



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**ANÁLISIS DE LA DURABILIDAD Y RECOMENDACIONES EN LA REAPLICACIÓN DE
PINTURA TERMOPLÁSTICA EN LA RED VIAL EN GUATEMALA**

Faridi Linelli Gongora

Asesorada por el M.Sc. Ing. Gustavo Adolfo Cancinos Sazo

Guatemala, agosto de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LA DURABILIDAD Y RECOMENDACIONES EN LA REAPLICACIÓN DE
PINTURA TERMOPLÁSTICA EN LA RED VIAL EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FARIDI LINELLI GONGORA

ASESORADO POR MSC. ING. GUSTAVO ADOLFO CANCINOS SAZO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA A.I.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabel Córdova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Yefry Valentín Rosales Juárez
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE LA DURABILIDAD Y RECOMENDACIONES EN LA REAPLICACIÓN DE PINTURA TERMOPLÁSTICA EN LA RED VIAL EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudio de Postgrado, con fecha 12 de noviembre de 2022.



Faridi Linelli Gongora



EEPFI-PP-1974-2022

Guatemala, 12 de noviembre de 2022

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingeniería Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes


Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **ANÁLISIS DE LA DURABILIDAD Y RECOMENDACIONES EN LA REAPLICACIÓN DE PINTURA TERMOPLÁSTICA EN LA RED VIAL EN GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Planificación Operación y Mantenimiento - Estudios de seguridad vial, propuestas para mejorarla (Ej. puntos negros)**, presentado por la estudiante **Faridi Linelli Gongora** carné número , quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Vial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Gustavo Adolfo Cancinos Sazo
Maestro en Ingeniería Vial e
Ingeniero Civil
Colegiado 2015
Mtro. Gustavo Adolfo Cancinos Sazo
Asesor(a)


Mtro. Armando Fuentes Roca
Coordinador(a) de Maestría




Mtro. Edgar Darío Álvarez Coll
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIC.1619.2022

El Director de la Escuela De Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **ANÁLISIS DE LA DURABILIDAD Y RECOMENDACIONES EN LA REAPLICACIÓN DE PINTURA TERMOPLÁSTICA EN LA RED VIAL EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Faridi Linelli Gongora** , procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingeniería Civil

Guatemala, noviembre de 2022





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería
24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.51.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE LA DURABILIDAD Y RECOMENDACIONES EN LA REAPLICACIÓN DE PINTURA TERMOPLÁSTICA EN LA RED VIAL EN GUATEMALA**, presentado por: **Faridi Linelli Gongora** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 07/08/2023 17:02:27
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, agosto de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 51 CUI: P0189161

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por guiarme durante los tiempos más difíciles en mi vida.

Mis padres

Luciana y Julio Góngora. Por todo lo que han sacrificado para darme las oportunidades que he tenido en mi vida.

Mis hermanas

Natashia y Desiree Góngora. Por el amor y apoyo incondicional que me han dado durante mis estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por brindarme la oportunidad de estudiar en sus instalaciones.

Mis amigos Por el apoyo que me dieron durante mis estudios.

Ingenieros Por la paciencia que me tuvieron durante mis estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTE.....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema	7
3.3. Formulación del problema	8
3.3.1. Pregunta central	8
3.3.2. Preguntas auxiliares	8
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	14
6.1. Etapa 1	15
6.2. Etapa 2	15

6.3.	Etapa 3	16
6.4.	Etapa 4.....	16
6.5.	Etapa 5.....	16
7.	MARCO TEÓRICO	17
7.1.	Señalización vial	17
7.2.	Señalización horizontal	18
7.2.1.	Microesferas de vidrio	18
7.2.2.	Pintura	20
7.2.3.	Pintura termoplástica	24
7.2.4.	Demarcaciones sobre el pavimento	25
7.3.	Reflectividad.....	26
7.3.1.	Retroreflectómetro.....	28
7.4.	Señalización horizontal maquinaria, vehículos y equipos	29
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	31
9.	METODOLOGÍA	33
9.1.	Enfoque	33
9.2.	Diseño de la investigación.....	33
9.3.	Tipo de estudio	34
9.4.	Alcance	34
9.5.	Variables e indicadores.....	34
9.5.1.	Variables e indicadores independientes.....	34
9.5.2.	Variables e indicadores independientes.....	35
9.6.	Fases de la investigación	35
9.6.1.	Fase 1	35
9.6.2.	Fase 2	35
9.6.3.	Fase 3	36

9.6.4.	Fase 4.....	36
9.6.5.	Fase 5.....	36
9.7.	Plan de muestreo	36
9.8.	Resultados esperados.....	37
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	39
10.1.	Técnicas de recopilación de datos	39
10.2.	Técnicas cualitativas	40
10.3.	Técnicas de análisis estadístico descriptivo	40
11.	CRONOGRAMA.....	41
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	42
12.1.	Recursos necesarios.....	43
12.1.1.	Humano	43
12.1.2.	Económicos	44
12.1.3.	Maquinaria y herramientas	44
12.1.4.	Servicios	44
13.	REFERENCIAS	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Microesferas de vidrio aplicado a pintura termoplástica	20
Figura 2.	Medición en campo con retroreflectómetro.....	28
Figura 3.	Equipo de aplicación de pintura termoplástica.....	29

TABLAS

Tabla 1.	Granulometría de microesferas de vidrio	19
Tabla 2.	Descripción de tipos de pinturas.....	21
Tabla 3.	Descripción de uso de colores comunes de pintura	23
Tabla 4.	Requerimientos de calidad (AASHTO M-249)	24
Tabla 5.	Clasificación demarcación según su forma.....	26
Tabla 6.	La reflectividad mínima para señalamiento horizontal	27
Tabla 7.	Cronograma	41
Tabla 8.	Presupuesto	45

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Qd	Coeficiente de luminancia en iluminación difusa
lbs/ml	Libras por metro lineal
m	Metro
mm	Milímetro
%	Porcentaje
Q	Quetzal
mcd/m²/lx	Unidad de coeficiente de luminancia en iluminación difusa

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
ASTM International	American Society for Testing and Material.
CA-01	Carretera Centroamericana; Carretera Panamericana, Ruta Panamericana.
Cronograma	Una herramienta utilizada para la planificación, el control y la gestión de proyectos.
Demarcación	Elemento que sirve para diferenciar un área de otra, bien sea mediante color, textura o cambio de material.
Guatecompras	Mercado electrónico del Estado de la República de Guatemala.
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
Media aritmética	Es lo que se conoce como media al uso. Sumamos todos los valores y lo dividimos entre la cantidad de observaciones.

