



3M Ciencia.
Aplicada a la vida.™

Retroreflexión fiable en condiciones de humedad, cuando los conductores más la necesitan.

Ayude a los conductores a llegar a casa de manera segura con marcas viales retroreflectantes de pavimento en condiciones de humedad continua.

Marcas viales en el pavimento de día, líneas de vida de noche.

¿Sabía que, en promedio, solo conducimos el 25% por la noche, y sin embargo el 50% de las muertes por accidentes de tráfico ocurren después del anochecer? Sin mencionar que cuando llueve, aumentan las posibilidades de estar involucrado en un accidente.

Por eso es importante el tipo de señalización horizontal que usted elija. Las marcas viales retrorreflectantes que no se ven en condiciones húmedas no reflejan la luz a los conductores por la noche cuando llueve, lo que prácticamente las hace desaparecer. Esto no tiene porque ser así: hoy en día existe una solución disponible que permite a los conductores ver las marcas viales en condiciones de oscuridad y lluvia.

Este libro electrónico le ayudará a comprender los beneficios de las marcas viales retrorreflectantes para condiciones de humedad continua en lugar de apegarse a las marcas viales estándar, y cómo, al final del día, la opción es clara y el momento de actuar es ahora.

Índice

Definición del problema	3
El coste de la complacencia	5
El impacto en la seguridad de las marcas viales retrorreflectantes para condiciones de humedad	6
La ciencia de la óptica	8
Métodos de prueba de las Marcas viales retrorreflectantes de pavimento para condiciones de humedad	10
Especificaciones de rendimiento	11
Conclusión	12
Fuentes y lecturas recomendadas	13

Porque importan las marcas viales retrorreflectantes de pavimento en condiciones de humedad.

La diferencia entre las marcas viales de pavimento que se ven en condiciones de humedad, y las que no se ven.

Es fácil ver la señalización horizontal en el pavimento en un día brillante y soleado. Incluso las marcas viales más viejas y desgastadas pueden proporcionar a los conductores suficiente orientación en circunstancias ideales. ¿Pero qué sucede por la noche o durante una tormenta cuando el agua de la lluvia llega a cubrir la carretera? En este tipo de condiciones, las marcas viales retrorreflectantes de pavimento que no se ven en condiciones de humedad desaparecen, lo que reduce la visibilidad del conductor y aumenta su incomodidad³, los sistemas de orientación de carril de vehículos conectados y automatizados (CAV, por sus siglas en inglés) son menos efectivos^{4,5} y existe un mayor riesgo de accidentes⁶. Por este motivo, el tipo de señalización horizontal que elija es fundamental para ayudar a mantener a los conductores seguros en los días soleados y en las noches oscuras y tormentosas, especialmente cuando se tiene en cuenta el cambio en los datos demográficos del conductor, como por ejemplo, el aumento de conductores en edad avanzada con limitaciones de visión.

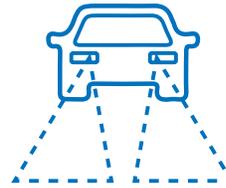
Recientemente, desde el 2014 al 2016, el Departamento de Transporte de Georgia (EEUU) observó una tendencia sorprendente.

“Vimos un aumento en el número de muertes en todo el estado de Georgia. Cuando evaluamos los datos, vimos que una gran cantidad de esas muertes ocurrían en condiciones de humedad y nocturnidad en todo el estado, por lo que sabíamos que necesitábamos colocar

productos en las carreteras que influyeran de forma directa en esa tendencia para finalmente intentar disminuir esos números”, dijo Andrew Heath, ingeniero de tránsito del Departamento de Transporte (DOT) del estado de Georgia.

Con muchas autoridades viales que hoy adoptan un enfoque hacia la seguridad vial con cero muertes, es de suma importancia comprender la correlación entre la oscuridad, las condiciones de lluvia y de humedad, y los accidentes.

Por la noche, en condiciones de lluvia, desaparecen las marcas viales retrorreflectantes del pavimento que no se ven en condiciones de humedad, lo que genera lo siguiente:



Reducción de la visibilidad del conductor³



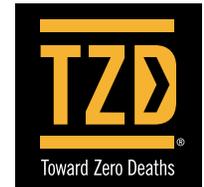
Aumento de la incomodidad del conductor³



Sistemas de orientación de carril de vehículos conectados y automatizados (CAV) menos efectivos^{4,5}



Aumento del riesgo de accidentes⁶



Obtenga más información en el video del estudio de caso de Georgia.

