

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES



RETROREFLECTIVIDAD DE LA DEMARCACIÓN DE LA CARRETERA PANAMERICANA SUR PE-1S

Tesis presentada por:

Br. Sandro Cáceres Dueñas

Para optar el Grado de Maestro en Ingeniería Civil
con mención en Geotecnia y Vías Terrestres.

Asesor

Ms. Sc. Enrique Saloma González

CUSCO – PERÚ

2,020

DEDICATORIAS

Un agradecimiento especial a Dios
Todopoderoso por darme la vida.

A mi familia, que siempre me acompaña.

Sandro Cáceres Dueñas

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a todos los docentes de la Maestría en Ingeniería Civil

Un reconocimiento especial a mí asesor el **Ms. Sc. Enrique Saloma González** quien con esa sapiencia me supo orientar en el presente trabajo de investigación

A mis compañeros de maestría, por esa oportunidad de compartir conocimientos y experiencias.

Sandro Cáceres Dueñas

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo determinar el grado de influencia del tiempo en el coeficiente de retroreflectividad de la demarcación superficial ejecutado en la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014. Para cuyo efecto se ha desarrollado un estudio descriptivo longitudinal, comparativo, teniendo un total de 600 unidades de análisis, la técnica fue la observación, el instrumento fue la guía de observación. Los datos se han procesado con ayuda del programa Excel. Las conclusiones permiten evidenciar lo siguiente: La evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el tipo de pavimento se muestra más favorable para el pavimento MAC puesto que alcanza al valor de 80 mcd/m²/lx en 188.04 ± 7.77 días en tanto que el tipo de pavimento TSB alcanza al valor de 80 en 181.07 ± 7.71 días. La evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el eje de la vía, en todos los casos es lineal alcanzando el valor de 80 mcd/m²/lx la línea central en 174.88 ± 4.32 días, el eje lateral izquierdo en 188.99 ± 5.13 días y el eje lateral derecho en 189.79 ± 4.93 días. El tiempo recomendable para realizar el repintado de las vías utilizando marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente o marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base agua es de cinco meses para el eje central y de seis meses para los ejes laterales. El comportamiento del coeficiente de retroreflectividad en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 presenta un comportamiento lineal negativo, llegando a alcanzar al límite de 80 mcd/m²/lx, en el caso del eje central a los 174 días y los ejes laterales a los 189 días. Por consiguiente el tiempo ha influido significativamente en el coeficiente de retroreflectividad en la demarcación superficial de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014.

Palabras clave: coeficiente de retroreflectividad, tipo de pavimento, demarcación.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to determine the degree of influence of time on the retro reflectivity coefficient of the surface demarcation executed on the Pan-American Highway South PE-1S in the period 2013 to 2014. For which purpose a longitudinal descriptive study has been developed Comparative, having a total of 600 units of analysis, the technique was observation; the instrument was the observation guide. The data has been processed with the help of the Excel program. The conclusions show the following: The evolution of the retro reflectivity degradation curve that is evidenced in the demarcation of the PE-1S South Pan-American Highway in the period 2013 to 2014 according to the type of pavement is more favorable for the MAC pavement laid which reaches the value of 80 mcd / m² / lx in 188.04 ± 7.77 days while the type of pavement TSB reaches the value of 80 in 181.07 ± 7.71 days. The evolution of the retro reflectivity degradation curve that is evidenced in the demarcation of the PE-1S South Pan-American Highway in the period 2013 to 2014 according to the axis of the road, in all cases it is linear reaching the value of 80 mcd / m² / lx the center line at 174.88 ± 4.32 days, the left lateral axis at 188.99 ± 5.13 days and the right lateral axis at 189.79 ± 4.93 days. The recommended time to repaint the tracks using retro reflective marks with solvent based traffic paint or retro reflective marks with water based traffic paint is five months for the central axis and six months for the lateral axes. The behavior of the retro reflectivity coefficient in the demarcation of the South Pan-American Highway PE-1S in the period 2013 to 2014 presents a negative linear behavior, reaching the limit of 80 mcd / m² / lx, in the case of the central axis at 174 days and lateral axes at 189 days. Therefore, time has significantly influenced the retro reflectivity coefficient in the surface demarcation of the PE-1S South Pan-American Highway in the period 2013 to 2014.

Keywords: retro reflectivity coefficient, type of pavement, demarcation.

INDICE GENERAL

Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Resumen	IV
Abstract	V
Índice General.....	VI

CAPITULO PRIMERO: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática	1
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación de la investigación.....	4
1.3.1. Justificación practica	4
1.3.2. Justificación teórica	4
1.3.3. Justificación metodológica	4
1.4. Objetivos de la investigación	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5

CAPITULO SEGUNDO: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de estudios previos.....	6
2.2. Materiales para demarcación	18
2.2.1. Pintura para demarcación.....	18
2.2.2. Material Termoplástico.....	22
2.2.3. Material Plástico Pre formado.....	23
2.2.4. Plástico en Frío de dos Componentes.....	26
2.2.5. Esferas y Microesferas de Vidrio.....	27
2.3. Señalización vial desde la normatividad internacional.....	30
2.3.1. Sistema de demarcación vial horizontal	30

2.3.2. Retroreflexión	31
2.4. Requisitos básicos de demarcación en la norma nacional peruana	34
2.4.1. Retroreflectancia	34
2.4.2. Color	35
2.4.3. Factor de luminancia	35
2.4.4. Opacidad	35
2.5. Requisitos de la construcción según la normatividad peruana	35
2.5.1. Criterios de Selección	35
2.5.2. Informe de Programa de Trabajo.....	36
2.5.3. Señalización y Seguridad de las Obras.....	36
2.5.4. Control Previo de los Materiales.....	36
2.5.5. Empaque y Almacenamiento de los Materiales.....	36
2.5.6. Preparación de la Superficie.....	37
2.5.7. Premarcado.....	38
2.5.8. Limitaciones Climáticas.....	38
2.5.9. Aplicación.....	38
2.5.10. Control de Obra: antes de la aplicación.....	39
2.5.11. Control de Obra: durante la aplicación.....	39
2.5.12. Control de Obra: después de la aplicación.....	39
2.5.13. Dimensiones.....	40
2.6. Marco conceptual.....	40
2.6.1. Intensidad de una fuerte luz	40
2.6.2. Iluminación	40
2.6.3. Luminancia	41
2.6.4. Coeficiente de retroflectividad (retroreflexion)	41
2.6.5. Coeficientes mínimos de retroreflexion para la demarcación	41
2.6.6. Coeficientes de retroreflexion para el repintado	41

CAPITULO TERCERO: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis	42
3.1.1. Hipotesis general.....	42
3.1.2. Hipótesis específicas.....	42

3.2.	Identificación de variables	43
3.3.	Operacionalización de variables.....	43

CAPITULO CUARTO: DISEÑO METODOLOGICO

4.1.	Ámbito de estudio: localización política y geográfica	44
4.2.	Tipo y nivel de investigación.	46
4.3.	Unidad de análisis	46
4.4.	Población de estudio.....	46
4.5.	Tamaño de muestra.....	47
4.6.	Técnicas de selección de muestra.....	47
4.7.	Técnicas de recolección de información.....	47
4.8.	Técnicas de análisis e interpretación de la información.	47

CAPITULO QUINTO: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.	Presentación de los resultados.....	48
5.2.	Variación del coeficiente de retrorreflexión en el eje central	50
5.2.1.	Tipo de pavimento MAC-Primer Semestre-2013	50
5.2.2.	Tipo de pavimento MAC-Segundo Semestre-2013	51
5.2.3.	Tipo de pavimento MAC-Primer Semestre-2014	52
5.2.4.	Tipo de pavimento MAC-Segundo Semestre-2014	53
5.2.5.	Tipo de pavimento TSB-Primer Semestre-2013	54
5.2.6.	Tipo de pavimento TSB-Segundo Semestre-2013	55
5.2.7.	Tipo de pavimento TSB-Primer Semestre-2014	56
5.2.8.	Tipo de pavimento TSB-Segundo Semestre-2014	57
5.3.	Variación del coeficiente de retrorreflexión en el eje izquierdo	58
5.3.1.	Tipo de pavimento MAC-Primer Semestre-2013	58
5.3.2.	Tipo de pavimento MAC-Segundo Semestre-2013	59
5.3.3.	Tipo de pavimento MAC-Primer Semestre-2014	60
5.3.4.	Tipo de pavimento MAC-Segundo Semestre-2014	61
5.3.5.	Tipo de pavimento TSB-Primer Semestre-2013	62
5.3.6.	Tipo de pavimento TSB-Segundo Semestre-2013	63
5.3.7.	Tipo de pavimento TSB-Primer Semestre-2014	64

5.3.8. Tipo de pavimento TSB-Segundo Semestre-2014	65
5.4. Variación del coeficiente de retrorreflexión en el eje derecho	66
5.4.1. Tipo de pavimento MAC-Primer Semestre-2013	66
5.4.2. Tipo de pavimento MAC-Segundo Semestre-2013	67
5.4.3. Tipo de pavimento MAC-Primer Semestre-2014	68
5.4.4. Tipo de pavimento MAC-Segundo Semestre-2014	69
5.4.5. Tipo de pavimento TSB-Primer Semestre-2013	70
5.4.6. Tipo de pavimento TSB-Segundo Semestre-2013	71
5.4.7. Tipo de pavimento TSB-Primer Semestre-2014	72
5.4.8. Tipo de pavimento TSB-Primer Semestre-2014	73
5.5. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados	74
5.5.1. Evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el tipo de pavimento	74
5.5.2. Describir la evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el eje de la vía.	75
5.5.3. Determinar el tiempo recomendable para realizar el repintado de las vías utilizando marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente o marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base agua.....	76
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79
Anexo 1: Registro Fotográfico.....	80
Anexo 2: Ruta PE-1S (Atico – Camana – Ocoña).....	83

CAPITULO PRIMERO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática.

Conforme dispone la Resolución Directoral N° 022-2013-MTC/14 emitido el 17 de julio del año 2013, mediante el cual se aprueba la actualización del Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – EG 2013”. Considera en el capítulo octavo lo referente a la señalización y seguridad vial. En la sección 805 del mencionado manual se estipula lo referente a las marcas en el pavimento.

Las marcas en el pavimento, consiste en la señalización horizontal de la vía, mediante la demarcación de la superficie de rodadura con pintura u otros materiales debidamente aprobados, con la finalidad de delimitar los bordes de la pista, separar los carriles de circulación, resaltar y delimitar las zonas de restricción y otros, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente. (MTC, 2013)

Del mismo modo, las marcas en el pavimento tienen por finalidad ordenar encausar y regular el tránsito vehicular. El diseño de las marcas en el pavimento, dimensiones, tipo de pintura y colores a utilizarse, además de estar conforme a las especificaciones estipuladas en el proyecto pertinente, deben estar de acuerdo a lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – EG 2013. (MTC, 2013)

Para el cumplimiento de esta disposición normativa, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, le confiere potestad al Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional (PROVIAS Nacional) para que se efectue la contratación de contratistas especializados en materia de marcas en el pavimento.

Conforme está prescrito en la norma, las marcas en el pavimento pueden ser efectuados ya sean por marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente, marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base agua, marcas retroreflectivas con material termoplástico, marcas retroreflectivas con plástico preformado, marcas retroreflectivas con plástico en frío de dos componentes, y marcas sin características retroreflectivas.

En el caso de vías con alto índice de tráfico (según la norma DG-2018 se considera alto índice de tráfico cuando el IMD > 6000 vehículos por día) en los últimos años se han utilizado las marcas retroreflectivas con pintura de tráfico con base solvente y marcas retroreflectivas con pintura de tráfico con base agua.

Según el documento: “Especificaciones técnicas de pinturas para obras viales” aprobado inicialmente mediante Resolución Directoral N° 851-98-MTC/15.17 del 14 de diciembre de 1998 y actualizado en el año 2013, considera que el coeficiente mínimo de retrorreflectancia inicial para la demarcación de color blanco debe ser respectivamente de 230 mcd/m²/lx y para el color amarillo de 175 mcd/m²/lx.

Mientras que coeficiente de retroreflectividad para el repintado corresponde a un valor menor o igual a 80 mcd/m²/lx, tanto para la demarcación de color blanco como para la amarilla, en caso se tengan estos valores, se debe efectuar el repintado correspondiente.

En la norma peruana, no se ha encontrado un criterio para el tiempo de repintado, no se especifica cada que tiempo debe ejecutarse un repintado. Lo único que se tiene como referente es el valor menor o igual a 80 mcd/m²/lx. A esto se suma, el deficiente control de parte del sector transportes en la medición de estos valores de retrorreflectividad (retrorreflexión)

En este escenario, la presente investigación teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de tráfico que ocurre en las vías peruanas, y además teniendo la posibilidad que un elevado porcentaje de las carreteras de la red vial nacional presenta deterioros en la demarcación, consecuentemente con la pérdida de los valores del coeficiente de retroreflectividad, entonces amerita investigar lo siguiente:

1.2. Formulación del problema.

Considerando todo lo expuesto en la descripción de la situación problemática, a continuación se proponen el problema general y los problemas específicos a ser abordados en la presente investigación.

1.2.1. Problema general.

¿En qué medida el tiempo ha influido en el coeficiente de retroreflectividad de la demarcación superficial ejecutado en la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014?

1.2.2. Problemas específicos.

- a. ¿Cómo ha evolucionado la curva de degradación de retroreflectividad en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el tipo de pavimento?
- b. ¿Cómo ha evolucionado la curva de degradación de retroreflectividad en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el eje de la vía?
- c. ¿Cuál es el tiempo recomendable para realizar el repintado de las vías utilizando marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente o marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base agua?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación práctica

- a. Teniendo en cuenta que la buena calidad de la demarcación en las carreteras es necesaria para el usuario por cuanto contribuye con la seguridad vial y consecuentemente, con la reducción de los accidentes de tránsito; las precauciones que se deben tomar en los tiempos de repintado evitaren que ocurran accidentes de tránsito cuya fuente u origen sea la demarcación superficial ineficiente.
- b. Al definirse el tiempo de repintado, se logrará que la señalización horizontal sea conveniente para garantizar un alto nivel de confort en las carreteras y vías urbanas.

1.3.2. Justificación teórica.

Los resultados de la investigación servirán para proponer una norma que permita regular el periodo en el que se tiene que efectuar el repintado de la demarcación superficial, tanto para el eje central como los ejes laterales.

1.3.3. Justificación metodológica.

Desde el punto de vista metodológico la investigación ha permitido construir instrumentos para recabar información confiable que permita probar y validar las hipótesis..

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar el grado de influencia del tiempo en el coeficiente de retroreflectividad de la demarcación superficial ejecutado en la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Describir la evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el tipo de pavimento.
- b. Describir la evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el eje de la vía.
- c. Determinar el tiempo recomendable para realizar el repintado de las vías utilizando marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente o marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base agua.

CAPITULO SEGUNDO

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de estudios previos

En el estudio realizado por Thamizharasan, Sarasua y Clarke (2002) con el fin de discutir el desarrollo de una metodología para estimar el ciclo de vida de la retroreflectividad de la señal de pavimento de la autopista interestatal en Carolina del Sur en los Estados Unidos, ejecutaron la investigación utilizando datos de campo de más de 150 lugares cuidadosamente seleccionados en la red vial interestatal de Carolina del Sur, los datos fueron recolectados en el periodo de mayo 1999 a agosto 2001. Debido a deficiencias en los métodos de mantenimiento de la demarcación vial, se pretendió crear un sistema de evaluación de dichas marcas viales. Este sistema se alimentaría de modelos estadísticos que evaluarían la degradación de la retroreflectividad de la demarcación vial existente.

Entre las conclusiones que llegaron en este estudio se tiene que: los factores más significativos en el desempeño de la demarcación del pavimento según el modelo obtenido incluyen: tipo de superficie del pavimento, material de la demarcación, color de la demarcación y actividades de mantenimiento; para una caracterización más precisa de los perfiles de degradación la demarcación se subdividió en categorías como material termoplástico sobre asfalto, material epóxico blanco sobre concreto, entre otras; y se encontró que el volumen de tránsito promedio diario (TPD) de la carretera no es una variable significativa en la degradación del material. (Thamizharasan, Sarasua, David, & David, 2002)

En el estudio realizado por Aktan y Schnell (2004) en Minnesota en los Estados Unidos con el fin de evaluar la visibilidad nocturna de tres tipos de marcas en el pavimento (una marca vial con micro esferas de vidrio grandes y dos tipos de cinta preformada, una con micro esferas de alto índice de refracción y otra con una mezcla de alto índice y normal). Así como evaluar la visibilidad en condiciones húmedas, secas y de lluvia simulada. El estudio fue llevado a cabo en octubre del 2002 en una carretera simulada (a nivel y en recta), en el Centro de Investigación en Transportes de 3M en Cottage Grove, Minnesota.



Figura 1: Vista panorámica del lugar donde se ha efectuado el experimento

Las mediciones dependientes fueron demarcación del pavimento, distancia de detección y retroreflectividad. Los participantes del experimento manejaron un vehículo experimental en secciones secas y húmedas, marcaron el punto en el que se dejaba de notar el final de la línea del lado derecho.

Las conclusiones más importantes fueron las siguientes: En términos de la distancia de detección, la cinta preformada con micro esferas de alto índice tuvo un mejor desempeño ante las tres condiciones climáticas estudiadas. Bajo condiciones húmedas y con lluvia los tres tipos de marcas obtuvieron resultados comparables. Bajo condiciones secas, tanto la pintura como las marcas con micro esferas grandes tuvieron los resultados más desfavorables. La distancia de detección parece correlacionarse con la retroreflectividad estándar únicamente si los datos de retroreflectividad son obtenidos con el método correspondiente. (Aktan & Schnell, 2004)

Por su parte Kopf (2004) con el objetivo de desarrollar curvas de degradación de retroreflectividad. Estas curvas serían usadas para conocer el desempeño de la demarcación a través del tiempo y así poder programar los trabajos de re demarcación vial. En ese sentido, se utilizó un retrorreflectómetro móvil Laserlux para tomar las mediciones en aproximadamente 80 secciones a través del estado de Washington. Las medidas fueron tomadas entre julio del 2003 y julio del 2004 para pinturas base agua y base solvente. Se tomó como mínimo aceptable 100 mcd/m²/lux. La línea de mejor ajuste se extrapoló para determinar cuándo cada categoría de pintura caería por debajo del mínimo.

