



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“ANÁLISIS DE RETROREFLECTIVIDAD DE LAS SEÑALES VERTICALES Y HORIZONTALES DE UN MUESTREO DE LA RED VIAL ESTATAL, A CARGO DE LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DE LOS RÍOS”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

FÉLIX ARQUIMEDES VALDEZ COELLO

GUAYAQUIL – ECUADOR
2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por haberme atraído hacia El con cuerdas de amor, por dejar que su amor inunde mi corazón, por dejar que su presencia en mi vida guie mi andar y por permitirme entender que el amor es amor perfecto cuando se entrega, y que cumple su ciclo perfecto cuando respondemos a ese amor.

DEDICATORIA

A mis Padres que hicieron un gran esfuerzo para que pueda alcanzar muchos logros en mi vida, a aquellas personas que con sus palabras alentadoras me motivaron a seguir en esta gran etapa de mi vida.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dra. Elizabeth Peña C.
PRESIDENTE

M.Sc. Carola Gordillo
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Luis Zambrano
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la “ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Felix Arquimedes Valdez Coello

RESUMEN

Este análisis tiene como objetivo conocer fundamentos de la retroreflectancia de las señales verticales y horizontales y validar el proceso de método de evaluación de retroreflectancia en la señalización vial sugerido por el MTOP. Esta evaluación contribuye a verificar el cumplimiento del desempeño de la vía por el parámetro de retroreflexión.

Se encontrara con teoría de visibilidad nocturna en la de marcación vial, los distintos procedimientos de evaluación de la retroreflexion. Posteriormente la integración y procesamiento de los datos para el análisis.

El procedimiento planteado puede ser utilizado con dispositivos diferentes pero que cumplan con la norma ASTM Práctica estándar para evaluación retroreflectante en marcas de pavimento, sin embargo se debe considerar el planteamiento del muestreo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ABREVIATURAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ÍNDICE DE ECUACIÓN.....	XVIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	1
1.2. Alcance	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivos Generales.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. Hipótesis.....	6
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
2.1. Generalidades	7
2.2. Ubicación	8
2.3. Descripción de la Infraestructura	11
2.4. Metodología empleada.....	14
2.4.1. Equipo de trabajo.....	15
3. MARCO TEÓRICO	16
3.1. Señalización horizontal	17
3.1.1. Conceptos generales sobre señalización horizontal	17

3.1.1.1.	Reflexión Especular de la luz.....	18
3.1.1.2.	Reflexión difusa de la luz.....	18
3.1.1.3.	Retroreflexión de la luz.....	19
3.1.1.4.	Retroreflexión en la demarcación horizontal.....	20
3.1.2.	Geometría de la retroreflexión horizontal.....	21
3.1.3.	Microesferas.....	23
3.1.3.1.	Factores que influyen en la retroreflexión	23
3.1.4.	Normas y estándares actuales para analizar la retroreflexión	25
3.1.4.1.	Requerimiento mínimo de retroreflectividad inicial.....	26
3.1.4.2.	Requerimiento mínimo de retroreflectividad final.....	27
3.2.	Señalización vertical	27
3.2.1.	Conceptos generales sobre la señalización vertical.....	28
3.2.1.1.	Lámina retroreflectiva	28
3.2.1.2.	Lentes esféricos	28
3.2.1.3.	Elementos microprismáticos	29
3.2.3.	Geometría de la retroreflexión.....	29
3.2.4.	Láminasmicroprismáticas	32
3.2.5.	Normas y Estándar actuales para analizar la retroreflexión en las señales verticales.	33
3.2.6.	Métodos de mantenimiento de las señales verticales	35
3.3.	Procedimiento de muestreo.....	41
3.3.3.	Señalización vertical	41
3.3.4.	Señalización horizontal	42
3.3.4.1.	Norma ASTM 7585.....	42
3.3.4.2.	Dirección de Conservación	43
3.3.5.	Metodología de medición.....	44
3.3.5.1.	Señalización horizontal	44
3.3.5.2.	Metodología de la señalización vertical	46
4.	TECNICA, INSTRUMENTO Y EQUIPO RETROREFLECTOMETRO	48
4.1.	Equipo a utilizar.....	48

4.2.	Procedimiento para la medición del Coeficiente de Retroreflectividad	49
4.2.1.	Procedimiento para las Señales Horizontales	49
4.3.	Manejo del equipo	52
4.3.1.	Retroreflectómetros para medir las señales horizontales	52
4.3.2.	Retroreflectómetro para mediciones en señales verticales	54
4.4.	Otros Equipos de Medición	55
5.	MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	57
5.1.	Criterios para análisis del coeficiente de retroreflectividad	57
5.1.1.	Señales horizontales	57
5.1.2.	Señales verticales	59
5.2.	Resultados de la medición del coeficiente de retroreflectividad	60
5.2.1.	Señales horizontales	60
5.2.1.1.	Demarcación del tramo E25 – Baba	60
5.2.2.	Demarcación del Tramo Baba – 3 Marías	65
5.2.3.	Demarcación del tramo Babahoyo – Montalvo	69
5.2.4.	Demarcación del tramo San Juan – Patricia Pilar	74
5.2.2.	Señales verticales	76
5.2.2.1.	Tramo E25 – Baba	76
5.2.2.4.	Tramo San Juan – Patricia Pilar	79
5.3.	Análisis de resultados	80
5.3.1.	Tramo E25 – Baba	80
5.3.2.	Tramo Baba – tres Marías	82
5.3.3.	Tramo Babahoyo – Montalvo	83
5.3.4.	Tramo San Juan – Patricia Pilar	84
6.	Proveedores de producto en el Ecuador	92
6.1.	Empresas	93
6.1.2.	Proveedoras de Pintura y microesferas para demarcación de la vía	93

6.2. Proveedores de las laminas retroreflectiva para la señalización vertical	93
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
7.1. Conclusiones	96
7.2. Recomendaciones	98
7.3. Reflexiones	99

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ABREVIATURAS

MTOP	Ministério de transporte y obras Públicas.
ASTM	La Sociedad Americana de Pruebas de Materiales.
CEN	Comité Europeo de Normalización.
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Vías seleccionadas de la Provincia de Los Ríos (MTOPE, Vías de La Provincia de los Ríos)	9
Figura 3.1. Reflexion Especular. Adaptado de	18
Figura 3.2. Reflexion Difusa. Adaptado de (Frédéric Boily, 2014).....	19
Figura 3.3. Retroreflexion. Adaptado de (Frédéric Boily, 2014).	19
Figura 3.4. Perlas de vidrios esféricas (Stdrive del Ecuador S.A., 2013)	20
Figura 3.5. Geometría de la retroreflexión. Adoptado de (Frédéric Boily, 2014).....	22
Figura 3.6. Microesfera de vidrio 40 – 60% de profundidad. Adoptado de (Frédéric Boily, 2014).....	24
Figura 3.7. Microesfera sin penetración insuficiente. Adoptado de (Frédéric Boily, 2014)	24
Figura 3.8. Microesfera con penetración insuficiente. Adoptado de (Frédéric Boily, 2014)	25
Figura 3.9. Ángulo de entrada. Fuente (Barreno, 2014).....	30
Figura 3.10. Ángulo de Observación. Fuente: (Barreno, 2014).....	31
Figura 3.11. Método de muestreo de la dirección de conservación para señales vertical	41
Figura 3.12. Método de muestreo de la Norma ASTM 7585 para señales horizontales.....	43

Figura 3.13. Método de muestreo por Dirección de Conservación para señales horizontales	44
Figura 4.1. Retroreflectómetro manual Vertical y Horizontal. Fuente: (MTO, 2014).....	49
Figura 4.2. Retroreflectómetro móvil (Vectra Francia, 2015)	56
Figura 5.1. Distribución de valores medidos por intervalos de la Vía E25 – Baba.	61
Figura 5.2. Valores de retroreflectividad por km de la línea derecha de la Vía E25 – Baba.	62
Figura 5.3. Distribución de valores medidos por intervalos de la línea central de la Vía E25 – Baba.	63
Figura 5.4. Valores de retroreflectividad por km de la línea central de la Vía E25 - Baba.....	63
Figura 5.5. Distribución de valores medidos por intervalos de la línea central del tramo E25 – Baba.	64
Figura 5.6. Valores de retroreflectividad de la línea izquierda del tramo E25 – Baba.	64
Figura 5.7. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea derecha de la Vía Baba – Tres Marías.	65
Figura 5.8. Valores de retroreflectividad de la línea derecha de la Vía Baba – Tres Marías.....	66

Figura 5.9. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea izquierda de la Vía Baba – Tres Marías.....	66
Figura 5.10. Valores de retro-reflectividad por km de la línea izquierda de la Vía Baba – Tres Marías.....	67
Figura 5.11. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea central color amarillo de la Vía Baba – Tres Marías.....	68
Figura 5.12. Valores de retro-reflectividad por km de la línea central de la Vía Baba – Tres Marías.....	69
Figura 5.13. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea derecha de la Vía Babahoyo – Montalvo.....	70
Figura 5.14. Valores de retro-reflectividad por km de la línea central de la Vía Babahoyo – Montalvo.....	71
Figura 5.15. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea izquierda de la Vía Babahoyo – Montalvo.....	71
Figura 5.16. Valores de retro-reflectividad por km de la línea izquierda de la Vía Babahoyo – Montalvo.....	72
Figura 5.17. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea central de la Vía Babahoyo – Montalvo.....	73
Figura 5.18. Valores de retro-reflectividad por km de la línea central de la Vía Babahoyo – Montalvo.....	73
Figura 5.19. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea derecha de la Vía San Juan – Patricia Pilar.....	74

Figura 5.20. Valores de retroreflectividad por km de la línea derecha de la Vía San Juan – Patricia Pilar.	75
Figura 5.21. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea izquierda de la Vía San Juan – Patricia Pilar.	75
Figura 5.22. Valores de retroreflectividad de la línea izquierda de la Vía San Juan – Patricia Pilar.	76
Figura 5.23. Retroreflectividad de las señales verticales de la vía E25-Baba	77
Figura 5.24. Retroreflectividad de las señales verticales de la vía Baba – Tres Marías.....	78
Figura 5.25. Retroreflectividad de las señales verticales de la vía Babahoyo – Montalvo	79
Figura 5.26. Retroreflectividad de las señales verticales de la vía San Juan – Patricia Pilar.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Datos Generales de los tramos escogidos	11
Tabla II. Característica Generales del tramo E-25 - Baba.....	12
Tabla III. Característica Generales del tramo Baba–Tres Marías	12
Tabla IV. Característica Generales del tramo Babahoyo-Montalvo.....	13
Tabla V. Características Generales del tramoSan Juan – P. Pilar	14
Tabla VI. Descripción del estudio	15
Tabla VII. Requerimiento de retroreflexión inicial.....	26
Tabla VIII. Requerimiento de retroreflexión a los 180 días	27
Tabla IX. Umbrales de cumplimiento de estándares de señalización vertical	34
Tabla X. Métodos para cumplir y mantener los niveles mínimos de retroreflectividad	36
Tabla XI División de los métodos	38
Tabla XII. Coeficientes mínimos de retroreflectividad para cada tramo	59
Tabla XIII. Tipos de láminas instaladas en los tramos.....	60
Tabla XIV.Estado de la línea izquierda del tramo E25 - Baba.....	81
Tabla XV.Estado de la línea central del tramo E25 - Baba	81
Tabla XVI. Estado de la línea derecha del tramo E25 - Baba.....	81
Tabla XVII.Estado de la línea izquierda del tramo Baba – Tres Marías	82
Tabla XVIII.Estado de la línea central del tramo Baba – Tres Marías.....	82
Tabla XVII.Estado de la línea derecha del tramo Baba – Tres Marías.....	82

Tabla XX. Estado de la línea Izquierda del tramo Babahoyo – Montalvo.....	83
Tabla XXI. Estado de la línea central del tramo Babahoyo – Montalvo	83
Tabla XXII. Estado de la línea derecha del tramo Babahoyo – Montalvo.....	84
Tabla XXIII. Estado de la línea derecha del tramo San Juan – Patricia Pilar.....	85
Tabla XXIV. Estado de la línea izquierda del tramo San Juan – Patricia Pilar ...	86
Tabla XXV. Señales defectuosa de la vía Baba – Tres Marías	87
Tabla XXVI. Señales defectuosa de la vía S. Juan – P. Pilar	89
Tabla XXVII. Rendimiento por día de los métodos de medición	90
Tabla XXVIII. Rendimiento por día de la señal vertical	90
Tabla XXIX. Ventajas y desventajas de los métodos de muestreo.....	91
Tabla XXVIII. Empresas de pintura de trafico.....	93
Tabla XXIX. Durabilidad de las pinturas	94

ÍNDICE DE ECUACIÓN

Ecuación 1.....	21
Ecuación 2.....	52

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

La circulación vehicular tiene un alto impacto en la sociedad, lo que origina que las instituciones o autoridades que velan por la seguridad vial establezcan leyes, medidas, normas, reglamentos, etc., con el objetivo prevenir, reducir y mitigar impactos de los acontecimientos relacionado con circulación de vehículos.

La seguridad vial recae mayormente en la responsabilidad de las personas y también dependerá de la inversión que se provee en la infraestructura

para así tener un buen desempeño. La seguridad vial ayuda a reducir los daños producidos por accidentes de tránsito en las vías y tiene como principal objetivo proporcionar seguridad y protección a los usuarios. La seguridad en la infraestructura vial está sujeta a tres factores: el conductor, el funcionamiento relacionado al estado del vehículo, y de la infraestructura vial, siendo esta última competencia del Ministerio de Transporte y Obras Públicas y se relaciona con el estudio, construcción, mejoramiento y mantenimiento, sea este rutinario o periódico. En cada una de estas fases, se consideran las especificaciones y ubicaciones de los dispositivos de control de tráfico.

Los dispositivos de control de tráfico se refieren a los semáforos, las señales verticales preventivas, informativas y reglamentarias, así como el diseño de las líneas de demarcación del pavimento las cuales son señales horizontales. Estas son herramientas necesarias para la regulación de tránsito en las vías y ayudan a prevenir accidentes.

El MTOP es el organismo regulador responsable de exigir a las identidades competentes la colocación de estos dispositivos de control y que estos brinde servicios de calidad, garantizando seguridad y protección de la vida humana.

El MTOP tiene a su disposición el reglamento técnico ecuatoriano 004 “Señalización Vial”, el cual para su elaboración fue considerado la mención

del artículo 52 de la constitución política de la República del Ecuador. El protocolo de adhesión de la república del Ecuador, se publicó en el Suplemento del Registro Oficial No 853 del 2 de enero de 1996 también por disposiciones de organizaciones como la Organización mundial del comercio, comisión de la comunidad andina y otros organismos nacionales.

El propósito del reglamento técnico ecuatoriano 004, "Señalización vial", es de entregar las especificaciones y requisitos mínimos de cada elemento de señalización, lograr una uniformidad de señalización en las vías del país, con el fin de que se realice un cumplimiento de cada una de las normas que contiene dicho reglamento.

En este reglamento se menciona que las señalizaciones viales ubicadas en las infraestructuras de las vías del país, para un adecuado funcionamiento, deben de cumplir con las siguientes características básicas: que emita un mensaje consistente, estar ubicado en un lugar acorde al diseño geométrico de la vía, la dimensión de las señales en función de la velocidad máxima permitida y una de las más importantes características es la retroreflexión en las señales verticales y horizontales.

Las señales verticales y horizontales deben de ser visualizadas en cualquier periodo del día. En periodos diurnos su visibilidad se logra al adecuado contraste de la señalización y en el periodo nocturno su visibilidad se logra

debido a las micro-esferas de vidrios que al ser iluminadas por alguna fuente de luz estas micro-esferas redireccionan una porción de la luz recibida a la fuente emisora. Este proceso es una propiedad de las señales retroreflectivas y se conoce como retroreflexión.

Considerando que la retroreflectividad es de fundamental importancia como uno de los principales factores en relación a la seguridad vial, desde la etapa de diseño como en la de operación, este tema motivó a la realización de esta tesis, por lo cual se plantea como propósito de esta investigación, determinar la calidad de la retroreflectividad de las señales verticales y horizontales de algunas vías de la red estatal de la provincia de Los Ríos, utilizando equipos y procedimientos disponibles en el MTOP y comparándolos con estándares y normativas internacionales.

1.2. Alcance

La red vial estatal a cargo de la Dirección Provincial de Los Ríos a cargo del MTOP está conformado por 336.77kilómetros, lo cual debe mantener un desempeño óptimo en condición estructural y funcional, de acuerdo a los estándares generales exigidos por el MTOP. La señalización vial es un parámetro que contribuye a la seguridad vial que es de suma importancia

tanto para el diseño como para la operación de las vías, por lo cual es el principal punto de interés en este trabajo. Adicionalmente a raíz de un acercamiento con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, se establece la oportunidad de realizar un ejercicio de validación de los resultados obtenidos así como del método de muestreo a utilizarse.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos Generales

- Realizar un análisis de retroreflectividad de la red vial estatal que está a cargo de la Dirección Provincial de los Ríos usando una muestra representativa, y a su vez validar el proceso de muestreo sugerido por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, con el fin de proveer una retroalimentación de su eficiencia.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Medir la retroreflectividad en las señales verticales y horizontales de una muestra de los Ríos, comparando los resultados obtenidos con estándares de calidad.

- Verificar la eficiencia del método de muestreo empleado por MTOP en la medición de la retroreflectividad en señales verticales y horizontales en la red vial estatal.