- [Ver video](#)



“... un gran número de esas muertes ocurrían en condiciones de humedad y nocturnidad...”

Andrew Heath, ingeniero de tránsito del Departamento de Transporte (DOT) del estado de Georgia



La diferencia es el día y la noche, y la noche lluviosa.

Podemos explicarle la gran diferencia que demuestran las marcas viales de pavimento que usted ha elegido cuando oscurece y llueve, pero puede ser más impactante si se la mostramos.

Lo que ven los conductores:



Condiciones secas durante el día

Tanto la flecha blanca como la línea blanca central (fabricadas ambas con material non-wet – material no retrorreflectante en condiciones de humedad), como la línea lateral amarilla (de material retrorreflectante para condiciones de humedad) son visibles.



Condiciones secas durante la noche

Ambos tipos de marcas viales son visibles en condiciones nocturnas secas.



Lluvia durante la noche

Mientras que la flecha y la línea central casi desaparecen, la marca lateral amarilla de material retrorreflectante para condiciones de humedad permanece visible.

Como se puede ver, parte de las marcas viales horizontales de material no retrorreflectante en condiciones de humedad prácticamente desaparecen en la oscuridad cuando llueve, lo que hace que el conductor no se de cuenta de que en el próximo carril hay un giro a la izquierda.

Con poblaciones diversas y de edades avanzadas, los vehículos automatizados y con asistencia al conductor y nuevos conductores inexpertos que convergen en las carreteras, tener marcas viales en el pavimento que sean visibles tanto para las personas como para las cámaras de automóviles en una amplia gama de condiciones es más importante que nunca.

¿En qué sector de la carretera preferiría conducir?

Vea la diferencia que muestran las marcas viales retrorreflectantes para condiciones de humedad.

• [Ver video](#)

Las estadísticas lo dicen todo.

Hay mucho en juego: conozca los números.

En 2017, 6952 personas murieron en accidentes en las carreteras de EE. UU. en condiciones de lluvia. A pesar de que solo el 25% de los viajes ocurren de noche, un asombroso 55% (o 3811) de esas muertes ocurrieron de noche o en condiciones de poca luz.⁶

Las condiciones de lluvia y luz son un factor sobreagregado a los riesgos de accidentes. Un estudio de 2015 realizado en Texas investigó la variabilidad temporal y espacial del riesgo relativo de accidentes debido a las condiciones de lluvia en todo el estado.

Los investigadores descubrieron que la lluvia aumentó el riesgo de accidentes en todo el estado en aproximadamente un 57%, y las condiciones nocturnas la incrementaron hasta un 80%.²



1,25 millones

de vidas perdidas a nivel mundial por año se deben a accidentes de tráfico

Fuente: OMS (WHO) Lesiones de tránsito, enero de 2018.



49% de accidentes fatales

sucede por la noche, a pesar de que la mayoría del tráfico está en la carretera durante el día.

Fuente: Forbes. Los momentos más peligrosos para conducir, enero de 2009.

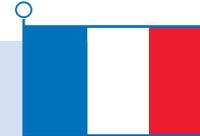
Número de muertes en vehículos de motor por la noche bajo la lluvia, 2017



Estudios sobre accidentes en Francia

En Francia, se llevaron a cabo estudios similares de datos de accidentes en los últimos 12 años. Adaptado para la densidad de tráfico promedio en Francia (el 90% del tránsito circula durante el día), el análisis estadístico demostró que conducir de noche aumentó 3,5 veces el riesgo de un accidente con lesiones y 6 veces el riesgo de un accidente mortal (en comparación con la conducción durante el día). Por la noche y con lluvia, esos números suben a 7,7 veces y 10 veces respectivamente.⁷

Se ha demostrado que aumentar la visibilidad de las señalizaciones en el pavimento, especialmente en condiciones de oscuridad o lluvia y humedad, reduce los accidentes.⁸ Y las estadísticas muestran que los conductores tienen muchas más probabilidades de verse involucrados en un accidente nocturno o de conducir en carreteras mojadas y lluviosas. Mejorar las carreteras para ayudar a los conductores a conducir mejor, estas condiciones pueden generar reducción de: accidentes, lesiones, muertes y costes.



Conducir de noche con lluvia ligera o fuerte, aumenta el riesgo de accidentes relacionados con lesiones

7,7 veces

y el riesgo de accidentes fatales

10 veces

en comparación con la conducción durante el día

Fuente: BAAC (base de datos francesa de tráfico en carretera, datos publicados por el gobierno).

