PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

"ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TRES TIPOS DE PINTURA DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL MEDIANTE LA PRUEBA DE RETROREFLECTIVIDAD A DIFERENTES DÍAS PARA UN NUEVO PAVIMENTO FLEXIBLE MEZCLA EN CALIENTE"

Autores:

BRYAN PATRICIO RIVADENEIRA YÉPEZ

JOSE DAVID CEVALLOS TRUJILLO

Director:

ING. GUSTAVO YÁNEZ

QUITO, 2021

DEDICATORIA

- *"En esta dedicatoria quisiera comenzar por mis padres, Ernesto Rivadeneira mi ángel de la guarda mi papá, a quien tengo presente en cada instante de mi vida, aunque no está conmigo físicamente vives infinitamente en mi corazón y a mi querida madre Janneth Yépez, pues sin ella no lo hubiese logrado. Por todo su esfuerzo por darme una excelente formación académica sin duda son quienes desde niño han fomentado en mí grandes valores y me ha brindado la oportunidad de recibir los mejores estudios, tanto en la primaria, secundaria, como en esta etapa universitaria. Su apoyo emocional y económico fue vital para culminar con éxito mi carrera".*
- *"Estoy totalmente agradecido por darme la bendición a diario a lo largo de mi vida. Por eso les dedico estas pequeñas palabras en ofrenda por su paciencia y amor en todos estos años de mi formación como ingeniero civil, les amo".*
- *Y como dejar de lado a mi hermano Daniel Rivadeneira que sepa lo mucho que le quiero y hacerle saber que tiene un hermano en quien confiar porque sabe que me preocupo por su bien estar.*

Bryan Rivadeneira

- *El presente trabajo de Titulación lo dedico a mis padres Mauricio y Margoth, mi hermana Andrea, quienes han estado junto a mí por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria que ha dado su fruto el día de hoy con amor, sacrificio, esfuerzo y paciencia en siempre dar lo mejor que han tenido hacia mí.*
- *Quiero dedicar además este trabajo de titulación a mis familiares mis abuelos, tíos, tías y primos quienes siempre me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.*

José David Cevallos

AGRADECIMIENTOS

- *Un agradecimiento a Dios, por ayudarme a cumplir esta gran meta de mi vida. Además, de brindarme su protección estuvo para mí en cada segundo, para escuchar mis angustias y llenarme de ánimo y fortaleza.*
- *– "Quisiera dar las gracias a mi familia entera, mis abuelitos, mis tíos, mis primos por siempre estar para mí en todo momento preguntándome de mis estudios y no dejarme derrumbarme cuando el mundo se me vino encima".*
- *Darle sin duda las gracias a la Arq. Michelle Serrano quien estuvo por varios años a mi lado apoyándome incondicionalmente dándome ánimos, por apoyarme y por motivarme a continuar con la carrera por abrirme los ojos ante la realidad de la vida, por haberme tenido amor paciencia y consideración durante muchos años.*
- *Y a cada uno de mis compañeros que estuvieron en todos estos años de muchas experiencias, novatadas, noches sin dormir, risas, viajes por apoyarnos estudiando en la biblioteca nuestro segundo hogar.*
- *A mi querida gran amiga la Ing. Karina Jácome quien conocí desde el prepo y conectamos con una bonita amistad apoyándonos en los estudios y dándonos unos excelentes consejos y ciertos jalones de orejas y sin duda a mi compañero de tesis, David Cevallos, mi gran amigo. Sin ti, este trabajo no sería lo mismo, tus aportes fueron fundamentales. Nos complementamos perfectamente para lograr con éxito esta tesis, que, aunque nos sacó canas verdes, hoy nos da la mayor de las satisfacciones. Ahora vienen éxitos para los dos y para nuestras familias".*
- *A mis profesores y a las autoridades de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, quienes han demostrado a lo largo de la carrera un nivel compromiso y dedicación admirables, siempre demostrando su conocimiento y experiencia en cada asignatura. A los ingenieros Gustavo Yánez Wilson Cando, y Juan Merizalde, quienes, con su instrucción y seguimiento, ayudaron para concretar un tema de investigación.*