Microesfera	Partícula muy pequeña, hueca y redonda elaborada con vidrio, cerámica, plástico u otros materiales.
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.
Reaplicación	Aplicar nuevamente.
Reflectómetro	Se usa para medir las propiedades de reflexión de una superficie, como son la opacidad y el poder cubriente.
Retroreflectividad	Es un fenómeno gracias al cual la luz emitida por los faros del automóvil se proyecta hacia las líneas de pintura, las microesferas la reflejan hacia la fuente emisora, haciéndola altamente visible para el conductor.
Retroreflectómetro	Permite comprobar que las señales y las marcas viales sean visibles por los conductores tanto de noche como de día, y contribuyen a mantener una correcta seguridad vial.
Retroreflectividad	Es un fenómeno gracias al cual la luz emitida por los faros del automóvil se proyecta hacia las líneas de pintura, las microesferas la reflejan hacia la fuente emisora, haciéndola altamente visible para el conductor.

Retroreflexión	Propiedad física en el cual un rayo de luz que incide sobre una superficie retrorreflectiva, es devuelto en la misma dirección al rayo de luz incidente.
SCT	Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.
SIECA	Secretaria de Integración Económica Centroamericana.
Termoplástico	Material plástico que se aplica en caliente, para formar una película de espesor variable generalmente usado en sustitución de la pintura.

RESUMEN

La señalización vial es una práctica de gran importancia para los usuarios de las carreteras, ya que estas marcas son los principales indicativos de orientación por el cual los pilotos de cualquier vehículo pueden guiarse tanto de día como de noche. Debido a su importancia se hace vital la necesidad de darle mantenimiento por parte de las autoridades responsables para no perder su funcionamiento y así evitar accidentes de tránsito que puedan llegar ocasionar la pérdida de vidas humanas. Existe una multitud de productos de aplicación que han mejorado la calidad y durabilidad de la señalización vial. Este estudio se enfocará en una en particular, el mantenimiento de la pintura termoplástica en carreteras, una de las pinturas más resistentes a los elementos naturales y también una de las que presenta mayor reflectividad.

Los tipos de productos y procedimientos de aplicación son instrumentales para obtener un resultado aceptable, pero a pesar de estas ventajas el estado de la carretera afectará mucho la durabilidad del producto utilizado. El proceso de aplicación es complejo puesto que dependerá de muchos factores asociados como el estado de las grietas en la carretera, la correcta limpieza en el lugar de trabajo, la temperatura adecuada al momento de la aplicación, el volumen y diámetro de la microesfera utilizada entre otros.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación consiste en un análisis de los valores de reflectividad requeridos para la pintura termoplástica, establecidos en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito, publicado por SIECA (2014). El estudio consiste en comparar los valores referenciados y los valores reales obtenidos en un proyecto de mantenimiento de señalización horizontal, específicamente la reaplicación de pintura termoplástica en un tramo de la carretera CA-01 Occidente.

La finalidad de este estudio es proponer un parámetro real de las lecturas de reflectividad que pueden alcanzar estos trabajos y así reducir el tiempo actual al que se están realizando.

Para analizar esta problemática, es necesario conocer que la principal causa es la negligencia de dar continuidad a la conservación de señalización vial, esto ha influido que existan pocos estudios de campo dedicados a brindar apoyo, particularmente en la reaplicación de pintura termoplástica. Esto ha impactado en forma negativa a los transportistas debido al alto riesgo que se someten al viajar en tramos con poca visibilidad debido al desgaste de la pintura.

El interés académico en esta investigación será de reconocer los factores que influyen en las lecturas de reflectividad de demarcaciones lineales y así proporcionar a los estudiantes y profesionales los conocimientos básicos para entender cómo mejorar los procedimientos de reaplicación.

El diseño de investigación será experimental debido a la necesidad de realizar mediciones de reflectividad de las líneas de demarcación rutinariamente durante un periodo establecido de seis meses.

Este estudio contendrá cuatro capítulos en donde se desarrollará el trabajo de investigación de la siguiente manera:

En el capítulo I, se dan a conocer términos generales como, por ejemplo: definición de reflectividad, pintura termoplástica, microesfera, entre otros. Estas definiciones son importantes ya que sirven como apoyo inicial para comprender sobre los estudios que se han investigado y lo que se va a realizar.

El capítulo II, se dedica a brindar una descripción de cómo realizar mediciones de reflectividad en los tramos mencionados anteriormente, tanto en pintura termoplástica color amarillo y color blanco.

En el capítulo III, se realiza una comparativa de los resultados obtenidos en campo con los valores que se deben alcanzar según el manual de SIECA (2014).

Por último, el capítulo IV, se espera con los resultados obtenidos concluir cuales son los factores que afectaron los valores y recomendar cómo realizar mejoras en trabajos similares.

2. ANTECEDENTE

El estudio de los trabajos previos son una parte fundamental para el desarrollo de este trabajo, permitirán comparar resultados de otras investigaciones similares que facilitarán consolidar los resultados obtenidos por otros investigadores y a su vez mejorar el enfoque de lo que se pretende lograr.

Según la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) (2014), "la señalización horizontal es uno de los factores más importantes que inciden en la seguridad vial, especialmente en condiciones meteorológicas adversas con niebla o lluvia" (p. 153).

SIECA (2014) indican que el pavimento específicamente las superficies son uno de los factores que influyen en el trastorno visual en los conductores, esto a causa del poco o en algunos casos nulo contraste debido a los colores que se escogen para las marcas horizontales en el pavimento hidráulico.

"Muchas veces, la poca visibilidad y contraste en la superficie del pavimento genera confusión y pérdida de rumbo en los automovilistas, ya que no se logra definir en los pavimentos los carriles de salida, desvíos y retornos" (SIECA, 2014, p. 153).