La investigación de terceros sugiere que las marcas viales retrorreflectantes para condiciones de humedad reducirán los accidentes.

En la actualidad, los conductores humanos confían en marcas viales efectivas en el pavimento y continuarán haciéndolo en el futuro.

Más de la mitad de todos los automóviles vendidos en los EE. UU. en los últimos años contaban con tecnologías automatizadas como sistemas de advertencia de cambio de carril, pero a los vehículos aún los manejan en gran medida conductores humanos. Cualquier solución de señalización del pavimento debe seguir siendo visible en todas las condiciones climáticas para ayudar a mantenerlos seguros, al igual que a otros conductores en las carreteras.

En 2015, la Autoridad Federal de Carreteras de EE. UU. llevó a cabo una evaluación rigurosa antes y después de las marcas viales retrorreflectantes para condiciones de humedad utilizadas en Minnesota, Carolina del Norte y Wisconsin para desarrollar los factores de modificación de accidentes (CMF, por sus siglas en inglés) recomendados. El CMF recomendado para accidentes con lesiones en carreteras de varios carriles es de 0,595 y en autopistas es de 0,881, lo que sugiere una reducción de un 40% y un 12% respectivamente en este tipo de accidentes después de implementar marcas viales de pavimento retrorreflectantes en condiciones de humedad.⁸

Del mismo modo, un estudio de 2018-2019 realizado por el Instituto de Transporte A&M de Texas evaluó la efectividad de las señalizaciones en el pavimento para condiciones climáticas de humedad en el Distrito de

Atlanta del Departamento de Transporte (DOT) de Texas. Observaron específicamente los accidentes en condiciones de lluvia y nocturnidad en aproximadamente 630 millas de carretera donde se instalaron marcas viales para señalización de pavimento en condiciones de humedad. El estudio descubrió que la colocación de marcas viales especiales para condiciones de humedad en esas carreteras redujo los accidentes y las muertes nocturnas cuando existían esas condiciones en aproximadamente un 30% y un 50%, respectivamente.⁹

Finalmente, según un estudio patrocinado por la UE, Rainvision: el impacto de las marcas viales en el pavimento en el comportamiento del conductor, la aplicación de material de señalización en el pavimento retrorreflectante en la carretera tuvo un efecto positivo en la sensación subjetiva de seguridad y comodidad para los conductores, especialmente en condiciones climáticas adversas. En condiciones de conducción nocturna y con lluvia, las marcas viales retrorreflectantes garantizaron trayectorias claras de la ruta de conducción, y proporcionaron estímulos anticipados del entorno de la carretera y quitaron una carga de trabajo considerable al conductor. Por el contrario, los errores cometidos por los conductores aumentaron en un 70% cuando las marcas viales en el pavimento eran menos visibles.³

Evaluación de seguridad de señalización del pavimento para condiciones climáticas húmedas

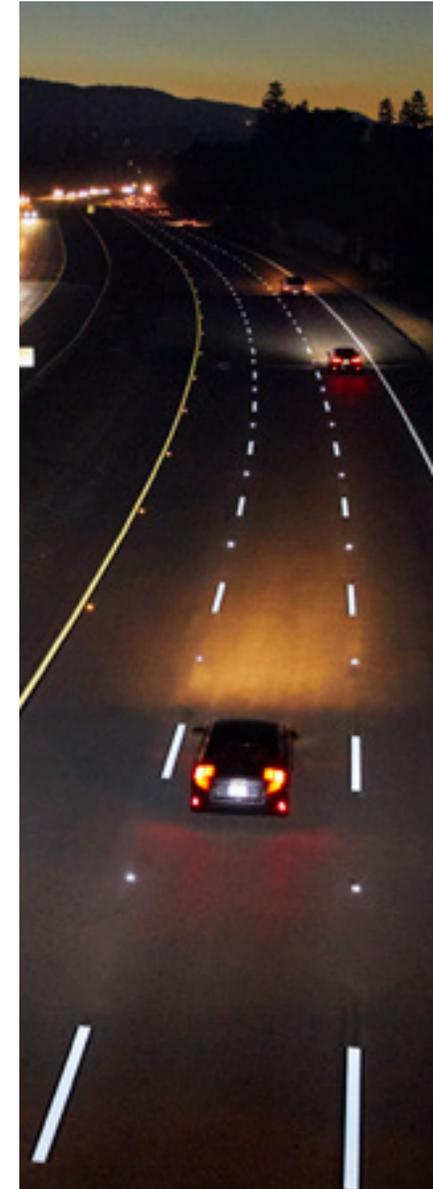
Factores de modificación de accidentes recomendados por la FHWA (Autoridad Federal de Carreteras): Accidentes con lesiones



