

Implementación de materiales alternativos en Colombia para la demarcación de la señalización
horizontal de carreteras

Julieth Elisa Niño Duarte y Leonel Solano Sossa

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Sandra Milena Cote Vargas

M.Sc en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por permitirme culminar con éxito esta etapa en mi vida, por brindarme la salud, ánimo y fortaleza en todo momento.

También dedico este trabajo con todo el amor a mis padres, todo lo que soy hoy es gracias a ellos. Gracias por ser siempre mi apoyo incondicional e impulsarme a ser mejor cada día.

Gracias a la Universidad Industrial de Santander que me permitió en el transcurso de la carrera crecer a nivel personal y académico; también a los docentes que me brindaron sus conocimientos para poder llegar hasta acá.

Por último, a todos mis compañeros y amigos que aportaron su granito de arena en este proceso de formación.

Julieth Elisa Niño Duarte

Dedicatoria

A Dios por darme la vida, por sus bendiciones, por iluminarme, por ser mi fortaleza en los tiempos difíciles y concederme sabiduría.

A mi madre Luz Mery Sossa y a mi padre Leonardo Solano por su apoyo, por sus consejos, por los valores enseñados y por sus sacrificios.

A mi hermana Andrea Solano por su apoyo emocional, por sus consejos y por estar ahí cuando la necesité.

A mis familiares que me brindaron apoyo durante esta larga travesía y me dieron una mano en momentos de crisis.

A mis amigos que estuvieron conmigo de principio a fin en este proceso, qué fueron fundamentales durante mi formación, brindándonos ayuda mutua poder alcanzar esta meta que un día nos trazamos.

Leonel Solano Sossa

Agradecimientos

En primer lugar, a nuestra directora de tesis, Msc. Sandra Milena Cote Vargas por la dedicación y apoyo que nos brindó durante este proceso. Gracias por la confianza ofrecida desde el momento que llegamos para el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

Asimismo, a todos los docentes que hicieron parte de nuestra carrera profesional, gracias por sus palabras sabias, sus conocimientos y paciencia. Los llevaremos presentes en nuestro transitar profesional.

También, a nuestra querida universidad por permitirnos desarrollarnos y progresar en todos los aspectos de nuestras vidas

Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	13
1.1 Objetivos General	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Marco Conceptual.....	14
2.1 Señalización vial	14
2.2 Señal de tránsito.....	15
2.3 Demarcaciones	15
2.4 Estoperoles	15
2.5 Tachas	16
2.6 Pinturas para la demarcación vial	16
2.6.1 Pinturas de secado físico.....	16
2.6.2 Pinturas de secado físico-químico:	17
2.6.3 Termoplásticos.....	18
2.6.4 Plásticos en frío de aplicación por Extrusión.....	18
2.7 Microesferas de vidrio	19
3. Metodología	19
3.1 Revisión Bibliográfica	20

3.2 Identificar el proceso de demarcación y tipos de materiales en la NTC para la señalización horizontal en carreteras de Colombia	23
3.2.1 NTC 1360 (Pinturas para demarcación de pavimentos).....	23
3.2.2 NTC 4745 (Marcadores elevados para pavimentos, MEP, tachas reflectivas).....	25
3.2.3 NTC 5867 (Materiales para demarcación de pavimentos. Termoplásticos retrorreflectivo blanco y amarillo (forma solida))	27
3.2.4 NTC 2072 (Materiales para demarcación de pavimentos microesferas de vidrio, granulados antideslizantes y mezclas de ambos).....	28
3.3 Comparativo de los materiales empleados en la demarcación de la señalización horizontal	30
4. Resultados	37
4.1 Lux solid glass road studs	38
4.2 Botón multivista.....	39
4.3 Botón 135.....	40
4.4 Rv lenticular.....	41
4.5 Speed kidney	42
4.6 Pintura acrílica base solvente.....	43
4.7 Termoplástico perfilado	44
4.8 Cintas prefabricadas (3M™ Stamark™ 380 ESD Cinta).....	45
5. Conclusiones	46
6. Recomendaciones	47
Referencias Bibliográficas	48

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Artículos encontrados según el país y año de publicación	22
Figura 2. Lux solid glass road studs.....	38
Figura 3. Botón multivista	39
Figura 4. Botón 135	40
Figura 5. Rv lenticular	41
Figura 6. Speed Kidney.....	42
Figura 7. Pintura acrílica base solvente	43
Figura 8. Termoplástico perfilado.....	44
Figura 9. Cintas prefabricadas	45

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Comparativo de estoperoles.....	30
Tabla 2. Comparativo de sonorizadores.....	31
Tabla 3. Comparativo de Speed Kidney	31
Tabla 4. Comparativo de resalto	32
Tabla 5. Comparativo de tachas.....	32
Tabla 6. Comparativo de resalto tipo cojín.....	33
Tabla 7. Comparativo pinturas base agua.....	33
Tabla 8. Pinturas base solvente.....	34
Tabla 9. Comparativo de pinturas plástico en frío.....	35
Tabla 10. Comparativo de pintura termoplástica.....	35
Tabla 11. Comparativo de marcas viales	36
Tabla 12. Comparativo cintas prefabricadas.....	37

Lista de Anexos

Ver documentos adjuntos y pueden ser visualizados en la base de datos de la Universidad

Anexo 1. Cartilla de recomendación de materiales que podrían implementarse en Colombia

Resumen

Título: Implementación de materiales alternativos en Colombia para la demarcación de la señalización horizontal de carreteras*

Autor: Julieth Elisa Niño Duarte y Leonel Solano Sossa**

Palabras Clave: materiales, señalización horizontal, demarcación.

Descripción:

El presente estudio está enfocado en realizar una investigación sobre los materiales disponibles en la demarcación de la señalización horizontal en Colombia y algunos países europeos. Para ello, se revisaron diferentes bases de datos de la universidad, artículos científicos, tesis referentes al tema y recopilación de información principalmente de la Norma Técnica Colombiana (NTC). Comparando dichos materiales se busca plantear una posible propuesta para mejorar la demarcación horizontal en carreteras colombianas, esto se realiza debido a las nuevas tecnologías que han desarrollado los países europeos. Para esto, se plantean las siguientes etapas: revisión bibliográfica, identificación del proceso de demarcación y tipo de materiales en la NTC y el comparativo de materiales.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Sandra Milena Cote Vargas. Ingeniera Civil, M.Sc.

Abstract

Title: Implementation of alternative materials in Colombia for the demarcation of horizontal road signs and markings *

Author(s): Julieth Elisa Niño Duarte y Leonel Solano Sossa **

Key Words: materials, horizontal signage, demarcation.

Description

The present study is focused on conducting a research on the materials available in the demarcation of horizontal signage in Colombia and some European countries. For this purpose, different university databases, scientific articles, theses on the subject and the collection of information mainly from the Colombian Technical Standard (NTC) were reviewed. By comparing these materials, a possible proposal to improve horizontal demarcation on Colombian highways is sought, due to the new technologies developed by European countries. For this, the following stages are proposed: bibliographic review, identification of the demarcation process and type of materials in the NTC and the comparison of materials.

*Degree Project

**Faculty of Engineering Physicomechanics. School of Civil Engineering. Director: Sandra Milena Cote Vargas. Civil Engineer, M.Sc.

Introducción

La señalización horizontal es fundamental porque es un eje primordial para proteger la vida de los conductores y los peatones. Al ser los únicos aspectos existentes en la gestión del tráfico dentro de una carretera, debe responder a las demandas que se producen en la realidad, por lo que una señalización de calidad es crucial (Contreras & Niño, 2017).