El normativo referenciado es el único manual técnico aceptable en Guatemala, el mismo representa el instructivo más importante a lo largo de la investigación, usándose como base los valores de reflectividad que servirán para compararlos con las pruebas de campo obtenidas en este estudio. El manual nos revela que los procedimientos para obtener los muestreos están descritos en la

norma ASTM D6359. Interesantemente esta norma fue retirada por el American Society for Testing and Materials International (ASTM International) y reemplazado en el 2010. "This practice replaces Test Method D6359 with a multi-level strategy for evaluating the retroreflectance of pavement marking materials. This change was desired to provide agencies with options for project acceptance and monitoring of pavement markings during service" (ASTM Internacional, 2021, p. 1).

Se realizó una investigación donde indicó Valdez (2015), " Considerando que la retroreflectividad es de fundamental importancia como uno de los principales factores con relación a la seguridad vial, desde la etapa de diseño como en la de operación" (p. 4). El aporte de este estudio es importante debido a que aporta un punto de vista distinto, permite observar el tema de reflectividad desde el aspecto de la cantidad de luz tanto de día como de noche y sobre cómo puede afectarse el índice de reflectividad.

Según Dueñas (2020):

En la norma peruana, no se ha encontrado un criterio para el tiempo de repintado, no se especifica cada que tiempo debe ejecutarse un repintado. Lo único que se tiene como referente es el valor menor o igual a 80 mcd/m²/lx. A esto se suma, el deficiente control de parte del sector transportes en la medición de estos valores de retroreflectividad (retroreflexión) En este escenario, la presente investigación teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de tráfico que ocurre en las vías peruanas, y además teniendo la posibilidad que un elevado porcentaje de las carreteras de la red vial nacional presenta deterioros en la

demarcación, consecuentemente con la pérdida de los valores del coeficiente de retroreflectividad. (p. 2-3)

Se justificó el trabajo por Dueñas (2020), "los resultados de la investigación servirán para proponer una norma que permita regular el periodo en el que se tiene que efectuar el repintado de la demarcación superficial, tanto para el eje central como los ejes laterales " (p. 4).

La medición para control de retroreflectividad debe realizarse mínimo cada seis meses contados a partir de la última medición. Lo referenciado es una práctica muy poco utilizada mundialmente, pero de igual manera importante.

Este estudio aporta a la investigación una perspectiva de comparación con respecto a la aplicación de la pintura termoplástica en diferentes etapas, proporcionara detalles que ayudarán a visualizar las diferencias entre la reflectividad de un pavimento nuevo recién pintado y uno repintado.

Se realizó un estudio donde menciona Ticona (2021), "el pintado lo realizan en periodos de tiempo distintos, el pintado reciente es ensuciado por el paso de los vehículos, el efecto de retroreflectividad dura menos de 3 meses y no preparan la superficie antes de pintarla " (p. 1).

Se asume que la causa real porque hay un descontrol del mantenimiento de los trabajos demarcación mencionado por Ticona (2021), "la falta de planificación de la medida de retroreflectividad y los periodos de tiempo para el repintado, pinturas poco resistentes a los efectos climáticos de la zona y pinturas de baja calidad que duran menos de 3 meses " (p. 1).

También indica el estudio que "las consecuencias que puede tener el problema de escasa retroreflectividad en los pavimentos son la alta probabilidad de accidentes debido a causas de visibilidad de la señalización horizontal de la carretera Cusco-Lucre 2021" (Ticona, 2021, p.1).

Este estudio permite ejemplificar las diferencias de reflectividad entre los colores de pintura, lo que podría influir en el desempeño y durabilidad y la importancia de porqué se debe ejecutar mantenimientos a todos los trabajos de demarcación.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

Las carreteras en Guatemala han tenido poco mantenimiento con respecto a la señalización vial que les corresponde. Se realiza un trabajo inicial de aplicación de pintura después de colocar un nuevo pavimento, pero después se deja en el olvido. Cada tipo de pintura que se utiliza para demarcaciones tiene también su vida útil lo cual varía por varios factores.

3.2. Descripción del problema

En Guatemala, debido al mal estado de la red vial en general, la aplicación y reaplicación de pintura, específicamente la termoplástica, puede devolver valores completamente distintos al realizar las pruebas de reflectividad, aunque la pintura haya sido aplicada exactamente con los mismos materiales, equipos, procedimientos y clima.

Un pavimento recién colocado tiene muy diferentes características en comparación a uno con menos tiempo de vida a su favor. Lo más evidente de estos factores es la alta probabilidad de encontrar grietas superficiales específicamente donde anteriormente se había aplicado pintura termoplástica.

El manual SIECA (2014) hace referencia a valores mínimos iniciales de reflectividad que deben alcanzar las demarcaciones viales, pero no diferencia entre un pavimento nuevo y uno antiguo. Al investigar más observamos que el problema se origina de que no existen estudios técnicos en el país que reflejen

valores de reflectividad más factibles y recomendaciones para mejorar los trabajos de reaplicación.

Por eso este estudio se enfocará en el análisis de la durabilidad en la reaplicación de la pintura termoplástica.

3.3. Formulación del problema

Para la formulación del problema se requiere encontrar una pregunta central que luego se dividió entre preguntas auxiliares descritos en los siguientes subíndices.

3.3.1. Pregunta central

¿Existe una diferencia significativa entre los valores iniciales de reflectividad establecidos para la aplicación de la pintura termoplástica en el manual de SIECA 2014 y los valores reales obtenidos en campo en una reaplicación?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son los valores de reflectividad obtenidos de una reaplicación de pintura termoplástica al inicio, después de 3 meses y 6 meses?
- ¿Qué factores se encontraron que influyen en la durabilidad de la pintura termoplástica?
- ¿Qué desventajas económicas tiene al realizar un trabajo de repintado?

- ¿Qué recomendaciones se obtuvieron para alcanzar los mejores resultados de reflectividad de una reaplicación?

4. JUSTIFICACIÓN

El siguiente estudio de la maestría de ingeniería vial, impartida en la Universidad de San Carlos de Guatemala, toma como línea de investigación el análisis de la durabilidad y recomendaciones en la aplicación de la pintura termoplástica en la red vial en Guatemala, específicamente en uno de los tramos que conforman la carretera CA-01 Occidente.