-

Bryan Rivadeneira

- *El agradecimiento a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestro camino, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.*
- *A mi familia total, mis compañeros de carrera, amigos que siempre estuvieron ahí en momentos buenos y malos quienes nos brindamos la mano para no desistir de aquellas situaciones de incertidumbre a lo largo de esta maravillosa etapa de la carrera universitaria en especial a mi amiga Karina Jacome la cual nunca dejo de haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores gracias a su enorme corazón de solidaridad y amor.*
- *A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a toda la Facultad de Ingeniería, a mis profesores en especial al Ing. Gustavo Yánez, Ing. Wilson Cando y Ing. Juan Merizalde quienes estuvieron en la etapa final, la enseñanza de sus valiosos conocimientos hizo que pueda culminar el proceso, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.*
- *A la empresa Dakma Traffic y Naranjo López Constructores quienes con su dirección, conocimiento y colaboración permitieron el desarrollo de este trabajo.*
- *A Dayanara, quien me acompaño en estos últimos años considero que en el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas, a través de sus consejos, de su amor, y paciencia me ayudo a concluir esta meta.*
- *A mi mejor amigo y compañero de tesis Bryan a quien le debo su apoyo incondicional, sin pedir nada a cambio y sin dudar de ayudar a cualquier persona un gracias totales por tu amistad que sé que siempre me vas a apoyar, cuidar y aconsejar en todo.*

José David Cevallos.

RESUMEN

El estado actual de la red vial en el Ecuador durante los últimos años presenta una notoria falta de señalización vial, obteniendo un deficiente entorno integral de visibilidad óptica especialmente en horas de la noche al no constar con una clara delimitación y las señales de tránsito reglamentarias de guiamiento de la calzada en todas las vías del país, por tal razón existe un alto porcentaje de mortalidad en accidentes de tránsito cuyos valores han sido similares año tras año y no han variado pese a las nuevas innovaciones en la señalización vial. Por ello, la seguridad vial a mano de la señalización horizontal busca reducir aquellos porcentajes con la implementación de mejoras en los materiales y procesos de aplicación de marcas viales como la duración de la capa de pintura sobre la calzada logrando así elevar la calidad en seguridad vial salvaguardando la vida humana tanto para el conductor y el peatón que son los principales agentes de uso de las carreteras del estado ecuatoriano.

Por tal motivo, el presente trabajo de disertación se enfocó en determinar a qué periodo de tiempo se debe implementar la capa de pintura de tráfico con estándares de la norma INEN sobre un nuevo pavimento flexible mezcla en caliente. Con consecuencia de ayudar a empresas públicas o privadas ecuatorianas especializadas en señalización vial al brindar un mejor servicio de implementación de pinturas de tráfico al garantizar calidad y duración de una nueva capa de pintura o marca vial en pavimentos nuevos a lo largo de toda la red vial estatal.

Para ello se desarrolló un análisis de la aplicación de tres diferentes tipos de pintura de tráfico, base agua, base solvente y base termoplástica sobre un pavimento flexible elaborando un total de 72 muestras in-situ de briquetas de asfalto, elaborando un molde para los días de análisis como son: 1-3-7-14-21 y 28 días. Cada muestra se evaluó con la prueba de retroreflectividad dentro de un periodo de 7 días luego de ser pintadas.

Obteniendo valores de parámetros de retroreflectividad de cada muestra, se ha logrado determinar el tiempo óptimo de la aplicación de marcas viales de señalización horizontal para un pavimento flexible nuevo.

ABSTRACT

Currently, the state of the road network in Ecuador presents a lack of road signs. This causes a deficient of optical visibility. The most impact is evident at night, because all the roads around the country do not have a clear delimitation and the regulatory traffic signs of guidance. For this reason, there is a high percentage of mortality in traffic accidents. The statistics of mortality index have been similar year after year and have not changed despite of new innovations in road signs. Therefore, road safety at the hand of horizontal signage seeks to reduce those percentages by the implementation of improvements in the materials and processes of application of road markings. One of the improvements is the duration of the paint layer on the road. Thus, achieving a higher quality in road safety. Safeguarding human life for both the driver and the pedestrian who are the main agents of use of the Ecuadorian's roads.