Tabla A: Efectos de seguridad de las marcas viales en el pavimento para condiciones climáticas de humedad

Estimaciones porcentuales de reducción de accidentes para señalizaciones en el pavimento para condiciones climáticas de humedad		
Enfoque	Húmedo – Noche*	Húmedo – Muertes nocturnas*
Empírico de Bayes (EB)	28%	53%
Completo de Bayes (FB)	32%	49%

*Resultados de importancia estadística con un 95% de confianza



Orientación a la seguridad para vehículos conectados y automatizados.

Al igual que con los conductores humanos, las marcas viales retroreflectantes para pavimento en condiciones de humedad también pueden permitir una visión artificial más sólida.

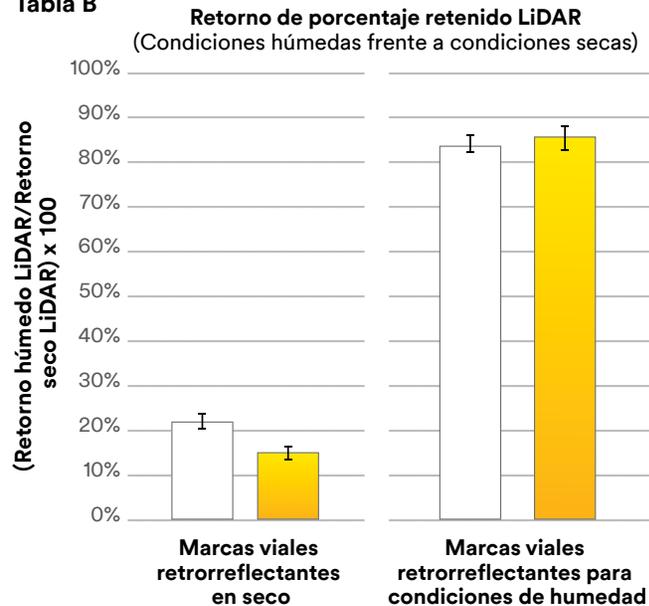
Ya sea que se trate de sistemas de cámaras ópticas en automóviles en la carretera hoy o de LiDAR en los automóviles del mañana, estudios recientes han indicado que las marcas viales retroreflectantes para condiciones de humedad también mejoran la visibilidad de los Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (ADAS, por sus siglas en inglés) y los vehículos conectados y automatizados (CAV).

En el estudio, “Effects of Wet Retroreflectivity and Luminance of Pavement Markings on Lane Departure Warning in Nighttime continuous Rain with and without Glare Sources”, publicado en la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), los investigadores de 3M exploraron los efectos de la retroreflexión en húmedo y la luminancia de las señalizaciones blancas y amarillas sobre el rendimiento de la detección de un sistema Mobileye LDW en condiciones de lluvia continua durante la noche.⁵

Los investigadores proponen la posibilidad de que el porcentaje de detección a ciertos niveles de confianza se correlacione con una interacción de dos factores de la propiedad de luminancia difusa y la retroreflectividad continua en húmedo.

Otro estudio analizó específicamente los efectos de rendimiento de las marcas viales retroreflectantes en condiciones de humedad para la detección de características de visión artificial, detección de luz y sistemas LiDAR en condiciones de carretera continuamente húmedas. La Tabla B muestra el porcentaje de retorno LiDAR en condiciones de lluvia durante la noche tanto de las señalizaciones retroreflectantes en seco como de las señalizaciones horizontales retroreflectantes para condiciones de humedad. Los resultados preliminares de este estudio de detección sugirieron que las marcas viales retroreflectantes para condiciones de humedad probablemente sean ventajosas tanto para los sistemas de visión artificial como para la tecnología LiDAR.⁴