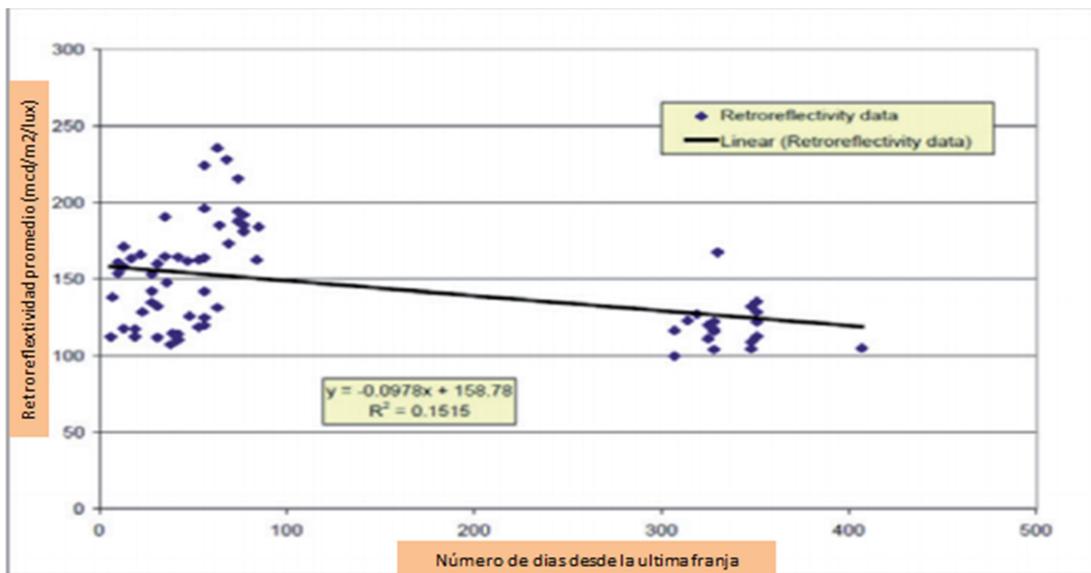


Figura 2: Ejemplo de curva de degradación para pintura amarilla base agua con un tránsito promedio diario bajo menor a 7500 vpd.

El investigador llegó a las siguientes conclusiones:

- a. Los valores de retroreflectividad de zonas con TPD similar resultaron con una variabilidad significativa, esto se puede atribuir a varios factores, como: la inherente variabilidad que produce el equipo de medición, la dificultad de calibrar el dispositivo, diferentes condiciones ambientales en los viajes de recolección de datos o simplemente que las mediciones de retroreflectividad pueden ser inconsistentes.
- b. Dada la variabilidad de los datos observados hasta la fecha, puede no ser posible, incluso con la recolección de más datos, crear predicciones en el desempeño de las demarcaciones del pavimento con niveles de confianza aceptables. (Kopf, 2004)

De otro lado Tsyganov, Machemehl, Warrenchuck y Wang (2006) teniendo en cuenta que las marcas del pavimento localizadas a la derecha del vehículo son detectadas más fácilmente y a distancias más lejanas por el conductor que las localizadas en el lado izquierdo. Debido a esto se inició la investigación para determinar la influencia de las líneas de borde en la seguridad de las carreteras. Realizaron investigaciones del efecto de las líneas de borde en el comportamiento del conductor, así como las reacciones que este toma, incluyendo los factores de navegación y posicionamiento, selección de la velocidad y el efecto de la percepción visual, llegando a las siguientes conclusiones:

Los estudios indicaron que los tratamientos de las líneas de borde impactaron de la siguiente manera: Aumento de la velocidad, cerca de un 9% tanto en curvas como en tramos rectos. Los vehículos presentaron una tendencia de movimiento hacia el borde del pavimento, tanto en la luz del día como en la noche. Reducción de fluctuación del vehículo en la trayectoria de la línea de centro cerca de un 20%. Reducción del esfuerzo mental del conductor. Mejoramiento de la estimación de la curvatura por parte del conductor. Mejoramiento en la anticipación en la identificación de intersecciones. (Tsyganov, Machemehl, Warrenchuck, & Wang, 2006)

Por su parte la USA FHWA (2007) en Iowa y Texas en los Estados Unidos con el fin de comparar el Módulo de Visibilidad de Marcas del Pavimento del modelo Tarvip con datos de campo obtenidos de varios estudios para la predicción de resultados bajo condiciones similares, con el fin de validar el modelo, seleccionaron niveles mínimos de RL, los cuales fueron evaluados para identificar los factores que afectan la visibilidad de la demarcación, llegando a las siguientes conclusiones:

Se identificaron factores que afectan los niveles de visibilidad de las demarcaciones del pavimento como la configuración de dichas marcas, tipo de superficie del pavimento, velocidad de los vehículos que transitan por la zona y el tipo de vehículos y la presencia de Marcas retroreflectivas en el pavimento. Se desarrolló una metodología usando Tarvip para la realización de análisis de sensibilidad de los factores que afecta el modelo. Resultaron valores promedio de RL bajo las condiciones típicas de las carreteras de los Estados Unidos y las bases de nuevas recomendaciones USA FHWA (2008) Texas y Washington, Estados Unidos

De otro lado con el fin de evaluar el impacto económico de implementar niveles de retroreflectividad mínimos a partir de una hoja de cálculo. Esta hoja de cálculo considera el impacto de los niveles de retroreflectividad, escogencia de materiales, costo de materiales, tipo de carretera y la longitud de las carreteras. Se usó la herramienta de análisis para evaluar diferentes escenarios que consideran los niveles de retroreflectividad, costo de demarcación y selección del material. Llegando a las siguientes conclusiones:

Usando un rango medio para los costos de demarcación asumidos en el reporte, se obtuvo que el impacto económico de la implementación de niveles mínimos de retroreflectividad se encuentra entre los \$0 a los \$150 millones por año. El análisis mostró que para algunos casos existe un ahorro potencial al comparar las prácticas empleadas actualmente con algunas como el uso de materiales de demarcación del pavimento más durables. (USDoT FHWA, 2007)

Mientras que en el estudio realizado por Rasdorf, Zhang, Hummer y Sitzabee (2009) con el fin de encontrar diferencias significativas entre las líneas de borde y las líneas de centro tanto para la demarcación con material termoplástico amarillo y blanco.



Figura 3: Vista de un ensayo de retroreflectividad.

Mediante análisis de ANOVA y métodos de análisis longitudinal de datos se confirmaron las diferencias significativas entre los diferentes tipos de demarcación. Se desarrolló un método de conteo para analizar las imágenes y obtener la densidad de micro esferas de vidrio en cada tramo. Luego se buscó una correlación entre la retroreflectividad y la densidad de micro esferas. Llegaron a las siguientes conclusiones:

Los resultados indicaron que las líneas de borde se degradan a un ritmo más lento que las líneas de centro. El estudio encontró que la densidad de micro esferas tiene un impacto significativo en la retroreflectividad de la demarcación. Entre mayor densidad mayor retroreflectividad. La retroreflectividad en las marcas termoplásticas del pavimento se degrada más rápidamente en las zonas montañosas que en el área central o costera. Para zonas con TPD de 10 000 vehículos la expectativa de vida de servicio para material termoplástico en asfalto está en el rango de 5,4 a 8,75 años dependiendo del color y localización. (Rasdorf, Hummer, Zhang, & Sitzabee, 2009)

De otro lado Sasidharan, Karwa y Donnell (2009) recolectaron datos de retroreflectividad de las marcas del pavimento en 88 segmentos de carretera en el periodo de mayo 2007 hasta mayo 2008. Los materiales involucrados en el estudio fueron pintura base agua y epóxico, el objetivo de la investigación fue desarrollar modelos de degradación de la demarcación del pavimento que puede ser utilizado para implementar un sistema de mantenimiento eficiente, llegado a las siguientes conclusiones:

Se encontró que tanto para la marcas epóxicas como para las bases de agua la retroreflectividad decrece con el paso del tiempo. Las marcas de color blanco tienen vidas de servicio mayores que las marcas de color amarillo. La exposición al tráfico vehicular está relacionada negativamente con la retroreflectividad de las demarcaciones hechas con pintura con base de agua, pero no era un factor estadísticamente significativo en las marcas epóxicas. Un análisis del costo del ciclo de vida mostró que las pinturas a base de agua son más efectivas en cuanto a costo que las marcas epóxicas si son aplicadas a nivel estatal. (Sarasua, Davis, Robertson, & Jonhson, 2013)

Por su parte Rasdorf, Zhang y Hummer (2009) en Carolina del Norte en los Estados Unidos realización una investigación para cuyo efecto recolectó datos de retroreflectividad de la demarcación de líneas de centro en autopistas de dos carriles, las mediciones fueron tomadas en dos direcciones.

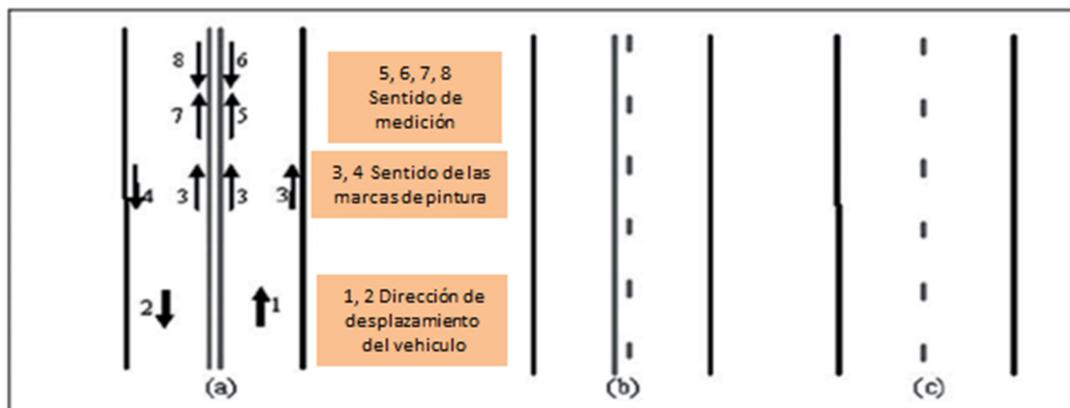


Figura 4: Dirección del tránsito, aplicación de los materiales de demarcación vial y dirección de las mediciones de retro reflexión nocturna RL

Haciendo uso de una prueba t aplicada a los datos, muestra que diferencias son estadísticamente significativas. Se estudió la relación entre la dirección en que se pintaron las marcas y la dirección de la retroreflectividad, llegaron a las siguientes conclusiones:

Los valores medidos en la dirección de la creación de las líneas de pintura son significativamente más altos que los medidos en la dirección contraria. Los resultados indican que los valores de retroreflectividad que deben compararse con los valores mínimos estándares propuestos por la Administración Federal de Autopistas (FHWA) porque los conductores en esa dirección experimentan una retroreflectividad menor en la noche. (Zhang, Hummer, & Rasdorf, 2009)

En el estudio realizado por Holzschuher, Choubane, Fletcher, Sevearance y Lee (2010) teniendo por propósito cuantificar el nivel de precisión y la repetitividad de la colección de datos de retro reflexión en las marcas de pavimentos de la unidad retrorreflectómetro móvil, para así determinar las características de la retroreflectividad de la demarcación en servicio de las carreteras de Florida. Los datos recolectados fueron únicamente de líneas de borde blancas. Seleccionaron seis sitios de forma aleatoria. Se recolectaron aproximadamente 155 mediciones por cada 0,16 km viajando a una velocidad de 80 km/h. Para estimar la precisión en términos de la repetitividad para una unidad específica se hizo una calibración con un solo operador y un tiempo.

Retrorreflectómetro móvil

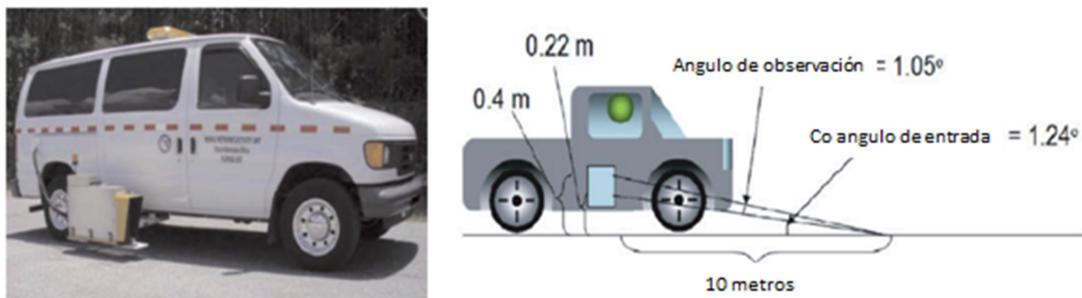


Figura 5: Unidad vehicular con retrorreflectómetro móvil y su diagrama de medición.

Llegaron a la siguiente conclusión: La desviación y el coeficiente de variación determinado fue de 7,1 mcd/m²/lux y 2,4% respectivamente y los resultados de dos pruebas usando la misma unidad reflectómetro móvil del mismo tramo de prueba mostraron que los resultados no deben diferir por más de 20,1 mcd/m²/lux o 6,7% con nivel de confianza 95% para el rango de valores en los que se encontraron las pruebas. (Holzschuher, Choubane, Fletcher, Sevearance, & Lee, 2010)

En el estudio realizado por Hummer, Rasdorf y Zhang (2011) al aplicar el modelo lineal de efectos mixtos para describir el comportamiento de los datos de retrorreflectividad de las marcas de pintura y así dar un mejor manejo al sistema de mantenimiento. Se compararon los resultados obtenidos con los modelos lineales de efectos mixtos con los obtenidos por otros modelos y estos a su vez se compararon con los datos reales.

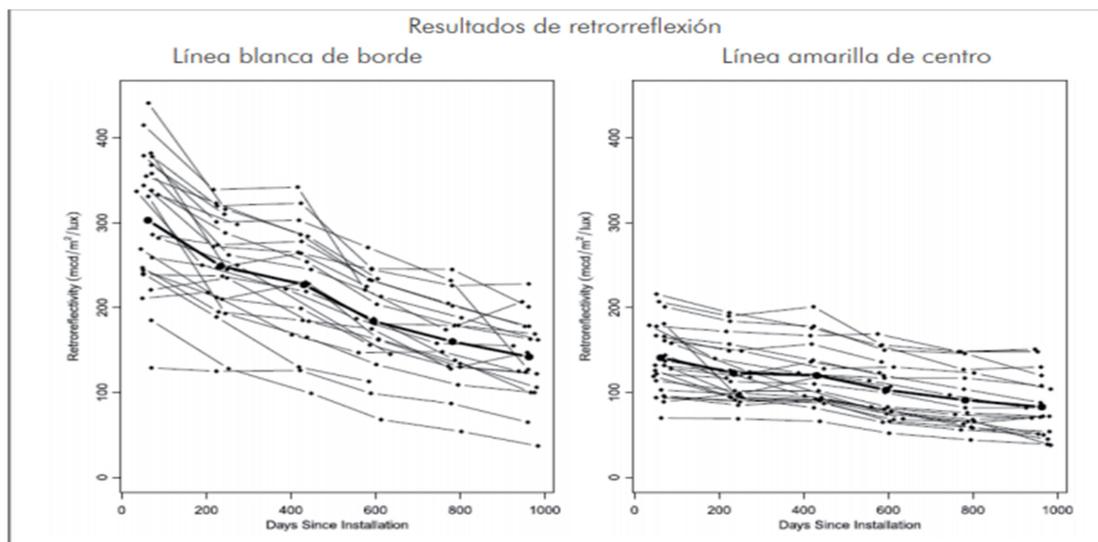


Figura 6: Resultados de las pruebas de retroflexión

Se encontraron tres ventajas con el uso del modelo lineal de efectos mixtos: Toma en cuenta la correlación entre las mediciones repetidas en la misma marca. Es un modelo flexible por lo que se puede aplicar a diferentes situaciones. La precisión en la predicción aumenta con la cantidad de datos disponibles. (Hummer, Rasdorf, & Zhang, 2011)

Por su parte Fu y Wilmot (2012) en Louisiana tomando aproximadamente 3500 lecturas de retroreflectividad tomadas entre el 2002 y el 2007, en diferentes materiales como termoplástico, cintas y marcas de perfil invertido en las autopistas interestatales de Louisiana, para determinar un modelo de comparación, con el fin de determinar el material con mejor desempeño y así, justificar la elección del material que se aplicará. Se crea un modelo que permite la comparación entre el valor relativo de la marca para pavimento alternativa dadas las condiciones del lugar de aplicación como el tipo de superficie, la vida útil del pavimento, volumen de tráfico, tipo de línea y color de línea.

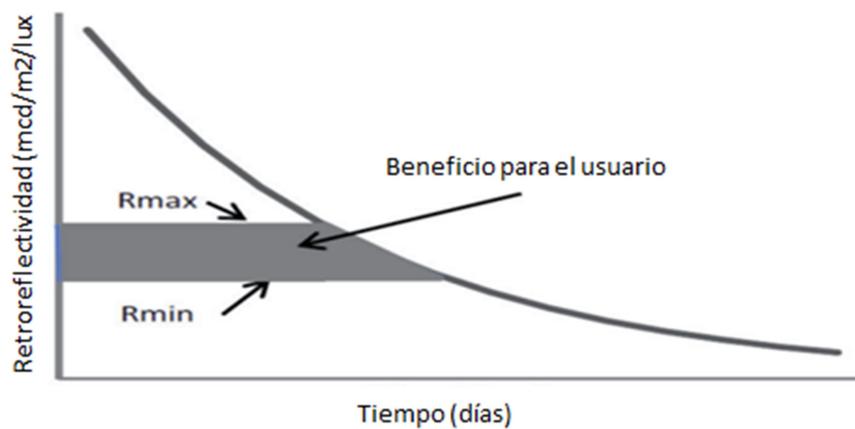


Figura 7: Medida del beneficio del usuario con respecto a la retrorreflexión de las marcas viales:

Llegaron a las siguientes conclusiones: Se describieron las condiciones de aplicación en términos del tipo de pavimento, número de carriles, vida de servicio restante de las marcas ya existentes, casos de pavimentos nuevos que requieren nuevas marcas o pavimentos viejos que requieren redemarcar y el tipo y color de la línea requerida. El modelo creado incorpora la medición del beneficio estimando el número de usuarios que experimentan una retroreflectividad aceptable durante la vida útil de cada material. El procedimiento incorpora más factores en el análisis que los procedimientos conocidos antes, algunos de estos factores son: condiciones del sitio, un grupo considerable de los costos y diferentes opciones de implementación. (Fu & Wilmot, 2012)

En el estudio que realizó Hollingsworth (2012) que tuvo como propósito desarrollar un modelo de desempeño de la retroreflectividad con en el fin de manejar de manera más efectiva y eficiente el presupuesto anual dirigido al mantenimiento de la demarcación del pavimento. Específicamente se buscó cuantificar el impacto que tiene el tipo de esferas de vidrio en la degradación de las marcas de pintura y termoplásticos en Carolina del Norte. En primera instancia se observaron los grupos de datos con que se contaba, a los cuales se les aplicó un análisis de valor promedio y de varianza usando la prueba de Wilcoxon y por último se describe el modelo obtenido de la regresión lineal que incluye el tipo de micro esfera como variable significativa.

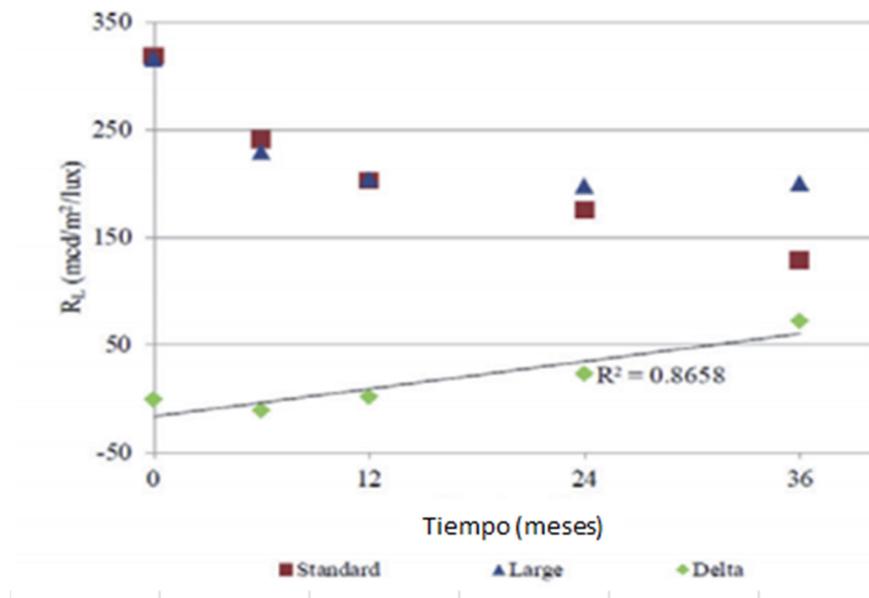


Figura 8: Mediciones de retro reflexión de pintura de tránsito con diferentes tipos de micro esferas de vidrio, estándar y grandes.