1.4. Hipótesis

Se plantea las siguientes hipótesis, en base a los objetivos específicos:

- Las señalizaciones verticales y horizontales de las rutas seleccionadas tienen un desempeño funcional óptimo.
- El muestreo recomendado es óptimo para vías a nivel de red.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. Generalidades

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas de la Dirección Provincial de los Ríos administra un conjunto de vías. Que conforman un total de 336.77 km. que registran alta movilidad y accesibilidad. Esta dirección ha tomado en consideración realizar un análisis de retroreflectividad de las señales verticales y horizontales de los siguientes tramos:

- E485 tramo E25 – Baba
- E485 tramo Baba – Tres María
- E491 tramo Babahoyo – Montalvo
- E25 tramo San Juan – P. Patricia Pilar

2.2. Ubicación

Los tramos a intervenir se encuentran ubicados en la parte central del litoral del país, tal como se señala en la Figura 2.1



Figura 2.1. Vías seleccionadas de la Provincia de Los Ríos (MTOPI, Vías de la Provincia de los Ríos)

La ruta se encuentra ubicado en el **tramo E-25-Baba**, donde el análisis se desarrolla en el sentido este-oeste hasta llegar al final de la ruta que limita con el inicio de la cantón Baba. Su localización geográfica se halla ubicada en el sur-oeste de la provincia de los Ríos.

La segunda ruta que se escogió está ubicada en el tramo **Baba – tres Marías**, el punto de partida que se tomó como referencia para indicar el inicio de este tramo se ubica a la salida de cantón Baba donde el análisis se desarrolla en el sentido oeste-este hasta llegar al límite con la provincia del Guayas. Su localización geográfica se halla ubicada en el sur este de la provincia de los Ríos.

Por otra parte, la tercera ruta que se escogió está ubicada en el tramo Babahoyo-Montalvo, El punto de partida que se tomó como referencia para indicar el inicio de este tramo se ubica a la salida de la ciudad de Babahoyo, donde el análisis se desarrolla en el sentido oeste-este hasta llegar al cantón Montalvo. Su localización geográfica se halla ubicada en el sur-este de la provincia de los Ríos.

El punto de partida de la Ruta San Juan-Patricia Pilar que se tomó como referencia para indicar el inicio del tramo se ubica a la salida del Cantón San Juan. El análisis se desarrolla en sentido sur-norte hasta Patricia Pilar. Su localización geográfica se halla ubicada en la Provincia de los Ríos.

Los datos generales de dicho tramo se presentan a continuación en la tabla 1

Tabla I. Datos Generales de los tramos escogidos

Tramo	Abscisas	Latitud	Longitud
E-25-Baba	0+000	01 S 45.3802	079 W 32.3533
	16+700	01 S 47.2837	079 W 40.2663
Baba-tres Marías	0+000	01 S 47.1367	079 W 40.8370
	9+000	01 S 46.4918	079 W 44.4868
Babahoyo-Montalvo	0+000	01 S 48.7402	079 W 30.1394
	30 +000	01 S 47.4196	079 W 17.9437
San Juan-P. Pilar	0+000	01 S 370460	079 W 33.4329
	152+000	00 S 32.6051	079 W 22.3982

2.3. Descripción de la Infraestructura

El tramo **E-25 - Baba** es una vía colectora, que conecta el cantón Baba con un tramo de la vía arterial E-25. A continuación se muestra las características generales del tramo:

Tabla II. Característica Generales del tramo E-25 - Baba

Longitud	16.70 km.
Tipo de terreno	Llano
Ancho de Calzada	9.58 m
Número de carriles	2 de 3.65m cada uno
Ancho de Espaldones	2 m
Superficie de pavimentos	Buen estado
Tiempo de demarcación	Agosto 2014
Tipo de material	Termoplástico
Línea y color:	Línea de Borde (B) / línea central (C)

El tramo **Baba–Tres Marías** es una vía colectora, que conecta el cantón Salitre con Baba, de las provincias del Guayas y Los Ríos respectivamente.

A continuación se presenta la característica general del tramo:

Tabla III. Característica Generales del tramo Baba–Tres Marías

Longitud	9.66 km.
Tipo de terreno:	Llano
Ancho de Calzada:	12.30 m
Número de carriles:	2 de 3.65 m cada uno
Ancho de Espaldones:	2.5 m
Superficie de pavimentos:	Deterioro y desgastes
Tiempo de demarcación:	Febrero 2012
Tipo de material:	Pintura base solvente
Línea y color:	Línea de Borde (B) / línea central (C)

El Tramo **Babahoyo-Montalvo** es una vía colectora, que une la provincia de los Ríos y la provincia de Bolívar. Se indica la característica general Babahoyo-Montalvo:

Tabla IV. Característica Generales del tramo Babahoyo-Montalvo

Longitud	33 km.
Tipo de terreno:	Llano
Ancho de Calzada:	10.30 m
Número de carriles:	2 de 3.65 m cada uno
Ancho de Espaldones:	1.5 m
Superficie de pavimentos:	Regular
Tiempo de demarcación:	Enero del 2014
Tipo de material:	Pintura base solvente
Línea y color:	Línea de Borde (B) / línea central (C)

La vía San **Juan – Patricia Pilar** forma parte del corredor Troncal de la Costa E-25, que conecta las ciudades de Santo Domingo – Quevedo – Guayaquil, de las provincias de Santo Domingo de los Tsachilas, Los Ríos y Guayas respectivamente. Se presenta la Situación actual de la vía San Juan – Patricia Pilar:

Tabla V. Características Generales del tramo San Juan – P. Pilar

Longitud	152 km.
Tipo de terreno:	Ondulado
Ancho de Calzada:	9.30 m.
Número de carriles:	2 de 3.65m cada uno
Ancho de Espaldones:	1 m.
Superficie de pavimentos:	Regular
Tiempo de demarcación:	Febrero 2012
Tipo de material:	Pintura base solvente
Línea y color:	Línea de Borde (B) / línea central (C)

2.4. Metodología empleada

En la tabla a continuación se muestran las actividades programadas que se ejecutaron para poder obtener los resultados esperados.

Tabla VI. Descripción del estudio

Actividades
1. Estudio de antecedentes y Marco teórico
2. Recopilación de datos de la red vial estatal
3. Definición de tramos a muestrear
4. Toma de retroreflectividad de la señal horizontal y vertical
5. Procesamiento de datos
6. Análisis de resultados
7. Conclusiones y recomendaciones

2.4.1. Equipo de trabajo

Para poder realizar la toma de datos en el campo de las señales verticales y horizontales se contó con las siguientes herramientas:

1. Un vehículo para transportar al personal y las herramientas.
2. Los dos equipos Easy lux para tomar la medición en las señales vertical y horizontal.
3. Un equipo de trabajo conformado por 7 personas, los cuales se encargan de tareas específicas como: desviar el tráfico, lavar y secar el punto de medición, medir, supervisar y conducir.
4. Materiales de limpieza: líquido para limpiar las microesferas de vidrios, cepillo, jabón líquido, franelas, escoba, escalera.

CAPÍTULO 3

3. MARCO TEÓRICO

Las señalizaciones en las vías, ya sea verticales u horizontales son herramientas de seguridad vial cuyo principal objetivo es advertir al tránsito. Por este motivo, las señalizaciones deben cumplir ciertos requisitos de visibilidad en el día (contraste) y en la noche (retroreflectividad), bajo cualquier condición climática.

3.1. Señalización horizontal

Las señalizaciones horizontales son marcas adheridas en el pavimento que pueden definirse como: líneas longitudinales, transversales, símbolos y leyendas. En la actualidad hay diferentes tipos de materiales usados para realizar estas marcas viales, ya sea por pintura base solvente o pintura base agua, pintura termoplástica y cintas adhesivas. Cada una de estas tecnologías usadas tiene sus ventajas como desventajas, asociadas con características como su vida útil, calidad, técnica de aplicación y precio. Estas marcas viales tienen una particularidad, que su calidad depende de su visibilidad y el reconocimiento de la geometría de la vía, cuanto mayor la reflectividad, mejor la calidad.(Darío Babić, 2013).

3.1.1. Conceptos generales sobre señalización horizontal

Un ejemplo práctico para entender de manera sencilla sobre el fenómeno que ocurre cuando nos trasladamos en un vehículo por la noche, donde la carretera está sin alumbrado público, es que en ciertas ocasiones la luz emitida por el vehículo pueden producirse diferentes tipos de fenómenos ópticos cuando esta incide en la marcación de la vía.

3.1.1.1. Reflexión Especular de la luz

Este fenómeno ocurre cuando la superficie es microscópicamente lisa, por lo que la luz emitida por la fuente se refleja de manera opuesta con igual ángulo que el de la luz emitida por la fuente. La figura 3.1 ilustra este fenómeno.

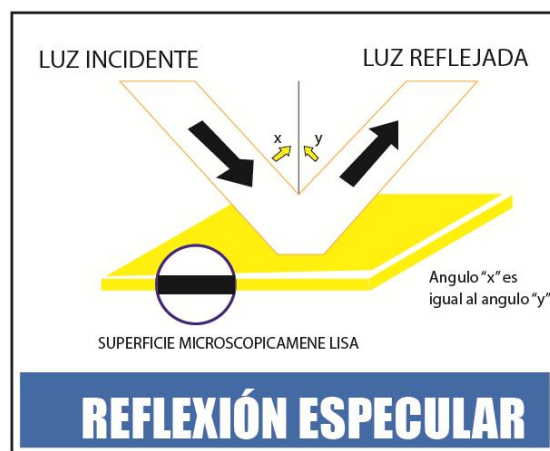


Figura 3.1. Reflexión Especular. Adaptado de (Frédéric Boily, 2014).

3.1.1.2. Reflexión difusa de la luz

Este fenómeno ocurre cuando la superficie es microscópicamente irregular. Así la luz emitida por la fuente se refleja en varias direcciones, incluso este puede regresar a los ojos del conductor pero no asegura que sea visible todo el marcado. La figura 3.2 ilustra este fenómeno.

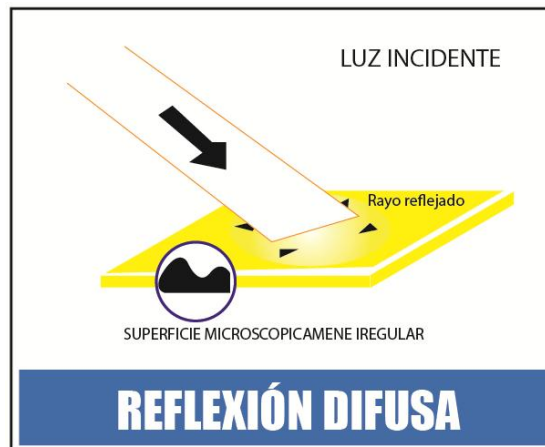


Figura 3.2. Reflexión Difusa. Adaptado de (Frédéric Boily, 2014).

3.1.1.3. Retroreflexión de la luz

Este fenómeno ocurre cuando la superficie contiene elementos reflectantes que redirigen la luz emitida por la fuente hacia la vista del conductor. La figura 3.3 ilustra este fenómeno.



Figura 3.3. Retroreflexión. Adaptado de (Frédéric Boily, 2014).

3.1.1.4. Retroreflexión en la demarcación horizontal

Es fundamental la retroreflectividad en la demarcación horizontal ya que se pueden observar correctamente las marcas del carril y es una medida de la visibilidad en la noche. La retroreflectividad se logra mediante perlas de vidrios esféricas (ver figura 3.4.) incorporadas en el material durante la demarcación. Estas tienen un diámetro entre 0.3 mm y 0.6 mm.

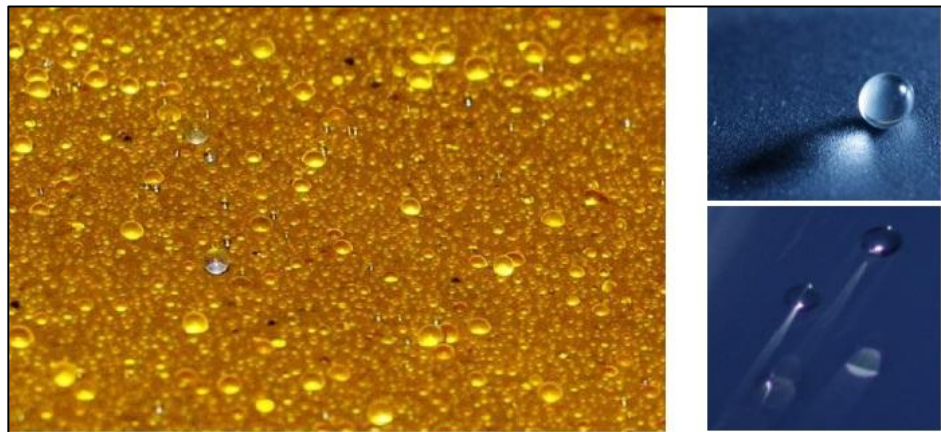


Figura 3.4.Perlas de vidrios esféricas (Stdrive del Ecuador S.A., 2013)

Cuando la luz del vehículo entra en la microesfera, esta se somete a una serie de reflexión y retroreflexión la cual devuelve la luz hacia el conductor (Figura 3.5).La retroreflexión se cuantifica con el coeficiente de luminancia retroreflejada (RL) que se mide en milicandelas por lux por metro cuadrado

($mcd/lux - m^2$)(Frédéric Boily, 2014). Se obtiene mediante la relación entre la luminancia (L) de la línea de puntuación en la dirección de observación y la iluminación (E_l) medido con la normal del suelo como:

$$R_L = L/E_l, \quad (\text{Ec. 1})$$

donde se recomienda una retroreflectividad mínima de $100 mcd/lux - m^2$ para una visibilidad adecuada en la noche. La ASTM, práctica estándar E808, especifica un tipo de geometría, conocida como geometría de 30 metros(E808, 2011).

3.1.2. Geometría de la retroreflexión horizontal

La medición de la retroreflectividad en la marca de pavimento se la obtiene mediante parámetros geométricos prescritos por normas internacionales dadas por el Comité Europeo de Normalización (CEN) y La sociedad americana de pruebas de materiales (ASTM) con el método de prueba E1710. Este utiliza un retroreflectómetro portátil para la determinación del coeficiente de luminancia reflejada en la marcas del pavimento donde:

- El ángulo de entrada (iluminación) con respecto a la normal del suelo es $88,76^\circ$ (co- entrada 1.24).
- El ángulo de observación se fija en 1.05° (ángulo entre el eje de iluminación y el eje de observación).

Según lo especificado por el CEN, la geometría del instrumento se basa en la distancia de visión de 30 m., una fuente de emisión de luz (faro) a la altura de 0.65 m. y un observador a 1.2 m. de altura. Esta geometría da un buen indicador de la clasificación visual del material.

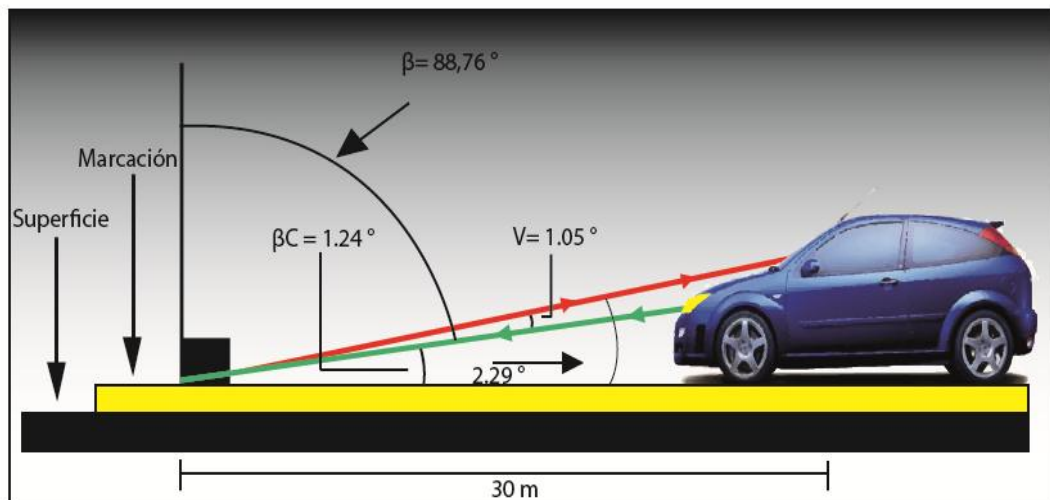


Figura 3.5. Geometría de la retroreflexión. Adoptado de (Frédéric Boily, 2014)

3.1.3. Microesferas

Como se ha mencionado anteriormente, la retroreflectividad se logra mediante la ayuda de pequeñas microesferas de vidrio que se añaden al dejarlos caer (presión a gravedad) o presión a chorro durante la aplicación del material de señalización.

El fenómeno de retrorreflexión en una esfera de vidrio se produce en tres pasos: el rayo de luz que entra en la esfera se refracta, luego se refleja en el material que esta incrustado y después se refracta por segunda vez en dirección a la que procede la luz(Frédéric Boily, 2014).

3.1.3.1. Factores que influyen en la retroreflexión

Para obtener un retorno de luz óptimo dependerá de diversos factores, desde el proceso de fabricación de las microesferas que está asociado con la calidad, hasta la técnica utilizada para la aplicación en el cual influye en el nivel de penetración de las microesferas en el producto. Siendo la profundidad óptima de empotramiento de entre 40% y 60%(Guanghua Zhang, 2009).

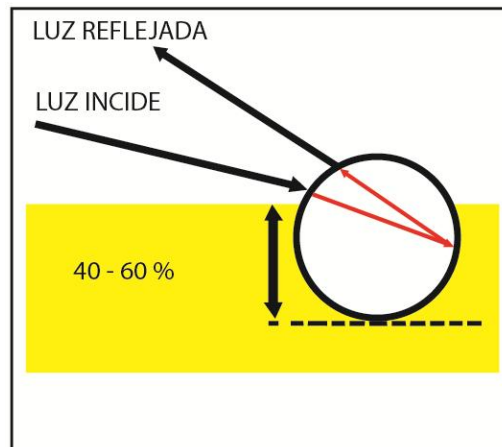


Figura 3.6.Microesfera de vidrio 40 – 60% de profundidad. Adoptado de (Frédéric Boily, 2014)

Si la microesfera tiene una penetración inferior al 40% (superficial) se puede disminuir el tiempo de duración(Hollingsworth, 2012) y la luz atraviesa la microesfera sin reflejarla hacia el conductor(Frédéric Boily, 2014).