Una carretera debe proporcionar funcionalidad, seguridad y comodidad; estas características se consiguen mediante el diseño geométrico, la investigación del tráfico y la implementación de la señalización. Las señales de tráfico son necesarias para el funcionamiento eficaz de una carretera, y su colocación inadecuada o su ausencia pueden crear variaciones del tráfico y desorganización social. Su importancia radica en que son instrumentos muy básicos, útiles y eficientes, fácilmente comprensibles tanto para los conductores como para los peatones (Contreras & Niño, 2017).

Para que las señales de demarcación y horizontales de las carreteras funcionen correctamente, deben tener ciertas características, como: claridad, para que sean llamativas y generen una correcta interpretación; precisión, porque la señalización debe darse en el momento indicado para que haya capacidad de reacción; y universalidad, para que la interpretación de la señal sea homogénea y pueda ser entendida por cualquier persona independientemente del territorio en el que se encuentre (Contreras & Niño, 2017).

Este texto tiene como objetivo generar un documento que recopile la información más importante de los materiales usados en la señalización horizontal de las carreteras colombianas y

en él implementar nuevos materiales que aún no se usan en Colombia y que han traído buenos resultados para las carreteras europeas y para los peatones.

Por este motivo, el siguiente documento está realizado a partir de información recolectada de distintos textos y normas, de los cuales se retoma la principal información correspondiente de los materiales implementados en la demarcación de la señalización horizontal (características, ventajas, desventajas y rendimientos en las diferentes condiciones climáticas) a nivel nacional e internacional, esto se realiza debido a las nuevas tecnologías que han desarrollado los países europeos.

1. Objetivos

1.1 Objetivos General

Plantear la posible aplicación de materiales alternativos (pinturas, estoperoles y tachas) en la demarcación de la señalización horizontal de carreteras en Colombia.

1.2 Objetivos Específicos

Realizar una revisión bibliográfica a nivel nacional e internacional sobre materiales empleados para la señalización horizontal.

Identificar las características de los materiales disponibles en Colombia empleados para la señalización.

Comparar los materiales entre un país Europeo y Latinoamericano, buscando una posible propuesta para mejorar la demarcación horizontal de carreteras en Colombia.

2. Marco Conceptual

La demarcación vial es un elemento importante en la circulación, señalización, indicación y prevención de accidentes. Tener una buena visibilidad de estas marcas viales es esencial, pues de ella depende su fácil detección, su buena interpretación y de esta manera la toma de decisión en un periodo más corto, con lo cual se reduce el riesgo de accidentes ocasionados por confusión en la comprensión de la señalización, en base a lo anterior se hace necesario el uso de materiales que brinden un adecuado desempeño, una alta durabilidad frente a los factores ambientales y el deterioro causado por el paso repetido de los vehículos. Algunas definiciones necesarias para el presente documento son las siguientes:

2.1 Señalización vial

Es una agrupación de símbolos que permite ordenar el tráfico vehicular, la cual se basa en un lenguaje universal de fácil interpretación tanto para conductores como para peatones, lo que permite organizar y guiar el tráfico vehicular. La señalización vial se divide en dos sistemas,

señalización vertical y horizontal, donde cada una de ellas tiene sus respectivas características e indicaciones técnicas para su correcta implementación e instalación (Contreras & Niño, 2017).

2.2 Señal de tránsito

Las señales de tránsito son símbolos que establecen acciones o prohibiciones sobre el tráfico. Además, son utilizadas para percibir eventualidades particulares en la carretera. Estos letreros son sustanciales para la seguridad en las vías (Velásquez, 2015).

2.3 Demarcaciones

Son los símbolos y las letras que se aplican directamente a la superficie de la carretera e informan a los automovilistas sobre el orden de circulación en ciertas secciones de la ruta. Además de los objetos colocados en la superficie de la carretera para dirigir y regular el tráfico, también pueden indicar la presencia de obstáculos que impiden el movimiento (Burghardt, y otros, 2021).

2.4 Estoperoles

Son cuerpos macizos que son usados como reductores de velocidad, tienen forma de botón y son elaborados en material cerámico o caucho prensado y esmaltado, lo que confiere una gran resistencia mecánica, un bajo desgaste por fricción y compresión (Pisconte , 2021). Los estoperoles deben cumplir con las mismas pruebas de resistencia a la tensión y a la compresión estipuladas para las tachas reflectivas en la norma técnica colombiana NTC 475

2.5 Tachas

También conocidas como "ojos de gato" por su alta capacidad de retroreflectancia en la oscuridad, son objetos que ayudan a fortalecer la demarcación horizontal. se ofrecen comercialmente diferentes tipos de captafaros (tacha), los cuales puede ser de plásticos o metálicas, conformando conjuntos completos para ser empleados en diferentes sitios y situaciones. Las tachas son generalmente muy útiles en la noche y en ambientes de lluvia o neblina; es decir, cuando no hay una buena visibilidad de la demarcación horizontal (Ministerio de Transporte de Colombia , 2015).

2.6 Pinturas para la demarcación vial

Son pinturas que tiene una alta adherencia lo que ayuda a resistir la abrasión y el tráfico vehicular, estas pinturas están conformadas por pequeñas partículas de pigmentos y minerales de granulometría fina, estos dos compuestos de las pinturas están distribuidos en un líquido volátil y una resina, la resina es la encargada de proporcionar la adherencia de la pintura con el pavimento (Mechura & Delbono, 2019).

Las pinturas se clasifican según su proceso de secado:

2.6.1 Pinturas de secado físico

Son aquellas que, gracias al contenido de solventes, estos se evaporan rápidamente dando lugar a la formación de una película de pintura de apreciable resistencia.

Dentro de estas pinturas se tiene:

- **Acrílicas en disolvente:** Esta pintura tiene una característica especial y es su corto tiempo de secado y endurecimiento, en el cual se logra una adecuada dureza. Además, la pintura no presenta pérdida de la tonalidad durante su secado es decir el color varia muy poco entre su estado fresco y seco respectivamente. Adicionalmente presenta un buen desempeño sobre pavimentos bituminosos siendo imposible sufrir sangrado (Mechura & Delbono, 2019).

- **Emulsiones acuosas:** En esta pintura el tiempo de secado es muy rápido y posee solventes orgánicos que hace que sea amigable con el medio ambiente. No obstante, no adquiere una dureza considerable durante los primeros días, pero una vez alcanzada su dureza definitiva presenta excelentes propiedades mecánicas y no produce efectos de sangrado en bitúmenes (Mechura & Delbono, 2019).

2.6.2 Pinturas de secado físico-químico:

Este tipo de pinturas presenta el secado por medio de la evaporación del disolvente y la polimerización del ligante, la evaporación del disolvente es la misma que se presenta en las pinturas de secado en frío, mientras que la polimerización se basa en procesos reactivos para originar un nuevo componente que brinde un aporte considerable para el endurecimiento.

Dentro de estas pinturas las más utilizadas comúnmente son las siguientes:

- **Pinturas alquídicas:** Este tipo de pinturas usa un ligante obtenido mediante la reacción entre un ácido policarboxílico y un alcohol polihidroxiílico, mezclados con ácidos de aceites secantes, donde estos se adhieren a las moléculas de resina, para de esta manera garantizar una alta flexibilidad y capacidad de adherencia. En temperatura que oscilen entre los 15°C y 25°C la

película de pintura logra una dureza considerable para su aplicación en vías interurbanas (Mechura & Delbono, 2019).

- Emulsiones acuosas autorreticulares de secado rápido: Estas pinturas tienen un ligante compuesto por monómeros acrílicos emulsionados en medio acuoso muy alcalino, donde al ser expuesto a otras sustancias ocasiona la creación de un polímero complejo cuando la alcalinidad disminuye. En cuantos a los tiempos de secado puede obtenerse tiempos relativamente cortos que están entre los dos y tres minutos. Además, cuenta con una adecuada resistencia a los agentes ambientales y afinidad con las microesferas de vidrio (Mechura & Delbono, 2019).