Tabla B



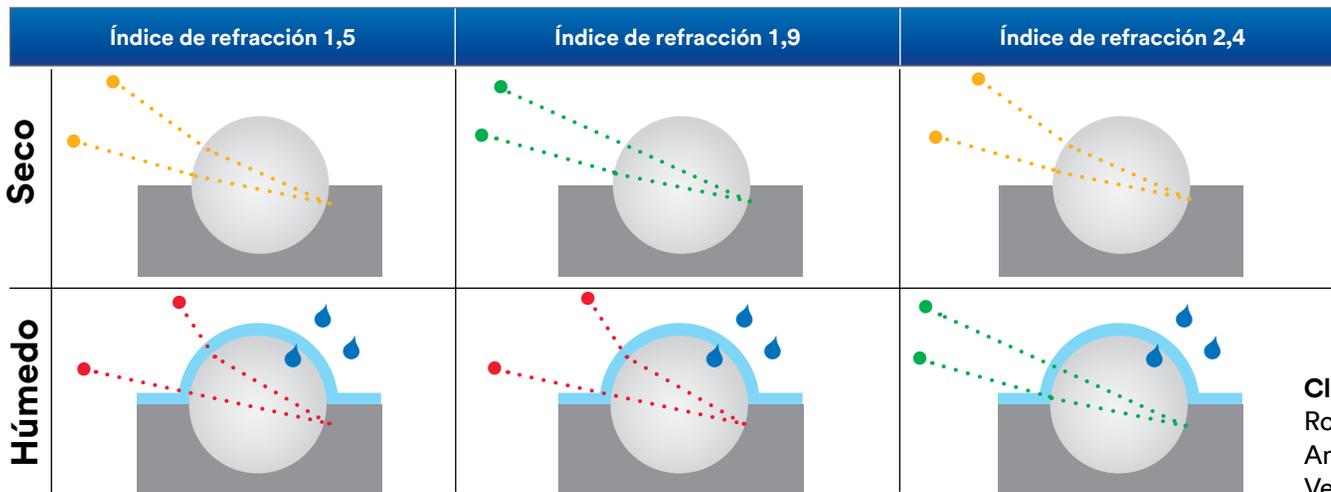
“En condiciones de lluvia durante la noche, la óptica retroreflectante para condiciones de humedad permite la detección a distancias más largas que las microesferas de vidrio de las marcas viales amarillas”.*

*Según pruebas realizadas conjuntamente con Continental Automotive Systems Inc. en diciembre de 2017 en Brimley, Michigan, EE. UU. Los materiales probados incluyeron líneas amarillas de LPM en zonas de conducción convencionales y lluvia nocturna con vidrio o elementos de 3M.

No todas las ópticas son iguales.

La ciencia debajo de la superficie de diferentes tipos de marcas viales retrorreflectantes de pavimento para condiciones de humedad.

En general, las marcas viales en el pavimento son visibles por la noche debido a la óptica retrorreflectante en la señalización que devuelve la luz de los faros de un vehículo a su conductor. Sin embargo, es mejor contar con distintas ópticas para devolver la luz en diferentes condiciones: no es posible optimizar una sola microesfera para condiciones tanto secas como húmedas.



Clave de índice de refracción:
 Rojo: retorno de luz menos óptimo
 Amarillo: retorno de luz subóptimo
 Verde: retorno de luz óptimo



● **Mire el video**

Las marcas viales con microesferas de índice 2,4 se pueden ver en condiciones húmedas donde las marcas viales con otras microesferas pueden no ser visibles. Esto también es así para los sistemas de visión artificial basados en cámaras ópticas. Mire el video para obtener más información sobre las diferencias en las marcas viales en el pavimento.

Como probar los elementos antes de instalarlos.

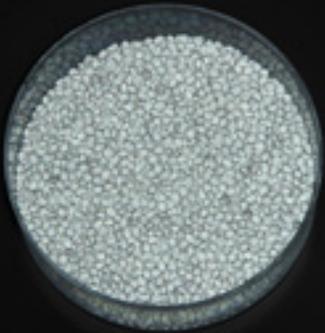
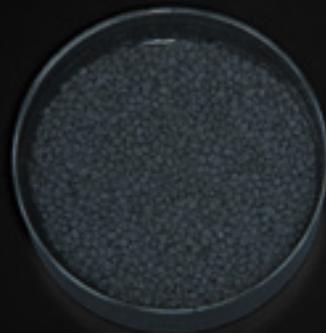
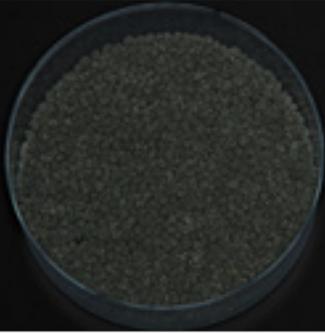
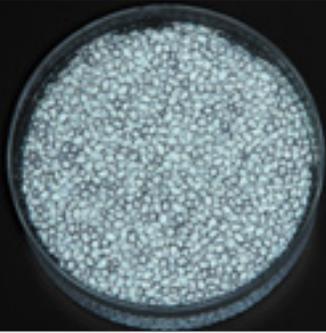
Ensayo de Brillo proporciona una indicación de los coeficientes de luminancia retrorreflectada previstos.