La importancia de este estudio radica en la comparación de los valores de reflectividad obtenidos en campo de la reaplicación de la pintura termoplástica contra los establecidos por SIECA (2014). En Guatemala existen pocas investigaciones acerca de los procedimientos para la aplicación correcta de pintura termoplástica y ninguno de ellos se focaliza en la comparación técnica de los resultados obtenidos en campo, con los valores del manual de referencia, esto posiblemente se debe a que el manual no es explícito con este tipo de situaciones, por lo que deja abierto a la interpretación.

Al finalizar este estudio, se espera que la investigación sea un apoyo a los especialistas que se dedican al mantenimiento de señalización horizontal en la República de Guatemala. Puede también servir como un enfoque para justificar la importancia de los trabajos de mantenimiento de señalización vial que son relativamente ignorados en el país.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar si existe una diferencia significativa de reflectividad de una reaplicación de pintura termoplástica contra los valores establecidos por SIECA.

5.2. Específicos

- Obtener los valores de reflectividad de una reaplicación de pintura termoplástica al inicio, después de 3 y 6 meses.
- Identificar cuáles son los factores que influyen en la reducción de durabilidad de la pintura termoplástica.
- Determinar las desventajas económicas al realizar un trabajo de repintado de pintura termoplástica.
- Identificar las recomendaciones para alcanzar los mejores resultados de reflectividad de una reaplicación.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El desarrollo de la investigación tiene la finalidad de poder apoyar a los expertos que se dedican a realizar los trabajos de mantenimiento de señalización horizontal. Se desea brindar un esquema comparativo al obtener los suficientes datos recopilados. Se espera que con las pruebas realizadas en campo se pueda tener una mejor idea de los factores que causan la reducción de durabilidad.

Muchas empresas que ofertan trabajos de estos tipos los aceptan sin tener previa experiencia y por ende incurren en gastos altos por falta de conocimientos con respecto de qué productos y equipos se requieren para cumplir con lo solicitado. A continuación, se describe el esquema de solución propuesta para esta investigación:

6.1. Etapa 1

Se determinará según el contrato de trabajo que materiales de aplicación se requieren para cumplir con las condiciones que se solicitan. Las normas de pintura termoplástica que se deben de tomar en cuenta es el AASHTO M249 y para la Microesfera es el AASHTO M247. También se determinará qué tipo de equipos se necesitan para poder reaplicar y en su caso determinar la mejor forma de almacenar los insumos y equipos.

6.2. Etapa 2

Se analiza la condición del pavimento que se tiene previsto realizar la replicación de pintura termoplástica. Determinando en qué estado se encuentra

tanto la pintura existente, cunetas, arriates centrales y cualquier otro factor que puede afectar la aplicación. Se tomarán fotos como respaldo y se determinará por medio de documentaciones de kilometrajes los distintos valores obtenidos en las pruebas de reflectividad (3 días, 3 meses y 6 meses).

6.3. Etapa 3

Se calculará cuánto material se requiere para cada tipo de insumo que necesita para cumplir con la reaplicación. Esto se determina según el rendimiento de los equipos que se determinaron usar previamente.

6.4. Etapa 4

Se realizará los trabajos de reaplicación donde se tomarán las fotos de antes, durante y después de la reaplicación. Estas fotos servirán para determinar si los valores de reflectividad fueron muy bajos por análisis visual.

6.5. Etapa 5

Después de 3 días se tomarán valores de reflectividad con el equipo de medición. Se tomarán fotos de respaldo. Después de 1 mes, 3 meses y 6 meses se tomarán de nuevo los valores para llevar control del desgaste.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Señalización vial

Como lo describe la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SCT) (2014), "la señalización vial bien elegida y correctamente ubicada, ayuda a los conductores a seleccionar la ruta más adecuada y a respetar las normas de seguridad que rigen en las carreteras y vialidades urbanas" (p. 10).

Se divide la señalización vial entre dos tipos:

- Horizontal
- Vertical

Como publicó SIECA (2014) tiene como función la aplicación de marcas sobre pavimentos en una adecuada forma para el control de tránsito. Estas señales sobre los pavimentos deben cumplir ciertos requisitos, primordialmente que sean visibles en cualquier horario del día y bajo todas condiciones climáticas.

Existen diferentes tipos de productos que se utilizan para mejorar la señalización horizontal. La forma más común para la demarcación de pavimentos es por medio de las pinturas. Otros materiales que apoyan con la señalización vial son los siguientes:

- Microesfera de vidrio
- Pinturas

7.2. Señalización horizontal

Tiene como funcionamiento general transmitir instrucciones a los usuarios de las carreteras que transitan sobre ellas. Las demarcaciones en el pavimento es la forma más común para cumplir este propósito. Según SIECA (2014), "la demarcación está constituida por las líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordes y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas" (p. 149). Los materiales utilizados para las demarcaciones son los siguientes:

7.2.1. Microesferas de vidrio

El funcionamiento de este material es reflejar la luz de regreso a los faros de los vehículos durante la noche. Es necesario incorporar estos productos sobre las demarcaciones viales que son por medio de las pinturas.

La forma de diferenciar entre los distintos tipos de microesferas de vidrio es por medio del grado de esfericidad que poseen. Este grado influye directamente en la retroreflectividad que obtendrá la pintura al aplicarla. Todos los productos de microesfera deberían adherirse y cumplir con los requisitos que se encuentran en la norma AASHTO M-247.

Existen tres diferentes tipos de microesfera de vidrio:

- Intermix: para uso exclusivamente de pinturas termoplásticas
- Premix: incorporadas dentro de los productos de pintura de tráfico.
- Dropon: aplicados por medio de presión sobre los productos de pinturas de tráfico y termoplásticas.

Los productos Dropon se categorizan por su granulometría. Se puede observar en la tabla 1 como se categorizan los diferentes tipos:

Tabla 1.