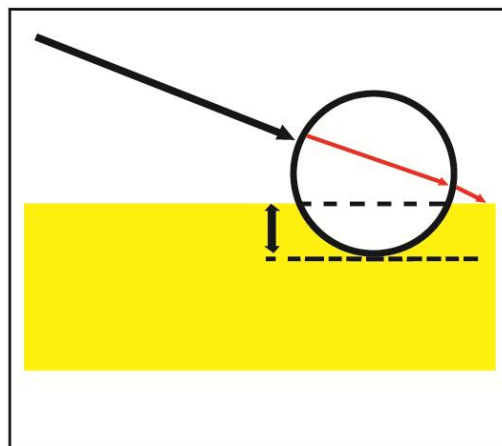


Figura 3.7.Microesfera sin penetración insuficiente. Adoptado de (Frédéric Boily, 2014)

Si el nivel de penetración de la microesfera es más de 60%, puede disminuir el valor de la retroreflectividad y la luz en la microesfera se somete a reflexión interna.(Hollingsworth, 2012).

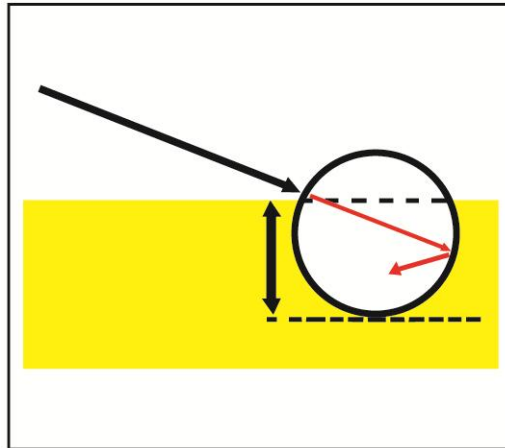


Figura 3.8.Microesfera con penetración insuficiente. Adoptado de(Frédéric Boily, 2014)

Otro de los factores que influyen en la retroreflexión es la cantidad de microesferas añadido al producto de marcado y la calidad de la pigmentación (color).

3.1.4. Normas y estándares actuales para analizar la retroreflexión

La norma técnica Ecuatoriana INEN 1042 (PINTURA PARA SEÑALAMIENTO DE TRÁFICO - REQUISITOS), establece que la

retroreflexión de las demarcaciones en las vías, con el objetivo de tener un óptimo desempeño de visibilidad nocturna, debe de cumplir con un mínimo coeficiente de retroreflexión, los cuales depende de los siguientes factores: el tipo de material, color de línea y el tiempo de exposición al ambiente.

3.1.4.1. Requerimiento mínimo de retroreflectividad inicial

En la INEN 1042 se establece que el valor de retroreflectividad inicial a los 14 días posteriores a la aplicación de la demarcación vial debe de cumplir con los valores de retroreflectividad mínimo establecidos en la siguiente tabla.

Tabla VII. Requerimiento de retroreflexión inicial		
Tipo de demarcación	Color	
	Blanca ^a <i>mcd · lux⁻¹ · m⁻².</i>	Amarilla ^a <i>mcd · lux⁻¹ · m⁻².</i>
Base Agua /Solvente	250	200
Termoplástico	400	325
^a Estos datos corresponden a valores correspondiente a R_L (Visibilidad nocturna), simulado por el equipo y sobre superficie seca.		

3.1.4.2. Requerimiento mínimo de retroreflectividad final

La norma INEN 1042 establece que la retroreflectividad final en pinturas base solvente o agua se debe realizar a los 180 días y la norma internacional AASHTO Designation: M 249-12 para pintura termoplástica deberá ser capaz de mantener el valor mínimo de retroreflectividad a los 180 días de exposición cuando se prueba de acuerdo con ASTM E 1710 detallado en la tabla 10.

Tabla VIII. Requerimiento de retroreflexión a los 180 días		
Tipo de demarcación	Color	
	Blanca ^a <i>mcd · lux⁻¹ · m⁻².</i>	Amarilla ^a <i>mcd · lux⁻¹ · m⁻².</i>
Base Agua / Solvente	100	80
Termoplástico*	325	200
^a Estos datos corresponden a valores correspondiente a R_L (Visibilidad nocturna), simulado por el equipo y sobre superficie seca. *Datos obtenidos de (ASTHO, 2012)		

3.2. Señalización vertical

Se conoce como señalización vertical a los carteles y pórticos que se encuentran a lo largo de la vía, los cuales están compuestos por dispositivos flexibles resistentes al impacto las cuales también contienen una lámina

retroreflectiva de dicha señal, y están adheridas a un tubo de base el cual proporciona resistencia a la señal. Estas señales se las pueden identificar como señales regulatorias, informativas y preventivas, y estas se distinguen por su forma y color (Calderon, 2011).

3.2.1. Conceptos generales sobre la señalización vertical

3.2.1.1. Lámina retroreflectiva

La lámina retroreflectiva está formada por una cobertura que tiene una superficie externa lisa, donde dentro de ella están incrustados lentes esféricos en una resina transparente.

3.2.1.2. Lentes esféricos

Estos lentes esféricos son conocidos como microesferas de vidrio, las cuales refractan la luz al llegar en la señal y la devuelve al conductor. Las microesferas fueron las más básicas implementadas en las láminas a partir del año 1940 y con el paso del tiempo se pasaron a utilizar las microesferas de vidrio microprimismáticas, las cuales también son incrustadas en la lámina.

3.2.1.3. Elementos microprismáticos

Estos logran una retroreflectividad de mejor calidad en las láminas, gracias a su tecnología de microreplicación de un prisma cortado que hace que la luz choque de manera que simula un espejo que regrese la luz. Usualmente se usan a nivel de vía pero en condiciones secas.

También hay otros tipos de elementos microprismáticos que tiene una tecnología de microreplicación de esquina de cubo que hace que la señal sea más brillante por lo que se usa en condiciones de mucha lluvia o neblina. Esta tecnología se conoce como grado diamante y es la más fuerte creada hasta el momento y se usa ampliamente en los pórticos.

3.2.3. Geometría de la retroreflexión

La medición de la retroreflectividad en la señal vertical se la obtiene mediante parámetros geométricos requeridos por la norma internacional ASTM en el método de Prueba E2540 "Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Signs Using a Portable Retroreflectometer at a 0.5 Degree Observation Angle". Este utiliza un retroreflectómetro portátil con geometría estándar para la determinación de la retroreflexión que enfrenta aproximadamente el conductor de un vehículo de tamaño medio equipado

con faros a aproximadamente a 100 m de distancia. Esta geometría da un buen indicador de la clasificación visual del material donde:

Angulo de entrada: físicamente es el ángulo formado por la línea de proyección de luz hacia la superficie de la señal y la perpendicular trazada entre la pantalla de la señal. Según lo indicado en la Norma ASTM 4956, Su valor es de -4 y 30 grados, medidos siempre en relación con el ángulo de observación. Lo que permite establecer niveles de retroreflexión asociados a distintos tipo de casos. Este factor es de suma importancia debido a que si el ángulo de observación aumenta, la retroreflectividad de la señal disminuye drásticamente(MOPC, 2010).

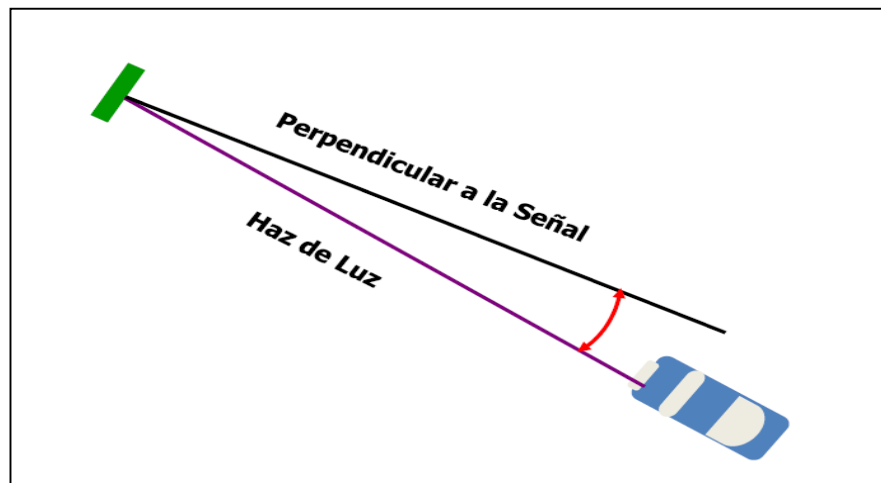


Figura 3.9. Ángulo de entrada. Fuente (Barreno, 2014)

Ángulo de observación: Se forma por la luz dirigida a la señal y el rayo retroreflejado a los ojos del conductor. Ver figura. **Las láminas retroreflectivas devuelven la luz de forma de cono muy pequeño, presentando una visibilidad muy menor a medida que aumenta el ángulo de observación.**(MOPC, 2010) Esto indica que a medida que aumente la distancia vertical entre los focos del vehículo y los ojos del conductor, la visibilidad de la señal será menos efectiva. Para medir valores de retroreflexión según la Norma ASTM D4956 Se fija en 0.2 y 0.5 grados. Los cuales están sujetos al ángulo de entrada.

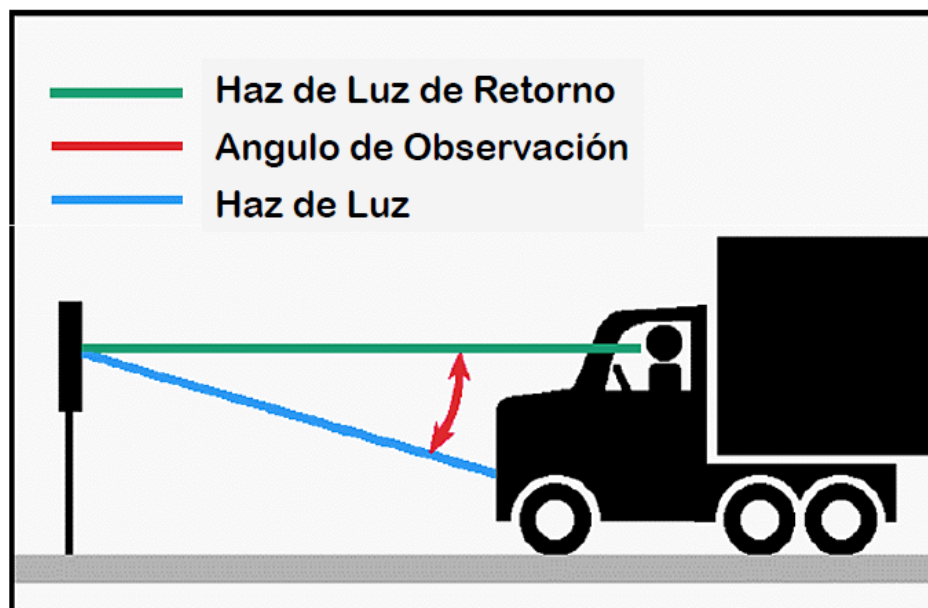


Figura 3.10.Ángulo de Observación. Fuente:(Barreno, 2014)

3.2.4. Láminas microprismáticas

Según la Norma ASTM D4956 – 11 (a) se clasifica en nueve tipos de capas retroreflectivas.

- **Tipo I:** se conoce como “grado de ingeniería” y tiene elementos de bolas de vidrio. Se la utiliza en autopistas, zonas de construcción y delineadores.
- **Tipo II:** se conoce como “grado súper de ingeniería” y se la utiliza para señalización en autopistas, zonas de construcción y delineadores.
- **Tipo III:** se conoce como “alta intensidad” y tiene elementos microprismáticos o bolas de vidrio encapsuladas. Se utiliza en señalización de autopistas, zonas de construcción y delineadores.
- **Tipo IV:** se conoce como “alta intensidad” y tiene elementos microprismáticos. Se utiliza en señalización de autopistas, en zonas de construcción y delineadores.
- **Tipo V:** Se conoce como “super alta intensidad” y se la utiliza para delineadores.
- **Tipo VI:** Es un material de vinil microprismático. Se utiliza en rótulos temporales, anillos de conos de tráfico y cintas de fijación.
- **Tipo VII:** El uso de esta designación se a discontinuado pero se ha reclasificado como tipo VIII.

- **Tipo VIII:** tiene material microprismático de esquina de cubo. Su uso es para señalización permanente en las autopistas, zonas de construcción y delineadores.
- **Tipo IX:** tiene material microprismático de esquina de cubo y su uso es para señalización permanente en las autopistas, zonas de construcción y delineadores.
- **Tipo X:** El uso de esta designación se ha suspendido pero se ha reclasificado como tipo VIII.
- **Tipo XI:** Tiene material microprismático de esquina de cubo que tiene forma de diamantes. Su uso es para señalización permanente en las autopistas, zonas de construcción y delineadores (ASTM D4956, 2011).

3.2.5. Normas y Estándar actuales para analizar la retroreflexión en las señales verticales.

El Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1 establece que las señales deben de cumplir con los parámetros de retroreflectividad establecidos por la Norma ASTM D4956, que ha registrado mínimos coeficientes de retroreflexión que debe cumplir el tipo de señal cuando ha transcurrido un cierto periodo de exposición al aire libre. A

continuación en la siguiente tabla se ilustra los requisitos mínimos para las láminas tipo IV y XI:

Tabla IX. Umbrales de cumplimiento de estándares de señalización vertical

TIPO DE SEÑALES		ANTIGÜEDAD	RETROREFLECTIVIDAD (cd/lux/m ²) Medición según norma ASTM D 4956-11a, con ángulo de incidencia de - 4°, para ángulos de observación de 0.2° y 0.5°				
			TIPO IV ^a		TIPO XI ^b		
			0.2 °	0.5°	0.2 °	0.5°	
Regulatorias	Blanco	Inicial	Bueno	$R \geq 360$	$R \geq 150$	$R \geq 580$	$R \geq 420$
		36 meses	Regular	$R \geq 288$	$R \geq 120$	$R \geq 464$	$R \geq 336$
		> 36 meses	Malo	$R < 288$	$R < 120$	$R < 464$	$R < 336$
	Rojo	Inicial	Bueno	$R \geq 65$	$R \geq 27$	$R \geq 87$	$R \geq 63$
		36 meses	Regular	$R \geq 52$	$R \geq 21.6$	$R \geq 69.9$	$R \geq 50.4$
		> 36 meses	Malo	$R < 52$	$R < 21.6$	$R < 69.9$	$R < 50.4$
	Verde Limón	Inicial	Bueno	$R \geq 290$	$R \geq 120$	$R \geq 460$	$R \geq 540$
		36 meses	Regular	$R \geq 232$	$R \geq 96$	$R \geq 368$	$R \geq 432$
		> 36 meses	Malo	$R < 232$	$R < 96$	$R < 368$	$R < 432$
Preventivas	Amarillo	Inicial	Bueno	$R \geq 270$	$R \geq 110$	$R \geq 435$	$R \geq 315$
		36 meses	Regular	$R \geq 216$	$R \geq 88$	$R \geq 348$	$R \geq 252$
		> 36 meses	Malo	$R < 216$	$R < 88$	$R < 348$	$R < 252$
Informativas	Verde	Inicial	Bueno	$R \geq 50$	$R \geq 21$	$R \geq 58$	$R \geq 42$
		36 meses	Regular	$R \geq 40$	$R \geq 16.8$	$R \geq 46.4$	$R \geq 33.6$
		> 36 meses	Malo	$R < 40$	$R < 16.8$	$R < 46.4$	$R < 33.6$
Servicios en la vía	Azul	Inicial	Bueno	$R \geq 30$	$R \geq 13$	$R \geq 26$	$R \geq 19$
		36 meses	Regular	$R \geq 24$	$R \geq 10.4$	$R \geq 20.8$	$R \geq 15.2$
		> 36 meses	Malo	$R < 24$	$R < 10.4$	$R < 20.8$	$R < 15.2$
Temporal Trabajos en la vía	Naranja	Inicial	Bueno	$R \geq 145$	$R \geq 60$	$R \geq 200$	$R \geq 150$
		36 meses	Regular	$R \geq 116$	$R \geq 48$	$R \geq 160$	$R \geq 120$
		> 36 meses	Malo	$R < 116$	$R < 48$	$R < 160$	$R < 120$
	Naranja Fosforescente	Inicial	Bueno	$R \geq 105$	$R \geq 45$	$R \geq 175$	$R \geq 125$
		> 36 meses	Malo	$R < 84$	$R < 36$	$R < 140$	$R < 100$
Turísticas	Café	Inicial	Bueno	$R \geq 18$	$R \geq 7.5$	$R \geq 17$	$R \geq 13$
		36 meses	Regular	$R \geq 14.4$	$R \geq 6$	$R \geq 13.6$	$R \geq 10.4$
		> 36 meses	Malo	$R < 14.4$	$R < 6$	$R < 13.6$	$R < 10.4$

a: Ver Tabla 5 del ASTM D 4956-11a

b: Ver Tabla 10 del ASTM D 4956-11^a

Para verificar si la señal está cumpliendo con el estándar de calidad, los valores de retroreflectividad medidos con el respectivo retroreflectómetro portátil, deben estar sobre el coeficiente mínimo de retroreflectividad que se indica, el cual depende del tipo de lámina de la señal. En caso que el valor de la medición no supere el mínimo coeficiente de retroreflectividad para el respectivo tipo de señal, estano estaría cumpliendo con los requerimientos.

La tabla 9 también permite cotejarlos valores obtenidos con los contratos de los estándares de mantenimiento por resultados del elemento de seguridad tal como se ha establecido por parte del área de Dirección de Conservación, la cual dispone evaluar el desempeño de la vía, analizando diversos parámetros de interés, siendo uno de ellos la retroreflexión en las señales verticales.

3.2.6. Métodos de mantenimiento de las señales verticales

La administración federal de carreteras (FHWA) ha descrito en el informe de *Methods for Maintaining Traffic Sign Retroreflectivity* posibles métodos que puede emplear una agencia para mantener un nivel mínimo de retrorefelctividad en las señales verticales.

