La evaluación de la retrorreflectividad determinó que las marcas color blanco tuvieron un desempeño satisfactorio al mantenerse por encima de los valores mínimos de aceptación establecidos a nivel nacional.

Las marcas de color amarillo, durante el periodo de evaluación, no cumplieron con los requisitos de retrorreflexión establecidos en el país. Sin embargo, estos problemas de desempeño no estaban asociados a la incompatibilidad de los materiales de demarcación, sino que fueron producto de limitaciones del equipo durante la aplicación del termoplástico que no permitieron el anclaje adecuado de las microesferas de vidrio esparcidas en la superficie de las marcas.

A partir de las inspecciones visuales realizadas en campo a las líneas amarillas y blancas no se encontraron fallas por desprendimiento, grietas ni ningún otro tipo de daño prematuro que mostrara indicios de incompatibilidad entre los materiales.

Los resultados del ensayo de adherencia demostraron que la existencia de una capa envejecida de pintura base solvente no afecta la adhesión del material termoplástico con la superficie (3 277 kPa para color blanco y 2 669 kPa para color amarillo), dado que al comparar este resultado con el esfuerzo que alcanza una capa de termoplástico aplicada sobre el pavimento (3 107 kPa para color blanco y 3 081 kPa para color amarillo). El análisis estadístico determinó que las diferencias entre las medias no son significativas.

Al realizar el ensayo de adherencia a un sistema multicapa de termoplástico sobre pintura base solvente nueva (100 % de material remanente) no se presentaron fallas de tipo adhesivo entre la capa de pintura y el pavimento que indicaran la existencia de una fuerza de retracción generada en la pintura por el enfriamiento del termoplástico colocado en la parte superior.

Para el caso de un sistema multicapa de termoplástico sobre pintura envejecida, el material termoplástico amarillo (2 669 kPa) demostró alcanzar un menor esfuerzo en tensión promedio de adherencia en comparación con el material termoplástico blanco (3 277 kPa).

- *Con respecto a la combinación de material termoplástico sobre termoplástico:*

La evaluación de la retrorreflectividad determinó que las marcas color blanco y amarillo no cumplieron con los requisitos de retrorreflexión establecidos en el país. Sin embargo, estos problemas de desempeño no estaban asociados a la incompatibilidad de los materiales de demarcación, sino que fueron producto de limitaciones del equipo durante la aplicación del termoplástico que no permitieron el anclaje adecuado de las microesferas de vidrio esparcidas en la superficie de las marcas.

A partir de las inspecciones visuales realizadas en campo a las líneas amarillas y blancas no se encontraron fallas por desprendimiento, grietas ni ningún otro tipo de daño prematuro que mostrara indicios de incompatibilidad entre los materiales.

Los resultados del ensayo de adherencia demostraron que la existencia de material termoplástico envejecido no afecta la adhesión de una capa nueva de termoplástico con la superficie (2 648 kPa para color blanco y 2 467 kPa para color amarillo), al compararse este resultado con el esfuerzo alcanzado por una capa de termoplástico aplicada sobre el pavimento (2 585 kPa para color blanco y 2 702 kPa para color amarillo). Estadísticamente se determinó que las diferencias entre las medias de estos resultados no son representativas.

- *Con respecto a la combinación de material pintura base solvente sobre pintura base solvente:*

La evaluación de la retrorreflectividad determinó que las marcas color blanco tuvieron un desempeño satisfactorio al mantenerse dentro de los rangos de aceptación establecidos a nivel nacional.

Las marcas de color amarillo, durante el periodo de evaluación, no cumplieron con los requisitos de retrorreflexión establecidos en el país. Sin embargo, estos problemas de desempeño no estaban asociados a la incompatibilidad de los materiales de demarcación, sino que fueron producto de fallas del equipo durante la aplicación de la pintura que no permitieron una adecuada distribución de las microesferas de vidrio en la superficie de las señales.

A partir de las inspecciones visuales realizadas a las líneas amarillas y blancas no se encontraron fallas por desprendimiento, grietas ni ningún otro tipo de daño prematuro que mostrara indicios de incompatibilidad entre los materiales.

Los resultados del ensayo de adherencia demostraron que la existencia de marcas de pintura base solvente envejecidas no afecta la adhesión de una nueva capa pintura base solvente con la superficie. Incluso, para el caso de las marcas amarillas, se determinó que la existencia de la capa de pintura envejecida aumenta el valor promedio de esfuerzo de adherencia (2 044 kPa) respecto a los valores obtenidos de la medición realizada a una misma capa de pintura base solvente aplicada directamente sobre el pavimento (1 369 kPa).

- *Con respecto a la combinación de material pintura base solvente sobre termoplástico:*

Las marcas no cumplieron con los valores mínimos de retrorreflectividad inicial, pero siempre se encontraron por encima de los requisitos mínimos establecidos para los 180 días y el comportamiento de los datos tampoco mostró indicios de incompatibilidad entre los materiales.

A partir de las inspecciones visuales realizadas en campo a las líneas amarillas y blancas, no se encontraron fallas por desprendimiento, grietas ni ningún otro tipo de daño prematuro que indicara la incompatibilidad de los materiales.