Llegaron a las siguientes conclusiones: Existe una diferencia significativa en el índice de degradación de la retroreflectividad entre las microesferas estándares y las de mayor tamaño, así como el costo que implican en zonas donde se utilizan quitanieves. Es más económico usar demarcación termoplástica con microesferas estándares pues cuesta menos y se desempeña mejor. (Hollingsworth, 2012)

En el estudio que realizaron Robertson, Sarasua, Johnson y Davis (2012) teniendo presente que el análisis se basó en carreteras no interestatales primarias y secundarias en Carolina del Sur. El método se desarrolló usando 3 años de datos de campo recolectados de 66 sitios. Se desarrolló un método para estimar y comparar los ciclos de vida de pinturas a base de agua de alto espesor y espesor regular, basados en los niveles de retrorreflectividad.

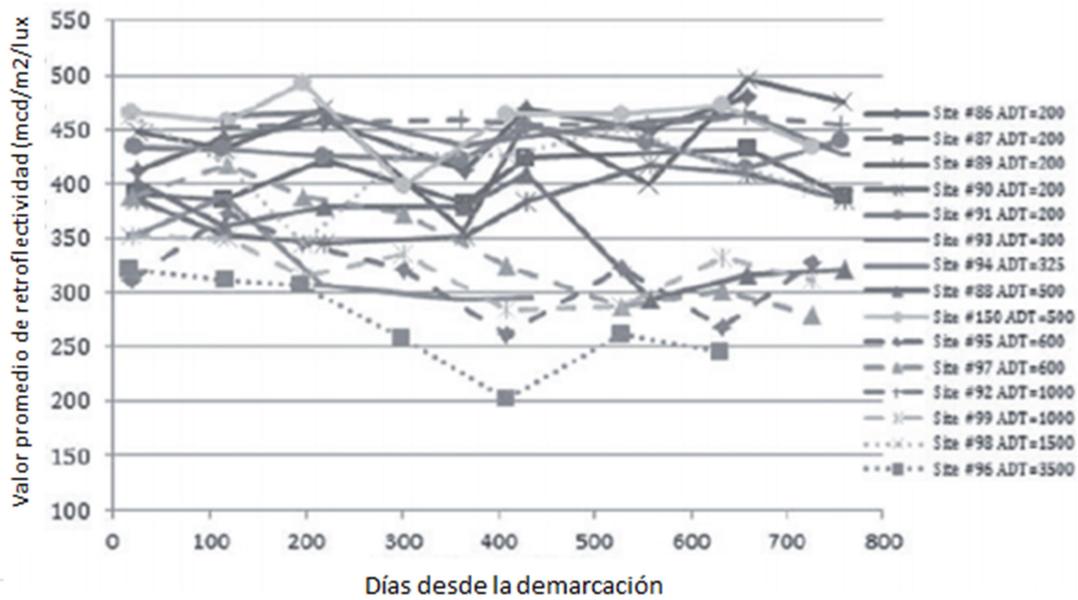


Figura 9: Resultados de retrorreflexión para línea blanca de borde

La principal conclusión expresa que el análisis indica que las marcas de gran espesor tardan considerablemente más tiempo que las marcas de espesor regular y son más efectivas en relación al costo, basados en datos de carreteras de dos carriles con un TPD mayor igual a 2000 vehículos. (Robertson, Sarasua, Jonhson, & Davis, 2012)

2.2. Materiales para demarcación.

2.2.1. Pintura para demarcación.

Pintura que puede ser aplicada sobre pavimentos asfálticos o de concreto hidráulico, de buena resistencia a los cambios bruscos de temperatura, humedad, grasas y aceites derivados del petróleo y a la abrasión severa y constante. La pintura debe conservar durante mucho tiempo sus propiedades de adherencia, resistencia al desgaste y visibilidad tanto en el día como en la noche. Así también la pintura no debe contener plomo, mercurio, cadmio, cromo u otros metales pesados tóxicos.

La pintura debe ser una mezcla homogénea, libre de contaminantes y de una consistencia adecuada para su uso en la capacidad para la cual está especificada. El producto final debe estar bien pulverizado, y el pigmento debe estar adecuadamente disperso en el vehículo conforme a los requerimientos de la pintura. La dispersión debe ser de tal naturaleza que el pigmento no produzca un asentamiento inadecuado, no se formen costras o pieles en el envase y no tome una consistencia granular o empiece a coagularse.

El pigmento asentado debe ser fácilmente dispersado, con un mínimo de resistencia mediante agitación manual con una espátula, hasta un producto con una consistencia uniforme y fluida. El fabricante debe incluir en las pinturas los aditivos necesarios para el control de la separación de fases, asentamiento de pigmento, consistencia, secado, absorción y formación de piel u otra cualidad que sea requisito para el material.

La pintura debe ser compatible así como permitir el anclaje de esferas y/o microesferas de vidrio, para mejorar la visibilidad durante la noche y sobre todo en zonas de poca iluminación o presencia de neblinas.

La pintura podrá ser almacenada hasta por un periodo de seis meses, tiempo contabilizado a partir de la fecha de producción. La pintura para demarcación podrá ser de dos tipos: Pintura Base Agua y Pintura Base Solvente.

a. Pintura base agua.

Pintura lista para su uso en pavimentos asfálticos o de concreto hidráulico; cuya formulación debe obedecer los requerimientos que se hallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Requerimientos de la Pintura Base Agua

Característica Evaluada	Requerimiento	
	Mínimo	Máximo
Densidad (g/mL)	1,59	.-
Viscosidad (KU)	80	90
Fineza (Escala Hegman)	3	.-
Tiempo de Secado (No Pick Up), Minutos	.-	10
Materia No Volátil (%)	73	.-
Pigmento (%)	60	.-
Sólidos en Volumen (%)	60	.-
Resistencia a la abrasión (Litros de arena)	150	.-
Color	Las coordenadas cromáticas deben estar dentro del polígono de color señalado en la Tabla 2.	
Factor de Luminancia (β)		
- Blanco	0,85	
- Amarillo	0,40	
Opacidad (Rc)		
- Blanco	0,95	
- Amarillo	0,90	
Sangrado	0,05 y las coordenadas cromáticas deben estar dentro del polígono de color señalado en la Tabla 2.	
Flexibilidad	La película de pintura no debe presentar agrietamiento, astillamiento, laminación o pérdida de adhesión, luego de ser doblada sobre un mandril a un diámetro de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ pulgada)	
Resistencia al Agua	La película de pintura no debe presentar: ablandamiento, ampollamiento, arrugamiento, pérdida de adhesión, cambio de color u otra evidencia de deterioro.	
Compuesto Orgánico Volátil (g/L)	.-	150
Estabilidad al Congelamiento y el Deshielo (3 ciclos)	La pintura no debe mostrar coagulación o floculación, ni cambio en la viscosidad en más de 10 KU del valor indicado en esta Tabla.	

Tabla 2*Coordenadas Cromáticas de los Vértices del Polígono de Color*

Color	1		2		3		4	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Blanco	0,355	0,355	0,305	0,305	0,285	0,325	0,335	0,375
Amarillo	0,560	0,440	0,490	0,510	0,420	0,440	0,460	0,400

b. Pintura Base Solvente

Pintura lista para su uso en pavimentos asfálticos o de concreto hidráulico; cuya formulación debe obedecer los requerimientos que se hallan en la Tabla 3.

Tabla 3*Requerimientos de la Pintura Base Solvente*

Característica Evaluada	Requerimiento	
	Mínimo	Máximo
Densidad (g/mL)		
Blanco	1,40	.-
Amarillo	1,36	.-
Viscosidad (KU)		
Blanco	75	90
Amarillo	80	90
Fineza (Escala Hegman)	3	.-
Tiempo de Secado (No Pick Up), Minutos		10
Materia No Volátil (%)		
Blanco	71	.-
Amarillo	70	.-
Pigmento (%)		
Blanco	53	.-
Amarillo	50	.-
Resistencia a la abrasión (Litros de arena)	150	.-
Color	Las coordenadas cromáticas deben estar dentro del polígono de color señalado en la Tabla 2.	

Factor de Luminancia (β)		
- Blanco	0,85	
- Amarillo	0,40	
Opacidad (Rc)		
- Blanco	0,95	
- Amarillo	0,90	
Sangrado	0,05 y las coordenadas cromáticas deben estar dentro del polígono de color señalado en la Tabla N° 02.	
Flexibilidad	La película de pintura no debe presentar agrietamiento, astillamiento, laminación o pérdida de adhesión, luego de ser doblada sobre un mandril a un diámetro de 12,7 mm (½ pulgada)	
Resistencia al Agua	La película de pintura no debe presentar: ablandamiento, ampollamiento, arrugamiento, pérdida de adhesión, cambio de color u otra evidencia de deterioro.	
Compuesto Orgánico Volátil (g/L)	.-	150

c. Retrorreflectividad de las Pinturas para Demarcación

La retrorreflectividad de las pinturas, con la finalidad de que la demarcación en el pavimento mejore su visibilidad durante las noches o bajo condiciones de oscuridad o neblina, se consigue por medio de la aplicación de esferas y/o microesferas de vidrio.

d. Pinturas sin Características Retrorreflectivas

Estas corresponden a las pinturas base solvente y base agua, a las cuales no se les adiciona esferas y/o microesferas de vidrio.

2.2.2. Material Termoplástico.

El material termoplástico es un material que puede ser aplicado en caliente sobre pavimento asfáltico o de concreto hidráulico, a base de resinas sintéticas que se suavizan al ser sometidas al calor y se endurecen cuando se enfrían sin cambiar las propiedades inherentes del material.

El material termoplástico es una mezcla en proporciones convenientes de: aglutinantes, partículas granulares, pigmentos y sus agentes dispersores, esferas y/o microesferas de vidrio. El aglutinante debe estar constituido por resinas naturales y/o sintéticas y elementos plastificantes. Los pigmentos utilizados deben asegurar la calidad y resistencia a la luz y el calor, para evitar la alteración de la demarcación. El material termoplástico no debe contener plomo, mercurio, cadmio, cromo u otros metales pesados tóxicos, así como sustancias que puedan causar cáncer. El material termoplástico debe cumplir con los requerimientos establecidos en la Tabla 4.

Tabla 4

Requerimientos del Material Termoplástico

Característica Evaluada	Requerimiento
Color	Las coordenadas cromáticas deben estar dentro del polígono de color señalado en la Tabla N° 02.
Factor de Luminancia (β)	0,80 0,40
Resistencia al Agrietamiento a Bajas Temperaturas	Después de calentar el material durante 240 min. \pm 5 min. a una temperatura de 218 °C \pm 2 °C, aplicar a un bloque de concreto y enfriar a -9,4 °C \pm 1,7 °C, el material no debe presentar grietas.
Resistencia al Impacto	Después de calentar el material durante 240 min. \pm 5 min. a una temperatura de 218 °C \pm 2 °C, y formación de muestras de ensayo, la resistencia al impacto debe ser como mínimo de 1,13 J.

Punto de ablandamiento	Después de calentar el material durante 240 min. \pm 5 min. a una temperatura de $218\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ser ensayado, el material debe tener un punto de ablandamiento de $102,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Resistencia al Flujo	< 20%, cuando es sometida a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
Índice de Amarillez	El material de color blanco no debe exceder de un Índice de Amarillez de 0,12.
Estabilidad al Calor	Luego de ser ensayado, el factor de luminancia no debe variar en más de 0,05 respecto al valor original, y las coordenadas cromáticas deben permanecer dentro del polígono de color señalado en la Tabla N° 02.
Envejecimiento Artificial Acelerado	Luego de ser ensayado, el factor de luminancia no debe variar en más de 0,05 respecto al valor original, y las coordenadas cromáticas deben permanecer dentro del polígono de color señalado en la Tabla N° 02
Vida en Almacenaje	El material debe cumplir los requerimientos anteriores y debe fundirse de manera uniforme sin evidencias de piel o partículas sin fundir por un periodo de un año. Cualquier material que dentro de este período no cumpla los requerimientos anteriores debe ser reemplazado por el Contratista.

2.2.3. Material Plástico Pre formado.

El material plástico preformado está constituido, por una parte mineral inorgánica y otra parte orgánica, adecuadamente plastificadas con formas y dimensiones definidas en el proceso de fabricación, el cual es colocado sobre el pavimento mediante el empleo de algún producto adhesivo. Su aplicación es en frío y puede ser aplicada a pavimentos asfálticos o de concreto hidráulico.

El material plástico preformado retrorreflectivo tiene esferas y/o microesferas de vidrio perfectamente distribuidas y adheridas en su superficie, por lo que poseen valores de retrorreflectancia muy altos y duraderos.

a. Clasificación

El material plástico preformado se clasifica según el nivel retrorreflectivo (I o II), según la clase de adherente que posee (1, 2 o 3) y el nivel de resistencia al deslizamiento (A o B).

Tabla 5

Clasificación del Material Plástico Preformado

Niveles Retrorreflectivos	El material cuando nuevo, debe cumplir con los valores requeridos de la Tabla N° 07.
Clases de Adhesivo	Clase 1: Material sin adhesivo recubierto, para su aplicación con cemento de contacto líquido. Clase 2: Material con adhesivo recubierto sensible a la presión, para su aplicación con o sin adhesivo o imprimante para preparación de superficie. Clase 3: Material con adhesivo recubierto sensible a la presión, protegido y aislado con una cubierta fácilmente removible.
Nivel de Resistencia al Deslizamiento	Nivel de resistencia al deslizamiento A: Material que cuando nuevo, tiene un valor de resistencia al deslizamiento de al menos 45 SRT. Nivel de resistencia al deslizamiento B: Material que cuando nuevo, tiene un valor de resistencia al deslizamiento de al menos 55 SRT.

b. Requerimientos

El material plástico preformado debe ser flexible y moldeable para adaptarse a la superficie del pavimento. Debe adherirse al pavimento asfáltico o de concreto hidráulico cuando se aplica de acuerdo a los procedimientos recomendados por el fabricante. El material plástico preformado asimismo, debe cumplir con los requerimientos establecidos en las Tablas 6, 7 y 8.

Tabla 6

Requerimientos del Material Plástico Preformado

Característica Evaluada	Requerimiento
Color	Las coordenadas cromáticas deben estar dentro del polígono de color señalado en la Tabla N° 02.
Factor de Luminancia (β)	0,80 0,40
Dimensiones	El material, en su forma de suministro, debe estar libre de grietas y tener bordes alineados, definidos y sin roturas. El ancho inicial del material no debe ser menor al ancho nominal (establecido), y no más grande de este ancho en 3 mm. La longitud del material no debe ser menor de la longitud establecida.
Retrorreflectancia	El material debe ser retrorreflectivo, fácilmente visible cuando es observado con los faros del automóvil durante la noche, y debe tener los valores de retrorreflectancia iniciales mínimos establecidos en la Tabla 7.
Adhesión	Una muestra de material, de 25,4 mm de ancho, aplicado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante debe tener los valores de adhesión mínimos mostrados en la Tabla 8.

Tabla 7*Valores de Retroreflectancia*

Angulo de Entrada	Angulo de Observación	Nivel	mcd lux ⁻¹ m ⁻²	
			Blanco	Amarillo
88,76	1,05	I	500	300
		II	250	175

El valor de retroreflectancia (R_L) debe ser expresada en milicandelas por lux por metro cuadrado.

Tabla 8*Adhesión*

Temperatura de Aplicación, °C	Temperatura de Ensayo, °C	Adhesión Mínimo, N
10	10	4,88
24	24	4,88
46	46	4,88

2.2.4. Plástico en Frío de dos Componentes.

Material que se presenta en dos componentes, los que deben mezclarse inmediatamente antes de su aplicación hasta conseguir una perfecta homogeneidad, ya que endurecen por reacción química entre ambos.

El plástico en frío de dos componentes debe cumplir los requerimientos establecidos en la Tabla 9.

Tabla 9*Requerimientos del Plástico en Frío de dos Componentes*

Característica Evaluada	Requerimiento
Densidad Relativa	No debe variar en $\pm 2\%$ respecto al valor indicado por el fabricante para cada componente.
Tiempo de secado “No pick-up”	No debe ser superior a 30 min.
Color	Las coordenadas cromáticas deben estar dentro del polígono de color señalado en la Tabla N° 02.
Factor de Luminancia β	Blanca $\geq 0,80$ Amarilla $\geq 0,40$
Envejecimiento Artificial Acelerado	Luego de ser ensayado, la variación del factor de luminancia no debe ser superior a 0,05 respecto al valor original y las coordenadas cromáticas deben permanecer dentro del polígono de color señalado en la Tabla N° 02.

Para la realización de los diferentes ensayos, se debe preparar probetas de las características específicas para cada uno de ellos, realizando la aplicación con el rendimiento, tolerancia y método que indique el fabricante, teniendo en cuenta la textura y usos del material. El fabricante indicara asimismo la cantidad de muestra a preparar y las proporciones de cada componente.

2.2.5. Esferas y Microesferas de Vidrio.

La esferas y microesferas de vidrio constituyen el material que aplicado a los materiales para demarcación producen su retroreflectividad, por la incidencia de las luces de los vehículos, mejorando la visibilidad nocturna o condiciones de restricciones de iluminación como los producidos por agentes atmosféricos. Las esferas y microesferas pueden ser usadas tanto para la demarcación de carreteras como zonas de aterrizaje (aeropuertos, aeródromos, etc.). La selección del tipo de esferas y/o microesferas de vidrio estará en función al tipo de material de demarcación empleado así como a su dosificación de aplicación.

Las esferas y microsferas de vidrio deben cumplir los requerimientos establecidos en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10

Gradación de las Esferas y Microesferas de Vidrio

Designación de Tamiz	Porcentaje de material que pasa						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Tamiz N° 8							100
Tamiz N° 10						100	95-100
Tamiz N° 12						95-100	80-95
Tamiz N° 14						80-95	10-40
Tamiz N° 16	100	100				10-40	0-5
Tamiz N° 18					100	0-5	0-2
Tamiz N° 20	95-100	95-100	100		90-100	0-2	
Tamiz N° 30	75-95	55-75	90-100		10-30		
Tamiz N° 40		15-35					
Tamiz N° 50	15-35	0-5	18-35	100	0-5		
Tamiz N° 70	0-5						
Tamiz N° 80	0-5		0-10	15-55			
Tamiz N° 100							
Tamiz N° 140			0-2				
Tamiz N° 200	0-5						
Tamiz N° 230				0-10			

Las micro esferas tipo II, deben ser empleadas en aeropuertos en la zona de rodaje de los aviones; adicionalmente se recomienda su empleo en carreteras en zonas con alta incidencia de accidentes y zonas con presencia de neblinas.