2.6.3 Termoplásticos

Es una mezcla de minerales, resinas y plastificantes de grano grueso (hasta 700 micrones), todos en forma de partículas sólidas o escamas; también contienen microesferas de vidrio premezcladas, un compuesto que ayuda a controlar la viscosidad de la aplicación y aceites minerales especiales que plastifican el conjunto, así como los pigmentos que le dan su color (Mechura & Delbono, 2019).

2.6.4 Plásticos en frío de aplicación por Extrusión

El plástico en frío por extrusión es un material al cual se le ha atribuido que tiene una larga duración; su aplicación se realiza por medio de dispositivos que dan lugar a su colocación sobre el pavimento en la forma, posición y dimensiones requeridas. Para este tipo de pintura, la Secretaría

Distrital de Movilidad ha establecido un espesor seco de como mínimo de 50 mils (En Territorio, 2015).

2.7 Microesferas de vidrio

Estas esferas se disponen en la superficie de ciertas marcas viales para garantizar retroreflexión. La retroreflexión de la demarcación vial depende de las microesferas de vidrio, de su índice de refracción, de su granulometría, de su esfericidad y del número de anomalías que tengan. La durabilidad de esta retroreflexión se ve comprometida por la resistencia al desgaste del material base, dependerá de su dosificación, del grado de hundimiento de las microesferas en la capa de pintura y de la fuerza con que éstas estén adheridas a ella (En Territorio, 2015).

3. Metodología

El presente estudio está enfocado en realizar una investigación sobre los materiales empleados en la señalización horizontal de Colombia y en algunos países europeos, con el fin de plantear una posible propuesta para mejorar la demarcación horizontal en carreteras colombianas. Para esto, se plantean las siguientes etapas:

3.1 Revisión Bibliográfica

Las primeras señales de dirección existieron en el Imperio Romano: postes de piedra a lo largo de los caminos que indicaban las distancias. A lo largo de la Edad Media se utilizaron millarios y se añadieron señales de otros materiales, como el hierro o la madera, para proporcionar la misma información (Recuenco, 2015).

No fue hasta 1908 cuando la Conferencia Internacional de Carreteras celebrada en Roma (Italia) estableció un modelo básico de señalización vial. Al año siguiente se llegó a un acuerdo entre nueve gobiernos europeos para utilizar cuatro pictogramas para indicar los "baches", las "curvas", los "cruces" y los "pasos a nivel" (CCIMA, s.f.).

En 1926, la señalización vial se generalizó en Europa y se desarrollaron sistemas de semáforos. Este crecimiento fue paralelo al de los automóviles.

Ya en el año de 1968, los países europeos firmaron la Convención de Viena (Road Traffic Convention) con el propósito de regularizar las normas de tráfico en los países participantes, facilitar el tráfico internacional y brindar una mejor seguridad vial (CCIMA, s.f.) (Recuenco, 2015).

Al igual que el tiempo y la tecnología, las señales de tráfico han evolucionado en el último siglo. Ya no se trata de simples pictogramas, sino de elementos, señales y símbolos que presentan información específica y pueden alertar plenamente al destinatario sobre el tráfico rodado (CCIMA, s.f.).

A nivel mundial, es decir, en los países económicamente desarrollados (por ejemplo, EE.UU., China, Japón, Rusia), el tema ha evolucionado para que los usuarios puedan entender de qué informan y advierten con estas herramientas (CCIMA, s.f.).

Los Estados miembros de la UE también se centran en la movilidad sostenible y segura, lo que provoca cambios positivos en el comportamiento de los usuarios de la vía pública (peatones y conductores). La tolerancia, la paciencia y el respeto por quienes priorizan la carretera son algunas de las cualidades que los europeos demuestran en todo el mundo (CCIMA, s.f.).

El nivel de concienciación general de gobiernos y ciudadanos supera con creces las cuestiones culturales y educativas en las que los gobiernos europeos llevan años trabajando.

Por otro lado, el buen estado de las carreteras europeas se aprecia no sólo en las zonas urbanas, sino también en las capas de asfalto de las carreteras secundarias, principales y nacionales, su limpieza y su mantenimiento constante en óptimas condiciones (incluyendo en particular la señalización horizontal y vertical). Para ellos, los semáforos son lo más importante, ya que encierran la propia santidad de las personas y de la vida.

España cuenta con aplicación de tecnología inteligente con lo que prometen mejorar la seguridad vial mediante el uso de nuevas tecnologías, como la introducción de sistemas que detectan personas y vehículos y utilizan avisos luminosos para informar a automovilistas, ciclistas y peatones cuando se acercan a intersecciones en las que pueden producirse colisiones. La tecnología ecológica, desarrollada en Córdoba (España), es un sistema de señalización inteligente que aumenta la amplificación de las luces de advertencia para peatones, ciclistas y automovilistas. Alimentada por la electricidad de una red de semáforos y farolas o por paneles solares, la tecnología también puede advertir a los peatones con marcas verdes o rojas en el suelo para evitar que se distraigan (Vega, 2019).

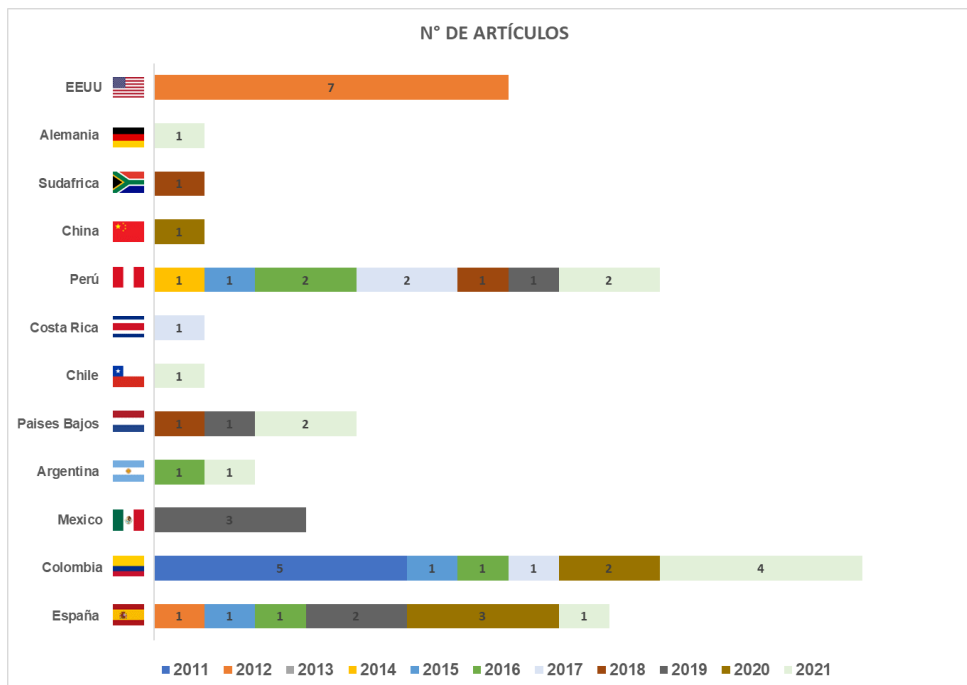
Entre otros avances llevados a cabo, El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) de la Universidad Politécnica de Valencia España desarrollo el denominado Speed Kidney, este dispositivo está conformado por una forma arriñonada en planta y poco abultado en altura, se

sitúan de manera longitudinal de tal manera que los vehículos sigan una trayectoria en zigzag muy suave. No generan incomodidad a los pasajeros, no ocasiona daños a los vehículos ni contaminación acústica (García, Moreno, & Romero, 2012).