For this reason, the present dissertation work is focused on determining the period of time to implement the traffic paint layer according to INEN standards by creating a new flexible hot mix pavement. In this way, ecuadorian public or private companies specialized in road marking can provide a better service for the implementation of traffic paints. Also, these companies can offer guarantee, quality and duration of a new layer of paint or road marking on new pavements throughout the entire road network across the country.

To achieve this goal, an analysis of the application of three different types of traffic paint such as water-based, solvent-based and thermoplastic based was developed. Then, an elaboration of 72 in-situ samples of asphalt briquettes was carried on. A mold was used for the days of analysis: 1-3-7-14-21 and 28. Each sample was evaluated with the retroreflectivity test within a period of 7 days after being painted.

The values of retroreflectivity parameters of each sample were obtained. By using these results, it has been possible to determine the optimal time of the application of road markings for a new flexible pavement.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I 1

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Planteamiento del problema. 1

1.2. Justificación 2

1.3. Objetivos 3

1.3.1. Objetivo general 3

1.3.2. Objetivos específicos 3

1.4. Hipótesis 3

1.5. Antecedentes 4

CAPITULO II 5

2. MARCO TEÓRICO 5

2.1. Señalización horizontal 5

2.1.1. Aspectos generales de señalización Horizontal. 5

2.1.2. Uso 5

2.1.3. Fenómenos ópticos de la luz 6

2.2. Retroreflexión en la señalización horizontal 8

2.2.1. Aspectos generales de retroreflectividad. 8

2.2.2. Parámetros geométricos de retroreflectividad. 9

2.2.3. Factores que influyen en la retrorreflexión. 10

2.2.4. Factores externos que influyen en la retrorreflexión. 10

2.2.5. Microesferas. 11

2.3. Pintura de trafico 13

2.3.1. Aspectos importantes de pintura de tráfico en pavimento flexible caliente. . 13

2.3.2. Propiedades y Características de los tres tipos de pintura de tráfico. 14

2.4. Pavimento flexible mezcla en caliente 16

2.4.1. Pavimento flexible mezcla caliente (Método Marshall) 16

2.4.2. Requerimientos del ensayo Marshall para tráfico muy pesado: 17

CAPITULO III 18

3. DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE MEZCLA EN CALIENTE 18

3.1. Ubicación planta asfáltica 18
3.2. Procedimiento 19
3.3. Granulometría 19
3.4. Gravedad Especifica 24
3.4.1. Gravedad Específica Bulk de la mezcla de agregados: 27
3.4.2. Gravedad Específica Máxima Teórica de la mezcla de agregados (i): 27
3.4.3. Gravedad Específica Máxima Medida de la mezcla asfáltica, Método RICE, Norma de ensayo: ASTM – 2041 (h) 28
3.4.4. Gravedad Específica Aparente de la mezcla de agregados: 29
3.4.5. Peso Específico Efectivo 29
3.5. Ensayos complementarios 30
3.6. Asfalto 33
3.7. Mezcla 33
3.7.1. Diagramas de la Rehabilitación integral de la estructura del pavimento 36

CAPITULO IV 39

4. PROCEDIMIENTO, MATERIALES Y EQUIPOS 39

4.1. Molde de Acero 39
4.1.1. Preparación de molde 39
4.2. Mezcla Asfáltica 40
4.2.1. Compactación Mezcla Asfáltica 41
4.3. Corte de muestras 42
4.4. Limpieza de muestras 43
4.5. Aplicación pintura 43
4.5.1. Pintura base termoplástica 43
4.5.2. Pintura base solvente y base agua 45
4.6. Medición Retroreflectividad 47

CAPITULO V 48

5. ANALISIS DE RESULTADOS 48

5.1. Resultados prueba de retroreflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ 48
5.1.1. Reflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ Pintura Base Termoplástica 48
5.1.2. Reflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ Pintura Base Solvente 49