Tabla 11*Requerimientos de las Esferas y Microesferas de Vidrio*

Característica Evaluada	Requerimiento
Densidad de Masa (g/cm ³)	<u>Tipo I, III, IV, V, VI y VII</u> : 2,4 a 2,6 <u>Tipo II</u> : 4,0 a 4,5
Apariencia de Defectos: En general: limpias, claras, redondas, incoloras y exentas de material extraño.	<u>Tipo I, II, III y IV</u> Un máximo del 3% podrán estar quebradas o contener partículas de vidrio sin fundir o elementos extraños. Un máximo de 20% podrán ser fragmentos ovoides deformados, bolsas gaseosas o con germinados. <u>Tipo V</u> Un máximo del 1% podrán estar quebradas o contener partículas de vidrio sin fundir o elementos extraños. Un máximo de 10% podrán ser fragmentos ovoides deformados, bolsas gaseosas o con germinados. <u>Tipo VI y VII</u> Un máximo del 1% podrán estar quebradas o contener partículas de vidrio sin fundir o elementos extraños. Un máximo de 15% podrán ser fragmentos ovoides deformados, bolsas gaseosas o con germinados.
Índice de Refracción	<u>Tipo I, III, IV, V, VI y VII</u> : mínimo 1,50 <u>Tipo II</u> : mínimo 1,90
Resistencia a los Ácidos	No presentarán, al ser observadas posteriormente al microscopio, señal alguna de haber sido dañados.
Resistencia a la Solución de Cloruro Cálcico	No presentarán, al ser observadas posteriormente al microscopio, señal alguna de haber sido dañadas.
Resistencia a la Solución de Sulfato de Sodio	No presentarán, al ser observadas posteriormente al microscopio, señal alguna de haber sido dañadas.
Contenido de metales pesados	No deben contener más de 75 ppm (total) de arsénico, 200 ppm (total) de antimonio y no más de 200 ppm (total) de plomo.

En el caso de que las esferas o micro esferas de vidrio presenten algún tipo de recubrimiento especial, se debe verificar la presencia de este recubrimiento.

2.3. Señalización vial desde la normatividad internacional.

La señalización vial es uno de los aspectos fundamentales en la ingeniería de la seguridad vial, ya que es un sistema que representa visualmente las leyes de tránsito en las vías públicas, con el fin de reglamentar, prevenir, guiar e informar a los conductores y demás usuarios de la vía. La demarcación vial horizontal y la señalización vertical se complementan y ambas deben estar presentes coherentemente; una no sustituye a la otra.

En ese contexto se describe el tema de los sistemas de demarcación vial, sus componentes, y su principal parámetro de desempeño: la retrorreflexión.

Hay factores propios de la demarcación vial que inciden en su desempeño y durabilidad, tal como la calidad de los materiales y el proceso de ejecución de obra, incluyendo la preparación de la superficie, la técnica y equipos de aplicación de los materiales, los tiempos de secado, entre otros.

2.3.1. Sistema de demarcación vial horizontal

Se le llama sistema de demarcación vial al estar conformado por más de un componente. Un sistema simple de demarcación vial consiste en un material de base, el cual puede ser pintura (base solvente o base agua), termoplástico, cintas preformadas, plástico en frío, entre otros tipos, junto a las microesferas de vidrio, las cuales proveen al sistema de visibilidad nocturna. El material por sí solo no es retrorreflectivo; es decir, no es visible en condición nocturna y, por otra parte, las microesferas de vidrio requieren de un medio para adherirse y poder reflejar la luz que incide en ellas hacia la dirección deseada.

De forma complementaria al sistema de demarcación vial se encuentran los capta luces, u ojos de gato, los cuales son de gran importancia, dadas sus condiciones climáticas y topográficas. Bajo fuertes lluvias, el agua se acumula sobre la superficie de rodamiento y, en muchos casos, cubre la demarcación vial, reduciendo o eliminando el efecto de retrorreflexión. En estos casos los capta luces son esenciales para guiar al conductor, y aún más en carreteras con fuertes pendientes y curvas horizontales.

2.3.2. Retrorreflexión

La medida del desempeño más adecuada de cualquier sistema de demarcación vial es la retrorreflexión o retrorreflectividad, la cual es una medición de la cantidad de luz que es reflejada de vuelta a los ojos del conductor en el momento en que las marcas viales son iluminadas por las luces del vehículo.

Para medir la retrorreflexión existen distintos equipos que simulan las condiciones a las que un conductor visualiza la demarcación vial en la noche. Existe un ángulo en el que las marcas viales son iluminadas por el vehículo y un ángulo de observación, que corresponde a la visual del usuario.



Figura 10: Ángulos de iluminación y observación

Con base en los ángulos de iluminación y observación, se establecen valores mínimos de retrorreflexión que debe cumplir la demarcación vial horizontal, para ser visible en la noche.

La Tabla 12 muestra valores de referencia de retrorreflexión inicial y a los seis meses, según el Departamento de Transportes de la Florida (FDOT, 2010) y la AEN/CTN 135 (2007), para demarcación de color blanco y amarillo.

Tabla 12

Especificación de retrorreflexión de demarcación vial inicial y a los seis meses para pintura blanca y amarilla, en Florida y España

Tiempo	Blanca (mcd/m ² /lx)	Amarilla (mcd/m ² /lx)	Fuente
Inicial	300	250	FDOT, 2010
A los seis meses	150	150	
Inicial	300	150	AEN/CNT 135, 2007
A los seis meses	200	150	

A continuación se presentan también los valores de retrorreflexión mínimos establecidos en el Manual de Señalización de Tránsito de Chile (MTT, 2001), los cuales son más permisivos que los del estado de la Florida, y de la (AEN/CTN 135, 2007).

Tabla 13

Especificaciones de retrorreflexión, según el ángulo de iluminación y observación para demarcación de color blanco y amarillo, en Chile

Niveles mínimos de retrorreflexión (mcd/m ² /lx)			
Ángulos		Colores	
Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
3,5°	4,5°	120	95
1,24°	2,29°	90	70

Fuente: Manual de señalización de tránsito: demarcaciones (MTT, 2001)

En el caso de España, se establecen los siguientes valores mínimos de retrorreflexión:

Tabla 14*Especificaciones de retrorreflexión en España*

Tipo de demarcación	Coeficiente de retrorreflexión (mcd/m ² /lx)		
	30 días	180 días	730 días
Blanco (permanente)	300	200	100
Amarillo (temporal)	150		

A su vez el INTECO, a través de su comité CTN-11 Pinturas, publicó en los años 2012 y 2013 las siguientes normas para Costa Rica:

- a. INTE 11-02-01:2012 Parte I: Pintura base agua para señalamiento horizontal
- b. INTE 11-02-01:2012 Parte II: Pintura base solvente para señalamiento horizontal
- c. INTE 11-02-01:2012 Parte III: Material termoplástico blanco y amarillo (forma sólida)
- d. INTE 11-02-02:2012: Microesferas de vidrio utilizadas en pinturas de tráfico
- e. INTE 11-02-03:2013: Guía de buenas prácticas para la demarcación vial horizontal En la norma INTE 11-02-03:2013 se muestran los requisitos de retrorreflectividad inicial para las pinturas base agua y base solvente, tanto para color amarillo como blanco.

Los valores que se incluyen en Tabla 15 corresponden a valores de RL; es decir, el índice de retrorreflexión en condición nocturna y sobre superficie seca.

Tabla 15*Requisitos de retroreflectividad inicial para Costa Rica*

Tipo de pintura para demarcación vial	Color	
	Blanco (mcd/m ² /lx)	Amarillo (mcd/m ² /lx)
Base agua	200	150
Base solvente	200	150

En el caso del material termoplástico, en la norma INTE 11-02-01:2012 adicionalmente se incluyeron valores de retrorreflectividad mínima a los 180 días después de su instalación. Esto se debe a que este material cuenta con microesferas de vidrio retrorreflectivas premezcladas, a diferencia de las pinturas base agua y base solvente a las cuales únicamente se le agregan las microesferas de tipo "drop-on" (colocadas in situ por efecto de gravedad, ya sea por medio automatizado o a mano). Al material termoplástico también se le agregan in situ microesferas de tipo "drop-on" (adicionales). Por lo tanto, los valores de retrorreflexión para este material se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16

Requisitos de retrorreflectividad para material termoplástico para Costa Rica

Retrorreflexión para material termoplástico	Color	
	Blanco (mcd/m ² /lx)	Amarillo (mcd/m ² /lx)
Valores mínimos iniciales	400	300
Valores mínimos a 180 días	325	200

2.4. Requisitos básicos de demarcación en la norma nacional peruana.

Durante el periodo de garantía, a fin de brindar una máxima visibilidad, tanto de día como de noche y en cualquier situación, el contratista debe evidenciar y acreditar mediante informes de ensayos que la demarcación aplicada cumple con los siguientes requerimientos:

2.4.1. Retrorreflectancia

a. Retrorreflectancia Inicial

El coeficiente mínimo de retrorreflectancia (geometría de 30 m) inicial, para la demarcación de color blanco y amarillo, debe ser respectivamente de 230 mcd.lx-1m-2 y 175 mcd.lx-1m-2.

b. Retrorreflectancia para Repintado

Si el coeficiente de retrorreflectancia (geometría de 30 m), corresponde a un valor menor o igual a $80 \text{ mcd.lx-1m}^{-2}$, tanto para la demarcación de color blanco como para la amarilla, se debe efectuar el repintado correspondiente.

2.4.2. Color

Las coordenadas cromáticas deben estar dentro del polígono de color señalado en la Tabla 2

2.4.3. Factor de Luminancia (β)

Para la demarcación de color blanco y amarillo, los valores del factor de luminancia deben ser mayores o iguales a 0,4 y 0,2 respectivamente.

2.4.4. Opacidad (R_c)

La relación de contraste (R_c) debe ser mayor o igual a 1,7.

2.5. Requerimientos de la Construcción según la normatividad peruana.

2.5.1. Criterios de Selección.

Para determinar el tipo de material a emplearen obra, se debe tener en cuenta factores como: zona de trabajo, tiempo de ejecución, temperatura del ambiente, temperatura del rocío, temperatura del pavimento tiempo de apertura del tránsito de la carretera, humedad relativa y otros de relevancia, tales como situación de la marca real , textura superficial del pavimento, tipo de vía y ancho de calzada, IMD, etc.

2.5.2. Informe de Programa de Trabajo.

El contratista debe presentar previo a la iniciación del trabajo de demarcación un informe que indique detalladamente su programa a seguir en la ejecución de éste, incluyendo pero no limitado a los siguientes puntos.

2.5.3. Señalización y Seguridad de las Obras.

Previo a todo trabajo de demarcación el Contratista debe adoptar todas las medidas de seguridad y protección del personal, del área de trabajo además del tránsito pasante, durante el periodo de aplicación de la demarcación y durante el periodo de secado de las demarcaciones en el pavimento recién aplicadas; medidas que deberán de ser aprobadas por el Responsable de Obra y estar de acuerdo con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

2.5.4. Control Previo de los Materiales.

Antes de la ejecución de los trabajos de demarcación, se debe verificar la calidad de los materiales para demarcación a emplearse, para ello se tomaran muestras representativas de cada lote de los materiales de demarcación, tanto de los ya existentes en obra así como aquellos que se incorporen a ésta, a fin de verificar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en esta especificación para cada material.

La cantidad de muestra debe permitir la ejecución de todas las evaluaciones requeridas.

2.5.5. Empaque y Almacenamiento de los Materiales.

Los envases de los materiales se encontraran en buen estado no serán reactivos con el material contenido, deben estar bien cerrados y serán de fácil y rápida apertura.

Los envases de los materiales deben contener la información necesaria, por ejemplo mediante una etiqueta; información que en función a la naturaleza del material contenido incluirá: la denominación exacta del material, color, cantidad fecha de fabricación, número de lote, pictogramas de seguridad, frases R (riesgos específicos), Frases S (consejos de prudencia), nombre y dirección del fabricante.

2.5.6. Preparación de la Superficie.

Antes de efectuar los trabajos de demarcación se debe realizar una inspección del pavimento a fin de comprobar su estado superficial y detectar posibles defectos existentes.

Se debe llevar a cabo una limpieza superficial adecuada, para eliminar la suciedad y aquellos elementos que puedan influir negativamente en la calidad y durabilidad de la demarcación. La superficie del pavimento que va a ser demarcada debe estar seca y libre de polvo, grasas, aceites y otras sustancias extrañas que afecten la adherencia del recubrimiento. Los elementos cementantes que impidan la adherencia deben ser retirados mediante el lavado de la superficie. Si la superficie presenta defectos o huecos notables, se corregirán los primeros y se rellenarán los segundos con materiales de la misma naturaleza que los de aquella.

La demarcación que se aplique debe ser compatible con el sustrato (pavimento o demarcación antigua); en caso contrario, debe efectuarse el tratamiento superficial más adecuado (borrado de la marca existente, aplicación de un imprimante, etc.) que asegure una buena adherencia sin que el pavimento sufra daño alguno. Se debe contar con la información del fabricante del material nuevo con relación al existente. Siempre se debe exigir los chequeos y garantías de compatibilidad.

Cuando sea necesario, la eliminación de la demarcación antigua, queda expresamente prohibido el empleo de decapantes así como procedimientos térmicos. Utilizar un medio que garantice el no deterioro del pavimento, tal como la técnica de borrado mediante chorro de agua a alta presión.

Si la demarcación va a ser efectuada sobre pavimentos nuevos se recomienda un tiempo de cura de como mínimo un mes. El responsable de obra debe definir el método de demarcación temporal para garantizar la seguridad de la vía durante el periodo mes de curado del pavimento.

2.5.7. Premarcado.

Con anterioridad a la aplicación de la demarcación, el contratista debe efectuar un cuidadoso replanteo de ellas, que garantice una perfecta terminación. Para ello cuando no exista ningún tipo de referencia adecuado, se colocarán en el eje de la demarcación o en su línea de referencia, círculos de no más de 30mm de diámetro, pintados con el mismo color que se utilizará en la demarcación definitiva, separados entre si por una distancia no superior a 5m. en curva y 10 m en recta. En casos especiales en que se requiera mayor precisión, utilizar pre marcados cada 50cm.

2.5.8. Limitaciones Climáticas.

La aplicación debe efectuarse, cuando la temperatura del sustrato (pavimento o demarcación antigua) supere al menos 3°C al punto del rocío.

La aplicación no podrá llevarse a cabo en instantes de lluvia, si el pavimento está húmedo, la temperatura ambiente no esté comprendida entre 5°C y 40°C, o si la velocidad del viento fuera superior a 25Km.

2.5.9. Aplicación.

Una vez ejecutadas todas las operaciones anteriores, proceder con la aplicación del material de forma tal que se asegure una correcta dosificación, una homogeneidad longitudinal y transversal, y un perfilado de líneas, de tal manera que no haya exceso ni deficiencias en ningún punto. No se admitirán diferencias de tonalidades dentro de un mismo tramo.

2.5.10. Control de obra: antes de la aplicación

- a. Inspección visual de la superficie del pavimento que va a recibir la demarcación.
- b. Limpieza de la superficie del pavimento que va a recibir la demarcación.
- c. Control de la localización del diseño (localización del eje de vía, localización de líneas laterales, definición de zonas con o sin restricción de adelantamiento para vías ya existentes, definición de zonas con o sin restricción de adelantamiento para proyectos nuevos)
- d. Control de los materiales de demarcación (chequeo de las hojas técnicas de los materiales con respecto a lo indicado en esta especificación, verificación de la fecha de fabricación del material, chequeo de la homogenización de la pintura, si se adiciona un diluyente a la pintura (la proporción), chequeo durante el tanqueo.
- e. Verificación de la existencia de la señalización temporal mínima.

2.5.11. Control de obra: durante la aplicación

- a. Control de la velocidad de aplicación de la maquina delineadora: Fecha y hora de aplicación.
- b. Control de la geometría de la demarcación: tipo de demarcación, tramo, abscisa inicial y final, dimensiones de la demarcación.
- c. Control del consumo de materiales: tipo y cantidad de materiales consumidos, cantidad de metros cuadrados (m²)
- d. Control de las condiciones ambientales: temperatura del pavimento, temperatura ambiente, humedad relativa y punto de rocío (tomadas cada hora)

2.5.12. Control de obra: después de la aplicación

- a. Control de la geometría de la demarcación.

- b. Requerimientos básicos: los ensayos correspondientes a los requerimientos básicos, deben ser realizados dentro de las ciento veinte horas siguientes a la aplicación de la demarcación y cuando la película esté completamente seca y limpia. En el caso de la Opacidad (R_c), de no registrarse el valor mínimo requerido, existe la alternativa de aplicar un color negro como fondo de la demarcación requerida, el que deberá exceder de esta última en al menos 5cm en todo su contorno. El valor de retrorreflectancia obtenido debe ser reportado en el informe de ensayos como: $X \pm U$, donde X es el valor de retrorreflectancia obtenido y U la incertidumbre asociada al valor obtenido. Para efectuar los ensayos correspondientes a los requerimientos básicos se debe emplear equipos con certificados de calibración vigentes (calibración anual)

2.5.13. Dimensiones.

La demarcación aplicada sobre el pavimento debe ser lo suficientemente visible para que un conductor pueda maniobrar el vehículo con un determinado tiempo de pre visualización. Las dimensiones de línea a aplicar al pavimento, así como de las flechas y las letras deben estar conforme a lo dispuesto por el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y/o lo indicado en los planos.

2.6. Marco conceptual.

2.6.1. Intensidad de una fuente de luz.

$$\text{Lumen} = [\text{lum}]$$

2.6.2. Iluminancia.

Es la luz visible que cae sobre una superficie, mide la intensidad de luz sobre esta.

$$\text{Lux} = \text{Lum}/\text{m}^2 = [\text{Luz}]$$

2.6.3. Luminancia.

Es la luz que viene de una superficie debido a la reflexión.

$$\text{Luminancia} = \text{Milicandela}/\text{m}^2 = [\text{mcd}/\text{m}^2]$$

2.6.4. Coeficiente de retroreflectividad (retroreflexión)

Relación entre la luminancia de la superficie retroreflectividad (demarcación) y la iluminancia de la fuente de luz (faro del vehículo)

$$\text{Coeficiente de retroreflexión} = R_L = \frac{\text{Luminancia}}{\text{Iluminación}} = \frac{\left[\frac{\text{mcd}}{\text{m}^2}\right]}{[\text{lux}]} = [\text{mcd lux}^{-1}\text{m}^{-2}]$$

2.6.5. Coeficientes mínimos de retroreflexión para la demarcación.

Especificaciones técnicas de pinturas para obras viales (Resolución Directoral N° 851-98-MTC/15.17)

- a. Demarcación de color blanco = 230 mcd/m²/lx.
- b. Demarcación de color amarillo = 175 mcd/m²/lx.

2.6.6. Coeficientes de retroreflexión para el repintado.

Especificaciones técnicas de pinturas para obras viales (Resolución Directoral N° 851-98-MTC/15.17)

- c. Demarcación de color blanco =< 80 mcd/m²/lx.
- d. Demarcación de color amarillo =< 80 mcd/m²/lx.

CAPITULO TERCERO

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Mientras no se definan correctamente el tiempo entonces subsistirán los problemas de retroreflectividad.

3.1.1. Hipótesis general.

El tiempo ha influido significativamente en el coeficiente de retroreflectividad de la demarcación superficial ejecutado en la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014

3.1.2. Hipotesis específicas.

- a. La curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el tipo de pavimento presenta un comportamiento lineal negativo.
- b. La curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el eje de la vía presenta un comportamiento lineal negativo.
- c. El tiempo recomendable para realizar el repintado de las vías utilizando marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente o marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base agua es a los seis meses.