Las primeras etapas para el desarrollo del proyecto consistían en realizar una búsqueda de información sobre los distintos temas a tratar usando las bases de datos disponibles que ofrece la Universidad Industrial de Santander e información con descripciones específicas a nivel nacional e internacional. El proceso de investigación y revisión bibliográfica inició con la búsqueda basado principalmente en artículos, tesis y catálogos de diferentes empresas relacionados con la demarcación de la señalización horizontal, para luego realizar la selección o filtro con la información que mejor se acomode a nuestro contenido del proyecto.

Figura 1.

Artículos encontrados según el país y año de publicación



Nota. El gráfico representa la cantidad de artículos encontrados según el país y el año en que se publicaron.

En base a la información presentada anteriormente y a lo consignado en la Figura 1 se seleccionó el país europeo y latinoamericano con el mayor número de publicaciones de artículos, estos fueron: España y Colombia, los cuales fueron tomados para realizar el comparativo y analizar la posible propuesta para mejorar la señalización horizontal de carretas en Colombia. Adicionalmente, se tendrá en consideración los materiales más innovadores usados en los países anexados en la gráfica, como:

- Lux solid glass road studs
- Botón multivista
- Botón 135

3.2 Identificar el proceso de demarcación y tipos de materiales en la NTC para la señalización horizontal en carreteras de Colombia

3.2.1 NTC 1360 (Pinturas para demarcación de pavimentos).

Requisitos generales:

- No deben presentar deterioro de la superficie (cuarteamiento, ampollamiento, ni decoloración).
- La pintura sin microesferas no debe presentar reblandecimiento, pérdida de adhesión, cambio de color, después de 24 h de inmersión en agua a temperatura ambiente
- Resistencia mínima a la abrasión se evaluada según el numeral 8.16, debe ser:
- Pintura Tipo A: 100 dm³
- Pintura Tipo B: 80 dm³

- Pintura Tipo C: 200 dm³ (NTC 1360, 2011).

Instrucciones de aplicación:

1. Selección del material: Partiendo de las características específicas del proyecto (textura del pavimento, tipo de vía, ancho de carril, y el tránsito promedio diario (TPD))

2. Preparación de la superficie: La superficie debe estar seca y libre de sustancias que afecten la adherencia de esta, si la superficie presenta defectos o huecos se deben corregir o rellenar. En superficies nuevas de hormigón es necesario aplicar tratamientos con materiales compatibles (Invias, 2022).

3. Dosificación: La pintura debe ser aplicada longitudinal en el sentido de la vía, de a 12 cm de ancho, con espesor húmedo comprendido entre 20-30 mils según lo establece la NTC 1360; en caso tal que se aplique microesferas de vidrio sembrada, la pintura se aplica sobre el pavimento empleando como mínimo 400g/m² de microesferas, en caso donde la aplicación sea premezclada, la proporción de microesferas de vidrio que debe contener la pintura debe ser comprendida entre 200g/L y 250g/L, se debe adicionar antes de su aplicación (Invias, 2022).

4. Aplicación:

a. La pintura y las microesferas de vidrio no se le deben agregar ni quitar ningún componente

b. Solo se pueden usar los tipos de disolvente especificados por el fabricante de la pintura

c. Es aceptable como máximo un 3% en cantidad de volumen para facilitar la fluidez de las pinturas por las pistolas.

d. La pintura debe ser aplicada de manera homogénea.

e. Las microesferas deben ser dispersadas de manera uniforme mientras la película de la pintura permanece fresca (Invias, 2022).

Tipos de pinturas para demarcación de pavimentos según el tipo de solventes se clasifican en los siguientes tipos:

Base agua

- Pintura para demarcación de pavimentos, base agua Tipo A-I
- Pintura para demarcación de pavimentos, base agua Tipo A-II

Base solvente

• Pintura para demarcación de pavimentos, base agua Tipo B-I, monocomponente, acrílica pura

• Pintura para demarcación de pavimentos, base agua Tipo B-II, monocomponente, acrílica modificada o alquídicas modificadas

Porcentaje de sólidos del 100%

• Pinturas para demarcación de pavimentos, sin solvente, plástico en frío, Tipo C multicomponente, metacrilato.

3.2.2 NTC 4745 (Marcadores elevados para pavimentos, MEP, tachas reflectivas)

Requisitos generales

• Deben estar elaboradas con materiales metálicos, plásticos de alta resistencia y el material reflectivo debe ser vidrio o acrílico, de forma prismática o esférica .

• El MEP debe estar constituido por materiales con resistencia adecuada al agua, las sustancias químicas y los rayos ultravioleta indicada para el uso previsto .

• La altura no debe ser superior a 20,3 mm y el ancho no debe ser superior a 130 mm.

• El ángulo entre la superficie de la tacha y la base no debe ser $+45^\circ$ (NTC 4745, 2021).

Instrucciones de aplicación:

1. Localización: el constructor debe localizar las marcas sobre el pavimento de acuerdo con los planos de señalización y las instrucciones del interventor.

2. Preparación de la superficie: la superficie debe estar seca y libre de sustancias que puedan perjudicar la adhesión de la tacha con el pavimento. Si hay defectos o cavidades en la superficie se deben repararse o rellenarse.

3. Colocación de las tachas: se debe preparar de acuerdo a las instrucciones del fabricante y su cantidad a utilizar depende del estado de la superficie.

4. Limpieza final: Una vez colocadas las tachas, el constructor debe retirar del sitio todos los equipos, señales y materiales sobrantes (Invias, 2022).

Tipos de tachas o marcadores de pavimento (MEP)

Tipo A (Bidireccional) (Igual color los lentes) de doble sentido, un color.

Tipo B (Unidireccionales) de un sentido, un color.

Tipo E (Bidireccionales) de doble sentido, dos colores.

Colores retrorreflectantes por el MEP

- W. Blanco.
- Y. Amarillo.
- R. Rojo.
- B. Azul.
- G. Verde.

Resistencia a la abrasión

Tacha con superficie del lente dura y resistente a la abrasión

Resistencia a la flexión

Tacha con resistencia longitudinal suficiente para la aplicación de pavimentos de concreto asfáltico flexible, deben soportar una carga de 909 Kg sin romperse y sin sufrir deformaciones mayores a 3.3mm; cuando se ensayen según el numeral 9.2.1 de la NTC 4745.

3.2.3 NTC 5867 (Materiales para demarcación de pavimentos. Termoplásticos retrorreflectivo blanco y amarillo (forma solida))

Requisitos generales

- Los termoplásticos deben estar compuestos homogéneamente por pigmento, relleno, resinas y por material retrorreflectante (microesferas de vidrio).
- La resina termoplástica tiene que ser de hidrocarburos o alquídica.
- El termoplástico después de su calentamiento hasta la temperatura de aplicación, no debe expulsar gases nocivos o tóxicos que afecten ya sea la propiedad del pavimento o la salud de las personas.
- Las partículas del termoplástico deben estar dispersas homogéneamente en la resina y el termoplástico no debe contener nata, ni suciedad ni objetos extraños (NTC 5867, 2011).

Instrucciones de aplicación:

1. Selección del material: partiendo de las características específicas del proyecto (textura del pavimento, tipo de vía, ancho de carril, y el transito promedio diario (TPD))
2. Preparación de la superficie: la superficie debe estar seca y libre de sustancias que afecten la adherencia de esta, si la superficie presenta defectos o huecos se deben corregir o rellenar. En superficies nuevas de hormigón es necesario aplicar tratamientos con materiales compatibles.

3. Dosificación: La resina termoplástica se aplica longitudinalmente en sentido de la vía ya sea por pulverización o extrusión en base a la NTC 4744-4; se aplicarán las microesferas de vidrio a razón mínima de 450g/m² de termoplástico.