Estos métodos descritos se los puede utilizar dentro de procesos de gestión de las señales para identificar sistemáticamente señales que no cumplan con

el requerimiento mínimo de retroreflectividad, tomar medidas para actualizar las señales que se encuentran por debajo del nivel mínimo requerido y monitorear la retroreflectividad de las señales en el lugar. En la siguiente tabla se muestra los métodos que se pueden utilizar para cumplir y mantener niveles mínimos de retroreflectividad.

Tabla X. Métodos para cumplir y mantener los niveles mínimos de retroreflectividad

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
Combinación de Métodos u otros método	Agencia combina diferentes métodos o adopta método personalizado.	Método personalizado por agencia para lograr efectividad y la eficiencia.	Potencialmente laboral y tiempo intensivo dependiendo del nivel de estudio de ingeniería.
Noche Visual inspección	Valoración llevada a cabo de acuerdo al procedimiento por el inspector entrenado.	Consume menos tiempo y la general aparición de señales son evaluados.	Subjetivo y las horas extraordinarias que se paga por la noche de la mano de obra.
Medición de la retroreflectividad en una sesión	Se miden las señales con un instrumento de acuerdo a procedimiento.	La medición directa sin subjetivamente y evaluar objetivamente señales cuestionables	Consume tiempo y no puede evaluar otros factores que afectan apariencia de las señales.
Vida esperada de la señal	El reemplazo se basan en la edad, la garantía, o degradación de señal láminas.	Desarrollar la vida de servicio local esperado y de fácil implementación.	El tipo lamina y vida esperada debe ser conocido y dar un seguimiento de la fecha de instalación de la señal.

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
Reemplazo de manta	El reemplazo de todas las señales a intervalos especificados basados en la vida más corta del material utilizado.	Efectivamente reemplaza todas las señales a la vez.	Potencial de residuos relativamente nuevos de las señales.
Señales de control	La sustitución de señales basadas en un conjunto de muestras de señales de control.	Menos mano de obra y desarrolla la esperanza de vida de señas local.	La muestra de señales control de debe ser representativa y supervisado.
*Fuente:(Federal highway administration, 2007)			

El método más utilizado para dar mantenimiento a las señales verticales es el de inspección visual. Sin embargo, otros métodos se han probado e implementado incluyendo la medición de retroreflectividad y reemplazos programados basándose en el tiempo de vida de la señal. A continuación se definen los métodos de mantenimientos.

Inspección visual nocturna.- un inspector de señal entrenado evaluara la retroreflectividad de una señal en un vehículo en movimiento en condiciones nocturnas. El inspector identificara las señales que están por debajo de los niveles mínimos de retroreflectividad.

Medición de retroreflectividad en la señal.- se realiza usando un retroreflectometro, La retroreflectividad de la señal se la compara con el coeficiente mínimo de la señal esperada.

Vida útil esperada de la señal.- En las señales instaladas se le agrega una etiqueta con la fecha de instalación, esto ayuda a reconocer la edad de la señal. La edad de la señal se la compara con el tiempo de vida de la señal esperada.

Reemplazo de manta.- Se reemplazan todas las señales que se encuentran en un intervalo especificado. Evitando evaluar la retroreflectividad. El intervalo de sustitución se basa en el material de corta vida utilizado en esa zona.

Señal de control.- Se basa en el rendimiento de un conjunto de muestra de las señales en el campo, el control de estas señales ayudan a determinar el final de la vida retroreflectantes de las señales.

Los métodos de mantenimiento descrito anteriormente se dividen en dos grupos, los métodos de evaluación y los métodos de gestión.

Tabla XI División de los métodos	
Métodos de evaluación	Métodos de Gestión
Las inspecciones visuales nocturnas Medicionesde retroreflectividad	Vida esperada de la señal Reemplazo de Manta Señales de control

Los métodos de evaluación incluyen la inspección de las señales en el campo, mientras que los métodos de gestión se basan en técnicas que limitan o eliminan la necesidad de inspecciones de campo. Estos métodos pueden combinarse para lograr prácticas de mantenimientos de las señales retroreflectivas que las agencias pueden usar (Paul J. Carlson, 2014).

Una posible combinación es de un método de gestión con la inspección visual de las señales en el día y la noche. La vida esperada de la señal se basa en la edad y la degradación de los tipos de láminas instaladas. Este método permite dar un seguimiento de la cantidad de las señales existentes, el tiempo de su instalación y donde se encuentran ubicadas. Es recomendable llevar esta información en un registro electrónico para identificar fácilmente los sitios donde se procederá a realizarse el respectivo reemplazo o reparación.

También se podría combinar la vida esperada de la señal con la retroreflectividad medida, donde la medición se realiza en una pequeña muestra en una zona determinada, permitiendo realizar una comparación de retroreflectividad esperada y medida. Estas mediciones ayudan a validar y revisar, la vida útil del tipo de lámina y color utilizada por la agencia.

La construcción del inventario de las señales instaladas en las vías proporciona muchos beneficios para la agencia que administra las vías. El

inventario se puede construir realizando inspecciones visuales para registrar las dimensiones, altura de la señal, tipo de señal, tipo de apoyo, tipo de lámina, tomar un registro fotográfico, etc. Y también con realizar la toma de retroreflectividad con el equipo el cual también proporciona el posicionamiento mediante el dispositivo integrado del GPS.

Además de evaluar la condición inicial de la señal se pueden realizar seguimientos en los Próximos 5 a 7 años mediante los datos proporcionados por la retroreflectividad medida en la señal, estos datos se puede combinar con la vida de servicio estimada de la señal para los próximos años.

3.3. Procedimiento de muestreo

3.3.3. Señalización vertical

El método empleado e inicialmente propuesto por la Dirección de Conservación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas establece tomar un muestreo sistemático, el cual consiste en saltarse un número de observaciones (señaleticas) que se encuentran en un intervalo de 10km y a continuación en el siguiente intervalo de un kilómetro establecer una sección de evaluación en donde se realiza mediciones en cada señal encontrada en el respectivo intervalo (ver figura 3.11).

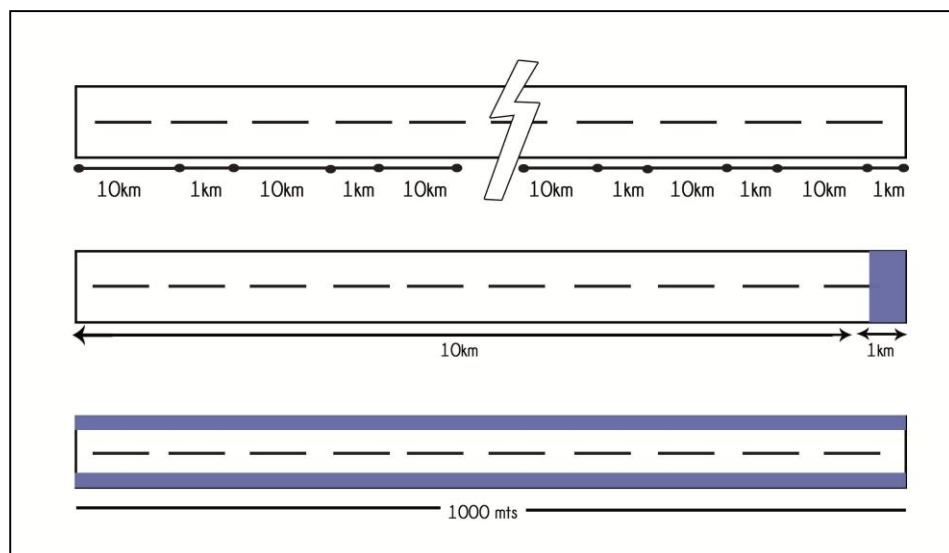


Figura 3.11. Método de muestreo de la dirección de conservación para señales verticales

3.3.4. Señalización horizontal

3.3.4.1. Norma ASTM 7585

La norma ASTM 7585 describe el criterio de toma de muestra para la determinación de retroreflectividad en las marcas de pavimento de diferentes tipos de longitudes, en base a esto, se considera asociar la longitud de 16 kilómetros para obtener un muestreo a nivel de red. Dado que en la subsección 6.4.3.2 hace referencia que, para una demarcación de 16km., se toma tres secciones de evaluación ubicadas al azar, por tanto se considera que las secciones de evaluación pueden estar separadas cada cinco kilómetros, cumpliendo así esta recomendación. Por otra parte en la sección 6.3.5 menciona que, la sección de evaluación debe tener un tamaño de muestra mínimo de 16 mediciones como se describe en el anexo 1 de dicha norma, donde se obtiene la recomendación que la sección de evaluación debe ser de al menos 125 metros; esto sería que la medición debe hacerse aproximadamente cada 8metros a lo largo de la línea pero por facilidad estas mediciones se tomarán cada 10metros. (ASTM 7585, 2010)

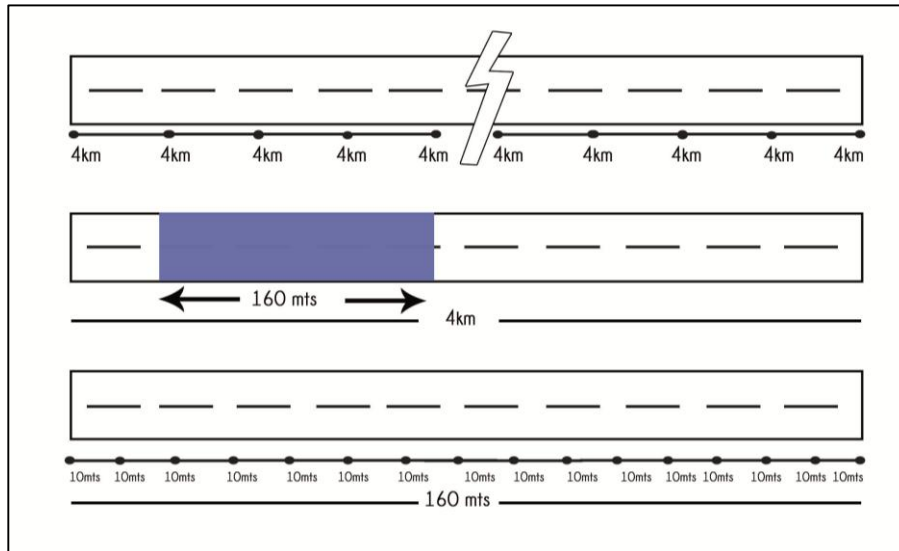


Figura 3.12. Método de muestreo de la Norma ASTM 7585 para señales horizontales

3.3.4.2. Dirección de Conservación

El procedimiento de muestreo empleado por la Dirección de Conservación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas indica que para la determinación de la retroreflectividad en las marcas de pavimento, se tiene que definir una sección de evaluación donde el tamaño de la muestra es de solo tres mediciones. Las mediciones se deben hacer cada 300metros a lo largo de la línea, hasta tener el tamaño de muestra fija de tres mediciones. Luego se continua definiendo secciones de evaluación a lo largo de la demarcación cada cinco kilómetro hasta cubrir la distancia requerida.

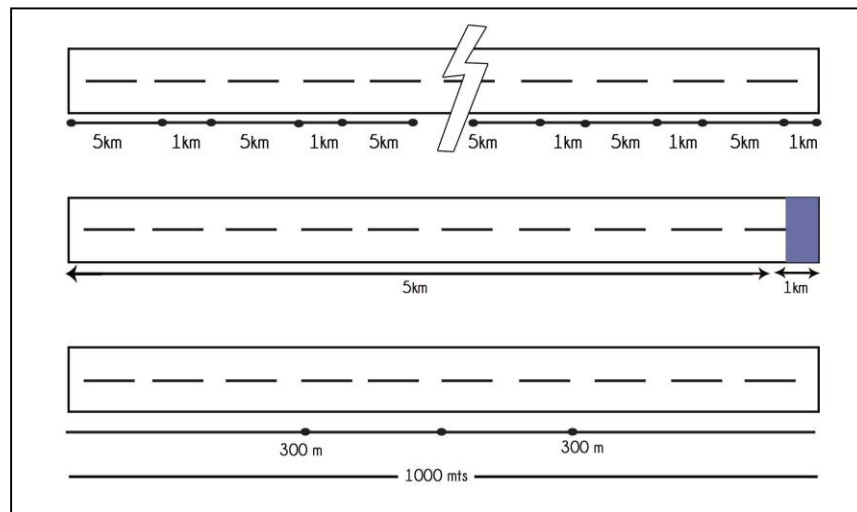


Figura 3.13. Método de muestreo por Dirección de Conservación para señales horizontales

3.3.5. Metodología de medición

3.3.5.1. Señalización horizontal

Para poder realizar la verificación de la eficiencia del método de muestreo empleado por el MTOP se consideró utilizar otro método de muestreo para la medición de retroreflectividad recomendado por la Sociedad Americana de Pruebas de Materiales (ASTM), práctica estándar 7585 (la cual se encuentra descrita en la sección 3.3.4.1.) para así poder realizar las debidas comparaciones en relación a ambos métodos.

Para el tramo E25 – Baba, el cual fue demarcado con material termoplástico en Julio del 2014 y que tiene un tiempo de 6 meses de exposición al aire libre, se utilizó el método Normado por la ASTM 7585 para tomar las mediciones en las líneas de bordes y de centro, mientras que en los tramos Baba – Tres Marías, Babahoyo – Montalvo y San Juan – Patricia Pilar en la que su demarcación existente fue hecha con material de pintura base solvente, se utilizó el método recomendado por la Dirección de Conservación, tomando las mediciones en las líneas de borde y centro. En el tramo San Juan – Patricia Pilar la cual solo se evaluó las líneas de borde, por razones de seguridad.

La metodología que se utilizó para realizar las mediciones de retroreflectividad en la señalización horizontal para las vías seleccionadas, se detalla a continuación:

- Una vez elegida cada sección representativa en la demarcación de las vías, verificamos que esta esté en excelentes condiciones, no estando afectada por agentes externos como suciedad, marcas de neumáticos o algún factor externo que pueda alterar la demarcación.
- Elegir la sección de evaluación dependiendo del método utilizado para evaluar las demarcaciones en los tramos seleccionados. Luego

delimitar y colocar señalizaciones necesarias para trabajar con seguridad.

- El punto donde se tomaría la medición debe de estar lavado y secado para que todos los puntos estén en la misma condición. Podría pensarse que la medición podría hacerse sin proceder a limpiar la línea, es decir tal como está en operativo, sin embargo la línea debe ser limpiada dado que la suciedad es relativa de un punto a otro y así no habría condiciones homogéneas para las diferentes mediciones.
- Cerciorarse que el retroreflectómetro este calibrado antes de usar.
- Registrar en una hoja de inspección cada resultado obtenido del respectivo número de mediciones de retroreflexión establecido por el método que se va a evaluar dicha vía.

3.3.5.2. Metodología de la señalización vertical

- Una vez elegida cada sección representativa basados en el método de dirección de conservación, se delimitó y colocó señalizaciones necesarias para trabajar con seguridad.
- El punto donde se tomaría la medición debe de estar lavado y secado para que todos los puntos estén en la misma condición.
- Cerciorarse que el retroreflectómetro este calibrado antes de usar.

- Registrar en una hoja de inspección los tres resultados obtenidos del respectivo número de mediciones de retroreflexión establecido por el método sugerido por la Dirección de conservación.

CAPÍTULO 4

4. TECNICA, INSTRUMENTO Y EQUIPO RETROREFLECTOMETRO

4.1. Equipo a utilizar

Debido a que las señales deben de cumplir con requisitos de contraste y retrorefletividad, existen equipos conocidos como retroreflectómetros manuales que miden estos parámetros en las señalizaciones horizontales y verticales. Estos equipos simulan la interacción de los focos del vehículo, el sistema retroreflectivo y los ojos del conductor. Se trabajó con la marca del equipo Easylux en las señales verticales y horizontales (ver figura 4.1) las cuales cuantifica el fenómeno de retroreflexión en las señales.



Figura 4.1. Retroreflectómetro manual Vertical y Horizontal. Fuente:(MTO, 2014)

4.2. Procedimiento para la medición del Coeficiente de Retroreflectividad

El instructivo del ministerio de transporte propone un procedimiento para la medición el cual se resume en las siguientes secciones.

4.2.1. Procedimiento para las Señales Horizontales.

Para realizar la medición del coeficiente de retroreflectividad de las señales horizontales se debe cumplir con el siguiente procedimiento:

1. Es recomendable llevar una programación para el trabajo que se debe realizar, determinando una breve descripción de las actividades a ejercer, en donde conste la recopilación de información para la verificación del coeficiente de retroreflectividad en las demarcaciones

centrales, y los bordes de la carretera. Se deberá indicar el nombre del tramo de la vía y el número de kilómetro donde se va a realizar la recopilación de información.

2. Si llegara a pasar de que el punto previsto para la medición, se encuentra inalcanzable por cualquier circunstancia, se realizará la recopilación de la información en los puntos más cercanos, en forma perpendicular al eje de la vía para así facilitar el trabajo.
3. Luego, se deberá hacer la limpieza en los puntos donde se llevará a cabo la medición.
4. Previo a la calibración del equipo se verificará su funcionamiento incluido el GPS por medio de la opción menú.
5. Calibrar el equipo antes de la medición, de acuerdo al procedimiento indicado del manejo del equipo.
6. Colocar el equipo sobre la línea que se va a medir el coeficiente de retroreflectividad.
7. Toda la información se guarda automáticamente en el software del equipo. Lo más recomendable es anotar la información para que quede respaldada.
8. El equipo tiene un GPS que cuando es usado, este registra inmediatamente la ubicación de las señales medidas.
9. Se recomienda como mínimo realizar tres (3) mediciones de coeficientes de retroreflectividad por kilómetro.