3.2. Identificación de variables

- a. Variable independiente: Tiempo
- b. Variable dependiente: Coeficiente de retroreflectividad
- c. Variables intervinientes: Tipo de pavimento - Eje de vía.

$$y = f(x)$$

3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 17

Operacionalización de variables

Variables		Indicadores
Independiente	Tiempo	Número de días desde el pintado
Dependiente	Coeficiente de retroreflectividad	Luminosidad: mcd/lux/m ²
Intervinientes	Tipo de pavimento	Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Tratamiento Superficial Bicapa (TSB)
	Eje de vía	Lateral: izquierdo y derecho Central

CAPITULO CUARTO

DISEÑO METODOLOGICO

4.1. **Ámbito de estudio: localización política y geográfica**

El ámbito de estudio corresponde a la carretera panamericana sur PE-1S el mismo que atraviesa las regiones de Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna.



Figura 10: Mapa principal de la carretera panamericana sur PE-1S

En el presente estudio, se han tomado datos en la parte que corresponde a la concesión vial del Sur, el mismo que se inicia en Quilca y termina en La Concordia, frontera con Chile.

Panamericana Sur	
Centro y sur del Perú	
	
Datos de la ruta	
Identificador	PE-1S (MTC)
Tipo	Carretera
Longitud	1.234,52 km
Administración	
Concesionaria	Rutas de Lima (Pte. Santa Anita - Puente Pucusana)
	COVIPERÚ (Puente Pucusana - Ica)
	Concesión Vial del Sur (Quilca - La Concordia) ¹
Otros datos	
Departamentos que atraviesa	Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna

Figura 11: Identificador de la carretera panamericana sur PE-1S

4.2. Tipo y nivel de investigación.

El tipo de investigación realizada ha sido cuantitativa y el nivel o alcance de tipo descriptiva, se refiere a realizar un trabajo científico que permita ordenar el resultado de las observaciones de las conductas, las características, los factores, los procedimientos y otras variables de fenómenos o hechos. Este tipo de investigación no tiene hipótesis exacta. Ya que se fundamenta en una serie de análisis y pruebas para llevar a cabo la valoración de la física. La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes, es de cualquier fenómeno que se analice.

4.3. Unidad de análisis

Como unidad de análisis se ha considerado cada punto de medición, tanto en tipo de pavimento, sea en Mezcla asfáltica en caliente (MAC), o Tratamiento Superficial Bicapa (TSB); o dependiendo del eje de vía: central o lateral (izquierdo o derecho)

4.4. Población de estudio

Para efectos del presente reporte de investigación, la población de estudio, es el conjunto de unidades de análisis, el mismo que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 18

Distribución de la población de estudio para una medición

Tipo de pavimento	Eje de vía	Unidad de análisis
MAC	Lateral izquierdo	25
	Lateral derecho	25
	Central	25
TSB	Lateral izquierdo	25
	Lateral derecho	25
	Central	25
Numero de mediciones		150

Tabla 19***Distribución de la población por mediciones***

Años	Semestre	Observaciones
2013	Primer semestre	150
	Segundo semestre	150
2014	Primer semestre	150
	Segundo semestre	150
Total		600

4.5. Tamaño de muestra

Es igual al total de la población de estudio.

4.6. Técnicas de selección de muestra

La muestra es de tipo censal, es decir que todos las unidades de análisis consideradas han sido tomados en cuenta.

4.7. Técnicas de recolección de información

- a. La técnica utilizada ha sido la observación
- b. El instrumento utilizado ha sido la guía de observación

4.8. Técnicas de análisis e interpretación de la información.

Para el procesamiento de la información se ha utilizado el programa Excel, tanto para generar el diagrama de dispersión y la generación de las respectivas ecuaciones.

CAPITULO QUINTO

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de los resultados

En el presente capítulo se presenta en primer término, el comportamiento del coeficiente de retrorreflexión a lo largo del tiempo, es decir desde la primera medición, hasta la medición efectuada a los seis meses.

Se presente en primer lugar un diagrama de dispersión conjuntamente con el valor del estadístico R^2 y la ecuación regresión lineal. A continuación se presenta una tabla con la simulación del valor del coeficiente de retrorreflexión teniendo en cuenta la ecuación y número de días, se efectúa la simulación para 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 y 270 días.

El orden de presentación de las figuras y tablas es en primer lugar para los valores del coeficiente de retrorreflexión del eje central, para cada tipo de pavimento (MAC y TSB) para cada semestre y para cada año de evaluación.

Luego se presentan los mismos resultados para el eje lateral izquierdo y luego para el eje lateral derecho.

Se debe tener presente que R^2 es el coeficiente de determinación.

Es el cuadrado de coeficiente de correlación (r) y asume un significado especial porque su valor representa la proporción de la variación dependiente y que se explica por la variable independiente x mediante la ecuación de regresión lineal

$$y = f(x)$$

Dónde:

x representa al tiempo como variable independiente

y presenta a la luminosidad (coeficiente de retroreflectividad) que viene a ser la variable dependiente

r es el coeficiente de correlación

El análisis de correlación sirve para medir la fuerza o el grado de correlación entre las variables objeto de estudio.

$$y = f(x)$$

En el análisis de regresión.

El coeficiente de correlación es un número que en determinado conjunto de datos, se encontraran entre -1 y $+1$ y que indica la intensidad de la correlación y el sentido de la misma.

Cuanto $r > 0,75$ significa que existe buena correlación entre las variables evaluadas,

5.2. Variación del coeficiente de retrorreflexión en el eje central.

5.2.1. Tipo de pavimento MAC – Primer Semestre – 2013

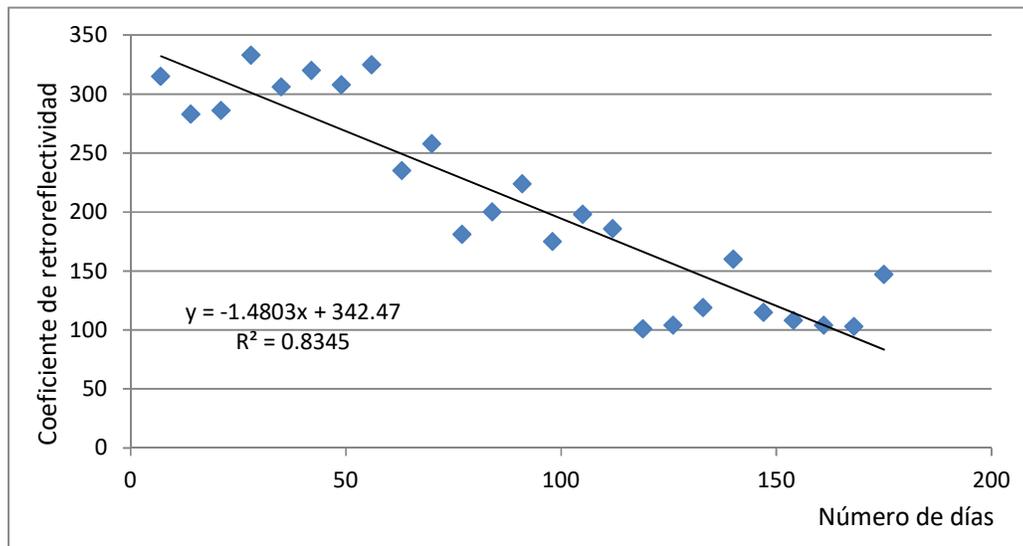


Figura 12: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 20: Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.4803	342.47	298.06
2	60	-1.4803	342.47	253.65
3	90	-1.4803	342.47	209.24
4	120	-1.4803	342.47	164.83
5	150	-1.4803	342.47	120.43
6	180	-1.4803	342.47	76.02
7	210	-1.4803	342.47	31.61
8	240	-1.4803	342.47	-12.80
9	270	-1.4803	342.47	-57.21

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

La Dirección de correlación: Si r es negativa las variables tenderán a moverse en direcciones opuestas, si aumenta x entonces disminuye y .

5.2.2. Tipo de pavimento MAC – Segundo Semestre – 2013

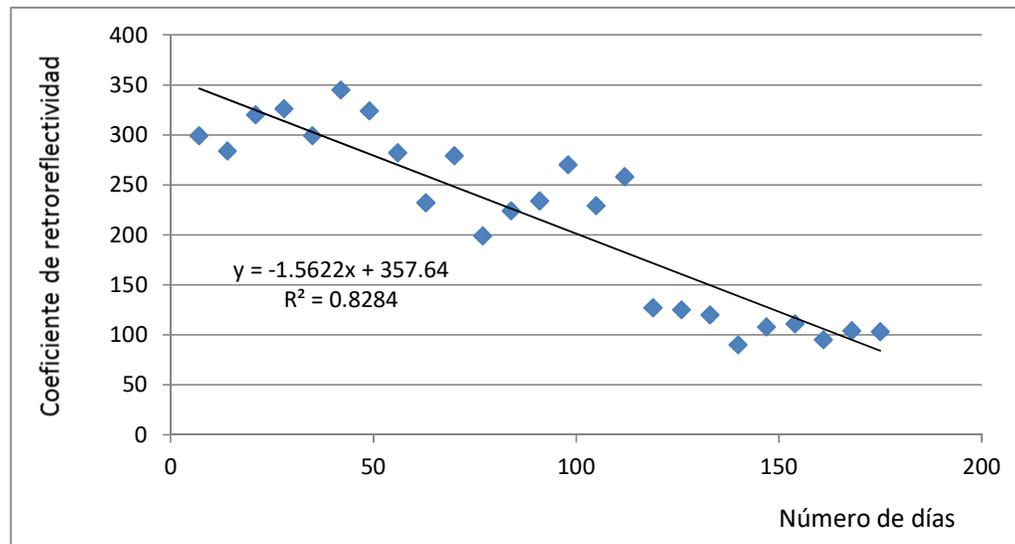


Figura 13: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 21:

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.5622	357.64	310.77
2	60	-1.5622	357.64	263.91
3	90	-1.5622	357.64	217.04
4	120	-1.5622	357.64	170.18
5	150	-1.5622	357.64	123.31
6	180	-1.5622	357.64	76.44
7	210	-1.5622	357.64	29.58
8	240	-1.5622	357.64	-17.29
9	270	-1.5622	357.64	-64.15

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.2.3. Tipo de pavimento MAC – Primer Semestre – 2014

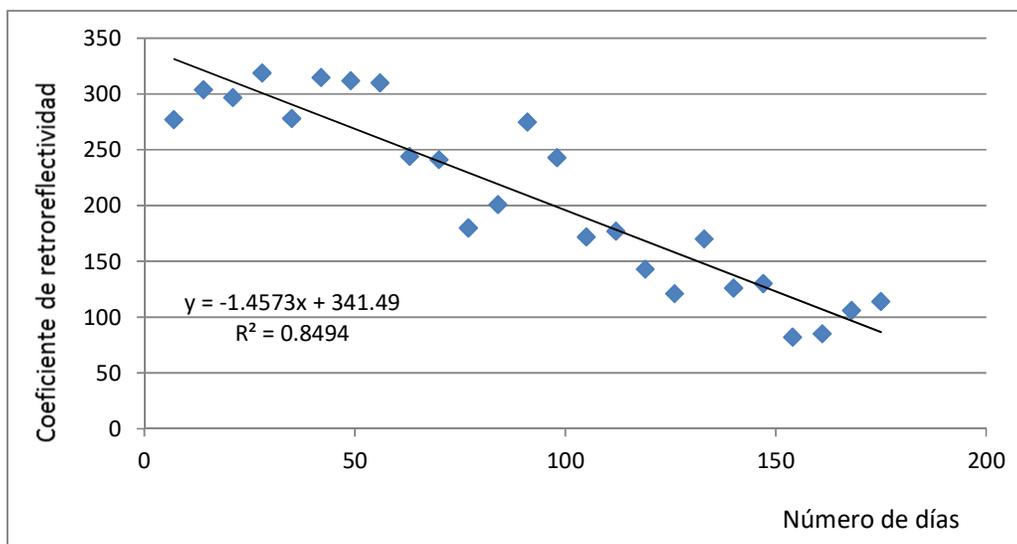


Figura 14: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 22:

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.4573	341.49	297.77
2	60	-1.4573	341.49	254.05
3	90	-1.4573	341.49	210.33
4	120	-1.4573	341.49	166.61
5	150	-1.4573	341.49	122.90
6	180	-1.4573	341.49	79.18
7	210	-1.4573	341.49	35.46
8	240	-1.4573	341.49	-8.26
9	270	-1.4573	341.49	-51.98

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.2.4. Tipo de pavimento MAC – Segundo Semestre – 2014

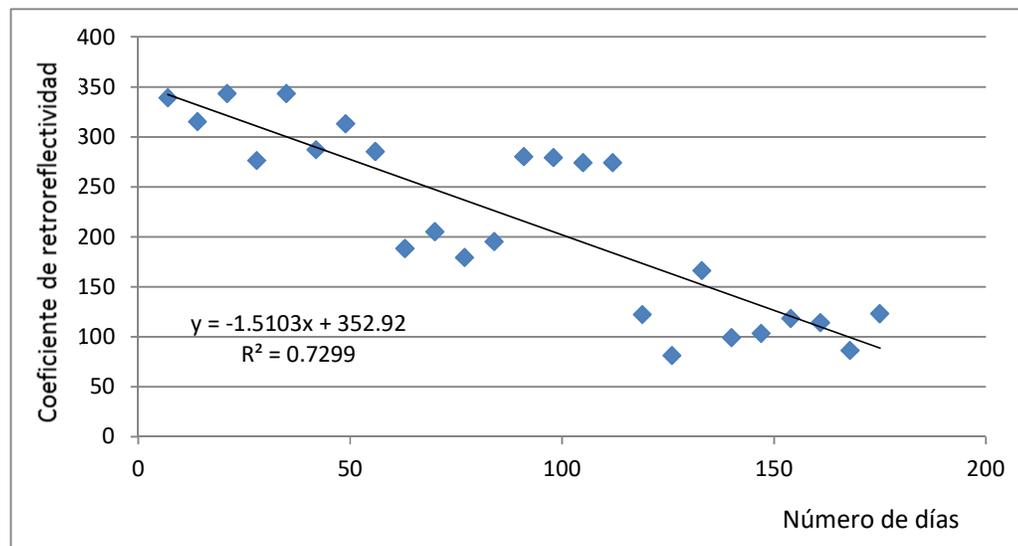


Figura 15: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 23

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.5103	351.92	306.61
2	60	-1.5103	351.92	261.30
3	90	-1.5103	351.92	215.99
4	120	-1.5103	351.92	170.68
5	150	-1.5103	351.92	125.38
6	180	-1.5103	351.92	80.07
7	210	-1.5103	351.92	34.76
8	240	-1.5103	351.92	-10.55
9	270	-1.5103	351.92	-55.86

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.2.5. Tipo de pavimento TSB – Primer Semestre – 2013

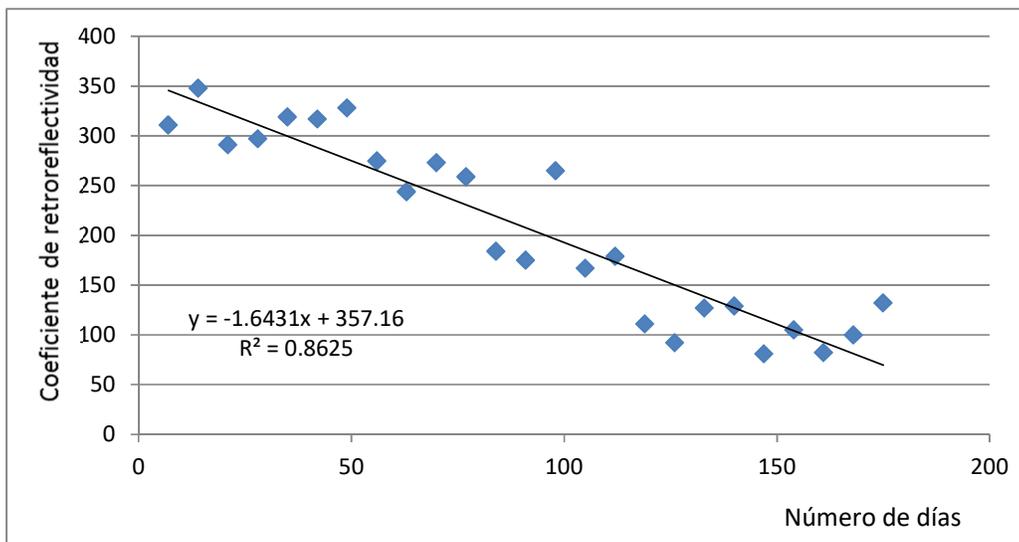


Figura 16: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 24

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.6431	357.16	307.87
2	60	-1.6431	357.16	258.57
3	90	-1.6431	357.16	209.28
4	120	-1.6431	357.16	159.99
5	150	-1.6431	357.16	110.70
6	180	-1.6431	357.16	61.40
7	210	-1.6431	357.16	12.11
8	240	-1.6431	357.16	-37.18
9	270	-1.6431	357.16	-86.48

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.2.6. Tipo de pavimento TSB – Segundo Semestre – 2013

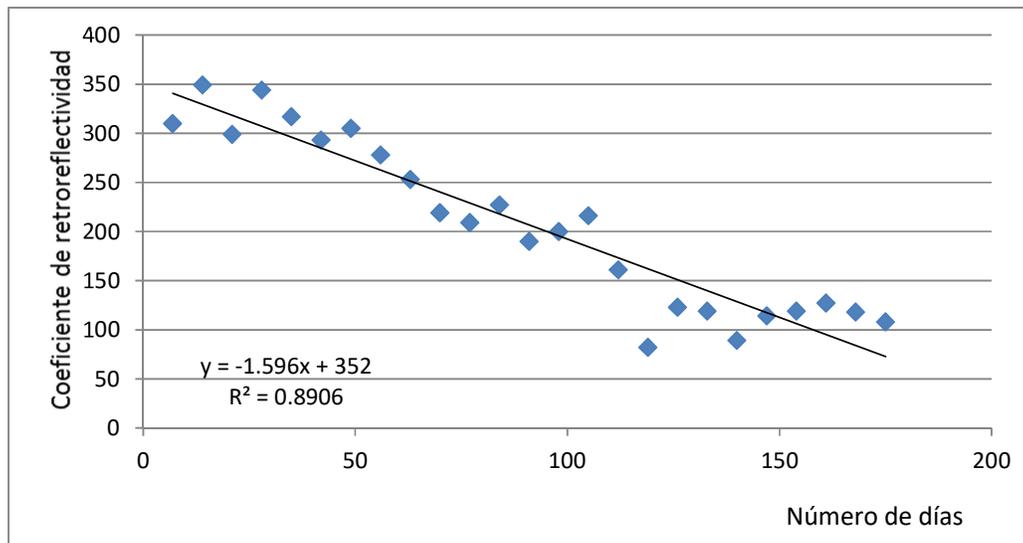


Figura 17: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 25

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.596	352	304.12
2	60	-1.596	352	256.24
3	90	-1.596	352	208.36
4	120	-1.596	352	160.48
5	150	-1.596	352	112.60
6	180	-1.596	352	64.72
7	210	-1.596	352	16.84
8	240	-1.596	352	-31.04
9	270	-1.596	352	-78.92