4. Aplicación

- La resina termoplástica junto con las microesferas de vidrio no se le deben agregar ni quitar ningún componente en el lugar de trabajo.

- El termoplástico debe aplicar homogéneamente.

- Las microesferas de vidrio deben ser dispersadas de manera uniforme sobre el termoplástico en estado líquido, para lograr la máxima adhesión sin afectar la refracción y reflexión [7].

- El material termoplástico después del calentamiento 240 min \pm 5 min a 218 °C \pm 2 °C y enfriado hasta 25 °C \pm 2 °C debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Blancos: reflectancia a la luz del día, 45°-0°-75% mínimo. Para uso de autopistas.

- Amarillo: Reflectancia a la luz del día, 45°-0°-75% mínimo. Para uso de autopistas y aeropuertos (NTC 5867, 2011).

3.2.4 NTC 2072 (Materiales para demarcación de pavimentos microesferas de vidrio, granulados antideslizantes y mezclas de ambos)

Requisitos generales

- Las microesferas de vidrio deben ser transparentes, sin color apreciable, suaves, bien redondeadas, no deben contener nubes o aspecto lechoso ni burbujas de aire que puedan afectar su funcionalidad.

- Las microesferas de posmezclado (sembrado) deben ser de tal naturaleza que permitan su incorporación al material de demarcación vial inmediatamente después de aplicado, de modo que su superficie se pueda adherir firmemente a la película del material de demarcación vial.

- Su retroreflexión debe ser satisfactoria para las marcas viales.

- Las microesferas para uso en pinturas base solvente deben tener un tratamiento superficial del tipo flujo en seco.

- Las microesferas para uso con pinturas base agua deben tener un tratamiento superficial dual que consiste en una silicona resistente a la humedad y un tratamiento superficial de adherencia de silano (NTC 2072, 2011).

Instrucciones de aplicación:

En caso de aplicación de la microesfera de vidrio sembrada, la pintura de demarcación de pavimentos se debe aplicar sobre la superficie del pavimento, empleando como mínimo 400 g/m² de microesfera; si la aplicación de las microesferas es premezclada, la proporción de microesfera de vidrio en la pintura para demarcación de pavimentos debe ser de 200 g/L a 250 g/L y se debe incorporar antes de la aplicación; las microesferas de vidrio deben fluir libremente de la máquina dosificadora y la retroreflexión debe ser satisfactoria para la señalización, de acuerdo con el numeral 700.5.2.3. (Invias, 2022).

Tipos de microesferas

De acuerdo con su tamaño e índice de refracción, las microesferas de vidrio se clasifican en:

Tipo I de bajo índice de refracción de vidrio reciclado

- Grado A (Tamaño grueso para sembrado, posmezclado)
- Grado B (Tamaño fino para premezclado)

Tipo III de índice de refracción alto

Tipo IV de índice de refracción bajo, vidrio fundido directo

- Grado A (Tamaño grueso para sembrado, posmezclado).
- Grado B (Tamaño fino para sembrado, posmezclado).

3.3 Comparativo de los materiales empleados en la demarcación de la señalización horizontal

Se consolidó la información más relevante encontrada en diversos documentos, con base en esto se generó un cuadro comparativo con los principales materiales que son implementados en la señalización horizontal de cada país (España y Colombia), con el propósito de notar las diferentes características, instrucciones de aplicación y su desempeño ante las diferentes condiciones climáticas.

Tabla 1.

Comparativo de estoperoles



España	Colombia
Estoperoles	
 <p>Rv lenticular. Fuente: (Tecnol, 2022)</p>	 <p>Estoperol. Fuente: (Locanto)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Realizado 100% en caucho reciclado. - Se adapta a cualquier pavimento. - Idóneo para aumentar la seguridad en carriles de bici. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricados en materiales metálicos, cerámicos y de caucho prensado y esmaltado. - Producto duro y de alta resistencia mecánica al impacto y al desgaste. - No cuentan con elementos retrorreflectivos.
<p>Fácil instalación, se requiere la fijación al suelo con pegamento epóxico, taco y tornillo. Presentan buen desempeño bajo todas las condiciones climáticas.</p>	

Tabla 2.

Comparativo de sonorizadores



España	Colombia		
Sonorizadores			
 <p data-bbox="367 569 641 646">Sonorizadores. Fuente: (Gstatic, s.f.)</p>	 <p data-bbox="992 600 1243 678">Sonorizadores . Fuente: (Nsctotal, s.f.).</p>		
<p data-bbox="196 678 795 810">- Alertar al conductor acerca de algo que se encuentra un poco más adelante (peaje, ciclovía, curva pronunciada...)</p>		<p data-bbox="795 678 1421 810">- Puede utilizarse para alertar a los conductores de la presencia de un limitador de velocidad.</p>	
<p data-bbox="196 810 1421 846">Su aplicación puede ser prefabricada o construidos en sitio.</p>			
<p data-bbox="196 846 1421 888">Aptos para todas las condiciones climáticas.</p>			

Tabla 3.

Comparativo de Speed Kidney


España	Colombia		
Speed Kidney			
 <p data-bbox="363 1379 628 1461">Speed kidney. Fuente: (Agencia SINC, 2020)</p>	NA		
<p data-bbox="196 1461 795 1593">- Elaborados en concreto asfáltico tipo A. - No afecta a los autobuses y vehículos de emergencia.</p>		NA	
<p data-bbox="196 1593 795 1713">- Diseñar el contorno del sitio, limpiar el lugar, fresado, pavimentación, compactación y pintura.</p>		NA	
<p data-bbox="196 1713 1421 1753">Aptos para todo tipo de clima.</p>		NA	

Tabla 4.

Comparativo de resalto




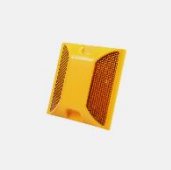
España	Colombia
Resalto	
	
<p style="text-align: center;">Resalto. Fuente: (Fixer, 2020)</p>	<p style="text-align: center;">Resalto. Fuente: (Motor, 2022)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Presentan una amplia gama fabricadas con caucho 100% reciclado - Posee un efecto retrorreflectante 	<ul style="list-style-type: none"> - Logra disminuir la velocidad de vehículos entre un 45% - 76%
<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación del producto, ordenar los reductores en línea recta, perforación y fijación del perno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se construyen en concreto rígido - Se utilizarán bandas sobre el resalto - Se construye una canaleta para permitir el drenaje del agua.
<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a los rayos UV y a la intemperie 	<ul style="list-style-type: none"> -Aptos para cualquier condición climática. Aunque pueden generar empozamiento de agua debido a grandes precipitaciones.

Tabla 5.

Comparativo de tachas

España	Colombia
Tachas	
	
<p style="text-align: center;">Tacha. Fuente: (3M España, 2022)</p>	<p style="text-align: center;">Tacha. Fuente: (Neoland SAS, 2021)</p>
<p>REFLECTIVAS NK-1003 (3M)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Excelente adherencia con el asfalto - Usar en carreteras de alta velocidad y en carreteras con vehículos pesados 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboradas con materiales metálicos y plásticos de alta resistencia. - Poseen material reflectante de vidrio acrílico.
<p>Superficie limpia, determinar la ubicación y distancia de instalación (superficies planas) y aplicar pegamento epóxico.</p>	

España	Colombia
- Presenta resistencia alta para carreteras secas y mojadas, no se pueden colocar en zonas donde pase la quitanieves.	- Son útiles en todas las condiciones climáticas.

Tabla 6.