Los resultados del ensayo de adherencia demostraron que la existencia de material termoplástico envejecido no afecta la adhesión de una nueva capa de pintura base solvente con la superficie (2 363 kPa para color blanco y 2 634 para color amarillo) si se compara con el esfuerzo que alcanza una misma capa de pintura aplicada directamente sobre el pavimento (1 638 kPa para color blanco y 1 821 para color amarillo). Por el contrario, mejoraron los valores de esfuerzo de la capa de pintura al suministrar un sustrato más rígido que evita el desprendimiento de la pintura debido a fallas cohesivas en el pavimento.

Recomendaciones

- Se recomienda extender el tiempo de monitoreo de las mediciones de retrorreflectividad y de manera periódica, para documentar de forma más completa la degradación de la retrorreflexión de las diferentes combinaciones de materiales de demarcación vial estudiadas.
- Realizar nuevos ensayos de adherencia para cada una de las combinaciones de materiales de la matriz de compatibilidad para Costa Rica, de tal forma que se aumente el tamaño de muestra en cada caso y así, disminuir la variabilidad de los resultados.
- En el caso de las combinaciones termoplástico sobre pintura base solvente y termoplástico sobre termoplástico, se recomienda realizar ensayos de adherencia con una capa de *primer* o sellador, de tal forma, que se pueda establecer si este material incrementa los valores de esfuerzo que pueda alcanzar la capa de termoplástico colocada en la superficie.
- Investigar si las fallas de retrorreflectividad que se presentaron en las señales termoplásticas amarillas están directamente relacionadas con el material, es decir, realizar un estudio que permita determinar si el material utilizado no permite el adecuado anclaje de las microesferas de vidrio.
- Se recomienda realizar una investigación desde un enfoque químico que permita establecer si los pigmentos utilizados para dar color al termoplástico amarillo disminuyen la rigidez del material en comparación con el termoplástico blanco.

Bibliografía

- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2017). *ASTM D4541-17: Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*. Pensilvania, Estados Unidos de América.
- American Society for testing and Material (ASTM). (2012). *ASTM D7234-12: Standard Test Method for Pull-Off Adhesion Strength of Coatings on Concrete Using Portable Pull-Off Adhesion Testers*. Pensilvania, Estados Unidos de América.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2015). *ASTM D913-15: Standard Test Method for Evaluating Degree of Traffic Marking Line Wear*. Pensilvania, Estados Unidos de América.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2014). *INTE Q36:2014: Método de ensayo para la evaluación de la demarcación vial horizontal*. San José, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2017). *INTE Q43:2017: Fuerza de adhesión de materiales termoplásticos para la señalización vial*. San José, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2017). *INTE Q46: Guía de buenas prácticas para la demarcación vial horizontal*. San José, Costa Rica.
- American Society for testing and Material (ASTM). (2012). *ASTM D7234-12: Standard Test Method for Pull-Off Adhesion Strength of Coatings on Concrete Using Portable Pull-Off Adhesion Testers*. Pensilvania, Estados Unidos de América.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2015). *ASTM D913-15: Standard Test Method for Evaluating Degree of Traffic Marking Line Wear*. Pensilvania, Estados Unidos de América.

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2017). *ASTM D4541-17: Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*. Pensilvania, Estados Unidos de América.

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2017). *ASTM D4541-17: Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*. Pensilvania, Estados Unidos de América.

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2014). *INTE Q36:2014: Método de ensayo para la evaluación de la demarcación vial horizontal*. San José, Costa Rica.

Quesada, J. (2021). *Evaluación de la compatibilidad entre materiales de demarcación vial horizontal para la redemarcación sobre marcas existentes en carreteras de Costa Rica [Tesis de Licenciatura]*. Universidad de Costa Rica. San José.



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA Programa de Infraestructura del Transporte

Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, M.Sc.
Coordinadora General - Programa de Infraestructura del Transporte

Unidad de Seguridad Vial y Transporte (USVT)

Ing. Javier Zamora Rojas, M.Sc.
Coordinador USVT

Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT)

Ing. Raquel Arriola Guzmán, M.Sc.
Coordinadora UNAT

Unidad de Investigación en Infraestructura del Transporte (UIIT)

Ing. Fabián Elizondo Arrieta, MBA.
Coordinador UIIT

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN)

Ing. Roy Barrantes Jiménez, M.Sc.
Coordinador UGERVN

Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Ing. Erick Acosta Hernández
Coordinador UGM

Comité Editorial 2022:

- Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, M.Sc., Coordinadora General PITRA
- Ing. Raquel Arriola Guzmán, M.Sc., Unidad de Normativa y Actualización Técnica, PITRA
- Rosa Isella Cordero Solano, Unidad de Normativa y Actualización Técnica, PITRA

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diagramación: Licda. Daniela Martínez Ortiz

Control de calidad: Óscar Rodríguez Quintana

Evaluación de la compatibilidad entre materiales de demarcación vial horizontal para la redemarcación sobre marcas existentes en carreteras de Costa Rica

Palabras clave: señalización, demarcación vial, señalamiento horizontal, seguridad vial

(506) 2511-2500

✉ dirección.lanamme@ucr.ac.cr • 🌐 www.lanamme.ucr.ac.cr