5.1.3. Reflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ Pintura Base Agua 50
5.2. Resultado Día 1 prueba Retroreflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ con 3 tipos de pintura. 51
5.3. Resultado Día 3 prueba Retroreflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ con 3 tipos de pintura. 52
5.4. Resultado Día 7 prueba Retroreflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ con 3 tipos de pintura. 53
5.5. Resultado Día 14 prueba Retroreflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ con 3 tipos de pintura. 54
5.6. Resultado Día 21 prueba Retroreflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ con 3 tipos de pintura. 55
5.7. Resultado Día 28 prueba Retroreflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ con 3 tipos de pintura. 56
5.8. Histograma Retroreflectividad Promedio con los 3 tipos de pintura en $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ 58
5.9. Análisis costo beneficio 59
CAPITULO VI 62
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 62
6.1. Conclusiones 62
6.2. Recomendaciones 64
BIBLIOGRAFIA 68
ANEXOS 70

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Retroreflexión de la luz Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014) *6*

Figura 2-2 Reflexión difusa Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014) *7*

Figura 2-3 Reflexión especular Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014) *7*

Figura 2-4 Geometría retroreflectividad. Adoptado (Boily & Tremblay, 2014) *9*

Figura 2-5 Microesfera de vidrio presionada entre 40% y 60% de profundidad. Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014) *10*

Figura 2-6 Retrorreflexión en clima lluvioso. Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014) *11*

Figura 2-7 Microesferas poco hundidas, perfectamente adheridas, muy hundidas. (Vélez & Villacís , 2015) *12*

Figura 2-8 Especificaciones microesferas tipo I adaptado de (STdrive del Ecuador S.A, 2019) *12*

Figura 2-9 Especificaciones microesferas tipo III adaptado de (STdrive del Ecuador S.A, 2019) *13*

Figura 2-10 Representación señalización pintura blanca y amarilla. Adaptado de (Comunicaciones, 2011) *13*

Figura 2-11 Tipos de Pinturas de Tráfico (Base agua - Base solvente - Termoplástica). Fuente: (Señaliza, 2021) *15*

Figura 3-1 Ubicación planta asfáltica Naranjo López. Fuente: (Google, 2021) *18*

Figura 3-2 Diseño de Mezcla Asfáltica *34*

Figura 3-3 Densidad bulk VS % de asfalto *36*

Figura 3-4 Estabilidad VS % de asfalto *36*

Figura 3-5 % de vacíos VS % de asfalto *37*

Figura 3-6 % De Vacíos de Agregado Mineral VS % de asfalto *37*

Figura 3-7 Flujo VS % de asfalto *38*

Figura 3-8 % V.F.A. VS % asfalto *38*

Figura 4-1 Molde Acero 6mm *39*

Figura 4-2 Ensamblaje molde Acero *39*

Figura 4-3 Colocación desengrasante – diésel *40*

Figura 4-4 Tendido mezcla asfáltica *41*

Figura 4-5 Compactación mezcla asfáltica en moldes *41*

Figura 4-6 Timbrado y Cortado muestras *42*

Figura 4-7 Limpieza de muestras a presión de agua *43*

Figura 4-8 Temperatura de aplicación y máquina de pintado 44
Figura 4-9 Microesferas tipo I y III Y Aplicación pintura en las muestras 45
Figura 4-10 Colocación pintura base Agua 46
Figura 4-11 Colocación pintura base Solvente 46
Figura 4-12 Muestras pintadas con los 3 tipos de Pintura (Agua-Solvente-Termoplástica) 46
Figura 4-13 Dispositivo medición Retroreflectividad 47
Figura 5-1 Histograma resultado día 1 51
Figura 5-2 Histograma resultado día 3 52
Figura 5-3 Histograma resultado día 7 53
Figura 5-4 Histograma resultado día 14 54
Figura 5-5 Histograma resultado día 21 55
Figura 5-6 Histograma resultado día 28 56
Figura 5-7 Histograma retroreflectividad promedio con los 3 tipos de pintura 58
Figura 5-8 Análisis de precio unitario pintura base Agua 59
Figura 5-9 Análisis de precio unitario pintura base solvente 60
Figura 5-10 Análisis de precio unitario pintura base termoplástica 61
Figura 6-1 Histograma Retroreflectividad pintura base solvente 62
Figura 6-2 Histograma Retroreflectividad pintura base agua 63
Figura 6-3 Histograma Retroreflectividad pintura base termoplástica 63
Figura 6-4 Exudación de asfalto sobre la capa de pintura en muestras pintadas 65
Figura 6-5 Comportamiento pintura termoplástica 66
Figura 6-6 Espesor recomendado capa termoplástico 66
Figura 6-7 Espesor recomendado base solvente y agua 67