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.2.7. Tipo de pavimento TSB – Primer Semestre – 2014

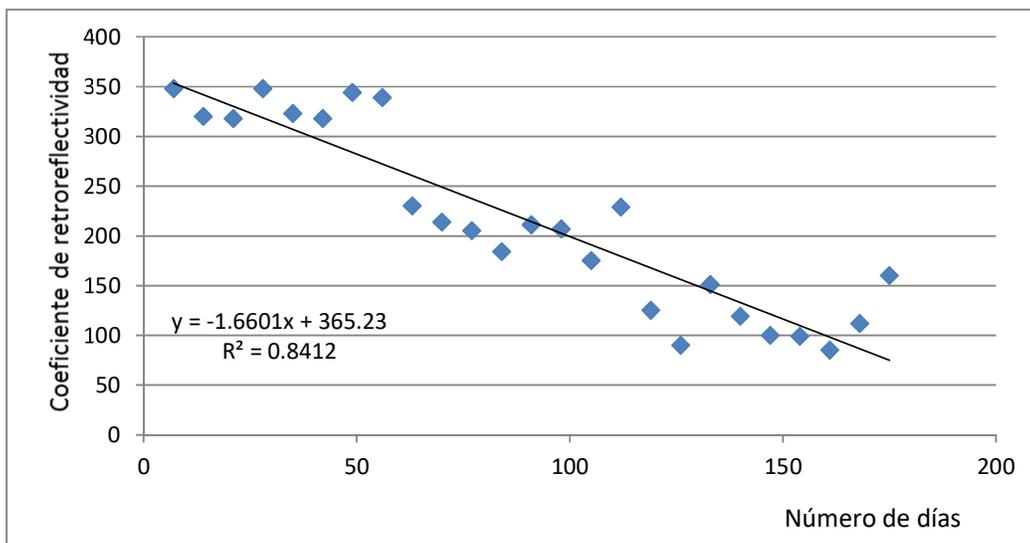


Figura 18: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 26

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retroreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.6601	365.23	315.43
2	60	-1.6601	365.23	265.62
3	90	-1.6601	365.23	215.82
4	120	-1.6601	365.23	166.02
5	150	-1.6601	365.23	116.22
6	180	-1.6601	365.23	66.41
7	210	-1.6601	365.23	16.61
8	240	-1.6601	365.23	-33.19
9	270	-1.6601	365.23	-83.00

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.2.8. Tipo de pavimento TSB – Segundo Semestre – 2014

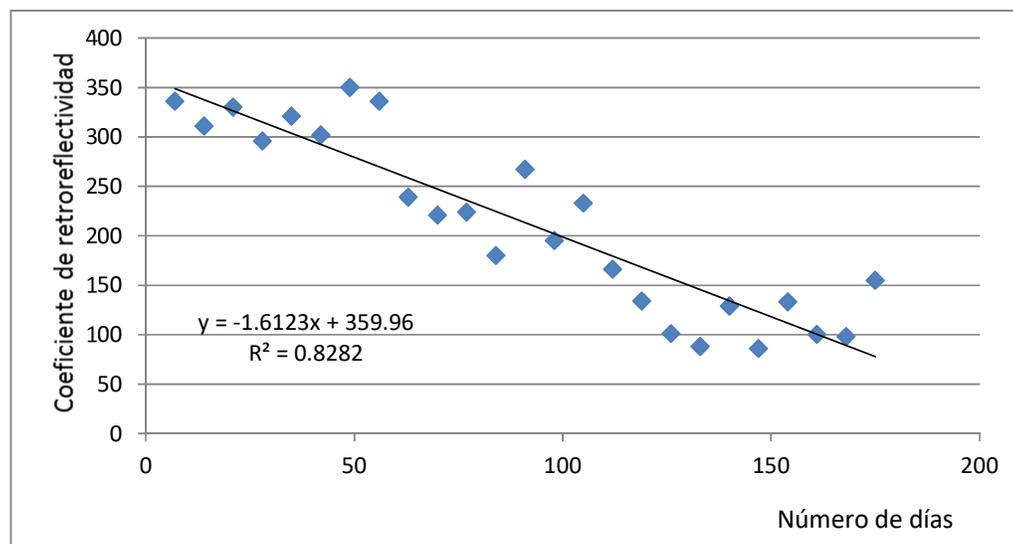


Figura 19: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 27

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.6123	359.96	311.59
2	60	-1.6123	359.96	263.22
3	90	-1.6123	359.96	214.85
4	120	-1.6123	359.96	166.48
5	150	-1.6123	359.96	118.12
6	180	-1.6123	359.96	69.75
7	210	-1.6123	359.96	21.38
8	240	-1.6123	359.96	-26.99
9	270	-1.6123	359.96	-75.36

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.3. Variación del coeficiente de retrorreflexión en el eje lateral izquierdo.

5.3.1. Tipo de pavimento MAC – Primer Semestre – 2013

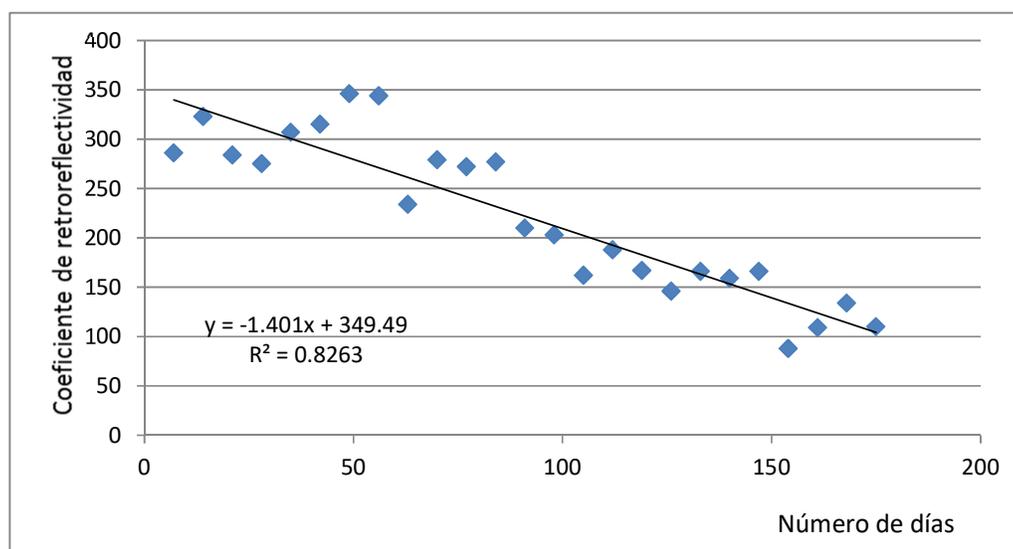


Figura 20: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 28

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.401	349.49	307.46
2	60	-1.401	349.49	265.43
3	90	-1.401	349.49	223.40
4	120	-1.401	349.49	181.37
5	150	-1.401	349.49	139.34
6	180	-1.401	349.49	97.31
7	210	-1.401	349.49	55.28
8	240	-1.401	349.49	13.25
9	270	-1.401	349.49	-28.78

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.3.2. Tipo de pavimento MAC – Segundo Semestre – 2013

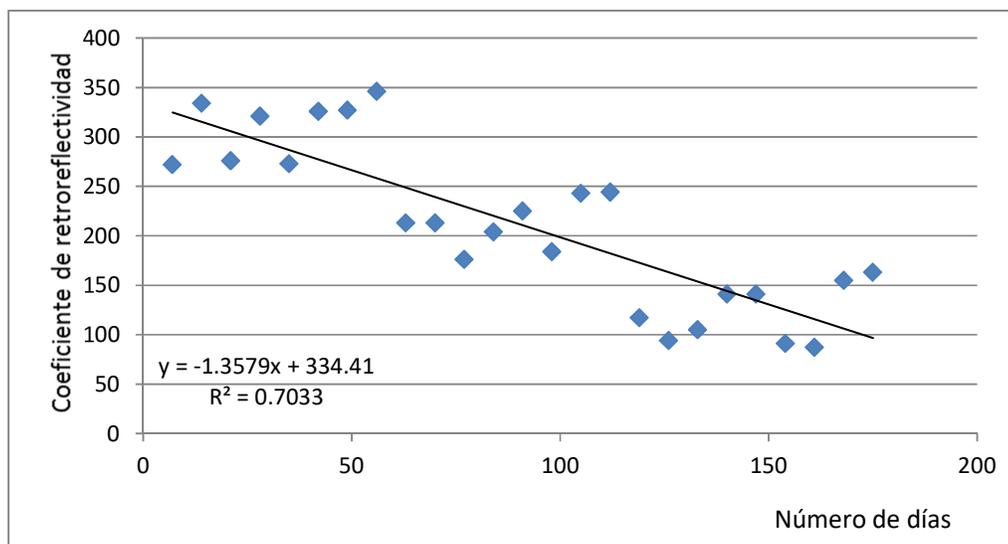


Figura 21: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 29

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.3579	334.41	293.67
2	60	-1.3579	334.41	252.94
3	90	-1.3579	334.41	212.20
4	120	-1.3579	334.41	171.46
5	150	-1.3579	334.41	130.73
6	180	-1.3579	334.41	89.99
7	210	-1.3579	334.41	49.25
8	240	-1.3579	334.41	8.51
9	270	-1.3579	334.41	-32.22

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.3.3. Tipo de pavimento MAC – Primer Semestre – 2014

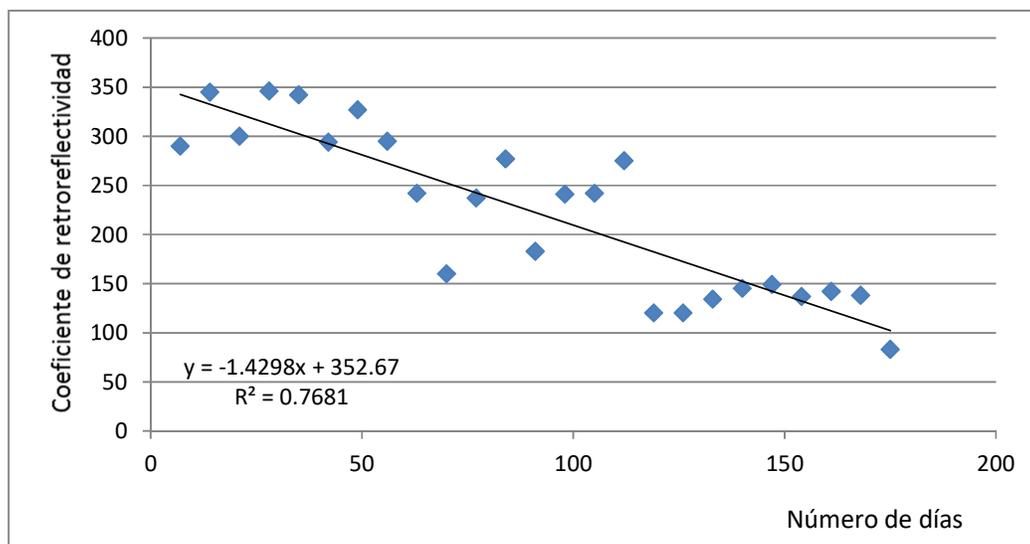


Figura 22: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 30

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.4298	352.67	309.78
2	60	-1.4298	352.67	266.88
3	90	-1.4298	352.67	223.99
4	120	-1.4298	352.67	181.09
5	150	-1.4298	352.67	138.20
6	180	-1.4298	352.67	95.31
7	210	-1.4298	352.67	52.41
8	240	-1.4298	352.67	9.52
9	270	-1.4298	352.67	-33.38

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.3.4. Tipo de pavimento MAC – Segundo Semestre – 2014

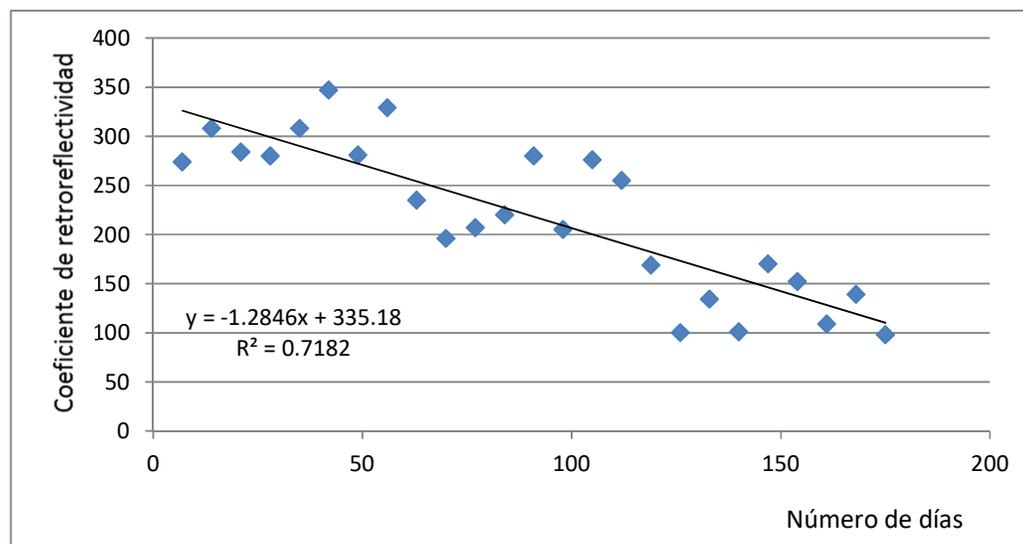


Figura 23: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 31

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.2846	335.18	296.64
2	60	-1.2846	335.18	258.10
3	90	-1.2846	335.18	219.57
4	120	-1.2846	335.18	181.03
5	150	-1.2846	335.18	142.49
6	180	-1.2846	335.18	103.95
7	210	-1.2846	335.18	65.41
8	240	-1.2846	335.18	26.88
9	270	-1.2846	335.18	-11.66

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.3.5. Tipo de pavimento TSB – Primer Semestre – 2013

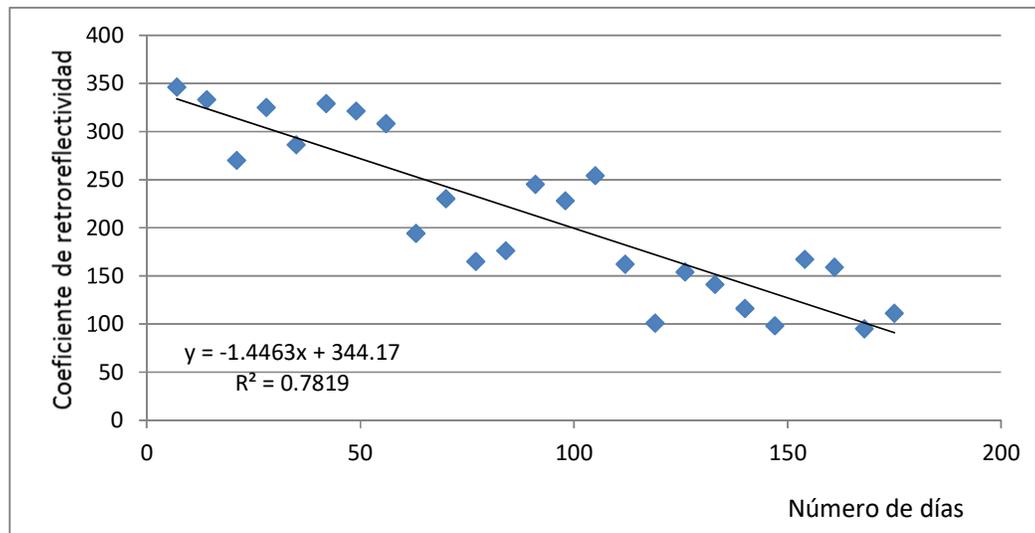


Figura 24: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 32

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.4463	344.17	300.78
2	60	-1.4463	344.17	257.39
3	90	-1.4463	344.17	214.00
4	120	-1.4463	344.17	170.61
5	150	-1.4463	344.17	127.23
6	180	-1.4463	344.17	83.84
7	210	-1.4463	344.17	40.45
8	240	-1.4463	344.17	-2.94
9	270	-1.4463	344.17	-46.33

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.3.6. Tipo de pavimento TSB – Segundo Semestre – 2013

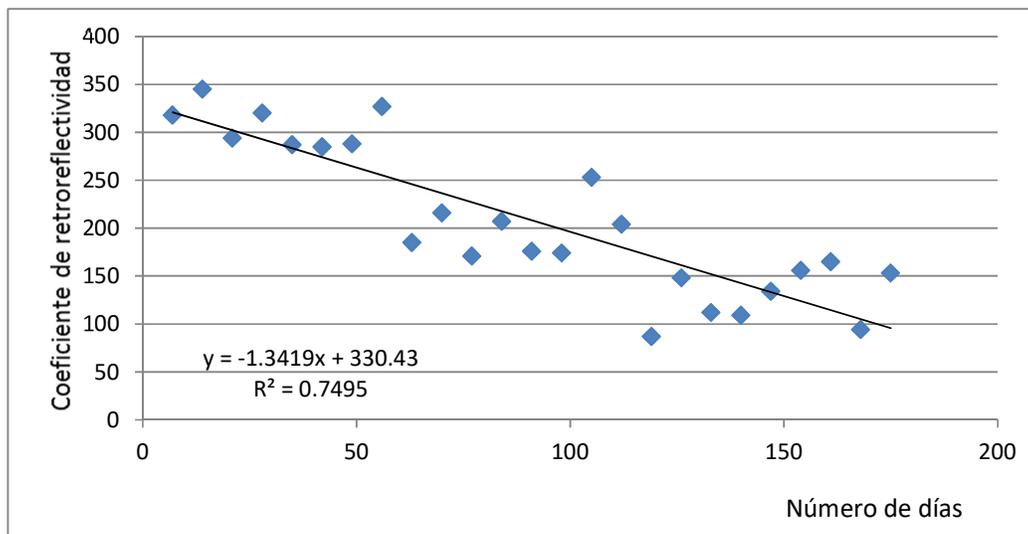


Figura 25: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 33

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.3419	330.43	290.17
2	60	-1.3419	330.43	249.92
3	90	-1.3419	330.43	209.66
4	120	-1.3419	330.43	169.40
5	150	-1.3419	330.43	129.15
6	180	-1.3419	330.43	88.89
7	210	-1.3419	330.43	48.63
8	240	-1.3419	330.43	8.37
9	270	-1.3419	330.43	-31.88

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.3.7. Tipo de pavimento TSB – Primer Semestre – 2014