El mejor momento para tener una idea de qué tipo de rendimiento retrorreflectante en húmedo se puede esperar de una combinación de elementos de microesferas u ópticas es mucho antes de instalarlos en sus carreteras. Por ese motivo, se recomienda usar la prueba de ensayo de Brillo en una probeta antes de la especificación, especialmente en elementos húmedos para simular condiciones húmedas continuas.

Si bien la prueba continúa en húmedo según ASTM (ver página siguiente) es la metodología recomendada para la retrorreflexión en húmedo, puede ser difícil realizar lecturas en cada tramo de la carretera. La especificación de la prueba del brillo en el probeta, además de la prueba continúa en húmedo, garantiza que sus carreteras cumplan con el nivel de luminancia deseado. El ensayo de prueba de brillo se puede realizar antes de instalar el producto y se puede hacer con materiales limitados en un entorno de laboratorio.

Vea la pág. 2 del Boletín del producto 3M™ Connected Road All Weather Elements para obtener más información sobre este método.

● [Descargue el PDF](#)

Comparación del rendimiento de la microesfera con índice de refracción 1,9 y 2,4: en seco frente a completamente sumergida en agua		
Índice de refracción de microesferas	Seco	Sumergidas en agua
Microesferas de índice 1,9		
Microesferas de índice 2,4		

Cuando se trata de metodologías de prueba, la recuperación en condiciones de humedad no es lo mismo que en condiciones de humedad continua.

Las pruebas en paralelo muestran que existe una gran diferencia entre condiciones de lluvia y condiciones de humedad residual.

La mayoría de los conductores han tenido una terrible experiencia al conducir por una carretera oscura y desconocida durante un aguacero. Es posible que haya pensado que las marcas viales en el pavimento estaban viejas sin color, o habían desaparecido. Pero la verdad es que, con marcas viales retroreflectantes ensayadas y diseñadas para funcionar bajo condiciones de lluvia y humedad continua no percibiríamos una gran diferencia de noche y de día, mas allá de lo antiguas o nuevas que estas marcas fueran: las marcas viales cuya visibilidad se recupera después de que hayan desaparecido las condiciones de humedad no están diseñadas para funcionar al mismo nivel que lo hacen las marcas viales visibles de forma continua durante la lluvia.

A escala mundial, existen dos tipos de ensayos de prueba utilizados para medir la reflectividad en húmedo de las marcas viales en el pavimento: Métodos de humedecimiento continuo, que simulan la reflectividad en húmedo de una señalización en el pavimento durante la lluvia, y métodos de recuperación en húmedo, que simulan la reflectividad en húmedo de una marca en el pavimento una vez que deja de llover y que la marca vial se va recuperando o drenando (consulte la Tabla A a continuación para ver un resumen de las metodologías de prueba de retroreflexión en húmedo disponibles).

Tabla A

Tipo	Condiciones de Lluvia – Humedad continua	Condiciones de Humedad
ASTM	E2832	E2177
EN	EN1436 Annex B7	EN1436 Annex B6

¿Qué tipo de ensayo de prueba es más realista?

En general, los ensayos para evaluar en condiciones de lluvia y humedad continua proporcionan un resultado más comparable a la experiencia real del conductor en situaciones de lluvia moderada que los ensayos en condiciones de humedad. Esto se debe a que los ensayos para humedad continua simulan el nivel de retroreflexión en húmedo que experimenta un conductor en un episodio de lluvia, mientras que los ensayos en condiciones de humedad solo lo simulan en un instante después de que haya dejado de llover.

Comportamiento en seco de marcas viales para condiciones de humedad frente a marcas viales para lluvia (humedad continua)



Comportamiento en lluvia de marcas viales para condiciones de humedad frente a marcas viales para lluvia (humedad continua)



- [Lea más sobre los métodos de prueba.](#)

Qué tener en cuenta al elaborar una especificación.

En esto deben pensar los ingenieros de seguridad vial al crear un estándar o una especificación de señalización en el pavimento.