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3-1 Gravedad específica Bulk 27
Ecuación 3-2 Gravedad Específica Máxima Teórica 27
Ecuación 3-3 Gravedad Específica Aparente 29
Ecuación 3-4 Peso específico efectivo 29

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Niveles mínimos de retrorreflexión en pintura base Solvente y Agua sobre pavimento flexible (mcd/lux-m2) 8

Tabla 2-2 Niveles mínimos de retrorreflexión en pintura base Termoplástico sobre pavimento flexible (mcd/lux-m2) 9

Tabla 2-3 Requerimientos mínimos y máximos ensayo Marshall 17

Tabla 3-1 Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada (Tamaño Máximo Nominal 3/4") 19

Tabla 3-2 Granulometría Agregado Grueso (3/4") 20

Tabla 3-3 Granulometría Agregado Medio (1/2") 21

Tabla 3-4 Granulometría Agregado Fino (Arena) 22

Tabla 3-5 Graduación del material (% que pasa) 23

Tabla 3-6 Peso Específico Agregado Grueso 3/4" 24

Tabla 3-7 Peso Específico Agregado Mediano 1/2" 25

Tabla 3-8 Peso Específico Agregado Fino (Arena) 26

Tabla 3-9 Gravedad Específica de los materiales 27

Tabla 3-10 Gravedad específica máxima, método RICE 28

Tabla 3-11 Peso Volumétrico Agregado (Grueso - Medio - Fino) 30

Tabla 3-12 Equivalente de Arena 31

Tabla 3-13 Ensayos Complementarios 32

Tabla 3-14 Resultados ensayos complementarios 33

Tabla 3-15 Propiedades Carpeta Asfáltica Tamaño 3/4" 35

Tabla 5-1 Reflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ Pintura Base Termoplástica 48

Tabla 5-2 Reflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ Pintura Base Solvente 49

Tabla 5-3 Reflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ Pintura Base Agua 50

Tabla 6-1 Resumen costo beneficio - precio unitario, desempeño, vida útil 64

INDICE ANEXOS

ANEXO 1 *Informe de Resultados AC-20 Refinería de Esmeraldas* *70*

ANEXO 2 *Ficha técnica página 1 y 2 Pintura termoplástica (Pintuco Colombia S.A., 2020)*..... *71*

ANEXO 3 *Ficha técnica página 1 y 2 Promar Traffic Base Acrylico (Sherwin-Williams)* *73*

ANEXO 4 *Ficha técnica página 1 y 2 Promar Traffic Acrílica Acuosa (Sherwin-Williams)* *75*

ANEXO 5 *Ficha técnica Trazador de líneas LineLazer V 200HS (Graco Inc, s.f.)*..... *77*

ANEXO 6 *Ficha técnica Máquina de marcado de carreteras termoplástica (Jining Furuide Machinery Manufacturing Co., Ltd., s.f.)*..... *78*

ANEXO 7 *Acta de entrega Préstamo de equipo Retroreflectometro*..... *79*

ANEXO 8 *Ficha técnica Retrorreflexión de marcado Zehntner ZRM 6006 RL-Qd (Screening Eagle Technologies , s.f.)*..... *80*

ANEXO 9 *Medición retroreflectividad Día 1* *81*

ANEXO 10 *Medición retroreflectividad Día 3* *84*

ANEXO 11 *Medición retroreflectividad Día 7* *87*

ANEXO 12 *Medición retroreflectividad Día 14* *90*

ANEXO 13 *Medición retroreflectividad Día 21* *93*

ANEXO 14 *Medición retroreflectividad Día 28* *96*

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema.