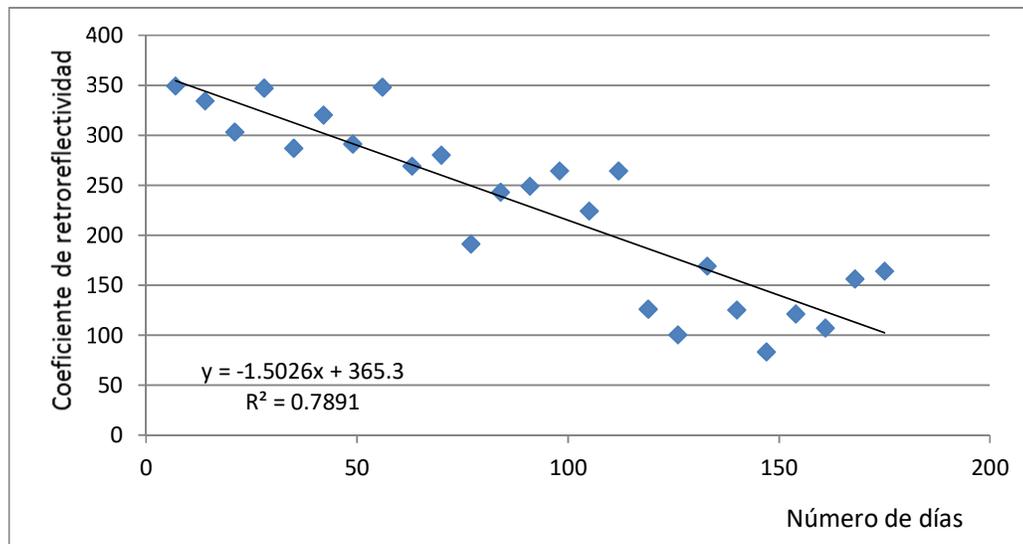


Figura 26: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 34

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.5026	365.3	320.22
2	60	-1.5026	365.3	275.14
3	90	-1.5026	365.3	230.07
4	120	-1.5026	365.3	184.99
5	150	-1.5026	365.3	139.91
6	180	-1.5026	365.3	94.83
7	210	-1.5026	365.3	49.75
8	240	-1.5026	365.3	4.68
9	270	-1.5026	365.3	-40.40

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.3.8. Tipo de pavimento TSB – Segundo Semestre – 2014

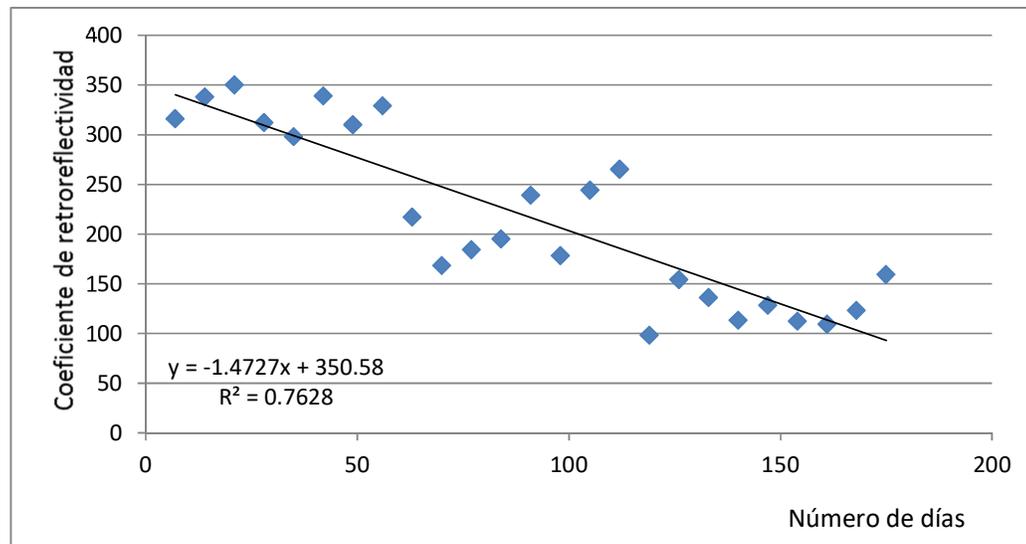


Figura 27: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 35

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.4727	350.58	306.40
2	60	-1.4727	350.58	262.22
3	90	-1.4727	350.58	218.04
4	120	-1.4727	350.58	173.86
5	150	-1.4727	350.58	129.68
6	180	-1.4727	350.58	85.49
7	210	-1.4727	350.58	41.31
8	240	-1.4727	350.58	-2.87
9	270	-1.4727	350.58	-47.05

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.4. Variación del coeficiente de retrorreflexión en el eje lateral derecho.

5.4.1. Tipo de pavimento MAC – Primer Semestre – 2013

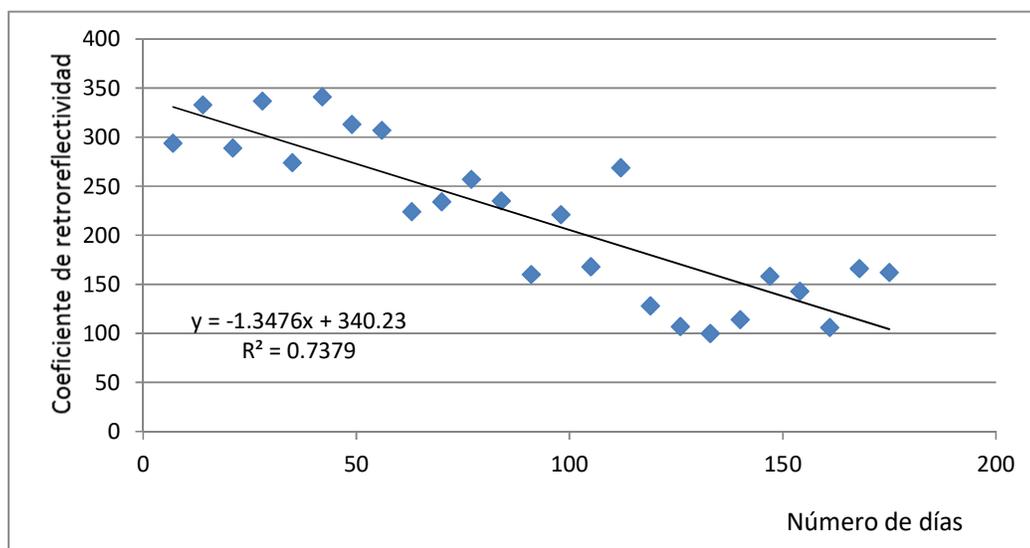


Figura 28: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 36

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.3476	340.23	299.80
2	60	-1.3476	340.23	259.37
3	90	-1.3476	340.23	218.95
4	120	-1.3476	340.23	178.52
5	150	-1.3476	340.23	138.09
6	180	-1.3476	340.23	97.66
7	210	-1.3476	340.23	57.23
8	240	-1.3476	340.23	16.81
9	270	-1.3476	340.23	-23.62

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.4.2. Tipo de pavimento MAC – Segundo Semestre – 2013

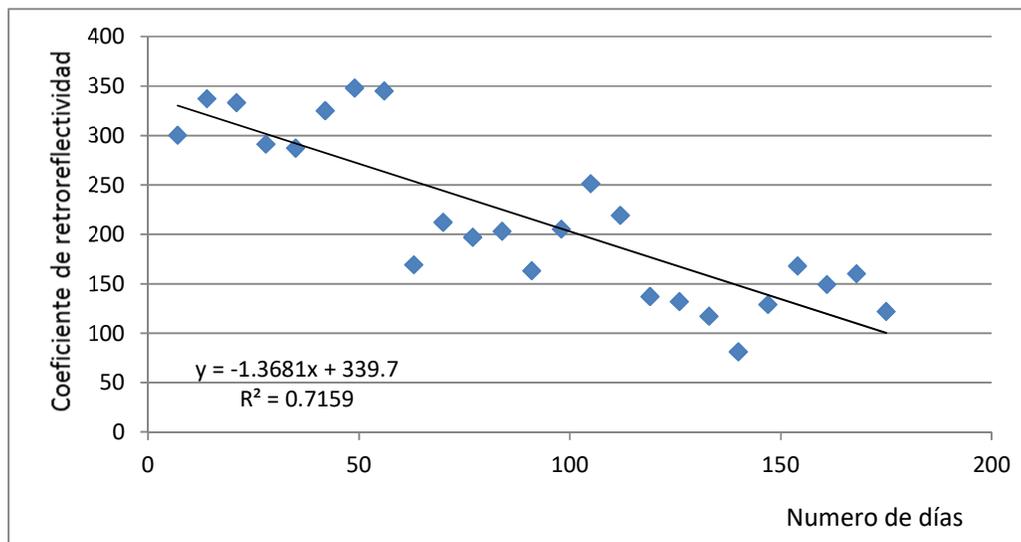


Figura 28: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 36

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.3681	339.7	298.66
2	60	-1.3681	339.7	257.61
3	90	-1.3681	339.7	216.57
4	120	-1.3681	339.7	175.53
5	150	-1.3681	339.7	134.49
6	180	-1.3681	339.7	93.44
7	210	-1.3681	339.7	52.40
8	240	-1.3681	339.7	11.36
9	270	-1.3681	339.7	-29.69

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.4.3. Tipo de pavimento MAC – Primer Semestre – 2014

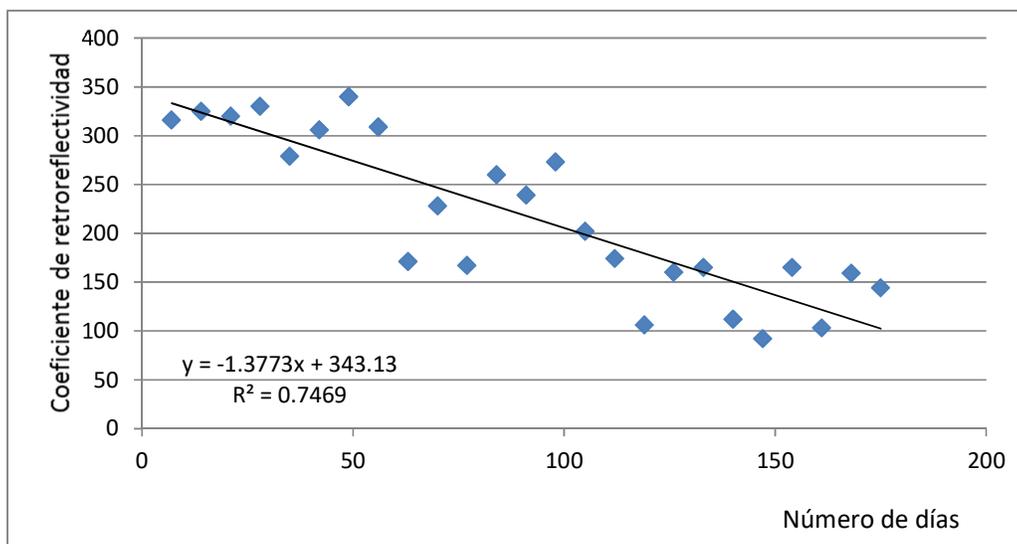


Figura 29: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 37

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.3773	343.13	301.81
2	60	-1.3773	343.13	260.49
3	90	-1.3773	343.13	219.17
4	120	-1.3773	343.13	177.85
5	150	-1.3773	343.13	136.54
6	180	-1.3773	343.13	95.22
7	210	-1.3773	343.13	53.90
8	240	-1.3773	343.13	12.58
9	270	-1.3773	343.13	-28.74

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.4.4. Tipo de pavimento MAC – Segundo Semestre – 2014

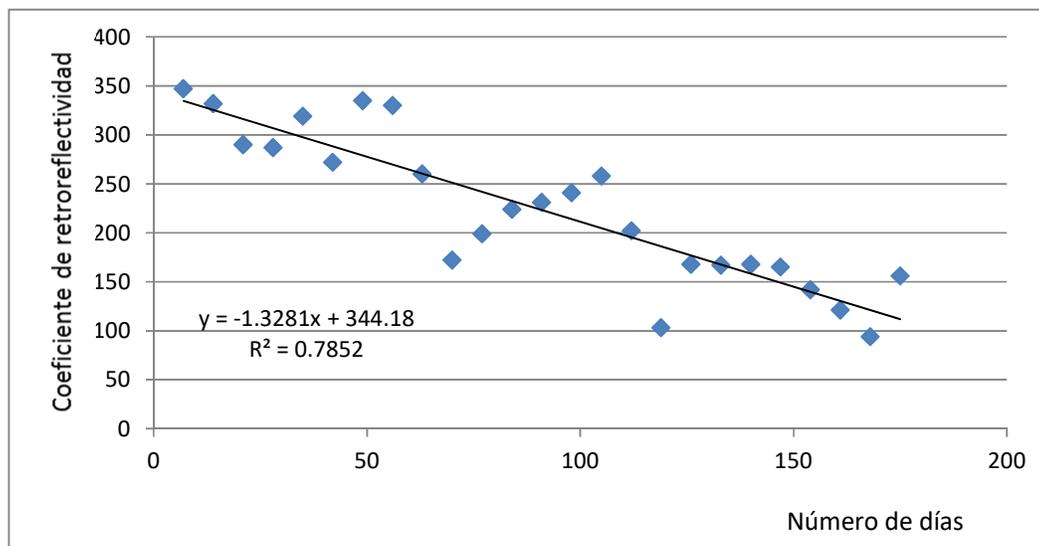


Figura 30: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 38

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.3281	344.18	304.34
2	60	-1.3281	344.18	264.49
3	90	-1.3281	344.18	224.65
4	120	-1.3281	344.18	184.81
5	150	-1.3281	344.18	144.97
6	180	-1.3281	344.18	105.12
7	210	-1.3281	344.18	65.28
8	240	-1.3281	344.18	25.44
9	270	-1.3281	344.18	-14.41

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.4.5. Tipo de pavimento TSB – Primer Semestre – 2013

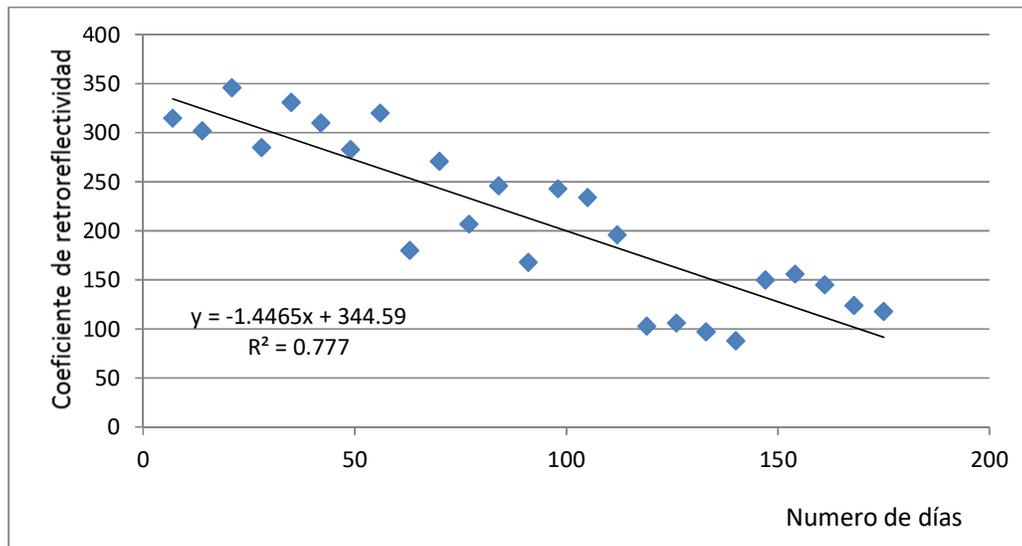


Figura 31: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 39

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.4465	344.59	301.20
2	60	-1.4465	344.59	257.80
3	90	-1.4465	344.59	214.41
4	120	-1.4465	344.59	171.01
5	150	-1.4465	344.59	127.62
6	180	-1.4465	344.59	84.22
7	210	-1.4465	344.59	40.83
8	240	-1.4465	344.59	-2.57
9	270	-1.4465	344.59	-45.97

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.4.6. Tipo de pavimento TSB – Segundo Semestre – 2013

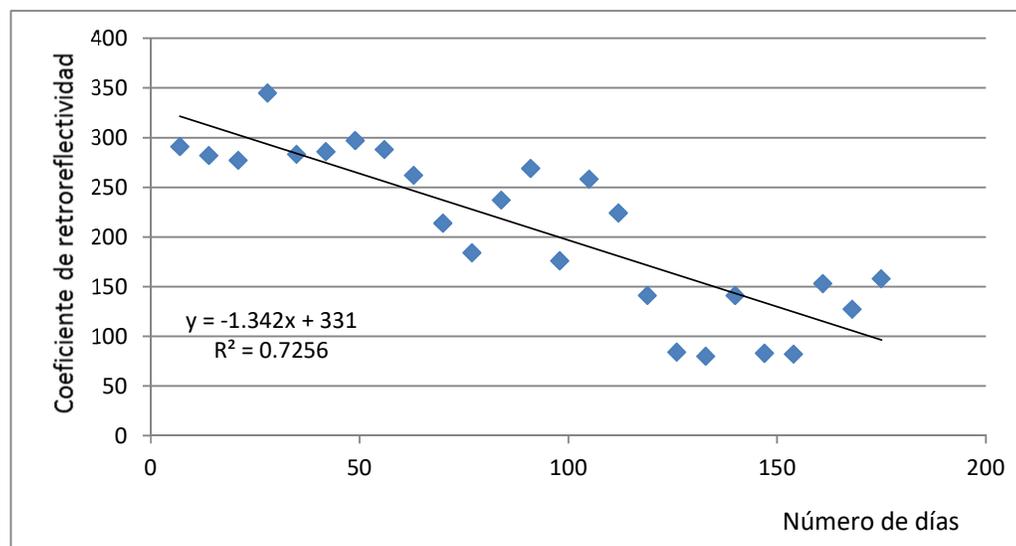


Figura 32: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 40

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.342	331	290.74
2	60	-1.342	331	250.48
3	90	-1.342	331	210.22
4	120	-1.342	331	169.96
5	150	-1.342	331	129.70
6	180	-1.342	331	89.44
7	210	-1.342	331	49.18
8	240	-1.342	331	8.92
9	270	-1.342	331	-31.34

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.4.7. Tipo de pavimento TSB – Primer Semestre – 2014

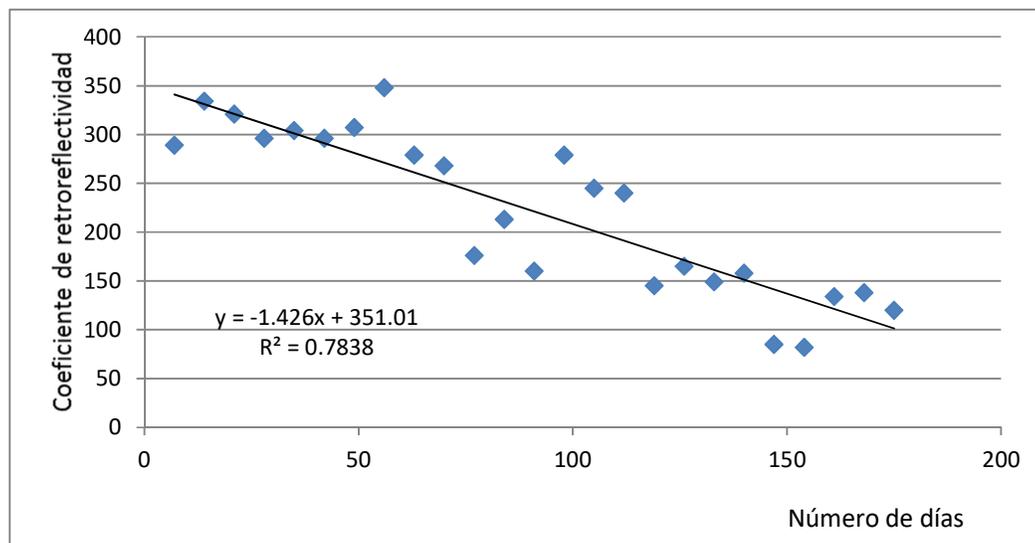


Figura 33: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 41

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.426	351.01	308.23
2	60	-1.426	351.01	265.45
3	90	-1.426	351.01	222.67
4	120	-1.426	351.01	179.89
5	150	-1.426	351.01	137.11
6	180	-1.426	351.01	94.33
7	210	-1.426	351.01	51.55
8	240	-1.426	351.01	8.77
9	270	-1.426	351.01	-34.01

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.4.8. Tipo de pavimento TSB – Segundo Semestre – 2014

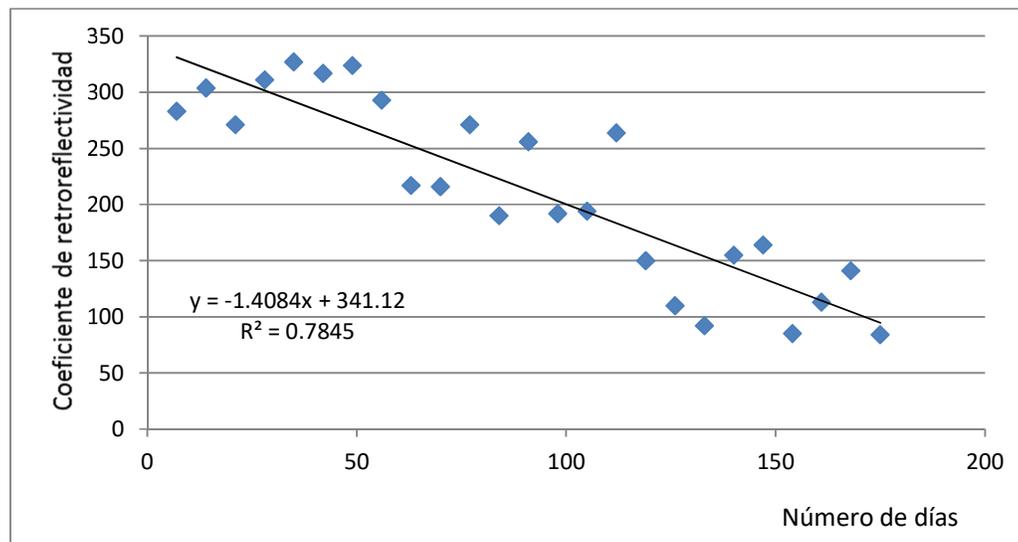


Figura 34: Ecuación de regresión y valor de determinación

Tabla 42

Simulación de prueba para el valor del coeficiente de retrorreflexión por días.