Comparativo de resalto tipo cojín

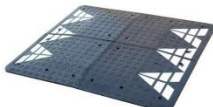
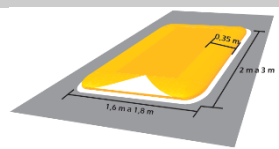


España	Colombia
Resalto tipo cojín	
 <p>Cojín Berlínés. Fuente: (Tecnol URBAN, 2022)</p>	 <p>Resalto tipo cojín, Fuente: (BLOGSPOT, 2022)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Banda de polietileno altamente resistente con base de goma - Resiste 10 Ton - El impacto de vehículo conductor es menor 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuyen la velocidad alrededor de un 20 a 30% - No afectan el sistema de drenaje de la calzada - Sobre ellos se puede circular a una velocidad de 40 Km/h
Limpiar superficie y marcarla, aplicar pegante epóxico e instalar la pieza con pernos.	
Aptos para todas las condiciones climáticas	

Tabla 7.

Comparativo pinturas base agua

España	Colombia
Pinturas Base Agua	
 <p>Pintura base agua. Fuente: (Fábrica de pinturas en Madrid, RALVA, 2020)</p>	 <p>Pintura acrílica base agua. Fuente: (Pinturas Pintuco, 2022)</p>
- No contiene disolventes químicos	- No contiene metales pesados

España	Colombia
<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar en autopistas, pasos de peatón y símbolos - Apropiaada para pavimentos de hormigón - Aplicar con máquina airless, pinta bandas convencionales y rodillos -En condiciones normales (única aplicación) 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta durabilidad y adherencia - Excelente retención de color - Retención de microesferas - No realizar el proceso cuando se prevean lluvias - El producto tiene viscosidad (no se recomienda dilución) Solo se puede aplicar sobre pavimentos rígidos (28 días de construcción)
<p>No son recomendables para ser usadas en climas fríos o muy cálidos (muy sensibles a la temperatura); tienden a cortarse</p>	

Tabla 8.

Pinturas base solvente



España	Colombia
Pinturas Solvente	
	
<p>Pintura base solvente. Fuente: (Visever, 2022)</p>	<p>Pintura base solvente. Fuente: (Sika, 2022)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Apta para la mayoría de superficies - Secado rápido - Económica - Preparar el pavimento, agitar antes de usar. - En condiciones normales una única aplicación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Buena adherencia - No contiene pigmentos a base de cromo y plomo - Alta durabilidad - No realizar el proceso cuando se prevean lluvias - Realizar imprimación para concreto nuevo - Homogenizar Solo se pueden aplicar sobre pavimentos rígidos (28 días de construcción)
<p>Ideales para ser usadas en climas fríos</p>	

Tabla 9.

Comparativo de pinturas plástico en frío





España	Colombia
Pintura plástico en frío	
	
<p>Pintura en frío Ralva. Fuente: (Fábrica de pinturas en Madrid, RALVA, 2018)</p>	<p>Pintura plástico en frío Pintuco . Fuente: (Pinturas Pintuco, 2022)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Dureza y resistencia - Vida útil de 4 a 5 años - Adecuada para todo tipo de pavimento - Se aplican de dos maneras: Aplicación manual Aplicación con máquina - Buen desempeño en todas las condiciones climáticas 	<ul style="list-style-type: none"> - No contiene metales pesados - Antideslizante -Permite aplicaciones especiales (relieve) - Aplicar de manera homogénea - Los disolventes nunca se deben aplicar con el fin de rendir la pintura - Buen desempeño en todas las condiciones climáticas

Tabla 10.

Comparativo de pintura termoplástica

España	Colombia
Termoplásticos	
	
<p>Pintura Termoplástica. Fuente: (Visever, 2022)</p>	<p>Pintura Termoplástica. Fuente: (Pintuco, 2020)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Utilizados para carreteras interurbanas y autovías - Alto espesor de películas - Mayores niveles de visibilidad nocturna 	<ul style="list-style-type: none"> - No utiliza solventes - Durabilidad entre 5 y 8 años - Buena adherencia a los pavimentos

España	Colombia
- Permite una apertura al tráfico en segundos.	
- Diseñado para pavimentos asfálticos. Se aplican por pulverización o extrusión	- Solo se puede aplicar sobre pavimentos rígido y flexibles
	- Realizar validación de la humedad de la superficie
- Los rayos UV no provocan alteraciones sobre la película	- Soportan altas temperaturas y condiciones climáticas adversas
- El material no sufre destrucción por penetración de humedad	
- Buen desempeño frente a diferentes cambios térmicos (180 °C y -5°C)	

Tabla 11.

Comparativo de marcas viales



España	Colombia
Marcas viales estructuradas con resaltos	
	NA
<p>Termoplástico perfilado. Fuente: (Signo Vial, 2015)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Termoplásticos perfilados - Aumenta la reflectividad - Brinda una delineación audible y perceptible por vibración 	NA
<ul style="list-style-type: none"> - Se aplican mediante el extrusor universal (colocan el material sobre el pavimento en la forma y dimensiones deseadas) 	NA
<ul style="list-style-type: none"> - Presentan buen desempeño en ambientes lluviosos 	NA

Tabla 12.*Comparativo cintas prefabricadas*

España	Colombia
Cintas Prefabricada	
 <p data-bbox="331 632 761 663">3M™ Stamark™ 380 ESD Cinta.</p> <p data-bbox="370 674 721 705">Fuente: (3M España, 2022)</p>	NA
<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="212 716 878 789">- Las cintas reflectantes tienen esferas de vidrio (retroreflexión alta) <p data-bbox="212 800 623 831">Aumenta la visibilidad nocturna</p>	NA
<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="212 842 878 873">- Superficie limpia para garantizar su adherencia <li data-bbox="212 884 878 957">- Las cintas vienen listas para instalarse mediante calor o adhesivos 	NA
<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="212 968 878 1083">- Buen desempeño en distintas condiciones climáticas, eficaz en la noche incluso en ambiente lluvioso. 	NA

4. Resultados

Durante la investigación, después de dicha consulta, se consolidó la información más notable con los principales conceptos alternativos que se puedan aplicar en la demarcación de la señalización horizontal. Se pretende que con dicha investigación se puedan implementar nuevos materiales que aún no se usan en Colombia o que presentan mejores características frente a los usados actualmente en el país.

Tal como se mencionó anteriormente, este documento es el resultado de investigaciones de materiales encontrados en España y Colombia. Asimismo, se tuvo en consideración las innovaciones desarrolladas para la demarcación vial en otros países europeos.

Los siguientes materiales fueron seleccionados como los más idóneos, según el estudio en diversos textos referentes al tema, para ser implementados en Colombia.

4.1 Lux solid glass road studs

Figura 2.

Lux solid glass road studs



Nota. Tomado de: “SIGLITE GLASS ROAD STUD – Highway Markings,” Highwaymarkings.ie, 2017.
<http://www.highwaymarkings.ie/siglite-glass-road-stud/>

Los captafaros de cristal macizo son importantes en el tráfico debido a que reflejan la luz entrante de los faros de los automóviles desde todos los ángulos hacia los usuarios de la vía, además, son indestructibles, autolimpiable y libres de mantenimiento. Son elaborados en vidrio de seguridad endurecido, capaces de soportar hasta 80 toneladas. Los captafaros LUX Solid Glass cumplen con las normas europeas NEN-EN 1463-1 y 2 y cuentan con certificado de marcado CE.

La instalación de estas tachas se realiza dentro de la superficie de la carretera por medio de perforación de la carpeta asfáltica para posteriormente fijar la tacha con pegamento bituminoso. Usados en países bajos (Van Wylick, 2019).

4.2 Botón multivista

Figura 3.