Se conoce que en el proceso de construcción de una vía y su infraestructura, existe la intervención de la seguridad vial la que necesita ser implementada en sus fases finales, la implementación de señalización horizontal tal como la demarcación horizontal, permite al conductor y al peatón la visualización e identificación de distintos tipos de limitaciones que demarcan la calzada, la colocación de pintura de tráfico ha generado problemas a los constructores y contratistas en implementar la pintura de tráfico en pavimentos flexibles mezclas en caliente, obteniendo resultados de características bajas como la retroreflectividad emitida por la pintura de tráfico y perdida de garantía de calidad proporcionada por los constructores y contratistas en los contratos preestablecidos, basados en requisitos mínimos de normas existentes por entidades reguladoras e institutos de normalización.

Inclusive hay obras de ingeniería como son los aeropuertos en donde no es posible tener un cierre de la autopista para la pavimentación y la aplicación de la pintura de señalización horizontal es por este motivo que se genere un análisis del tiempo necesario para aplicar la pintura que representa de gran utilidad y como consecuente de una guía de un documento el cual se obtendrán mejores resultados en la calidad y la duración de la pintura aplicada en el pavimento nuevo evitando la repetida colocación de una nueva capa de pintura en un tiempo menor a su vida útil y como consecuencia garantizando mayor calidad en las obras de infraestructura vial.

1.2. Justificación

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) es la institución encargada de regular y controlar cada uno de los procesos vinculados a la seguridad y construcción de las vías de todo el Ecuador. Brindando seguridad a cada uno de los usuarios, además uno de sus propósitos principales es generar un ambiente de seguridad y confianza a los conductores y peatones al circular por la calzada, la forma de hacerlo es creando, ampliando y mejorando las carreteras de manera que sean eficientes, eficaces con consecuencia segura y para aquello se necesita la implementación de señalización horizontal al finalizar el proyecto ya que permite circular de manera segura previniendo un sin número de accidentes de tránsito delimitando los carriles de tráfico como también, el ancho de carril sin dejar de lado la importancia que tiene una señalización horizontal mucho más en la noche por su reflectividad ya que permite visualizar la calzada delimitada evitando siniestros en las vías, autopistas, carreteras del Ecuador, esto se logra mediante el uso correcto de microesferas de vidrio que se añade a la pintura de tráfico permitiendo la reflectancia de la demarcación vial a la vista del conductor en movimiento por la calzada.

En el artículo 319 del Reglamento a la ley de Transporte terrestre y seguridad vial año 2016 menciona que una señal de tránsito debe ser integral al entorno y al uso exclusivo de la vía con el objetivo principal de identificar las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones como se indica en ellas, por cada uno de los usuarios tanto conductor como peatón.

Tomando en consideración la falta de documentos en el Ecuador sobre la aplicación de señalización horizontal en una nueva carpeta asfáltica, se quiere en la presente disertación de grado, realizar una comparación de tres tipos de pinturas como son: a base agua, solvente y termoplástica siendo estas usadas en obras de infraestructura vial, con la finalidad de obtener una mayor garantía de vida útil de una capa de pintura de demarcación horizontal sobre una nueva carpeta asfáltica en caliente, mediante el uso de la prueba de retroreflectividad se respaldará el tiempo mínimo a diferentes días de la colocación de la pintura en la carpeta asfáltica logrando la habilitación del tráfico en la vía según la especificaciones establecidas en las fichas técnicas de las pinturas de tráfico.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Demostrar el tiempo óptimo para la aplicación de tres tipos de pintura de tráfico como son: a base agua, solvente y termoplástica mediante la prueba de retroreflectividad en un nuevo pavimento flexible mezcla en caliente.

1.3.2. Objetivos específicos

- Medir la retroreflectividad de diferentes tipos de pintura sobre un nuevo pavimento flexible caliente basado en el diseño utilizado de la reconstrucción vial del tramo "Y" de Papallacta – "Y" de Baeza, en la red vial estatal E-20, ubicada en la provincia del Napo, cumpliendo la normativa del MTOP para la construcción de caminos y puentes.
- Comparar la retroreflectividad de los diferentes tipos de pintura con un muestreo de 72 briquetas de pavimento flexible, 12 briquetas por cada tipo de pintura en relación al tiempo establecido que serán a 24 horas, 3, 7, 14, 21 y 31 días aplicando la capa de pintura y microesfera cumpliendo la normativa NTE INEN 1042:2009 en cada muestra, garantizando la seguridad y calidad en la aplicación de señalización horizontal en una red vial estatal.