Meses	x	a	b	y
1	30	-1.4084	341.12	298.87
2	60	-1.4084	341.12	256.62
3	90	-1.4084	341.12	214.36
4	120	-1.4084	341.12	172.11
5	150	-1.4084	341.12	129.86
6	180	-1.4084	341.12	87.61
7	210	-1.4084	341.12	45.36
8	240	-1.4084	341.12	3.10
9	270	-1.4084	341.12	-39.15

Fuente: Datos procesados del trabajo de campo

5.5. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados.

5.5.1. Evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el tipo de pavimento.

Tabla 43

Valores promedio y desviación para un valor de $y = 80 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$

Tipo pavimento	Año	Semestre	Eje	Días	Promedio	Desviación
MAC	2013	Primero	Central	177.31	188.04	7.71
	2013	Primero	Derecha	193.11		
	2013	Primero	Izquierda	192.36		
	2013	Segundo	Central	177.72		
	2013	Segundo	Derecha	189.83		
	2013	Segundo	Izquierda	187.36		
	2014	Primero	Central	179.43		
	2014	Primero	Derecha	191.05		
	2014	Primero	Izquierda	190.70		
	2014	Segundo	Central	180.04		
	2014	Segundo	Derecha	198.92		
	2014	Segundo	Izquierda	198.65		
TSB	2013	Primero	Central	168.68	181.07	7.77
	2013	Primero	Derecha	182.92		
	2013	Primero	Izquierda	182.65		
	2013	Segundo	Central	170.43		
	2013	Segundo	Derecha	187.03		
	2013	Segundo	Izquierda	186.62		
	2014	Primero	Central	171.81		
	2014	Primero	Derecha	190.05		
	2014	Primero	Izquierda	189.87		
	2014	Segundo	Central	173.64		
	2014	Segundo	Derecha	185.40		
	2014	Segundo	Izquierda	183.73		

Como se puede advertir de la Tabla 43 en los pavimentos con TSB el valor del coeficiente de retrorreflexión alcanza a las $80 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$ a los 181.07 ± 7.71 días en cambio en el tratamiento MAC llega a ese mismo valor a los 188.04 ± 7.77 días.

5.5.2. Describir la evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el eje de la vía.

Tabla 44

Valores promedio y desviación para un valor de $y = 80 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$

Eje	Tipo pavimento	Año	Semestre	Días	Promedio	Desviación
Central	MAC	2013	Primero	177.31	174.88	4.32
	MAC	2013	Segundo	177.72		
	MAC	2014	Primero	179.43		
	MAC	2014	Segundo	180.04		
	TSB	2013	Primero	168.68		
	TSB	2013	Segundo	170.43		
	TSB	2014	Primero	171.81		
	TSB	2014	Segundo	173.64		
Derecha	MAC	2013	Primero	193.11	189.79	4.93
	MAC	2013	Segundo	189.83		
	MAC	2014	Primero	191.05		
	MAC	2014	Segundo	198.92		
	TSB	2013	Primero	182.92		
	TSB	2013	Segundo	187.03		
	TSB	2014	Primero	190.05		
	TSB	2014	Segundo	185.40		
Izquierda	MAC	2013	Primero	192.36	188.99	5.13
	MAC	2013	Segundo	187.36		
	MAC	2014	Primero	190.70		
	MAC	2014	Segundo	198.65		
	TSB	2013	Primero	182.65		
	TSB	2013	Segundo	186.62		
	TSB	2014	Primero	189.87		
	TSB	2014	Segundo	183.73		

El eje central alcanza en menor tiempo en comparación con los laterales izquierdo y derecho al valor límite de $80 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$ en lo que respecta al coeficiente de retrorreflexión.

Por ello el eje central llega a este valor límite en promedio a los 174.88 ± 4.32 días

5.5.3. Determinar el tiempo recomendable para realizar el repintado de las vías utilizando marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente o marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base agua.

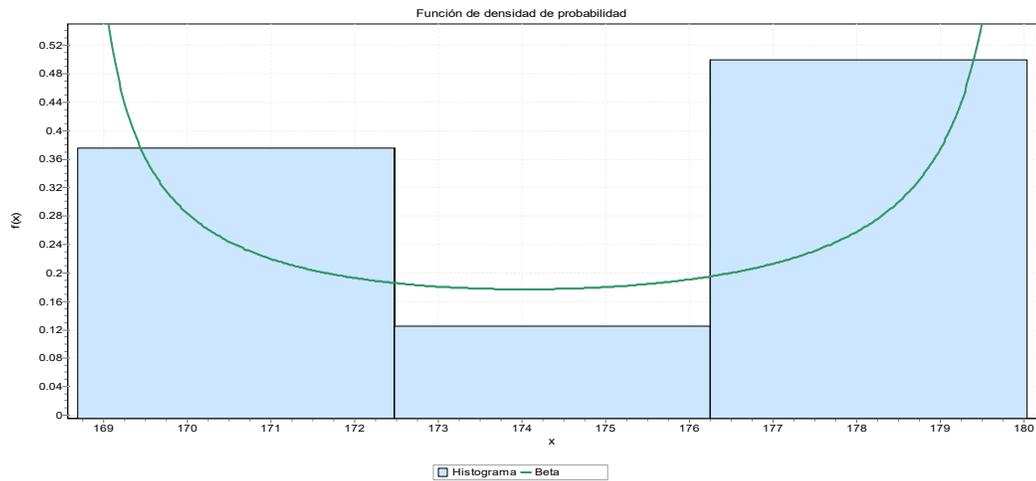


Figura 35: Función de densidad de probabilidad para el número de días para el eje central

Como se aprecia el valor promedio se ubica en 174 días, faltando seis días para llegar a los siete meses.

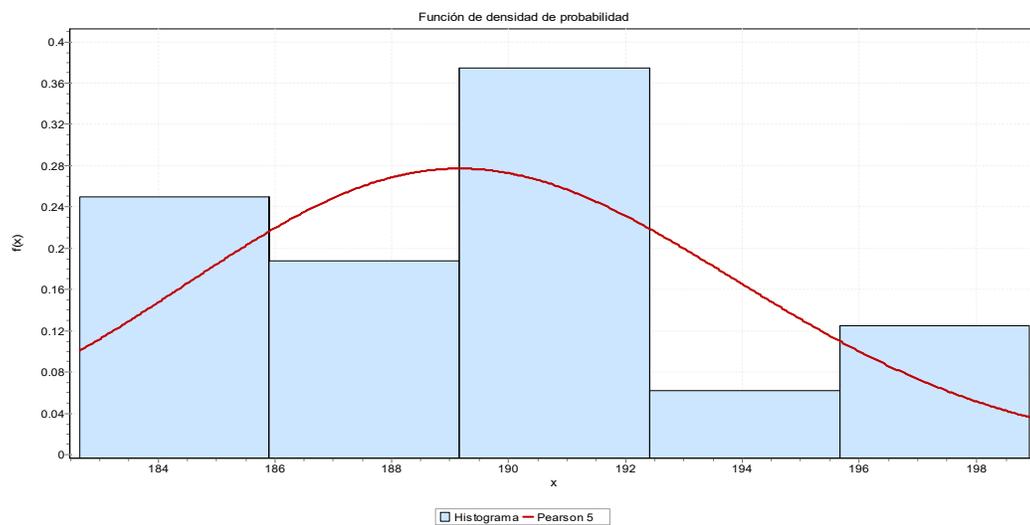


Figura 36: Función de densidad de probabilidad para el número de días para ejes laterales.

Como se aprecia el valor promedio se ubica en 189 días, superando apenas en nueve días a los seis meses.

CONCLUSIONES

1. La evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el tipo de pavimento se muestra más favorable para el pavimento MAC puesto que alcanza al valor de 80 mcd/m²/lx en 188.04 ± 7.77 días en tanto que el tipo de pavimento TSB alcanza al valor de 100 en 181.07 ± 7.71 días.
2. La evolución de la curva de degradación de retroreflectividad que se evidencia en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 según el eje de la vía, en todos los casos es lineal alcanzando el valor de 80 mcd/m²/lx la línea central en 174.88 ± 4.32 días, el eje lateral izquierdo en 188.99 ± 5.13 días y el eje lateral derecho en 189.79 ± 4.93 días
3. El tiempo recomendable para realizar el repintado de las vías utilizando marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente o marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base agua es de cinco meses para el eje central y de seis meses para los ejes laterales
4. El comportamiento del coeficiente de retroreflectividad en la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014 presenta un comportamiento lineal negativo, llegando a alcanzar al límite de 80 mcd/m²/lx, en el caso del eje central a los 174 días y los ejes laterales a los 189 días. Por consiguiente el tiempo ha influido significativamente en el coeficiente de retroreflectividad en la demarcación superficial de la carretera panamericana sur PE-1S en el periodo 2013 a 2014.

RECOMENDACIONES

1. A la comunidad académica: Continuar con este tipo de estudios, para verificar, en el tiempo la vigencia de la intensidad de luminancia de las marcaciones, toda vez que es de suma importancia mantener la señalización en óptimas condiciones y de esta manera evitar accidentes en las carreteras del Perú.
2. Las mediciones de retrorreflectividad, deben estar a cargo de una entidad distinta a la contratista, de manera tal que exista un control permanente sobre estas mediciones.
3. El periodo recomendado para proceder con el repintado del eje central debe ser de cinco meses y para los ejes laterales a los seis meses. Independientemente de los valores de retrorreflectividad que se obtengan en ese periodo de tiempo.
4. Efectuar un control más riguroso cuando se trate de pavimentos TSB puesto que la respuesta es inferior a pavimentos MAC.

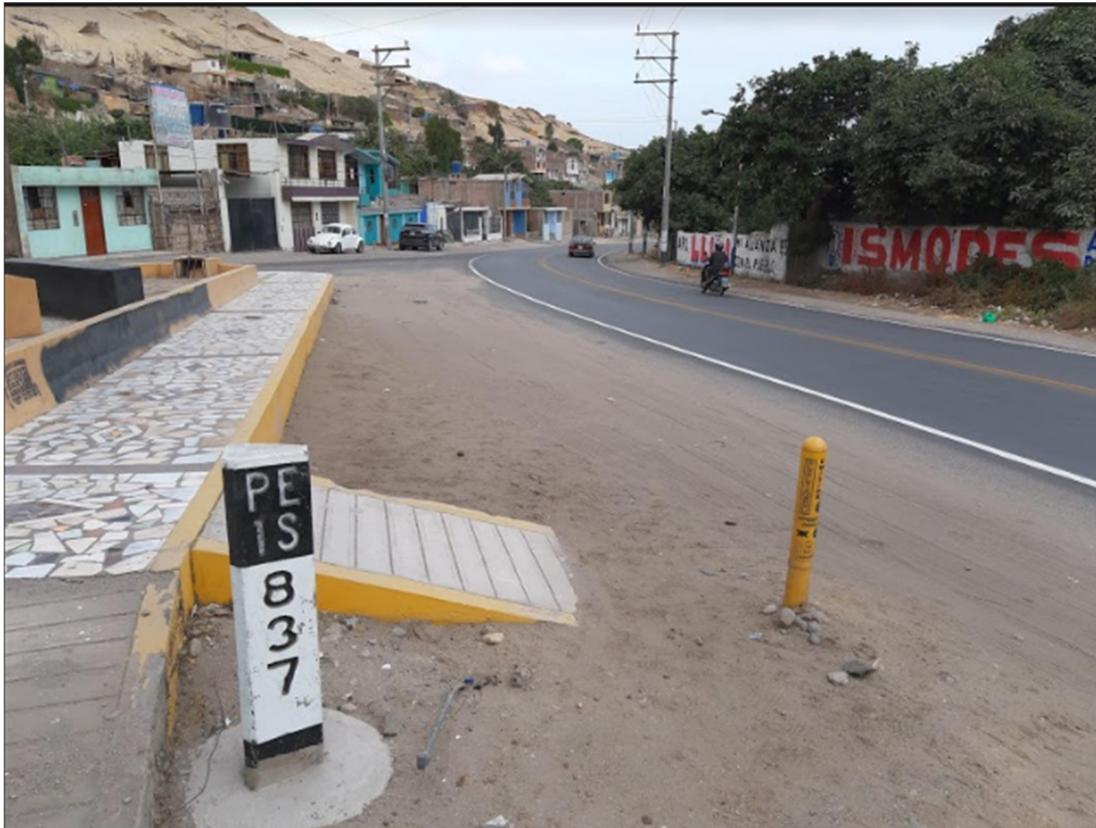
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aktan, & Schnell. (2004). *Performance evaluating of pavement markings under dry, wet, and rainy conditions in the field*. Minnesota: Centro de Investigación en Transportes de 3M.
- Fu, & Wilmot. (2012). *Evaluating alternative pavement marking materials*. Louisiana: SAGE.
- Hollingsworth. (2012). *Understanding the impact of bead type on paint and thermoplastic pavement markings*. Ohio: Instituto de Tecnología de la Fuerza Aérea.
- Holzschuher, Choubane, Fletcher, Sevearance, & Lee. (2010). *Repeatability of mobile retroreflector unit for measurement of pavement markings*. Florida: Estados Unidos.
- Hummer, J., Rasdorf, W., & Zhang, G. (2011). *Linear mixed – effects models for paint pavement – marking retroreflectivity data*. Carolina del Norte: ASCE.
- Kopf, J. (2004). *Reflectivity of pavement markings: Analysis of retroreflectivity degradations curves*. Washington: Comisión de transporte del estado de Washington.
- MTC. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Rasdorf, W., Hummer, J., Zhang, G., & Sitzabee, W. (2009). *Pavement marking performance analysis*. Carolina del Norte: Departamento de transporte de Carolina del Norte.
- Robertson, J., Sarasua, W., Jonhson, J., & Davis, W. (2012). *A methodology for estimating and comparing the lifecycles of high – build and conventional waterborne pavement markings on primary and secondary roads in South Carolina*. Carolina del Sur: SAGE.
- Sarasua, W., Davis, W., Robertson, J., & Jonhson, J. (2013). A methodology for evaluating centerline markings in template climates. *Revista de transporte del Instituto de Ingenieros en Transporte*, 17-30.
- Thamizharasan, A., Sarasua, W., David, C., & David, W. (2002). *A methodology for estimating the lifecycle of interstate highway pavement marking retroreflectivity*. Carolina del Sur: Informe Numero 03-3867.
- Tsyganov, Machemehl, Warrenchuck, & Wang. (2006). *Before – After comparison of edgeline effects on rural two – lane highways*. Texas: Deporte de transporte de Texas.
- USDOT FHWA. (2007). *Updates to research on recommended minimum levels for pavement marking retroreflectivity to meet driver night visibility needs. (Informe número: FHWAT-HRT-07-059)*. Virginia: Departamento de transporte de los Estados Unidos.
- Zhang, Hummer, & Rasdorf. (2009). *The impact of irectionality on paint pavement marking retroreflectivity*. Carolina del Norte: Sage.

ANEXO 1
REGISTRO FOTOGRAFICO



FOTOGRAFIA 1
Demarcación Superficial Zona de Atico



FOTOGRAFIA 2
Demarcación Superficial Zona de Camana.



FOTOGRAFIA 3
Demarcación Superficial Zona de Ocoña.

Anexo 2: Ruta PE-IS (Atico -Ocoña- Camaná)																																	
2015 - I SEMESTRE (FEBRERO)																																	
Tipo de Pasajero	RETROREFLECTOM	Aliso (287.8) - Ocoña (284.85)																															
MAC	PROGRESIVA																																
	IZQUIERDA																																
	CENTRO																																
	DERECHA																																
TSD	PROGRESIVA	718	742	88	88	88	88	88																			728	732	774	776	778	788	
	IZQUIERDA	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
	CENTRO	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
	DERECHA	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
2015 - II SEMESTRE (JULIO)																																	
Tipo de Pasajero	LECTURA RETROREFLECTOM	Aliso (287.8) - Ocoña (284.85)																															
MAC	PROGRESIVA																																
	IZQUIERDA																																
	CENTRO																																
	DERECHA																																
TSD	PROGRESIVA	718	742	88	88	88	88	88																				728	732	774	776	778	788
	IZQUIERDA	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
	CENTRO	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
	DERECHA	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
2016 - I SEMESTRE (MARZO)																																	
Tipo de Pasajero	LECTURA RETROREFLECTOM	Aliso (287.8) - Ocoña (284.85)																															
MAC	PROGRESIVA																																
	IZQUIERDA																																
	CENTRO																																
	DERECHA																																
TSD	PROGRESIVA	718	742	88	88	88	88	88																				728	732	774	776	778	788
	IZQUIERDA	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
	CENTRO	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
	DERECHA	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
2016 - II SEMESTRE (AGOSTO)																																	
Tipo de Pasajero	LECTURA RETROREFLECTOM	Aliso (287.8) - Ocoña (284.85)																															
MAC	PROGRESIVA																																
	IZQUIERDA																																
	CENTRO																																
	DERECHA																																
TSD	PROGRESIVA	718	742	88	88	88	88	88																				728	732	774	776	778	788
	IZQUIERDA	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
	CENTRO	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	
	DERECHA	*	*	*	*	*	*	*																				*	*	*	*	*	