Granulometría de microesferas de vidrio

Sieve Designation		Mass Percent Passing					
Standard, mm	Alternate No.	Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
2.35	8						100
2.00	10					100	95-100
1.70	12				100	95-100	80-95
1.40	14				95-100	80-95	10-40
1.18	16		100	100	80-95	10-40	0-5
1.00	18				10-40	0-5	0-2
0.850	20		95-100	90-100	0-5	0-2	
0.710	25				0-2		
0.600	30	100	75-95	50-75			
0.425	40	90-100		15-45			
0.300	50	50-75	15-35	0-15			
0.180	80	0-5		0-5			
0.150	100		0-5				

Nota. Granulometría de microesferas de vidrio. Obtenido del American Association of State Highway and Transportation Officials (2009). *Glass Beads used in Pavement Markings AASHTO Designation: M 247-09.* (<https://www.wdfwx.net/doc100165660.htm>). Consultado el 20 de junio de 2023. De dominio público.

El tipo de microesfera que se requiere depende principalmente de las características de reflectividad que el cliente solicita. Está a criterio del contratista poder aplicar el mejor tipo según experiencia.

Figura 1.

Microesferas de vidrio aplicado a pintura termoplástica



Nota. Detalle de microesferas de vidrio aplicadas a pintura termoplástica color amarillo y blanco. Elaboración propia, realizado con Word.

7.2.2. Pintura

"La pintura debe ser compatible, así como permitir el anclaje de esferas y/o microesferas de vidrio, para mejorar la visibilidad durante la noche y sobre todo en zonas de poca iluminación o presencia de neblinas" (Dueñas, 2020, p. 18). Existen una variedad de pinturas para el uso de demarcación en pavimentos y existen muchos factores que determinan cuál utilizar.

Como menciona la Unidad de Seguridad Vial y Transporte (2017):

Hay factores propios de la demarcación vial que inciden en su desempeño y durabilidad, tal como la calidad de los materiales y el proceso de

ejecución de obra, incluyendo la preparación de la superficie, la técnica y equipos de aplicación de los materiales, los tiempos de secado, entre otros. También se expondrá la base teórica en torno a los principales factores externos que inciden en el desempeño de la demarcación vial en Costa Rica, tales como el clima, el tránsito, y el estado de la superficie de rodamiento. (p. 10)

Tabla 2.

Descripción de tipos de pinturas

Tipos de pinturas	
Tipo	Descripción
Pintura a base de agua	Conocidas también como pinturas acrílicas en base de agua, tienen como principal ventaja que son diluibles en esta. Adicionalmente las pinturas son fáciles de aplicar y no necesitan de equipo o herramientas especializadas para su manejo. Es importante tener en cuenta que, su vida útil no es muy extensa (aproximadamente un año) por lo que tiende a durar poco en relación con otros tipos de pinturas.
Termoplásticos	Es una pintura seca que se funde a altas temperaturas para permitir una adecuada adherencia al pavimento. Su ventaja radica en la durabilidad, que está estimada entre 5 y 8 años dependiendo de los factores externos. Una dificultad es que requiere de maquinaria especializada, conocida como fusor, para calentar los termoplásticos y proceder con su aplicación

Continuación de la tabla 2.

Tipos de pinturas	
Tipo	Descripción
Pintura base solvente	Las pinturas base solvente tienen como parte de su formulación derivados del petróleo, son dañinos a la capa de ozono por su volatilidad en el medio ambiente. Entre estos solventes están metanol, etanol, acetona, cloroformo, tolueno o el xileno, entre otros. Una ventaja de estas pinturas es el secado rápido que tiene debido a la rápida evaporación de los solventes que contiene.
Plástico en frío	Pinturas que utilizan polímeros acrílicos y monómeros acrílicos reticulables. Estos componentes al momento de reaccionar entre ellos brindan ciertas características especiales a la pintura que funciona muy bien en contra de la abrasión. Por ejemplo, haciéndola ideal para carreteras, porque adicionalmente, resiste el calor y la luz ultravioleta de manera efectiva. El material termoplástico puede llegar a durar 10 o 12 veces más en el pavimento que la pintura convencional, garantizando su visibilidad y reflectividad.

Nota. Detalle de los tipos de pinturas utilizados para señalización horizontal. Obtenido de L. Arias (2021). *Viabilidad técnica de utilizar la Pintura plástica en frío de 2 componentes para señalización horizontal en el departamento de Risaralda.* [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño]. Archivo digital.
<http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/3843/3/2021LeonardoRonderos.pdf>.

Tabla 3.

Descripción de uso de colores comunes de pintura

No.	Color	Uso
1	Amarillo	Puede ser utilizado para la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en vías de doble sentido con calzadas de varios carriles, líneas de carrera y franjas amarillas de estacionamiento prohibido. Este color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloqueo de una intersección.
2	Blanco	Se utiliza para la separación de corrientes de tránsito en el mismo sentido y la demarcación de bordes de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. Además, se utiliza para los símbolos en el pavimento que indican los sitios de estacionamiento reservado para los vehículos que transportan personas discapacitadas, mujeres embarazadas o personas de la tercera edad.

Nota. Descripción de uso de colores comunes de pintura. Obtenido de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (2014). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito: Secretaría de Integración Económica Centroamericana.* (<https://irp.cdn-website.com/6813ed2d/files/uploaded/SIECA%202014.pdf>). Consultado el 20 de junio de 2023. De dominio público.

Como indica el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013):

Para determinar el tipo de material a emplear en obra, se debe tener en cuenta factores como: zona de trabajo, tiempo de ejecución, temperatura del ambiente, temperatura de rocío, temperatura del pavimento, tiempo de apertura del tránsito de la carretera, humedad relativa y otros de relevancia, tales como situación de la marca vial, textura superficial del pavimento, tipo de vía y ancho de calzada, IMD entre otros. (p. 13)

7.2.3. Pintura termoplástica

Es una de las pinturas más comunes utilizadas para los trabajos de demarcaciones vial. Según el MTC (2013):

El material termoplástico es un material que puede ser aplicado en caliente sobre pavimento asfáltico o de concreto hidráulico, a base de resinas sintéticas que se suavizan al ser sometidas al calor y se endurecen cuando se enfrían, sin cambiar las propiedades inherentes del material. (p. 8)

Se debe respetar la norma AASHTO M-249 que indica lo siguiente tabla:

Tabla 4.