Botón multivista



Nota. Tomado de: “BT-MUL | Traficiudad SA de CV,” Traficiudad.com.mx, 2022.
<https://traficiudad.com.mx/?producto=bt-mul>

Diseñado para aplicarse como delimitador o reductores de velocidad en carreteras, calles, avenidas, etc. Contiene esferas reflejantes de color ya sea blanco, ámbar, rojo o azul que ayudan a aumentar la retrorreflectividad, son fabricados en plástico ABS de alta calidad, gracias a su avanzada tecnología son una marca vial de larga duración (no requiere de mantenimiento), Su material es resistente a cualquier atropello, sin desgarrarse ni perder su forma. Se instalan a mano con el pegamento epóxico u otra forma de instalación es con pegamento y fijación adicional por medio de un tornillo. Usados en México y EEUU (Traficiudad, 2022) .

4.3 Botón 135

Figura 4.

Botón 135



Nota. Tomado de: “BACI-ES-135 | Traficiudad SA de CV,” Traficiudad.com.mx, 2022.
<https://traficiudad.com.mx/?producto=baci-es-135>

Es una boya diseñada para brindar seguridad en la capa asfáltica debido a que cuenta con una esfera de vidrio que brinda luminosidad a grandes distancias tanto de noche como de día. Puede ser usado también como delimitador vial. Su instalación se lleva a cabo mediante la aplicación de pegamento epóxico con posibilidad de la implementación de un perno para mejorar su adherencia a la carpeta asfáltica (no requieren de mantenimiento). Usados en México (Traficiudad, 2022).

4.4 Rv lenticular

Figura 5.

Rv lenticular



Nota. Tomado de: “Banda Reductora De Velocidad - RV LENTICULAR,” Tecnol URBAN, 2022.

<https://tecnol.es/shop/tecnol-urban/es/rv-lenticular>

Es un estoperol de alta resistencia fabricado con caucho reciclado que le proporciona características antideslizantes, reduciendo la contaminación acústica y el empozamiento de agua. Posee gran capacidad para adaptarse a cualquier superficie del pavimento. Su instalación es mediante pernos que garantizan una buena adherencia a la capa de rodadura (Tecnol, 2022).

4.5 Speed kidney

Figura 6.

Speed Kidney



Nota. Tomado de: “El Speed Kidney, un nuevo badén más respetuoso con los conductores y vehículos,” Agencia SINC, 2020. <https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-Speed-Kidney-un-nuevo-baden-mas-respetuoso-con-los-conductores-y-vehiculos#:~:text=%E2%80%9CEl%20Speed%20Kidney%20pretende%20acabar,da%C3%B1e%20sus%20veh%C3%ADculos%2C%20y%20segura>

Este dispositivo está conformado por una forma arriñonada en planta y poco abultado en altura, se sitúan de manera longitudinal de tal forma que los vehículos sigan una trayectoria en zigzag muy suave. No generan incomodidad a los pasajeros, no ocasiona daños a los vehículos ni contaminación acústica. Es apto para todas las condiciones climáticas. Su aplicación y construcción es realizada en sitio (fresado, pavimentación y pintura) (García, Moreno, & Romero, 2012).

4.6 Pintura acrílica base solvente

Figura 7.

Pintura acrílica base solvente



Nota. Tomado de: “Catálogo pinturas,” Visever.es, 2022. <https://www.visever.es/catalogos/pinturas/files/assets/basic-html/index.html#8>

Visacryl es una pintura eficiente y versátil para ser aplicada en la demarcación de carreteras dentro de sus ventajas está: el rápido secado, la durabilidad, economía, fácil aplicación (pulverización, airless, o rodillo). Se pueden hacer reflectante mediante la adición de microesferas de vidrio. Ideales para ser usadas en climas fríos debido a que no se cortan ni se congelan (Visever, 2022).

4.7 Termoplástico perfilado

Figura 8.

Termoplástico perfilado



Nota. Tomado de: S. Vial, “Termoplástico perfilado- demarcación vial,” Signo Vial, Dec. 02, 2015.
<https://www.signovial.pe/blog/termoplastico-perfilado-lo-ultimo-en-seguridad-vial/>

El termoplástico perfilado con patrones de forma no continuos dan lugar a una de las grandes ventajas que ofrece este número elevado y significativo de superficies casi verticales con visibilidad en todas las direcciones, dan paso a una reflectividad desde casi cualquier ángulo por lo cual el termoplástico perfilado con adición de microesferas de vidrio se convierte en un material más eficiente para la seguridad vial esto debido al buen comportamiento en climas lluviosos y por el aumento de reflectividad originado por los patrones en los cuales se aplica esta pintura. Son aplicados mediante un extrusor universal. Usado en España (Signo Vial, 2015).

4.8 Cintas prefabricadas (3M™ Stamark™ 380 ESD Cinta)

Figura 9.

Cintas prefabricadas



Nota. Tomado de. “3MTM Stamark™ Serie A380ESD Cinta Prefabricada Alta Durabilidad para Marcaje de Pavimentos | 3M España,” 3m.com.es, 2022. https://www.3m.com.es/3M/es_ES/p/d/v000118226/

Las microesferas cerámicas resistentes a la abrasión y las partículas antideslizantes están unidas a una capa superior de poliuretano duradera, lo cual aumenta la retroreflexión y aumenta la visibilidad, incluso cuando esta mojada en las noches. Reduce los costos de mantenimiento y conservación de las carreteras durante su vida útil, tiene una durabilidad estimada de alrededor de 6-8 años. Su aplicación se realiza mediante calor o por medio de adhesivos (3M España, 2022).

Basados en estos materiales, se realizó una cartilla de recomendación (Véase Anexo A) en la que se encuentra una mayor información para cada material.

5. Conclusiones

La implementación de materiales más duraderos y con mejores características en cuanto a reflexión, luminancia y resistencia a la abrasión, ayuda a brindar mayor seguridad vial, Por lo tanto, una marca vial con estas especificaciones podría traer grandes beneficios para las vías colombianas.

Al momento de determinar qué tipo de material se va a implementar en la señalización vial, se debe limitar ciertos criterios como (climatología, nivel de tránsito, tipo de pavimento) para así seleccionar el tipo de material y/o pintura a emplear más acorde, con el fin de asegurar un mejor desempeño y durabilidad de la señalización.

Una adecuada instalación, siguiendo las pautas establecidas para cada marca vial es vital para la eficiencia, durabilidad y serviciabilidad de la señalización vial.

La señalización horizontal en Colombia en muchos casos no es la adecuada y no es visible por la carencia de marcadores viales retrorreflectantes o pinturas adicionadas con microesferas de vidrio, lo que provoca accidentes de tránsito.

Se describieron las características especiales de las pinturas viales (base agua, base solvente, plástico en frío y termoplásticos), aplicación y requisitos generales de España y Colombia para tener conocimiento de las diferencias que presentan. Para ello se elaboró tablas con base a la información obtenida de los fabricantes de dichas pinturas.

6. Recomendaciones

De acuerdo con lo expuesto a lo largo del desarrollo de los resultados, se evidencia que a mejores materiales aplicados en las vías mayor vida útil se asegura para brindar seguridad a los usuarios; la solución entonces para ello es la utilización de materiales de mayor duración y retroreflectividad, por esto es bueno analizar los nuevos materiales que existen en el mercado, que producen características especiales con mayor vida útil.

Se recomienda estar actualizados con las normativas vigentes no solo a nivel nacional sino mundial.