Los ingenieros de seguridad vial a menudo preguntan cual es el valor recomendado en servicio de la retroreflexión en medio húmedo para incluir en una especificación o un estándar de señalización en el pavimento. Datos preliminares de un próximo estudio de investigación del Instituto de Transporte de Texas (TTI) compartido en un Taller regional de capacitación y educación de ATSSA llevado a cabo recientemente ayudan a responder esta pregunta. En coordinación con el Departamento de Transporte de Minnesota, el TTI realizó un estudio de factores humanos para determinar la distancia de detección de las marcas viales en el pavimento en función de diferentes valores retroreflectantes en húmedo. Los resultados preliminares analizados durante un taller regional de ATSSA indican que 50 mcd/m²/lux en condiciones de humedad continua es un umbral de reemplazo adecuado para las marcas viales en el pavimento en servicio, pero es un valor mínimo y está lejos de ser óptimo.

¿Por qué el umbral de 50 mcd/m²/lux está lejos de ser óptimo?

El umbral de 50 mcd/m²/lux proporciona 1,9 segundos de tiempo de vista previa para los conductores a 88,5 km/hora (55 millas/hora). Estudios de simuladores de conducción informados en COST 331, un estudio de la UE11 encargado de recomendar un diseño óptimo de marcas viales en el pavimento, demostró que el tiempo de vista previa mínimo absoluto para una conducción segura es de 1,8 segundos; de lo contrario, los conductores tendrán problemas para mantenerse estables en un carril. Los autores enfatizaron que este era el valor mínimo y que se debería usar uno más alto. El informe COST 331 estableció un tiempo de vista previa recomendado de 2,2 segundos.

La FHWA de EE. UU. realizó un estudio similar¹² en 1998, que determinó las condiciones de conducción extremas de corto alcance; se recomendaron dos segundos de tiempo de vista previa como el límite mínimo seguro aceptable, lo que permite suficiente tiempo para que el conductor perciba y reaccione a la señalización en el pavimento en condiciones peligrosas.

Niveles más altos de retroreflexión en condiciones de humedad continua son mejores.

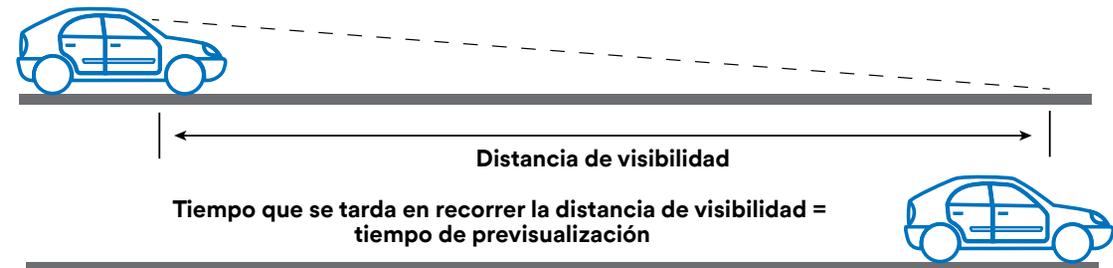
La Tabla A muestra los mínimos de retroreflexión en condiciones de humedad continua recomendados calculados a partir de los resultados preliminares del próximo estudio del TTI a diferentes tiempos y velocidades de vista previa.¹⁰ Se necesitan valores más altos de retroreflexión en condiciones de humedad continua para diferentes velocidades o tiempos de vista previa. Si bien no es tan frecuente que los conductores viajen a 112 km/h (70 mph) con tormentas de noche, esta investigación es importante para documentar la relación entre valores más altos en condiciones de humedad continua y tiempos de previsualización más largos.

Tabla A: Valores mínimos de retroreflexión en condiciones de humedad continua derivados matemáticamente de los resultados preliminares del próximo estudio del TTI

	Tiempo de vista previa de 1,8 segundos	Tiempo de vista previa de 2,2 segundos
88,5 km/h (55 mph)	50 mcd/m ² /lux	130 mcd/m ² /lux
112 km/h (70 mph)	170 mcd/m ² /lux	970 mcd/m ² /lux

Figura 1: ¿Qué es el “Tiempo de previsualización”?

Situación en un momento determinado



El resultado final: Hay mucho en juego.

La visibilidad de las marcas viales es crítica de día o de noche, llueva o haya sol.

La aplicación de marcas viales puede ser una de las últimas cosas que haga al finalizar su proyecto de carretera, pero es un primer paso para ayudar a mejorar la seguridad, reducir los accidentes y salvar vidas. Tener la carretera más hermosa del mundo no significa mucho si es difícil circular en condiciones oscuras y lluviosas.