Requerimientos de calidad (AASHTO M-249)

Componente	Blanco	Amarillo
Resina (%)	18.00 min	18.00 min
Microesfera de vidrio (%)	30-40	30-40
Dióxido de titanio (%)	10.0 min	--
Pigmentos amarillos (%)	--	--
Carbonato de calcio e inertes (%)	42.0 max	(*)

(*) La cantidad de pigmentos amarillos, carbonato de calcio y rellenos inertes para el material amarillo, deben ser opción de fabricante, siempre y cuando se cumplan los otros requerimientos del presente cuadro.

Nota. Requerimientos de calidad de AASHTO M-249. Obtenido de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (2014). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito: Secretaría de Integración Económica Centroamericana.* (<https://irp.cdn-website.com/6813ed2d/files/uploaded/SIECA%202014.pdf>). Consultado el 20 de junio de 2023. De dominio público.

7.2.4. Demarcaciones sobre el pavimento

Como indica SCT (2014), "se pinta o coloca sobre el pavimento para separar los sentidos de circulación vehicular en carreteras y vialidades urbanas de dos sentidos, generalmente al centro del arroyo vial, tanto en tangentes como en curvas" (p. 1).

Las marcas deben brindar información al transportista o peatón para guiarlo a su destino o notificar sobre limitaciones de la ruta. Como menciona el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (2001):

Dado que se ubican en la calzada, las demarcaciones presentan la ventaja, frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga su atención de la pista en que circula. Sin embargo, presentan como desventaja su visibilidad se ve afectada por nieve, lluvia, polvo, alto tráfico y otros. (p. 11)

Las demarcaciones son clasificados por dos factores:

- Forma: longitudinales, transversales, símbolos y letreros, marcas de rampas de emergencia
- Altura: reductores de velocidad, marcas de bordillos e isletas.

Tabla 5.

Clasificación demarcación según su forma

Tipos de marcación	Descripción
<input type="checkbox"/> líneas Longitudinales	Delimitan los carriles y calzadas, e indican zonas con y sin prohibición de estacionar y delimitan carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.
<input type="checkbox"/> líneas Transversales	Su uso es aplicado en las intersecciones e indica el lugar en que los vehículos deben detenerse y demarcan senderos destinados al cruce de peatones o de bicicleta.
<input type="checkbox"/> Demarcaciones para cruces	Su uso es aplicado en las intersecciones de vías o cruces que requieren de una señalización vertical y/o semaforización estableciendo prioridad entre ellos.
<input type="checkbox"/> demarcación de líneas de estacionamiento	Utilizadas en estacionamientos.
<input type="checkbox"/> demarcación de parqueaderos	Utilizadas en los parqueaderos.
<input type="checkbox"/> símbolos y leyendas	Sirven como guías que advierten a los usuarios de las vías y además regulan la circulación de vehículos y peatones.
<input type="checkbox"/> Otras demarcaciones	No contenida en el manual de señalización vial.

Nota. Detalle de los tipos de demarcación según su forma. Obtenido de L. Arias (2021). *Viabilidad técnica de utilizar la Pintura plástica en frío de 2 componentes para señalización horizontal en el departamento de Risaralda.* [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño]. Archivo digital. <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/3843/3/2021LeonardoRonderos.pdf>.

7.3. Reflectividad

Conocido también como retroreflectividad se define como la propiedad que tiene una superficie de regresar una porción de luz a la misma dirección de donde proviene, se expresa en $\text{mcd/m}^2/\text{lx}$. La visibilidad de las demarcaciones es impactada directamente por el grado de reflectividad que obtiene.

SIECA (2014) maneja términos de reflectividad que son medidos y definidos como reflectividad inicial y reflectividad vida del proyecto o mínima mantenida. Para obtener el valor inicial se debe medir durante las primeras 72 horas hasta los 30 días.

Se concluyo que la retroreflectividad de pinturas según el MTC (2013) "la finalidad de que la demarcación en el pavimento mejore su visibilidad durante las noches o bajo condiciones de oscuridad o neblina, se consigue por medio de la aplicación de esferas y/o microesferas de vidrio" (p. 8).

Tabla 6.

La reflectividad mínima para señalamiento horizontal.

Color	Retroreflexion mínima (mcd/lx) / m ²					
	Pinturas base solvente y base agua			Pintura termoplastica		
	Inicial	A 180 días	Vida de proyecto	Inicial	A 180 días	Vida de proyecto
Blanco	250	150	100	300	250	150
Amarillo	200	150	50	250	175	100

Nota. Requerimientos de los valores mínimos de reflectividad de acuerdo con el color. Obtenido de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (2014). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito: Secretaría de Integración Económica Centroamericana.* (<https://irp.cdn-website.com/6813ed2d/files/uploaded/SIECA%202014.pdf>). Consultado el 20 de junio de 2023. De dominio público.

7.3.1. Retroreflectómetro

Comúnmente conocido también como reflectómetro, es un instrumento de medida que permite cuantificar el coeficiente de luminancia retroreflejada. SIECA (2014) hace referencia que los valores de reflectividad son determinados a través de las mediciones y procedimientos de muestreo descrito en la norma ASTM D 6359 específicamente usando un retroreflectómetro de 30.00 m.

Figura 2.

Medición en campo con retroreflectómetro



Nota. Medición de reflectividad usando un Refractómetro. Elaboración propia

7.4. Señalización horizontal maquinaria, vehículos y equipos

Hay muchos factores que determinarán qué tipo de equipo se debe utilizar para cumplir con los trabajos de aplicación de pintura termoplástica. Algunos factores serían:

- Dimensión del proyecto
- Plazo de ejecución
- Anchos de carriles
- Retroreflectividad esperada

Figura 3.