1.4. Hipótesis

La aplicación de pintura base Agua y base Solvente cumple con el criterio de desempeño mínimos de retroreflectividad retomando como valor inicial de 250 $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ y para pintura base Termoplástica el desempeño mínimo inicial es de 400 $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ de rendimiento de establecidos en la norma INEN-1042 para un pavimento flexible mezcla en caliente utilizando pintura color blanco para los 3 tipos.

1.5. Antecedentes

Del análisis correspondiente de las investigaciones previas obtenidas, nuestro trabajo investigativo tomará como referencia los estudios en relación a la Seguridad vial y Señalización horizontal referenciando la aplicación de pintura de tráfico en pavimentos flexibles de nuestro país, como es la investigación realizada por estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la cual exponen la relación que existe entre la señalización horizontal y la seguridad vial dentro de la se hace una afirmación la cual indica "Las líneas de demarcación con pintura en frío que se apliquen sobre concreto asfáltico deberán ser pintadas como mínimo treinta (30) días después de construida la carpeta de rodadura. Cuando por circunstancias especiales se requiera realizar la demarcación antes de dicho término, ésta deberá realizarse aplicando un espesor húmedo igual a la mitad del especificado para la pintura definitiva y se deberá colocar aquella dentro de los ocho (8) días siguientes." (Guerrero Godoy, 2019)

Continuando con nuestro análisis se encontró por parte de la empresa privada ST drive del Ecuador S.A El método a seguir para la medición de reflectividad la Normativa NTE INEN 1042 cita que debe regirse al estándar ASTM D6359, el cual fue derogado y el que lo reemplaza es el Estándar ASTM D7585 D7585M-10. (STdrive del Ecuador S.A, 2019) La investigación hace referencia el método de medición de retroreflectividad basada en las normas estándares de medición de la retroreflectividad para tipos de pinturas aprobadas por normas en nuestro país con vinculación de normas internacionales.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1.Señalización horizontal

2.1.1. Aspectos generales de señalización Horizontal.

La señalización horizontal es la unión de varios dispositivos de control y regulación del orden vehicular con el propósito de prevenir situaciones futuras de peligro alertando con un mensaje visiblemente claro al conductor quien utiliza la red vial para movilizarse de un punto a otro, de manera que para lograr el objetivo la señalización horizontal se conforma no solo de la demarcación vial que son las marcas lineales de perspectiva geométrica y simbológica aplicadas sobre la calzada que se lo identifica por el color y reflectancia como una señal de orden y respeto, también existen dispositivos de canalización vehicular tal como tachas e hitos reflectivos que son colocados a nivel de la superficie de rodadura.

2.1.2. Uso

Las marcas colocadas sobre la carpeta asfáltica se denominan también como señalización horizontal. Es importante mencionar que previo a la apertura al tráfico de la calzada, debe verificarse todos los elementos integrados dentro del proyecto.

El uso de las demarcaciones debe estar apoyado en estudios realizados por profesionales con experiencia en el campo en la elaboración de planos detallados donde se van a ubicar las demarcaciones y todos los elementos que intervienen en la Ingeniería de Tránsito.

Cabe mencionar la necesidad de acudir al lugar del proyecto para hacer un recorrido de la vía y tomar la decisión de qué tipo de material es el adecuado para soportar diferentes tipos de condiciones climáticas y que permita tener calidad y duración en cuanto a la demarcación horizontal en la calzada ya que dependerá de las características del material, el tipo de sustrato sobre el cual se aplica, tipo y cantidad de tránsito en el entorno a la vía. (Comunicaciones, 2011, pág. 21)

2.1.3. Fenómenos ópticos de la luz

Cuando un conductor transita por la carretera y se acerca la noche la intensidad de los rayos de sol es baja casi nula, hace uso de los focos delanteros del automotor lo que permite tener una mejor visión por donde se maneja y facilita el poder mirar las marcas de señalización horizontal en las cuales se ve el reflejo por la luz emitida por los faros generando un fenómeno óptico de luz siendo difuso, especular o un efecto retroreflejado.