10. Los formularios para la recopilación de información se deben procesar en oficinas para mayor control.

4.2.2. Procedimiento para las Señales Verticales

Para realizar la medición del coeficiente de retroreflectividad de las señales verticales se debe cumplir el siguiente procedimiento:

1. Es recomendable llevar una programación para el trabajo que se debe realizar, detallando una breve descripción de las actividades a ejercer, en donde conste la recopilación de información para la verificación del coeficiente de retroreflectividad en las señales verticales, en las que debe constar nombre del tramo de la vía y kilómetro donde se realizó el trabajo.
2. Luego se deberá realizar la limpieza de la placa (señal) con agua y un pedazo de tela absorbente, en las cuales no se debe utilizar ningún producto que altere su condición.
3. Previo a la calibración del equipo, se verificará su funcionamiento incluido el GPS por medio de la opción menú.
4. Calibrar el equipo antes de la medición, de acuerdo al procedimiento indicado del manejo del equipo.

5. Colocar el equipo en la señal y sobre el color que se va a medir el coeficiente de retroreflectividad.
6. Toda la información es guardada automáticamente en el software del equipo. Lo más recomendable es anotar la información para que quede respaldada.
7. El equipo tiene un GPS que cuando es usado, este registra inmediatamente la ubicación de las señales medidas.
8. En las señales verticales, el resultado de la lectura del coeficiente de retroreflectividad deberá ser comparadas con los valores indicados en las normas ASTM D4956, con 36 meses de vida.
9. Se recomienda como mínimo realizar tres (3) mediciones de coeficientes de retroreflectividad por señal.
10. Los formularios para la recopilación de información se deben procesar en oficinas para mayor control.

4.3. Manejo del equipo

4.3.1. Retroreflectómetros para medir las señales horizontales:

Pasos para medir el coeficiente de retroreflexión:

- Pulsar el botón “POWER” si se desea conectar y desconectar.
- Seleccionar el botón “MENU” la opción Calibrar así se podrá calibrar el equipo.
- Hacer de acuerdo a como indique las instrucciones de la pantalla del equipo.
- Pulsar el botón amarillo “OK” (lectura de prueba).

Se debe seguir con los siguientes procedimientos en el equipo:

- a) Seleccionar MENU, elegir la opción NUEVO GRUPO y pulsar el botón amarillo “OK”.
- b) Con los botones de flechas, se escoger el COLOR de la demarcación y pulsar “ok”.
- c) Con los botones de flechas, se escogerá el HITO, donde se debe digitar la abscisa, se debe digitar cada número y pulsar “ok”, y se guarda la información el equipo.
- d) En el TIPO DE DEMARCACIÓN, se escogerá el tipo de línea que va a medir y pulsas “Ok”.
- e) Una vez que se da seguimiento a este proceso, se continúa realizando la toma de información de la señalización.
- f) Después de la toma de información de la señal, en la pantalla del equipo se muestra:

- RL= Coeficiente de retroreflectividad
- TA= Temperatura Ambiente
- En la esquina inferior derecha, aparece el número de lectura que se ha realizado hasta el momento.

4.3.2. Retroreflectómetro para mediciones en señales verticales

Pasos para tomar la retroreflectividad:

- Pulsar el botón “ON” si se desea conectar y desconectar.
- Seleccionar el botón “MENU” la opción Calibrar así se podrá calibrar el equipo.
- Hacer de acuerdo a como indique las instrucciones de la pantalla del equipo.
- Pulsar el botón “OK” (lectura de prueba).
- Se seguirá el siguiente procedimiento para medir el coeficiente de retroreflectividad:
 - a) Seleccionar MENU, elegir la opción NUEVO GRUPO y pulsar el botón rojo.
 - b) En la pantalla se muestra tres datos, el color de la placa a medir, el número de la abscisa y un número en la parte superior derecha que es

el número de grupo, se oprime el botón rojo para grabar, el cursor pasa a las centésimas, se oprime el botón rojo, y de esta forma pasa por procesos hasta llegar a los decimales.

- c) Cuando ya ha sido grabada la información se da clic en MENU y en la pantalla se muestra la opción de grabar SI o NO, y se escoge SI.
- d) En la pantalla aparece la siguiente información: GRP=<NUMERO DE GRUPO que se registró>, <el número que se escogió como ABSCISA> en kilómetros, y el color <COLOR>.
- e) Se procede a realizar la medición, para lo cual se colocara el equipo sobre la señal de forma perpendicular, sobre el color escogido, se oprime el botón rojo, la información debe ser anotada. Este procedimiento **(e)** solamente deberá ser repetido por tres veces en diferentes puntos de la misma placa y del mismo color, estas lecturas sacará un promedio, y servirá para la evaluación.

Los resultados de las mediciones y después que se ha obtenido el promedio, serán comparados con las tablas, para definir la retroreflectividad.

4.4. Otros Equipos de Medición

El retroreflectómetro móvil es un equipo de alto rendimiento debido a que se puede medir la retroreflectividad de manera continua en las demarcaciones de las vías a un ritmo de velocidad vehicular (hasta 100km/h).

Usualmente el retroreflectómetro se fija en la parte lateral de los neumáticos posteriores del vehículo para así poder realizar continuas mediciones en grandes magnitudes de kilómetros.

El ministerio de Quebec – Canadá, cuenta con un retroreflectómetro móvil, el cual además de guardar las mediciones, transfiere la base de datos para un sistema de gestión de activos de la demarcación. Es una manera fácil, sofisticada y organizada para ver visualmente un mapeo de la retroreflexión en las vías.



Figura 4.2. Retroreflectómetro móvil (Vectra Francia, 2015)

CAPÍTULO 5

5. MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Criterios para análisis del coeficiente de retroreflectividad

5.1.1. Señales horizontales

Interesados en determinar si la demarcación de un determinado tramo cumple o no con las especificaciones de retroreflectividad se procedió a calcular un intervalo de 95% de confianza para la retroreflectividad media del tramo como:

$$\bar{x} \pm t_{\alpha, n-1} s / \sqrt{n} \quad (\text{Ec. 2})$$

donde \bar{x} representa la retroreflectividad promedio obtenida de la muestra, s es la desviación estándar de la muestra, n es el tamaño de la muestra y $t_{\alpha, n-1}$ representa el percentil $(1-\alpha)\%$ de una distribución t de Student con $n - 1$ grados de libertad. Así, podemos asociar al intervalo en (Ec. 2) una prueba de hipótesis unilateral definida como:

$$H_0: \mu \leq RA \text{ vs. } H_1: \mu > RA$$

donde probaremos si la retroreflectividad media real cumple con las especificaciones (definido en la hipótesis alterna) o esta no cumple con las especificaciones al no rechazar la hipótesis nula, donde RA representa el mínimo coeficiente de retroreflectividad. Finalmente, rechazaremos H_0 a favor de H_1 , esto es, que la demarcación de un delimitado tramo cumple con las especificaciones, si el RA se encuentra por debajo del límite inferior del respectivo intervalo de confianza.

Debido a que el coeficiente de retroreflectividad mínimo varía de acuerdo al tipo de pintura, el color con el que está demarcada la línea y el tiempo de exposición al aire libre, en la tabla 16 presentamos los coeficientes mínimos de retroreflectividad para cada Tramo.

Tabla XII. Coeficientes mínimos de retroreflectividad para cada tramo		
Tramo	Ra ($mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$.)	
	Blanca	Amarilla
E25 – Baba	325	200
Baba – 3 María	100	80
Babahoyo- Montalvo	100	80
S. Juan – P. Pilar	100	80

5.1.2. Señales verticales

Consideraremos que una señal vertical no cumple con el requerimiento mínimo cuando por lo menos uno de los valores de retroreflectividad que se obtienen a través de los ángulos de observación no supere el mínimo coeficiente de retroreflectividad respectivo para cada tipo de material como indica la norma ASTM.

Los tipos de láminas de las señales verticales instaladas en los tramos seleccionadas son:

Tabla XIII. Tipos de láminas instaladas en los tramos			
Tramos	Tipo Material	Año de colocación	% requerido del coeficiente mínimo
E25 – Baba	Tipo XI	2014	100%
Baba – 3 María	Tipo IV	2011	80%
Babahoyo-Montalvo	Tipo IV	2014	100%
S. Juan – P. Pilar	Tipo IV	2012	80%

5.2. Resultados de la medición del coeficiente de retroreflectividad

5.2.1. Señales horizontales

5.2.1.1. Demarcación del tramo E25 – Baba

Las medidas fueron tomadas en Enero de 2015 en las líneas de borde derecho, izquierdo y central del tramo E25 – Baba. Se realizaron 85 mediciones por cada línea, obteniendo un total de 255 puntos medidos.

La figura 5.1 representa el histograma de mediciones de retroreflectividad correspondiente a la línea derecha del tramo E25 – Baba. En el se puede

apreciar que un 92% de las mediciones, presentan una retroreflectividad superior a $400 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Tan solo un 8% de los valores medidos están por debajo del mínimo para las marcas de material termoplástico de color blanco de $325 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

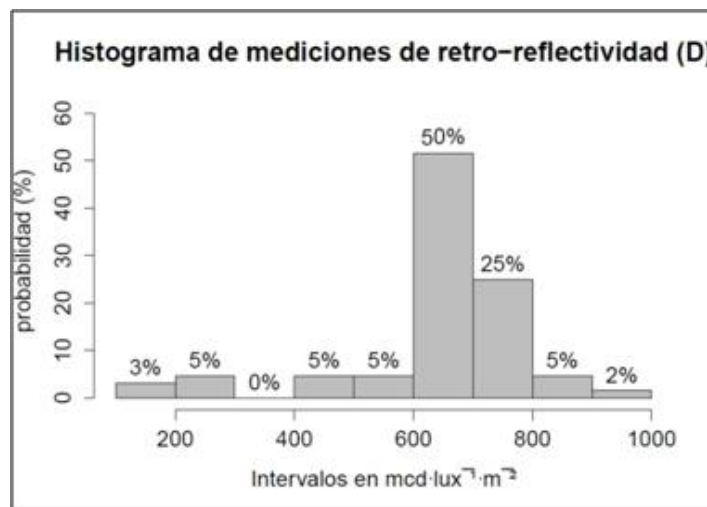


Figura 5.1. Distribución de valores medidos por intervalos del tramo E25 – Baba.

La figura 5.2 muestra la retroreflectividad por kilómetro de la línea del borde color blanco derecho a lo largo del tramo E25 – Baba. Para todo el tramo se tiene que el promedio de la retroreflectividad por estaciones es superior al mínimo valor especificado ($325 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) denotado por una línea horizontal continua. La retroreflectividad promedio para todo el tramo es de $638.57 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

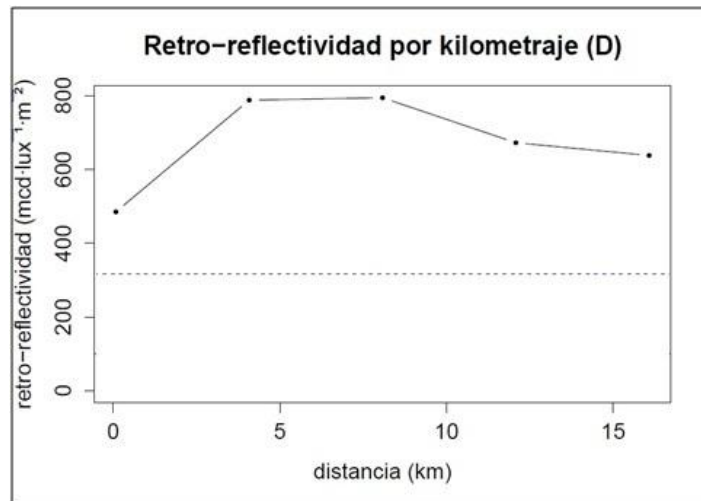


Figura 5.2. Valores de retroreflectividad por km de la línea derecha del tramo E25 – Baba.

Con respecto a la línea central de color amarillo, el histograma de frecuencias muestra que el 98% de las mediciones fueron mayores a $200 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, el valor mínimo para las marcas de material termoplástica de color amarillo. Sólo un 2% de las mediciones se encuentran por debajo del coeficiente mínimo. Los valores de retroreflectividad media por estaciones se mantuvieron por encima de las especificaciones, a lo largo de todo el tramo (véase figura 5.4).

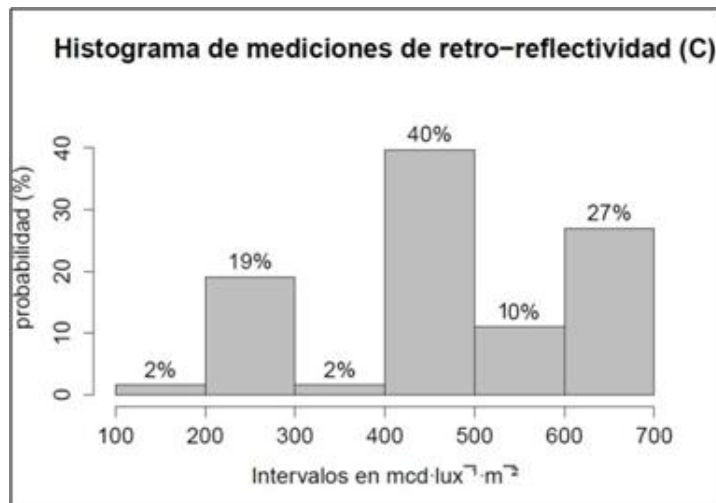


Figura 5.3. Distribución de valores medidos por intervalos de la línea central del tramo E25 – Baba.

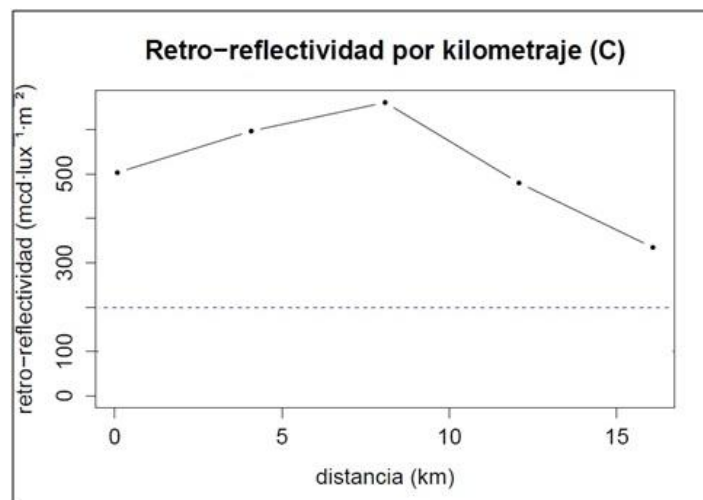


Figura 5.4. Valores de retroreflectividad por km de la línea central del tramo E25 - Baba

Con respecto a la línea de borde izquierda color blanco del tramo, la figura 5.5 representa los valores medición por intervalo donde se puede apreciar que 91% de las mediciones fueron mayores a $325 \text{mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^2$, el valor

mínimo para las marcas de material termoplástica de color blanco. Tan solo el 9% de los valores medidos están por debajo del coeficiente mínimo.

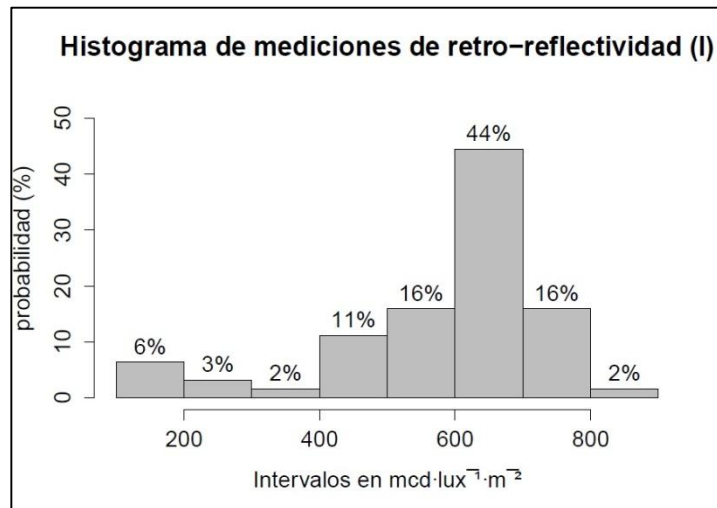


Figura 5.5. Distribución de valores medidos por intervalos de la línea central del tramo E25 – Baba.

Los valores de retroreflectividad medida por estaciones se mantuvieron por encima de las especificaciones, a lo largo del tramo (véase figura 5.6).

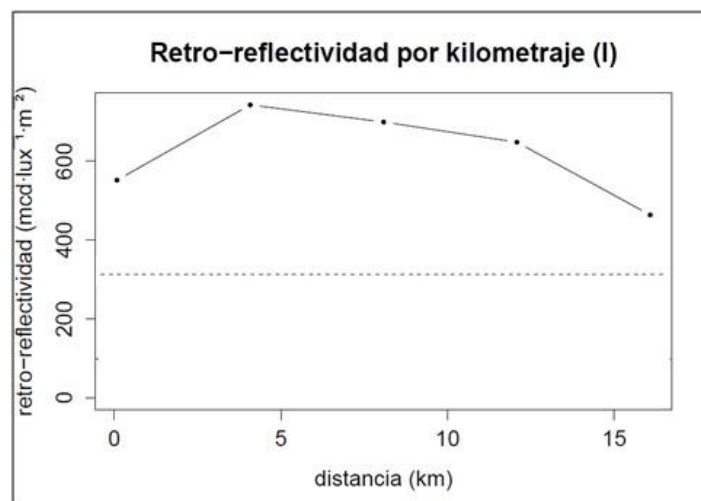


Figura 5.6. Valores de retroreflectividad de la línea izquierda del tramo E25 – Baba.

5.2.2. Demarcación del Tramo Baba – 3 Marías

Visualmente, se aprecia que la marca de pintura del tramo Baba – Tres Marías está totalmente desgastada, su aplicación fue hace tres años. Las mediciones fueron tomadas en Enero de 2015. Se realizaron 9 mediciones por cada línea, obteniendo un total de 27 puntos medidos. Con respecto a estas mediciones la figura 5.7 muestra la distribución de los valores de medición por intervalo de la línea color blanco derecho donde el 55% de los valores medidos están por debajo del valor mínimo de una retroreflectividad adecuada ($100 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$), Mientras que en la figura 5.8 se aprecia que en las estaciones la retroreflectividad promedio no mantiene una postura determinante para definir si a lo largo del tramo la retroreflectividad está por encima de la especificación.