Equipo de aplicación de pintura termoplástica



Nota. Aplicación de pintura termoplástica usando equipo de aplicación. Elaboración propia.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS
ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Señalización horizontal

1.1.1. Microesferas de vidrio

1.1.2. Pintura

1.1.2.1. Pintura termoplástica

1.1.2.2. Pintura MMA

1.1.2.3. Pintura base agua

1.1.2.4. Pintura solvente

1.1.3. Demarcación sobre el pavimento

1.2. Reflectividad

1.2.1. Retroreflectómetro

1.3. Reflectividad Maquinaria, vehículos y equipos

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3. CONCLUSIONES

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Enfoque

El enfoque de la siguiente investigación es mixto porque será una combinación de mediciones a realizar, análisis y comparaciones de los datos obtenidos durante el chequeo de reflectividad de las demarcaciones lineales en un tramo definido.

- Cuantitativo porque se realizará medición de los valores de reflectividad tanto en la aplicación de color blanco como del color amarillo de pintura termoplástica durante un periodo establecido.
- Cualitativo porque se investigará estudios que se enfocan en determinar valores reales de los datos obtenidos.

9.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental debido a que se estará tomando mediciones de reflectividad en campo, de la aplicación de pintura termoplástica en colores blanco y amarillo. También se pretende realizar mediciones de aplicación en lbs/ml de la microesfera y cantidad de pintura utilizado por metro lineal a través de cálculos de rendimientos. Para obtener las muestras se realizará la aplicación por medio de un equipo de alta presión que cumpla con los requisitos para los trabajos.

9.3. Tipo de estudio

Para el estudio en cuestión el tipo será un descriptivo porque se obtiene información que representará los resultados por medio de una descripción de las zonas afectadas sin modificar aspectos durante las mediciones. También será de tipo transversal debido a que existe una fecha de inicio y fin del proyecto.

9.4. Alcance

Se medirá los valores de reflectividad de la pintura termoplástica de los colores blanco y amarillo aplicados con microesfera. Ambos materiales tendrán que cumplir con las normas AASHTO establecidas por las bases del contrato. También se realizará una comparación entre los costos requeridos para poder alcanzar los valores requeridos usando diferentes tipos y marcas de los productos.

9.5. Variables e indicadores

Se puede subdividir las variables como independientes o dependientes con la finalidad de poder determinar que son los aspectos técnicos que afectan la reflectividad:

9.5.1. Variables e indicadores independientes

- Lluvias o neblina
- Tiempo de tráfico
- Agentes externos (accidentes, bloqueos, peatones, paso de animales)
- Insumos disponibles
- Contaminación de carretera

- Estado de pavimento

9.5.2. Variables e indicadores independientes

- Lluvias o neblina Geometría de carretera
- Registros estadísticos de TPDA
- Generación de conclusiones según datos obtenidos

9.6. Fases de la investigación

La investigación estará compuesta por cuatro fases para lograr los objetivos esperados del proyecto:

9.6.1. Fase 1

Recolectar todo los documentos y estudios previos que puedan apoyar en mejor entender la forma que se comporta la pintura termoplástica después de la reaplicación. Después de recolectar se debe analizar y escoger los mejores que apoyan en llegar a los mejores resultados del estudio.

9.6.2. Fase 2

Realizar los ensayos de medición de reflectividad de los dos colores de pintura de termoplástica que se ensayarán. Esto siempre se debe llevar a cabo con condiciones óptimas para los mejores resultados es decir deben ser por medio de climas favorables.

9.6.3. Fase 3

Después de recolectar todos los datos se deben ordenar por estaciones y fechas así se logrará una mejor interpretación del comportamiento de la pintura según color, ubicación y tiempo de aplicación.

9.6.4. Fase 4

Análisis de los datos obtenidos en Fase 3 y comparar contra los esperados según el manual de SIECA. Esta fase es la más importante ya que nos determina por medio de valores concretos si en realidad los valores solicitados son alcanzables o no.

9.6.5. Fase 5

Discusión y revisión de resultados para presentar el informe final a la escuela de postgrado.

9.7. Plan de muestreo

En la investigación se va a realizar un muestreo cuantitativo que se enfocará en los valores obtenidos de las pruebas de laboratorio realizadas en campo después de un determinado tiempo. Estos valores se tomarán de las siguientes maneras después de:

- 3 días
- 3 meses
- 6 meses

9.8. Resultados esperados

Con los resultados obtenidos se espera determinar cuáles son los factores que generan la pérdida de reflectividad para poder proponer recomendaciones a los trabajos de mantenimientos de señalización horizontal en Guatemala.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis que se esperan aplicar son de recopilación de investigaciones relacionadas al tema y mediante los ensayos de laboratorio aplicados en campo.

10.1. Técnicas de recopilación de datos

Esta investigación se llevará a cabo por un proyecto de mantenimiento de señalización horizontal en Guatemala por lo que se requiere hacer una investigación previa de los materiales requeridos y el lugar de donde se llevará a cabo. Para el análisis de datos de esta investigación se tomarán en cuenta los siguientes datos:

- Longitud de proyecto
- Tiempo de contrato
- Normas para cumplir (AASHTO, ASTM entre otras.)
- Tipo de equipos a utilizar
- Parámetros de reflectividad a cumplir

Información previa del lugar:

- Estado de pavimento y pintura existente
- Nivel y velocidad de tránsito
- Historial climático
- Historial de mantenimientos previos

10.2. Técnicas cualitativas

Para obtener información de los antecedentes se espera investigar periódicos, fuentes de internet (Guatecompras entre otros), entrevistas de trabajos previos de contratistas.

10.3. Técnicas de análisis estadístico descriptivo

Por medio de la media aritmética (promedio) de los valores de reflectividad obtenidos durante un periodo establecido esperamos poder obtener el análisis estadístico de la investigación.