Se recomienda consultar los costos de los materiales y de su implementación dado que es muy relevante a la hora de estimar si dicha durabilidad ofrecida es factible comparada con los precios de los materiales usados actualmente en la señalización

Referencias Bibliográficas

- 3M España. (2022). *3M™ Stamark™ Serie A380ESD Cinta Prefabricada Alta Durabilidad para Marcaje de Pavimentos*. Obtenido de https://www.3m.com.es/3M/es_ES/p/d/v000118226/
- Agencia SINC. (2020). *El Speed Kidney, un nuevo badén más respetuoso con los conductores y vehículos*. Obtenido de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-Speed-Kidney-un-nuevo-baden-mas-respetuoso-con-los-conductores-y-vehiculos#:~:text=%E2%80%9CEI%20Speed%20Kidney%20p>
- BLOGSPOT. (2022). *Resalto tipo cojin*. Obtenido de https://2.bp.blogspot.com/-PTAxYFfUXE0/WdaTx9m6lWI/AAAAAAAAAXo/4pnAlOytQWYMRtB12IdEtz_kkvbCZe_BwCLcBGAs/s1600/25.%2BResalto%2Btipo%2Bcoj%25C3%25ADn.png
- Burghardt, T., Popp, R., Helmreich, B., Reiter, T., Böhm, G., Pitterle, G., & Artmann, M. (2021). *Visibility of various road markings for machine vision*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00579>
- CCIMA. (s.f.). *El uso de la señalización en la historia*. Obtenido de <https://www.ccimasenalizaciones.pe/aprende-de-senales/282-el-uso-de-la-senalizacion-en-la-historia>
- Contreras, A. M., & Niño, C. D. (2017). *Documento para el diseño e implementación de señalización de acuerdo al manual de señalización vial, adoptado mediante Resolución 1885 de 2015 emitida por el Ministerio de Transporte*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/6140>

En Territorio. (2015). *Especificaciones técnicas para la ejecución de medidas de seguridad vial.*

Obtenido de <https://www.enterritorio.gov.co/web/sites/default/files/2020-11/documentos/13%20APENDICE%20A%20ESPECIFICACIONES%20TECNICAS.pdf>

Fábrica de pinturas en Madrid, RALVA. (2020). *Ecopicril*. Obtenido de <https://www.pinturasralva.com/senalizacion/pinturas-agua/ecopicril/>

Fábrica de pinturas en Madrid,” RALVA . (2018). *5115 - Doscril - RALVA*. Obtenido de <https://www.pinturasralva.com/senalizacion/plasticos-frio-dos-componentes/doscril/>

Fixer. (2020). *Que es un baden reductor de velocidad*. Obtenido de <https://fixer.es/web2020/wp-content/uploads/2020/02/que-es-un-baden-reductor-de-velocidad-fixer.jpg>

García, A., Moreno, A. T., & Romero, M. A. (2012). *Un nuevo dispositivo para calmar el tráfico: Speed Kidney*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/261359285_A_New_Traffic-Calming_Device_Speed_Kidney

Gstatic. (s.f.). *Sonorizadores*. Obtenido de https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR96knBLaHAD-Gam5oMxJ-kdbhFXqdUy6UxR1XJ607Ut2dtCb_ISA5VJFCplAAYJ0YKam0&usqp=CAU

Invias. (2022). *Capitulo 7 Especificaciones generales de construcción de carreteras*. Obtenido de [https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/4570-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras?fbclid=IwAR1HVW8zdZZfu2VoY8WPqqYLKP4hPsBhy-b8UWdBj35x6Ogfug06SjTQfs%20\(accessed%20Jul.%2004,%202022\)](https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/4570-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras?fbclid=IwAR1HVW8zdZZfu2VoY8WPqqYLKP4hPsBhy-b8UWdBj35x6Ogfug06SjTQfs%20(accessed%20Jul.%2004,%202022)).

Locanto. (s.f.). *Estoperoles viales plásticos*. Obtenido de https://bogota.locanto.com.co/ID_5175610652/Estoperoles-viales-plasticos.html

Mechura , V. V., & Delbono, H. L. (2019). *Evaluación de un sistema de demarcación vial*. Obtenido de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/4237/Evaluaci%C3%B3n%20de%20un%20sistema%20de%20demarcaci%C3%B3n%20vial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Transporte de Colombia . (2015). *Manual de señalización* . Bogotá D.C.

Motor. (2022). *Resalto*. Obtenido de https://www.motor.com.co/__export/1650081355203/sites/motor/img/2022/04/15/20220415_095554943_5b8979edbe2ca.jpeg_982300513.jpeg

Neoland SAS. (2021). *“Capta Faros Vial*. Obtenido de <https://neolandsas.co/producto/capta-faros/>

Nsctotal. (s.f.). *Sonorizadores*. Obtenido de <https://files.nsctotal.com.br/s3fs-public/graphql-upload-files/santos%20dumont.jpg.jpg?fiOvb6CMatWQEEoznBiawEOrYTD9un2e>

NTC 1360. (2011). *Pinturas para demarcación de pavimentos. Especificaciones*.

NTC 2072. (2011). *Materiales para demarcación de pavimentos. microesferas de vidrio, granulados antideslizantes y mezclas de ambos*.

NTC 4745. (2021). *Marcadores retroreflectantes elevados para pavimento, fijos y de duración extendida (tachas)*.

NTC 5867. (2011). *Materiales para demarcación de pavimentos. termoplástico retrorreflectivo blanco y amarillo (forma sólida)*.

Pintuco. (2020). *Pinturas Pintuco*. Obtenido de https://pintuco.com.co/buscador-archivos/?sf_paged=30

Pinturas Pintuco. (2022). *Pintura Pintutráfico acrílico base agua*. Obtenido de <https://pintuco.com.co/productos/pintura-pintutrafico-acrilico-base-agua/>

Pinturas Pintuco. (2022). *Pintutráfico plástico en frío en llana*. Obtenido de <https://pintuco.com.ec/productos/pintutrafico-plastico-en-frio-en-llana/>

Pisconte , D. (2021). *Aplicación de mejoras tecnológicas para la reducción del exceso de velocidad en el viaducto de la Av. Angamos Este*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/655020>

Recuenco, P. (2015). *Historia de las señales de tráfico*. Obtenido de <https://www.autofacil.es/senales-trafico/historia-senales-trafico/75527.html>

Signo Vial. (2015). *Termoplástico perfilado, lo último en seguridad vial*. Obtenido de <https://www.signovial.pe/blog/termoplastico-perfilado-lo-ultimo-en-seguridad-vial/>

Sika. (2022). *Demarcacion Vial S*. Obtenido de <https://col.sika.com/es/construccion/pisos/estacionamientos/sika-demarcacionvials.html>

Tecnol. (2022). *Reductor de Velocidad Lenticular*. Obtenido de <https://tecnol.es/shop/tecnol-urban/es/rv-lenticular>

Tecnol URBAN. (2022). *Cojín Berlínés Negro - Reductor de Velocidad*. Obtenido de <https://tecnol.es/shop/tecnol-urban/es/cojin-berlines-reductor>

Traficiudad. (2022). *Botón multivista*. Obtenido de <https://traficiudad.com.mx/?producto=bt-mul>

Traficiudad. (2022). *Botón 135*. Obtenido de <https://traficiudad.com.mx/?producto=baci-es-135>

Van Wylick. (2019). *Lux Solid Glass road studs*. Obtenido de <https://roadstuds.com/products/lux-solid-glass-road-studs>

Vega, Á. (2019). *Tecnología inteligente cordobesa aumenta la seguridad vial con señales lumínicas*. Obtenido de <https://www.efe.com/efe/espana/destacada/tecnologia-inteligente-cordobesa-aumenta-la-seguridad-vial-con-senales-luminicas/10011-4140783>

Velásquez, A. V. (2015). *La necesidad de la implementación de señalización vial para la prevención*. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/07/03/Gomez-Allan.pdf>

Visever. (2022). *Basics*. Obtenido de <https://www.visever.es/catalogos/pinturas/files/assets/basic-html/index.html#8>

Visever. (2022). *Catálogo pinturas*. Obtenido de <https://www.visever.es/catalogos/pinturas/files/assets/basic-html/index.html#8>