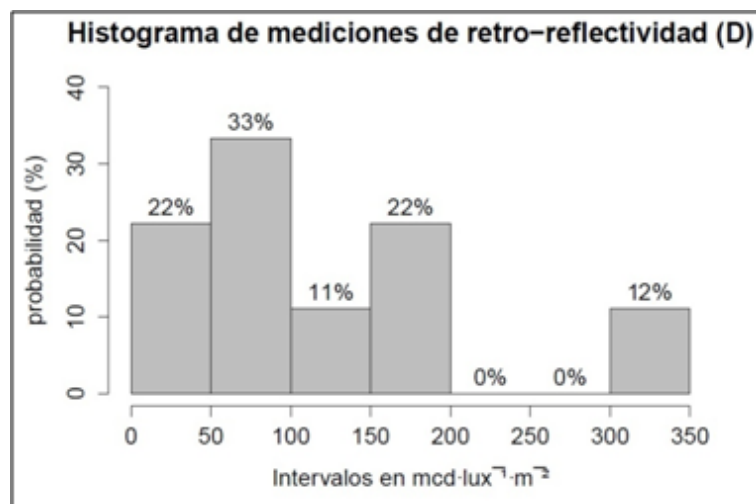


Figura 5.7. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea derecha del tramo Baba – Tres Marías.

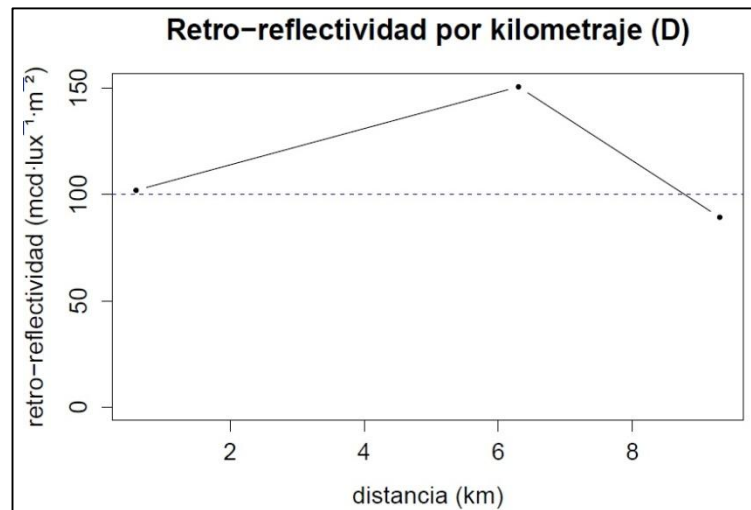


Figura 5.8. Valores de retroreflectividad de la línea derecha del tramo Baba – Tres Marías.

Con respecto a la línea izquierda color blanco del tramo, basados en la figura 5.9 muestra la distribución de los valores de medición por intervalo donde la medición muestra que el 78% de los valores medidos están por debajo del valor mínimo de la retroreflectividad adecuada ($100 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$).

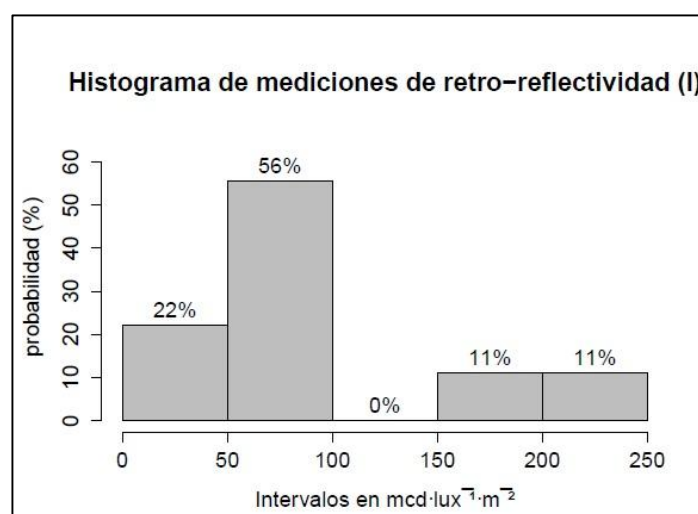


Figura 5.9. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea izquierda del tramo Baba – Tres Marías.

En la figura 5.10 se muestra la retroreflectividad por kilómetro de la línea del borde izquierdo del tramo, la cual refleja que la retroreflectividad promedio de cada estación no se mantiene por encima del valor mínimo de retroreflectividad adecuada, es $100 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. El valor de la media general de todas las mediciones es de $89.33 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

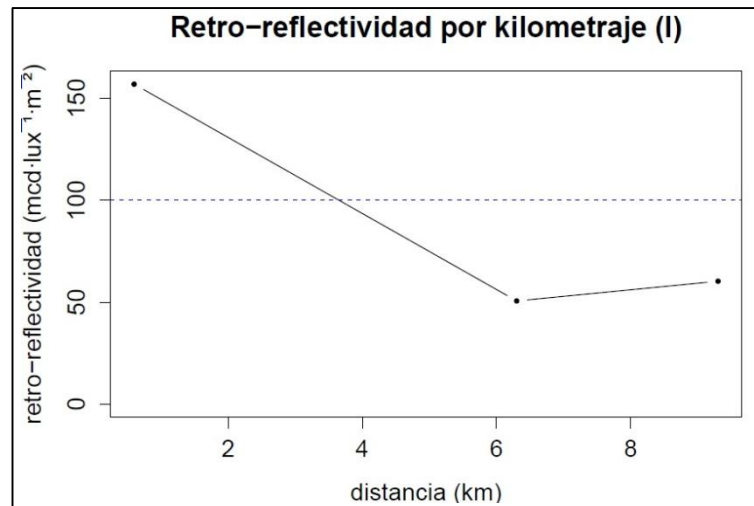


Figura 5.10. Valores de retro-reflectividad por km de la línea izquierda del tramo Baba – Tres Marías.

En relación a la línea central color amarillo del tramo. El histograma de frecuencia de la figura 5.11 muestra la distribución de los valores de medición por intervalo donde el 89% de las mediciones fueron menores a $100 \text{ mcd}/\text{lux} - \text{m}^2$, el valor mínimo de la retroreflectividad adecuada. La retroreflectividad promedio de todos los valores es de $89.33 \text{ mcd}/\text{lux} - \text{m}^2$.

La figura 5.12 muestra la retroreflectividad por kilómetro de la línea central a lo largo del tramo Baba – tres Marías. Para toda la vía se tiene que el promedio de la retroreflectividad por estaciones es inferior al mínimo valor especificado ($100 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) denotado por una línea horizontal segmentada. La retroreflectividad promedio de todos los valores es de $89.33 \text{ mcd}/\text{lux} - \text{m}^2$.

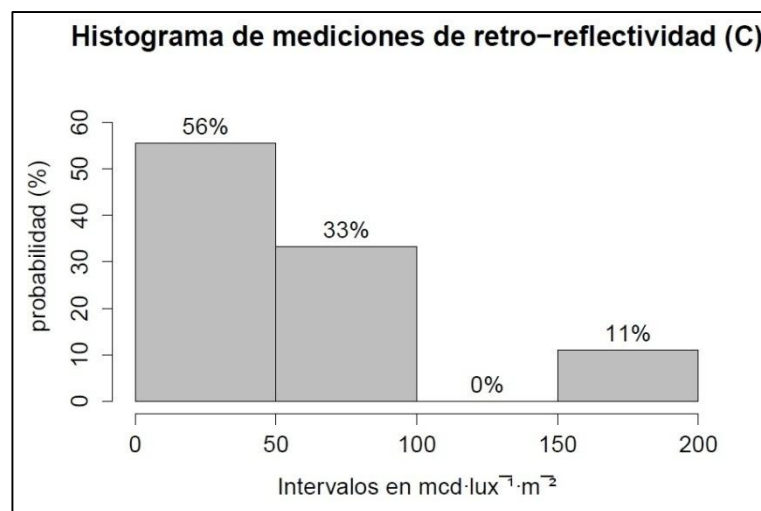


Figura 5.11. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea central color amarillo del tramo Baba – Tres Marías.

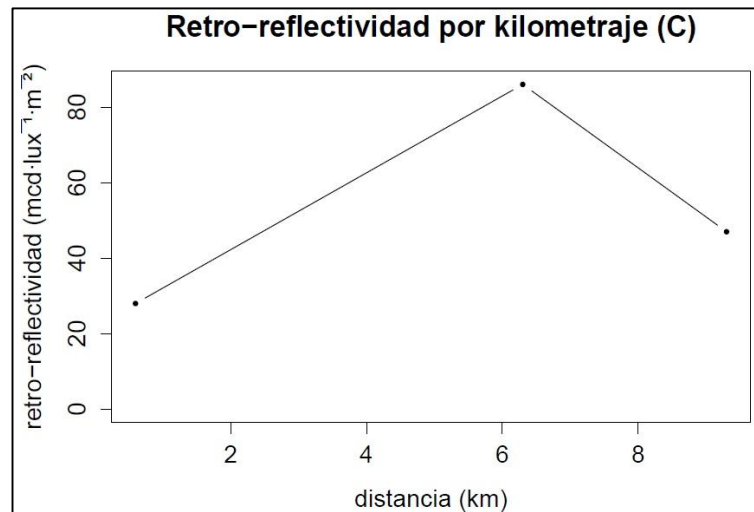


Figura 5.12. Valores de retro-reflectividad por km de la línea central del tramo Baba – Tres Marías.

5.2.3. Demarcación del tramo Babahoyo – Montalvo

La marca de pintura de la vía Babahoyo – Montalvo está totalmente desgastada, su aplicación fue en Enero 2014. Las mediciones fueron tomadas en Enero de 2015. Se realizaron 21 mediciones por cada línea, obteniendo un total de 63 puntos medidos.

La figura 5.13 representa el histograma de mediciones de retroreflectividad correspondiente a la línea color blanco derecha de la vía Babahoyo – Montalvo. En la que se puede apreciar que el 100% de los valores medidos

están por debajo del valor mínimo de una retroreflectividad adecuada ($100 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$).

La figura 5.14 muestra la retroreflectividad por kilómetro de la línea del borde derecho de la vía Babahoyo – Montalvo. Como era de esperar, en todo el tramo, el promedio de la retroreflectividad por cada estación este por debajo del valor mínimo especificado.

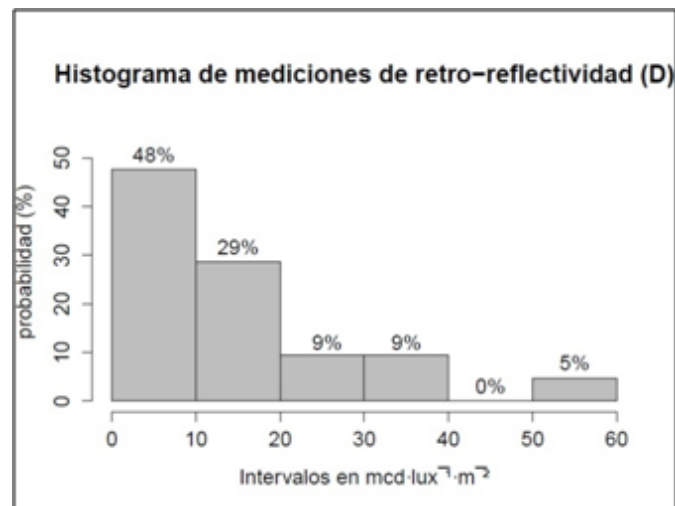


Figura 5.13. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea derecha del tramo Babahoyo – Montalvo.

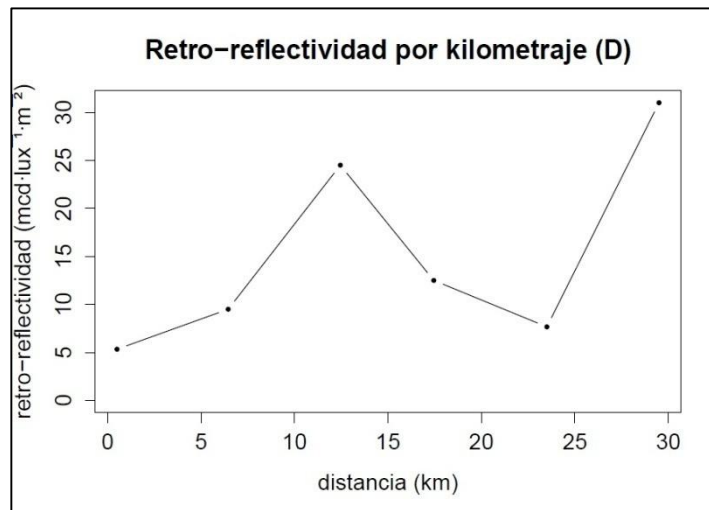


Figura 5.14. Valores de retro-reflectividad por km de la línea derecha del tramo Babahoyo – Montalvo.

Con respecto a la línea color blanco izquierda de la vía. La figura 5.15 muestra la distribución de los valores de medición por intervalo donde se puede apreciar que el 100% de las mediciones están por debajo de 100 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$, el valor mínimo de la retroreflectividad adecuada.

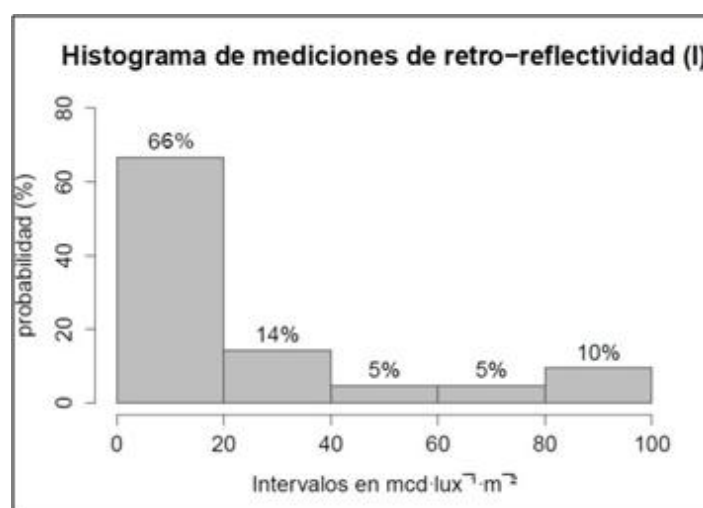


Figura 5.15. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea izquierda del tramo Babahoyo – Montalvo.

La figura 5.16 muestra la retroreflectividad por kilómetro de la línea del borde izquierda del tramo, el cual se encuentra por debajo de $100 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, el valor mínimo de retroreflectividad adecuada. El valor de la media general de todas las mediciones es de $24.33 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

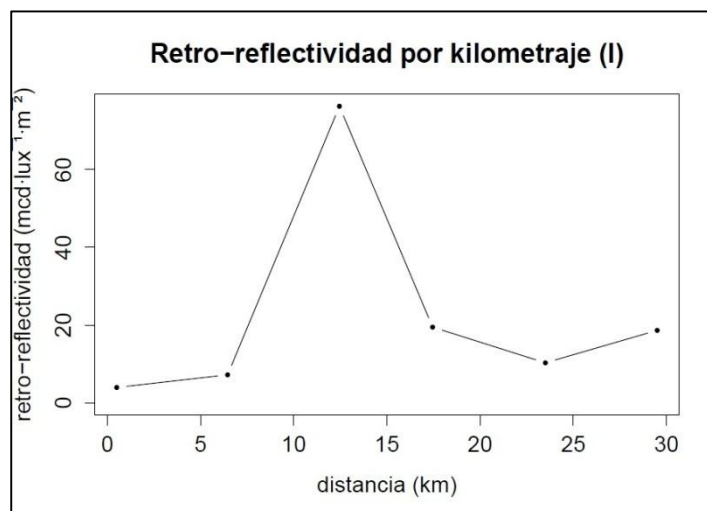


Figura 5.16. Valores de retro-reflectividad por km de la línea izquierda del tramo Babahoyo – Montalvo.

Con respecto a la línea central amarilla del tramo, El histograma de frecuencia de en la figura 5.17 muestra la distribución de los valores de medición por intervalo donde el 62% de las mediciones están por debajo de $100 \text{ mcd}/\text{lux} - \text{m}^2$, valor mínimo para marcas de material pintura base solvente. La media aritmética de todos los valores es de $91.95 \text{ mcd}/\text{lux} - \text{m}^2$.

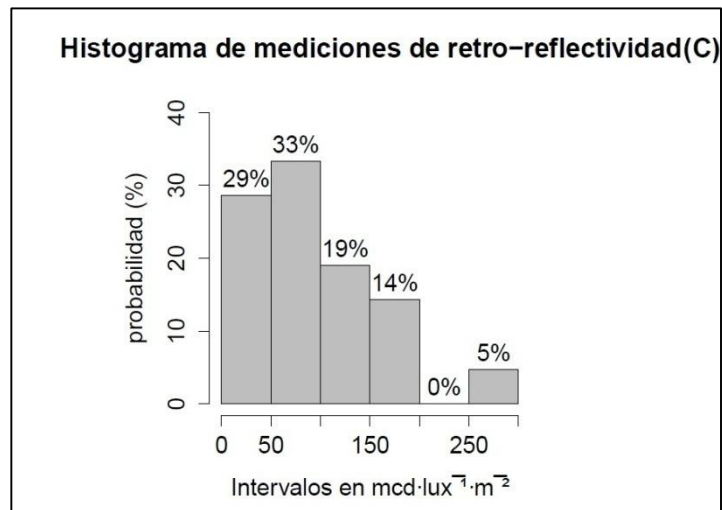


Figura 5.17. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea central del tramo Babahoyo – Montalvo.