11. CRONOGRAMA

Tabla 7.
Cronograma

Descripción	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilación y análisis de datos																																				
Fase 1: Investigación inicial																																				
Recopilación de información																																				
Análisis de información																																				
Redacción de Marco teórico																																				
Análisis de Protocolo con Asesor																																				
Correcciones de Protocolo																																				
Fase 2: Desarrollo de investigación																																				
Recolección de Equipos y insumos																																				
Realizar ensayos en campo																																				
Análisis de información recolectado																																				
Análisis de valores con Asesor																																				
Correcciones de investigación																																				
Fase 3: Redacción de investigación																																				
Discusión de Resultados																																				
Conclusiones																																				
Recomendaciones																																				
Revisión con Asesor																																				
Correcciones de Redacción																																				
Fase 4: Presentación de Tesis a Escuela																																				
Presentación de informe final																																				

Nota. Detalle de cronograma de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

12.1. Recursos necesarios

El objetivo de la siguiente investigación es lograr los objetivos propuestos, lo más importante es contar con los recursos tanto como humano y económicos, los equipos, maquinaria y servicios que son necesarios para alcanzar las fases que contempla esta investigación. Los recursos necesarios para el presente trabajo de investigación son:

12.1.1. Humano

- Investigador/mecedor: persona que se encargará de realizar la investigación, consultas, análisis e interpretación de los datos acumulados durante el transcurso del estudio. Su función primaria es cumplir con la tarea de redactar un documento con todas las fases de la investigación propuestas.
- Asesor: profesional con maestría y experiencia laboral en temas similares que se encarga de brindar asesoría al investigador. Debe revisar, recomendar y darle seguimiento al documento de investigación a cargo del investigador.

12.1.2. Económicos

- Viáticos: recursos económicos para cubrir gastos de hospedaje para investigador y/o asesor durante estado de medición de reflectividad en el tramo.

- Tecnológicos:
 - Conocimientos de *software*: específicamente Excel para el manejo e interpretación de los datos recolectados.

 - Equipo de cómputo: para redactar los trabajos de la investigación.

12.1.3. Maquinaria y herramientas

- Vehículo: para movilizar investigador durante mediciones de reflectividad en el tramo.

- Reflectómetro: equipo especial necesario para poder ensayar los tramos para determinar la reflectividad de la pintura.

- Señalización vial: uso de conos y banderolas para control vial durante chequeo en campo.

12.1.4. Servicios

- Luz eléctrica: servicio que se utiliza para cargar equipos que requieren energía como computadoras y reflectómetro.

- Internet: servicio necesario para realizar consultas estudios en web y así mejor interpretar los datos acumulados.
- Teléfono: servicio necesario para la comunicación con el personal en campo, asesor y otras personas que pueden brindar apoyo.
- PlagScan: servicio web para realizar interpretaciones de plagio al documento de investigación.

Tabla 8.

Presupuesto

No.	Renglón	Costo Global	Recurso	%
1	Asesor	4,000.00	donacion	3%
2	personal de campo	2,500.00	trabajo	2%
3	Tiempo propio invertido	16,000.00	inversion propia	11%
4	Viaticos	2,500.00	trabajo	2%
5	Retroreflectometro	4,000.00	trabajo	3%
6	Computadora	2,500.00	inversion propia	2%
7	Maquina de aplicacion de pintura	45,000.00	trabajo	30%
8	Calderas para preparacion de pintura	16,000.00	trabajo	11%
9	Pintura Termoplastica	14,600.00	trabajo	10%
10	Optica de esfera de vidrio	12,000.00	trabajo	8%
11	Equipo para pruebas de campo	1,000.00	donacion	1%
12	Telefono	2,500.00	trabajo	2%
13	Vehiculo	2,500.00	trabajo	2%
14	Papeleria	500.00	inversion propia	0%
15	Internet	500.00	trabajo	0%
16	Impresora	400.00	inversion propia	0%
17	Luz	2,500.00	inversion propia	2%
18	Combustibles	4,000.00	trabajo	3%
19	Alimentacion	2,500.00	trabajo	2%
20	Oficina	5,000.00	trabajo	3%
21	PlagScan	500.00	inversion propia	0%
22	Imprevistos (5%)	7,050.00	inversion propia	5%
	Total:	Q148,050.00		1.00

Nota. Detalle del presupuesto para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

13. REFERENCIAS

- Agencia Nacional de Seguridad Vial (2022). *Manual de Señalización Vial de Colombia: Dispositivos uniformes en la infraestructura para la regulación del tránsito y la seguridad vial*. <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/29/manuales-de-senalizacion-vial/>
- Arias, L. (2021). *Viabilidad técnica de utilizar la Pintura plástica en frío de 2 componentes para señalización horizontal en el departamento de Risaralda*. [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño]. Archivo digital. <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/3843/3/2021LeonardoRonderos.pdf>
- ASTM International (2021). *D7585/D7585M-10 Standard Practice for Evaluating Retroreflective Pavement Markings Using Portable Hand-Operated Instruments*. https://www.astm.org/d7585_d7585m-10.html
- Dueñas, S. (2020). *Retroreflectividad de la demarcación de la carretera panamericana sur PE-1S*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Archivo digital. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5493/2/53T20201022_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García, J. (2016). *Análisis de la Visibilidad y la Resistencia al Deslizamiento de las Marcas Viales Retroreflectantes en Carretera Convencional*. [Tesis de

doctorado, Universidad de Alicante]. Archivo digital.
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/53645>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2001). *Manual de Señalización de Tránsito Demarcaciones*. <https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/Manual-de-Sen%CC%83alizacion-de-Transito.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Especificaciones Técnicas de Pintura para obras viales*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/otras/Especificaciones%20T%C3%A9cnicas%20de%20Pinturas%20para%20Obras%20Viales.pdf

Reynafarje, S. (9 de mayo de 2014). *Pinturas de tráfico*. Signovial. <https://www.signovial.pe/blog/pinturas-trafico/>

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (2014). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito: Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)*. <https://irp.cdn-website.com/6813ed2d/files/uploaded/SIECA%202014.pdf>

Ticona, P. (2021). *Influencia del tipo de pavimento y pintura de señalización horizontal para analizar la retro reflectividad de la carretera Cusco–Lucre 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Archivo digital. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81851/Ticona_EPG-SD.pdf?sequence=1

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional PITRA (2018). *Evaluación de la Ruta Nacional 4, tramo entre los poblados de Bajos de Chilamate y Vuelta de Kooper, Costa Rica*. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/2477/LM-PI-UGERVN-5-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Unidad de Seguridad Vial y Transporte (2017). *Desempeño y durabilidad de la demarcación vial horizontal en Costa Rica*. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/974>

Valdez, F. (2015). *Análisis de retro reflectividad 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 pregrado, Escuela Superior Politécnica de Litoral]. Archivo digital. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/88642/D-70065.pdf>