Como ha leído, conducir de noche o en condiciones de lluvia aumenta los accidentes, las lesiones y las muertes, una preocupación que puede aumentar a medida que cada vez más vehículos confían en la tecnología de visión artificial. También ha visto la diferencia entre las distintas marcas viales retrorreflectantes y su comportamiento en condiciones de humedad y ha aprendido sobre la ciencia que la sustenta.

Siempre habrá cosas que no se puedan controlar, pero podemos controlar qué tipo de marca vial aplica en el pavimento, y solo las marcas viales retrorreflectantes en condiciones de humedad están diseñadas para proporcionar brillo reflectante en las circunstancias más cruciales.

Puede ponerse en contacto con su representante local de 3M para obtener más información sobre marcas viales retrorreflectantes de pavimento en condiciones de humedad, así como para solicitar una prueba piloto o demostración.



[3M.com/PavementMarkings](https://www.3m.com/PavementMarkings)

3M

Transportation Safety Division
3M Center, Building 225-4N-14
St. Paul, MN 55144-1000
1.800.553.1380

3M España S.L.
Juan Ignacio Luca de Tena 19-25
28027 Madrid
www.3m-com/es/Seguridadvial
trafico.es@mmm.com

3M es una marca comercial de 3M.
© 3M 2020. Todos los derechos reservados.

Fuentes y lecturas recomendadas

Para obtener más información sobre la importancia de las marcas viales de pavimento en condiciones de humedad en todo el mundo, recomendamos leer los siguientes estudios y documentos a los que se hace referencia en este libro electrónico.

1. Administración Nacional de Seguridad del Tránsito en las Carreteras, Departamento de Transporte (DOT) de EE. UU. Passenger Vehicle Occupant Fatalities by Day and Night – A Contrast. mayo de 2007 <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/810637>
2. Omranian, S., Sharif, H., Dessouky, S., Weissmann, J., “Exploring rainfall impacts on the crash risk on Texas roadways: A crash-based matched-pairs analysis approach.” Accident Analysis and Prevention, vol. 117, 2018, pp. 10-20
3. Konstandinos Diamandouros y Michael Gatscha. “Rainvision: The impact of road markings on driver behavior – wet night visibility”. 6th Transport Research Arena, 18-21 de abril, 2016. Federación Europea de Carreteras
4. Pike, A., Clear, S., Hedblom, T. y Whitney, J. “How Might Wet Retroreflective Pavement Markings Enable More Robust Machine Vision?” Registro de Investigación de Transporte 1-6, 2019
5. Pike, A., Clear, S., Barrette, T., Hedblom, T. y otros, “Effects of the Wet Retroreflectivity and Luminance of Pavement Markings on Lane Departure Warning in Nighttime Continuous Rain with and without Glare Sources,” Documento técnico de SAE 2019-01-1014, 2019
6. Administración Nacional de Seguridad del Tránsito en las Carreteras, Departamento de Transporte (DOT) de EE. UU., Sistema de Informes de Análisis de Muertes (FARS, por sus siglas en inglés). 2017 – Disponible en: <https://www.nhtsa.gov/research-data/fatality-analysis-reporting-system-fars>
7. 3M France, Combating Poor Road Safety – To Enhance the Safety of Road Users at Night and in All Weather Conditions. agosto de 2019. Datos recopilados de BAAC (Base de datos de lesiones de tránsito en carretera)
8. Administración Federal de Carreteras del Departamento de Transporte (DOT) de EE. UU. Safety Evaluation of Wet-Reflective Pavement Markings. diciembre de 2015, FHWA-HRT-15-083
9. Park, ES., Carlson, P., Pike, A., “Safety Effects of Wet-Weather Pavement Markings.” Reunión Anual de la Junta de Investigación de Transporte 2019: Disponible en: <https://trid.trb.org/view/1572259>
10. Peterson, E., “Wet Pavement – Where are the Markings?!?” Northland American Traffic Safety Services Association, Taller de capacitación y educación “Cómo hacerlo”, marzo de 2019
11. Requirements for Horizontal road Marking. COST 331. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 1999.
12. Freedman, M., L.K. Staplin, D.P. Gilfillan y A.M. Brynes. Requisitos de visibilidad para la delineación en carreteras no iluminadas. Informe N.º FHWA-RD-88-028, FHWA, Departamento de Transporte (DOT) de EE. UU., 1998