Los valores de retroreflectividad media por estación no se mantuvo totalmente por encima de las especificaciones, en todo el trayecto de la vía (véase figura 5.18).

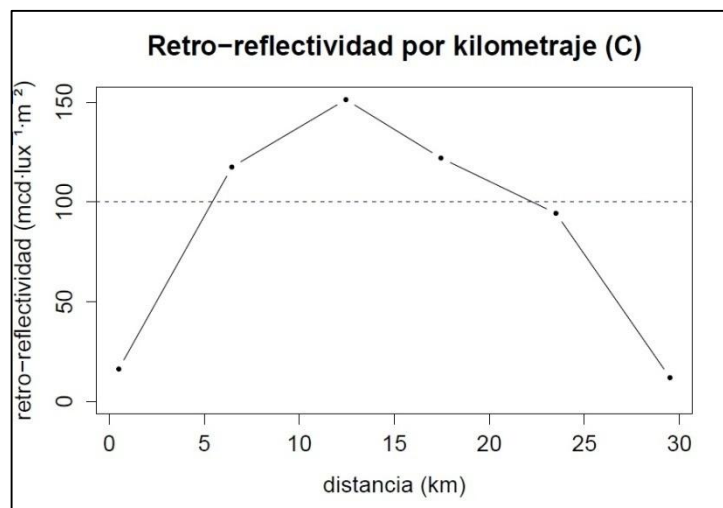


Figura 5.18. Valores de retro-reflectividad por km de la línea central del tramo Babahoyo – Montalvo.

5.2.4. Demarcación del tramo San Juan – Patricia Pilar

El tramo San Juan – Patricia Pilar tiene demarcaciones reparadas y existentes. Las mediciones fueron tomadas en enero de 2015. Se realizaron 81 mediciones por cada línea, obteniendo un total de 162 puntos medidos. La figura 5.19 muestra la distribución de los valores de medición por intervalo donde la medición muestra que el 49% de los valores medidos están por debajo del valor mínimo de retroreflectividad adecuada ($100 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$). De igual forma, el Figura 5.20 muestra la retroreflectividad por kilómetro de la línea del borde derecho del tramo y el valor mínimo de retroreflectividad adecuada.

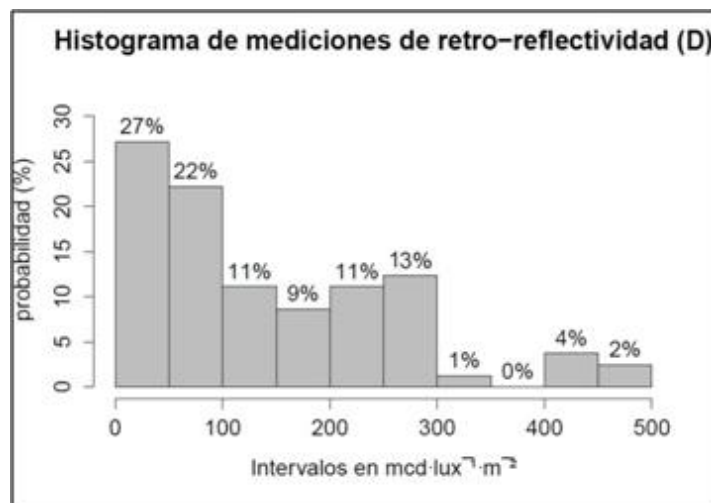


Figura 5.19. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea derecha del tramo San Juan – Patricia Pilar.

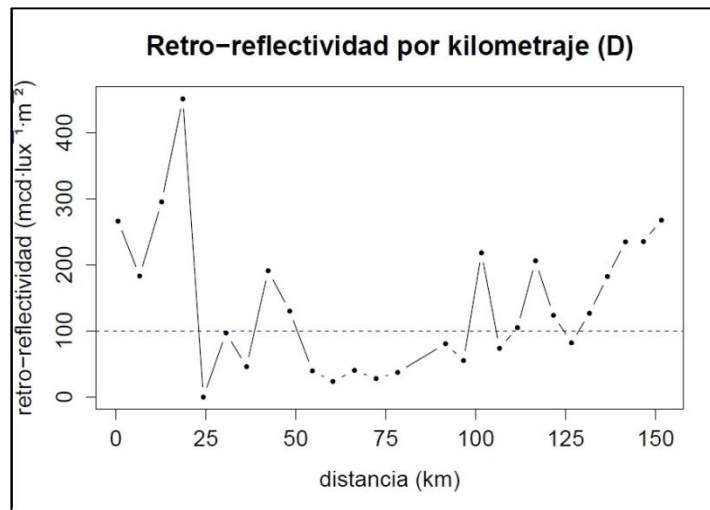


Figura 5.20. Valores de retroreflectividad por km de la línea derecha del tramo San Juan – Patricia Pilar.

Con respecto a la línea color blanco izquierda del tramo, basados en la figura 5.21 se aprecia que la distribución de los valores de medición por intervalo donde la medición muestra que el 44% de los valores medidos están por debajo del valor mínimo de retroreflectividad adecuada ($100 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$).

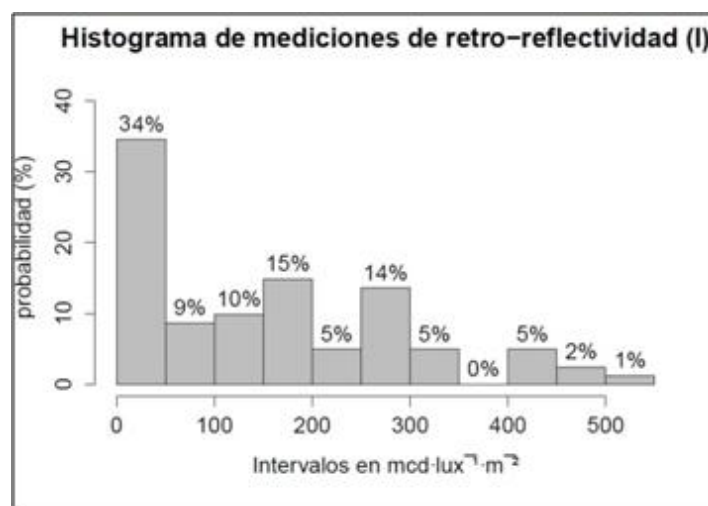


Figura 5.21. Distribución de valores de medición por intervalos de la línea izquierda del tramo San Juan – Patricia Pilar.

La figura 5.22 muestra la retroreflectividad por kilómetro de la línea del borde izquierdo del tramo y el valor mínimo de retroreflectividad adecuada, es $100 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. El valor de la media general de todas las mediciones es de $152.53 \text{ mcd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

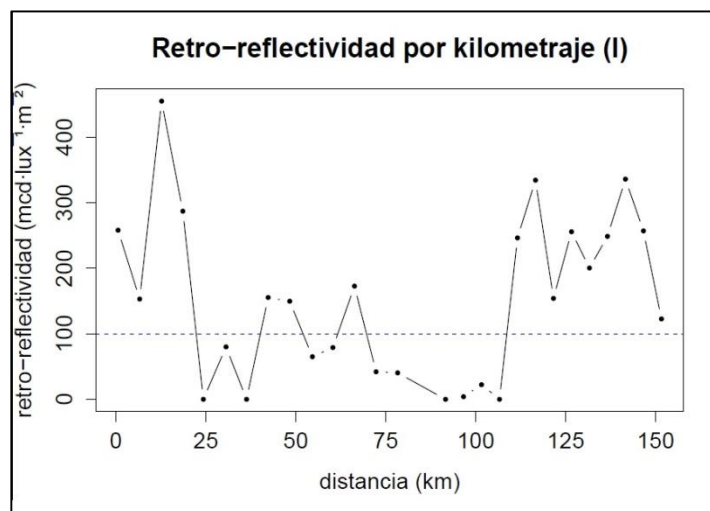


Figura 5.22. Valores de retroreflectividad por km de la línea izquierda del tramo San Juan – Patricia Pilar.

5.2.2. Señales verticales

5.2.2.1. Tramo E25 – Baba

De 168 señales correspondientes al tramo E25-Baba, se pudieron evaluar 25 señales obtenidas mediante el método de muestreo de la Dirección de Conservación. De acuerdo a la figura 5.23, las señales verticales para el análisis de retroreflectividad no presentaron incumplimiento en alcanzar el umbral mínimo por lo que podemos concluir que las señales verticales de la vía cumplen su debido desempeño.

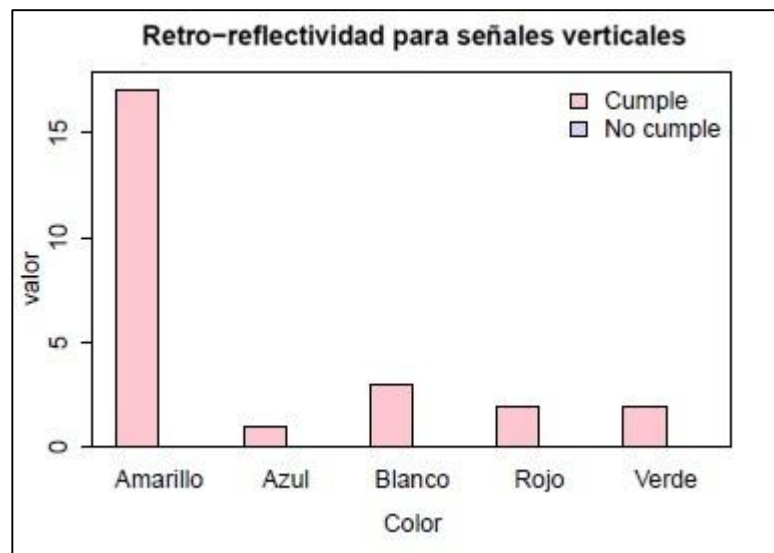


Figura 5.23. Retroreflectividad de las señales verticales del tramo E25-Baba

5.2.2.2. Tramo Baba – Tres Marías

De 81 señales correspondiente al tramo Baba – tres Marías, se evaluaron 18 señales obtenidas mediante el método de muestreo empleado, donde

basados en el resultado de las señales evaluadas se puede decir que, el 78% de las señales verticales en el tramo Baba – Tres Marías cumplen los requerimientos mínimos, mientras el 22% no alcanzaron el umbral mínimo como se muestra en la figura 5.24.

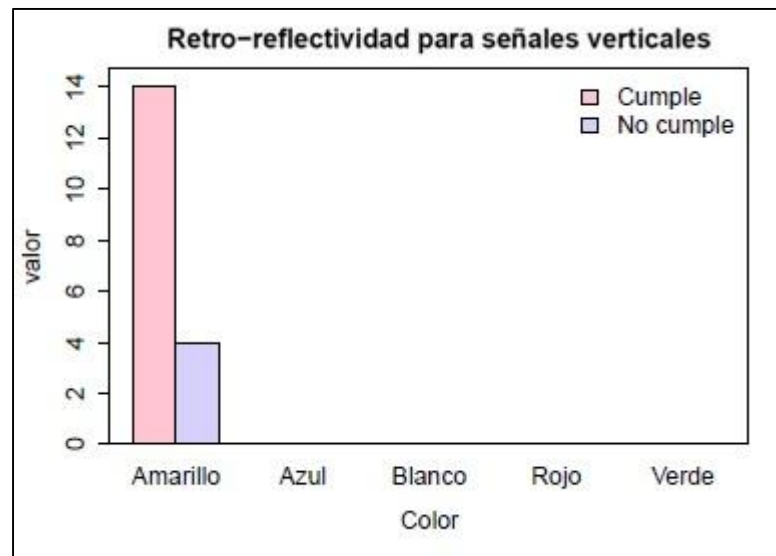


Figura 5.24. Retroreflectividad de las señales verticales del tramo Baba – Tres Marías

5.2.2.3. Tramo Babahoyo – Montalvo

De 249 señales correspondientes al tramo Babahoyo – Montalvo, se evaluaron 18 señales. Basados en las señales verticales analizadas, podemos decir que las señales verticales del tramo cumplieron con el umbral mínimo.

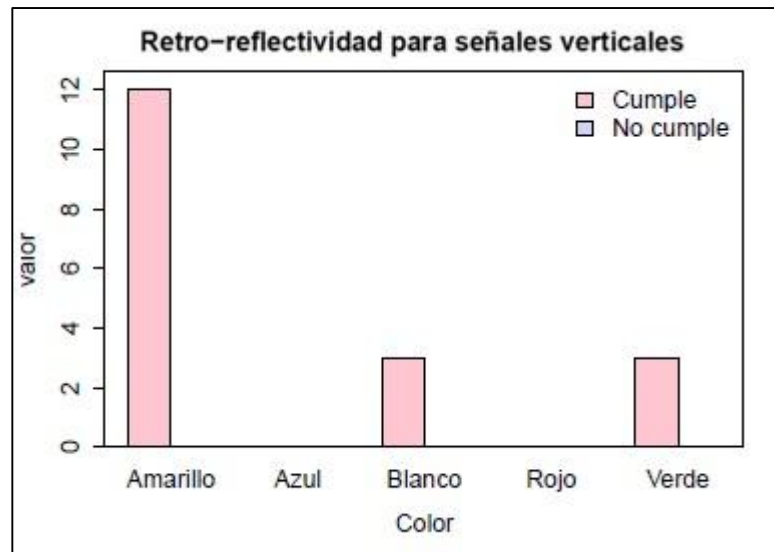


Figura 5.25. Retroreflectividad de las señales verticales del tramo Babahoyo – Montalvo

5.2.2.4. Tramo San Juan – Patricia Pilar

De 309 señales correspondientes al tramo San Juan – Patricia Pilar, 55 señales fueron tomadas para el análisis de retroreflectividad, mediante el método de muestreo de Dirección de Conservación, el 42% de las señaléticas presentaron incumplimiento del umbral mínimo de retroreflectividad.

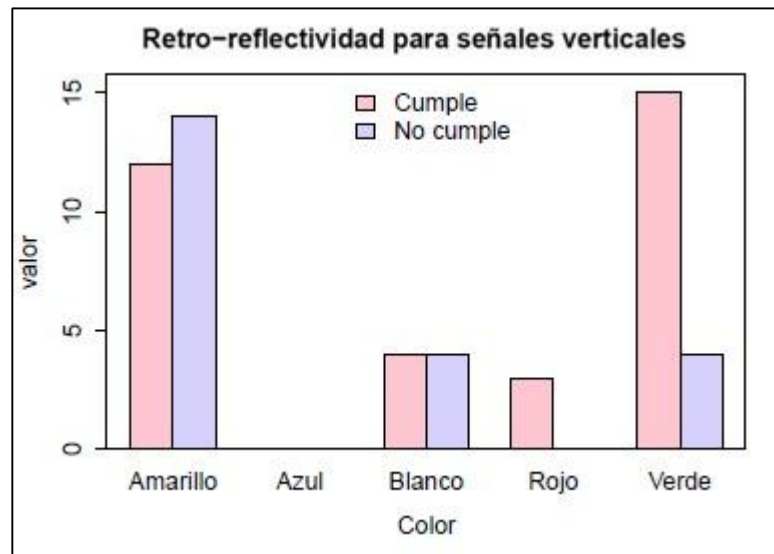


Figura 5.26. Retroreflectividad de las señales verticales del tramo San Juan – Patricia Pilar

5.3. Análisis de resultados

5.3.1. Tramo E25 – Baba

Con un 95% de confianza podemos asegurar que se cumple con las especificaciones para cada una de las líneas de demarcación del tramo E25 – Baba, dado que el límite inferior del intervalo de 95% de confianza para la media de la retroreflectividad supera el requerimiento mínimo respectivo para cada línea, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla XIV. Estado de la línea izquierda del tramo E25 - Baba						
ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	Izquierda	325	455	552	573	SÍ CUMPLE
4+000	Izquierda	325	683	743	802	SÍ CUMPLE
8+000	Izquierda	325	663	699	736	SÍ CUMPLE
12+000	Izquierda	325	633	648	664	SÍ CUMPLE
16+000	Izquierda	325	432	464	495	SÍ CUMPLE

Tabla XV. Estado de la línea central del tramo E25 - Baba						
ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	Central	200	430	503	576	SÍ CUMPLE
4+000	Central	200	531	597	662	SÍ CUMPLE
8+000	Central	200	651	661	671	SÍ CUMPLE
12+000	Central	200	471	480	488	SÍ CUMPLE
16+000	Central	200	291	335	378	SÍ CUMPLE

Tabla XVI. Estado de la línea derecha del tramo E25 - Baba						
ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	Derecha	325	397	485	573	SÍ CUMPLE
4+000	Derecha	325	754	788	821	SÍ CUMPLE
8+000	Derecha	325	733	794	855	SÍ CUMPLE
12+000	Derecha	325	656	672	688	SÍ CUMPLE
16+000	Derecha	325	622	638	654	SÍ CUMPLE

5.3.2. Tramo Baba – tres Marías

Basados en la información proporcionada por la muestra, en cada una de las estaciones con un 95% de confianza no se rechaza H_0 , es decir no se rechaza la hipótesis que postula que la media real de la retroreflectividad se encuentra por debajo del requerimiento mínimo respectivo, así no satisfaciendo los requerimientos.

Tabla XVII. Estado de la línea izquierda del tramo Baba – Tres Marías						
ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	Izquierda	100	47.19	157	267	NO CUMPLE
6+000	Izquierda	100	0.00	51	115	NO CUMPLE
9+000	Izquierda	100	0.48	60	120	NO CUMPLE

Tabla XVIII. Estado de la línea central del tramo Baba – Tres Marías						
ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	Centro	80	1.83	28	54	NO CUMPLE
6+000	Centro	80	0.00	86	215	NO CUMPLE
9+000	Centro	80	0.00	47	100	NO CUMPLE

Tabla XIX. Estado de la línea derecha del tramo Baba – Tres Marías						
ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	Derecha	100	0.00	102	232	NO CUMPLE
6+000	Derecha	100	0.00	151	388	NO CUMPLE
9+000	Derecha	100	0.00	89	192	NO CUMPLE

5.3.3. Tramo Babahoyo – Montalvo

En general, para la vía Babahoyo – Montalvo podemos decir que las líneas de borde de la vía no se encuentran en buen estado, no cumpliendo los requerimientos mínimos establecidos para todas las estaciones observadas, a excepción de la segunda estación de la línea central que se encuentra en buen estado.

ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	Izquierda	100	0.00	4	16	NO CUMPLE
6+000	Izquierda	100	4.64	7	10	NO CUMPLE
12+000	Izquierda	100	50.21	76	102	NO CUMPLE
17+000	Izquierda	100	13.54	20	25	NO CUMPLE
23+000	Izquierda	100	7.76	10	13	NO CUMPLE
29+000	Izquierda	100	10.70	19	27	NO CUMPLE

ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	Central	80	9.31	16	23	NO CUMPLE
6+000	Central	80	80.32	118	155	SÍ CUMPLE
12+000	Central	80	61.34	151	241	NO CUMPLE
17+000	Central	80	73.20	122	171	NO CUMPLE
23+000	Central	80	24.78	94	164	NO CUMPLE
29+000	Central	80	4.65	12	19	NO CUMPLE

Tabla XXII. Estado de la línea derecha del tramo Babahoyo – Montalvo						
ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	Derecha	100	0.00	5	16	NO CUMPLE
6+000	Derecha	100	3.39	10	16	NO CUMPLE
12+000	Derecha	100	15.88	25	33	NO CUMPLE
17+000	Derecha	100	6.39	13	19	NO CUMPLE
23+000	Derecha	100	0.00	8	21	NO CUMPLE
29+000	Derecha	100	0.00	31	77	NO CUMPLE

5.3.4. Tramo San Juan – Patricia Pilar

Para el tramo San Juan – Patricia Pilar se pudo observar que existen irregularidades en diferentes sectores de tanto la línea izquierda como derecha. Para la línea derecha tan sólo 6 de 27 estaciones cumplen con las especificaciones mientras que para la línea izquierda son 8 de 27 estaciones las que se encuentran en buen estado. Para ambas líneas de la vía, menos del 30% del demarcado se encuentra en buen estado por lo que en general, podemos decir que el demarcado de la vía no se encuentra en buen estado.

Tabla XXIII. Estado de la línea derecha del tramo San Juan – Patricia Pilar						
ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	DERECHA	100.00	249.40	266.00	282.60	SÍ CUMPLE
6+000	DERECHA	100.00	102.38	183.00	263.62	SÍ CUMPLE
12+000	DERECHA	100.00	98.58	295.00	491.42	NO CUMPLE
18+000	DERECHA	100.00	396.47	450.67	504.86	SÍ CUMPLE
24+000	DERECHA	100.00	0.00	0.00	0.00	NO CUMPLE
30+000	DERECHA	100.00	69.87	97.00	124.13	NO CUMPLE
36+000	DERECHA	100.00	0.00	46.00	126.62	NO CUMPLE
42+000	DERECHA	100.00	0.00	191.00	387.06	NO CUMPLE
48+000	DERECHA	100.00	43.82	130.00	216.18	NO CUMPLE
54+000	DERECHA	100.00	28.70	39.67	50.64	NO CUMPLE
60+000	DERECHA	100.00	21.09	23.67	26.24	NO CUMPLE
66+000	DERECHA	100.00	26.71	40.33	53.96	NO CUMPLE
72+000	DERECHA	100.00	0.00	28.00	61.67	NO CUMPLE
78+000	DERECHA	100.00	24.91	37.33	49.76	NO CUMPLE
91+000	DERECHA	100.00	68.01	80.67	93.32	NO CUMPLE
97+000	DERECHA	100.00	0.00	55.33	136.56	NO CUMPLE
101+000	DERECHA	100.00	161.05	218.00	274.95	SÍ CUMPLE
106+000	DERECHA	100.00	19.71	73.67	127.62	NO CUMPLE
111+000	DERECHA	100.00	48.35	105.00	161.65	NO CUMPLE
116+000	DERECHA	100.00	0.43	206.00	411.57	NO CUMPLE
121+000	DERECHA	100.00	10.45	123.67	236.89	NO CUMPLE
126+000	DERECHA	100.00	8.30	82.00	155.70	NO CUMPLE
131+000	DERECHA	100.00	0.00	126.67	262.39	NO CUMPLE
136+000	DERECHA	100.00	63.46	182.33	301.21	NO CUMPLE
141+000	DERECHA	100.00	190.69	234.67	278.64	SÍ CUMPLE
146+000	DERECHA	100.00	132.55	235.00	337.45	SÍ CUMPLE
151+000	DERECHA	100.00	58.87	267.33	475.80	NO CUMPLE

Tabla XXIV. Estado de la línea izquierda del tramo San Juan – Patricia Pilar						
ABSCISA (km)	LÍNEA	REQ. MIN (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. INF. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	MEDIA (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	L. SUP. IC95% (mcd·lux ⁻¹ ·m ⁻²)	CONCLUSIÓN
0+000	IZQUIERDA	100.00	194.36	258.00	321.64	SÍ CUMPLE
6+000	IZQUIERDA	100.00	72.03	153.00	233.97	NO CUMPLE
12+000	IZQUIERDA	100.00	377.45	455.00	532.55	SÍ CUMPLE
18+000	IZQUIERDA	100.00	63.05	287.00	510.95	NO CUMPLE
24+000	IZQUIERDA	100.00	0.00	0.00	0.00	NO CUMPLE
30+000	IZQUIERDA	100.00	62.16	80.00	97.84	NO CUMPLE
36+000	IZQUIERDA	100.00	0.00	0.00	0.00	NO CUMPLE
42+000	IZQUIERDA	100.00	120.69	155.33	189.98	SÍ CUMPLE
48+000	IZQUIERDA	100.00	56.62	149.67	242.72	NO CUMPLE
54+000	IZQUIERDA	100.00	0.00	65.00	169.24	NO CUMPLE
60+000	IZQUIERDA	100.00	0.00	79.00	202.00	NO CUMPLE
66+000	IZQUIERDA	100.00	111.36	172.67	233.97	SÍ CUMPLE
72+000	IZQUIERDA	100.00	1.43	42.00	82.57	NO CUMPLE
78+000	IZQUIERDA	100.00	12.51	40.33	68.15	NO CUMPLE
91+000	IZQUIERDA	100.00	0.00	0.00	0.00	NO CUMPLE
97+000	IZQUIERDA	100.00	0.00	4.00	15.68	NO CUMPLE
101+000	IZQUIERDA	100.00	4.31	22.33	40.36	NO CUMPLE
106+000	IZQUIERDA	100.00	0.00	0.00	0.00	NO CUMPLE
111+000	IZQUIERDA	100.00	0.00	246.33	593.23	NO CUMPLE
116+000	IZQUIERDA	100.00	224.49	334.33	444.18	SÍ CUMPLE
121+000	IZQUIERDA	100.00	0.00	154.00	395.36	NO CUMPLE
126+000	IZQUIERDA	100.00	155.84	255.67	355.49	SÍ CUMPLE
131+000	IZQUIERDA	100.00	33.83	200.33	366.84	NO CUMPLE
136+000	IZQUIERDA	100.00	130.70	248.67	366.63	SÍ CUMPLE
141+000	IZQUIERDA	100.00	146.67	336.00	525.33	SÍ CUMPLE
146+000	IZQUIERDA	100.00	235.94	257.00	278.06	SÍ CUMPLE
151+000	IZQUIERDA	100.00	70.26	122.67	175.07	NO CUMPLE

5.3.2. Señales Verticales

5.3.2.1. Tramo E25 – Baba

De acuerdo a los resultados de medición de retroreflectividad de las señales verticales, se puede considerar que todas las señales verticales instaladas en la respectivo tramo cumplen con los estándares de calidad de la Norma ASTM D4956.

5.3.2.2 Tramo Baba - tres Marías

Los resultados de la medición del coeficiente de retroreflectividad de las señales verticales existentes en el tramo dan paso a establecer cierta suspicacia de que realmente existen señales defectuosas con respecto al cumplimiento en el parámetro de retroreflectividad. A continuación en la tabla 18 se presenta el porcentaje de incumplimiento de dichas señales.

Vía	Abscisa	Angulo de entrada	
		0.2°	0.5°
Baba - Tres Marías	7+230	85%	100%
	7+240	58%	84%
	7+720	92%	100%
	7+860	37%	65%

5.3.2.3. Tramo Babahoyo – Montalvo

Conforme a los respectivos resultados de la medición de retroreflectividad del muestreo de las señales verticales se puede considerar que todas las señales verticales instaladas en la respectiva vía cumplen con los estándares de calidad de la Norma ASTM D4956.

5.3.2.4. Tramo San Juan – Patricia Pilar

Los resultados de la medición del coeficiente de retroreflectividad de las señales verticales instaladas en el tramo dan paso a establecer cierta suspicacia de que existen señales defectuosas con respecto al cumplimiento en el parámetro de retroreflectividad. A continuación en la tabla XXVI se presenta el porcentaje de incumplimiento de dichas señales.

Tabla XXVI. Señales defectuosa de la vía S. Juan – P. Pilar		
Abscisa	Porcentaje de Incumplimiento	
	0.2°	0.5°
20+000	21	17
20+010	33	37
20+800	9	5
30+000	8	-
30+900	100	100
30+920	-	83
30+940	84	98
30+980	88	86
40+100	27	32
40+115	64	60
40+695	60	56
40+700	8	-
40+730	12	-
40+900	58	54
50+020	6	-2
50+600	28	32
50+800	15	21
50+900	18	21
60+200	18	23
60+200	8	-
70+000	2	-
70+230	0	-
101+900	16	15

5.4. Evaluación de Rendimiento de los Métodos de medición

Durante la realización de las mediciones por el método sugerido por la dirección de conservación y el de la Norma ASTM 7585 en los tramos que se intervinieron se obtuvo lo siguiente:

Tabla XXVII. Rendimiento por día de los métodos de medición		
Rendimiento	Dirección de conservación	ASTM 7585
Barrido en seco	50km/día	Pocas mediciones podrían ser no significativa
Limpieza profunda con agua manualmente	20km/día	4km/día
Lavado con hidrolavadora	-	12km/día

Tabla XXVIII. Rendimiento por día de la señal vertical	
Rendimiento	Dirección de conservación
Limpieza con paño húmedo	100km/día

Tabla XXIX. Ventajas y desventajas de los métodos de muestreo		
Método	Ventajas	Desventajas
Dirección de conservación	Rápido	Pocas mediciones podrían generar muestreo no significativo
Norma ASTM 7585	Determina un tamaño de muestra representativo para a nivel de red vial o a nivel de proyecto.	Requiere mayor tiempo

CAPÍTULO 6

6. Proveedores de producto en el Ecuador

El desarrollo de este capítulo tiene la finalidad de proporcionar al Ministerio de Transporte y Obras Públicas una base de datos de empresas proveedoras de los elementos de señalización horizontal y vertical.

6.1. Empresas

6.1.2. Proveedoras de Pintura y microesferas para demarcación de la vía

En el listado que se presenta a continuación, se hace referencias a nombres de empresas reconocidas y respetadas por la calidad de sus servicios en el mercado nacional.

Tabla XXX. Empresas de pintura de trafico
Sherwin- Williams
Swarco
Pintuco
Unidas
3M

6.2. Proveedores de las láminas retroreflectiva para la señalización vertical

Con referencia a las empresas proveedoras de las láminas para las señalizaciones verticales, únicamente la empresa 3M está brindando estos productos.

6.3. Calidad y garantía de los productos

En general, los productos que estas empresas proporcionan son las pinturas base solvente, base agua y pintura termoplástica para la demarcación de la vía, además de disponer también de microesferas.

En la actualidad, la garantía de la durabilidad de la pintura no ha sido demostrada por las empresas de pintura en el Ecuador, pero experiencias internacionales mantienen un registro de la durabilidad. Con referencia a la calidad de la pintura se logra cumplir los requerimientos establecidos por las normas ecuatorianas.

Tabla XXXI. Durabilidad de las pinturas	
Pintura	Durabilidad
Base solvente	2 – 6 meses
Base agua estándar tipo I	2 – 6 meses
Termoplástico	2 – 5 meses
Epóxicas	2 – 5 años
Poliuretanos	2 – 5 años
Metacrilatos	3 – 5 años
Poliurina	3 – 4 años
Cintas	2 – 3 años

6.4. Análisis de costo

En el anexo C se presentan los análisis de precios unitarios para la colocación de las señales verticales y señales horizontales.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

1. El método de dirección de conservación tiene una cobertura menor que el método ASTM 7585 tomando del 18% de los puntos de medición por el método ASTM 7585.
2. Método de dirección de conservación requiere de cinco veces menos tiempo para la toma de datos que el Método ASTM 7585.
3. El método de medición por la Norma ASTM 7585 debido a que necesita de un número mayor de observaciones, provee resultados más precisos y da una lectura más fiable para el tramo de carretera.

4. La retroreflectividad de las señales horizontales y verticales de la vía E25 – Baba cumple con los estándares de calidad.
5. La retroreflectividad de las señales horizontales de la vía Baba - Tres Marías no cumplen con los estándares de calidad. Con respecto a las señales verticales, un 22% de ellas no cumplen con las especificaciones.
6. Para la retroreflectividad de las señales horizontales de la vía Babahoyo – Montalvo, estas no cumplen con los estándares de calidad a lo largo de la carretera, mientras que para las señales verticales todas cumplieron con las especificaciones.
7. Para algunos tramos de la vía San Juan – Patricia Pilar las señales horizontales no satisfacen las especificaciones donde al inicio y final del tramo, las líneas se encuentran en aparentemente en mejor estado que para el resto de la carretera. Un poco más de 41% de las señales verticales de la vía no cumplen con las especificaciones.

7.2. Recomendaciones

A la Dirección de conservación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas:

- Es necesario realizar el monitorio continuo de valores de retroreflectividad con el fin de retroalimentar a INEN estos resultados y exigir garantía de calidad de productos de señalización a los proveedores y aplicadores.
- Aumentar el tamaño de muestreo para toma de mediciones de retroreflectividad en señalética horizontal, a nivel de red vial estatal.
- Implementar sistema de gestión de activos de seguridad vial, es decir, de señales verticales y señales horizontales en la red vial estatal, basándose en los resultados obtenidos a través de los muestreos de condición de retroreflectividad.
- Utilizar el equipo de alto rendimiento para obtener mediciones continuas de la retroreflexión de las señales horizontales, con el fin de monitorear una curva de comportamiento de sus valores a lo largo del tiempo.

7.3. Reflexiones

De acuerdo a la revisión de literatura, en los Estados Unidos, los materiales más utilizados para el demarcado de pavimento son las pinturas de agua (59.99%) y termoplástica (23%)(Hollingsworth, 2012). De esto se puede rescatar que a pesar que la pintura termoplástica tenga una vida útil de hasta 4 años, esta podrían ser una pintura efectiva en términos de retroreflectividad, ya que, si bien la pintura puede estar visiblemente demarcada sobre las vías, esta podría carecer de propiedades retroreflectivas, por lo que esto implicaría la aplicación de una nueva pintura.

Para poder obtener el porcentaje de pintura, hay que considerar la cantidad de pintura que se necesita para la línea en kilómetros que se requiere pintar. En base a esto se obtendría un porcentaje, a través del cual se podría decidir si fuese conveniente o no invertir en el material de aplicación.

La red vial de Los Ríos es una red que se le ha dado mantenimiento continuamente. Por esto hay una tendencia a mejor respuesta en la durabilidad de las placas que de las pinturas.

Bibliografías

1. ASTHO, t. A. (2012). Standar Specification for White and Yellow Reflective Thermoplastic Striping Material (Solid From). *Designation: M 249-12* . United States.
2. ASTM 7585, I. (2010). Standard Practice for Evaluating Retroreflective Pavement Markings Using Portable Hand-Operated Instruments1. *Designation: D7585* . United States.
3. ASTM D4956, I. (30 de Marzo de 2011). Especificación de estándar para recubrimiento retroreflectivo para control de tráfico. *D4956 - 11a* . United States.
4. Barreno, K. (2014). Dispositivo de seguridad vial RTE 4. Quito.
5. Calderon, J. I. (2011). Equipos de medición de efectividad de las señales viales para auditria de seguridad vial.
6. Darío Babić, M. Š. (2013). Analysis of Road Markings Retroreflection Measurement on Croatian State Roads.
7. E808, A. (2011). *Annual Book of ASTM Standards, Vol 06.01*. EE.UU.
8. Federal highway administration. (November de 2007). Methods maintaining traffic sign retroreflectivity. *Publication No. FHWA-HRT-08-026 NO* . EE.UU.
9. Frédéric Boily, M. T. (2014). *Guide sur la rétroréflexion du marquag e routier (Principes et évaluation)*. Québec: Gouvernement du Québec.
10. Guanghua Zhang, M. J. (2009). THE IMPACT OF BEAD DENSITY ON PAINT PAVEMENT MARKING RETROREFLECTIVITY. *North Carolina State University* .
11. Hollingsworth, J. D. (2012). *UNDERSTANDING THE IMPACT OF BEAD TYPE ON PAINT ANDTHERMOPLASTIC PAVEMENT MARKINGS*. Ohio.
12. MOPC. (2010). Guía para el Proyecto y Especificaciones Técnicas Generales de Señalización. Paraguay.
13. MTOP. (2014). Proyecto de Manual de Uso de Retroreflectómetro.

14. MTOP. *Vías de la Provincia de los Ríos*. Ministerio de Transporte y Obras Pública, Babahoyo.
15. Paul J. Carlson, P. P. (2014). *Selecting a traffic sign retroreflectivity assessment method*. Texas.
16. Stdrive del Ecuador S.A. (Mayo de 2013). *Medicion de Reflectividad*. Quito.
17. Vectra Francia. (2015). *ECODYN mlpc® - Visibilité des marquages*. Obtenido de <http://vectrafrance.com/materials-and-solutions/road-surface-testing/ecodyn-mlpcR-signing-visibility?L=6>