A continuación, se dará una descripción de dichos fenómenos ópticos.

2.1.3.1. Retroreflexión de la luz

Para cumplir el fenómeno de retroreflexión se debe considerar que uno de los principales factores es la microesfera de vidrio quien cumple la función de reflectar el destello de luz proyectada por las luces incandescentes de los faros delanteros del vehículo con suficiente claridad y fuerza al ojo del conductor en una solo dirección el destello de luz.



Figura 2-1 Retroreflexión de la luz Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014)

2.1.3.2. Reflexión difusa de la luz

Si la superficie de la demarcación horizontal es irregular, el destello de luz que se proyecta desde el vehículo al elemento reflectante no podrá reflejar en una sola dirección, viéndose afectado al dispersarse la luz proyectada en varias direcciones y en consecuencia el conductor puede perder visibilidad de la demarcación en horario nocturno.

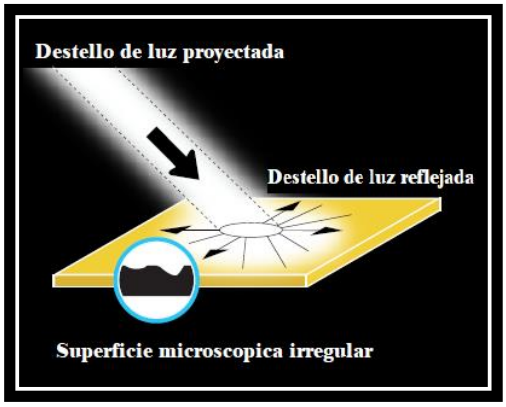


Figura 2-2 Reflexión difusa Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014)

2.1.3.3. Reflexión Especular de la luz

Se conoce como reflexión especular al fenómeno que ocurre cuando el destello de luz reflejada toma una dirección contraria al destello de luz proyectada, el ángulo derecho es igual al ángulo izquierdo respecto a la vertical, dicho fenómeno también depende del tipo de material de uso en la marca vial y superficies lisas.

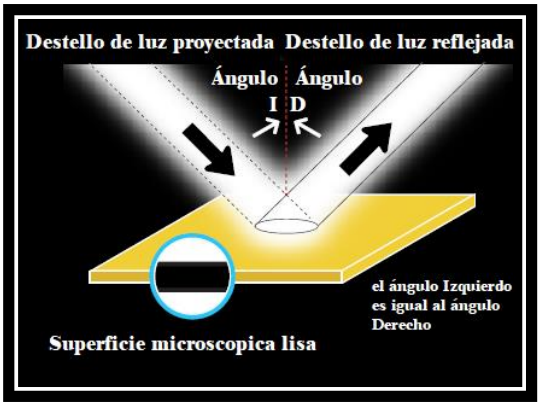


Figura 2-3 Reflexión especular Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014)

2.2.Retroreflexión en la señalización horizontal

2.2.1. Aspectos generales de retroreflectividad.

La retroreflectividad también conocida con diferente terminología hace referencia a retro reflectivo o fluorescente, términos que llevan de la mano con la luminosidad reflejada en una señal de tráfico con la ayuda de las luces de los vehículos cuando ya existe baja luz del día, este material se encuentra impregnado en la señal vial cumpliendo los estándares de seguridad que brindan los materiales de señalización vial al usuario que lo visibiliza al momento de conducir su vehículo por red vial, en caso de la pintura de tráfico esta reflectividad se la incluye a su vez en el proceso de aplicación de la pintura sobre el pavimento.

TABLA 1. Requisitos de la pintura para señalamiento de tráfico

REQUISITOS	Unidad	TIPO 1		TIPO 2		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Propiedades de las pinturas líquidas						
Finura de dispersión	µm (U. Herman)	50 (4)	- (-)	50 (4)	- (-)	NTE INEN 1 007
Densidad	g/cm^3	1,4	1,7	1,2	1,5	NTE INEN 1 009
Viscosidad	Pa.s (U. Krebs)	0,881 (70)	1,070 (85)	0,881 (70)	1,070 (85)	NTE INEN 1 013
$W_{Sólidos\ por\ peso}$	%	70	-	60	-	NTE INEN 1 024
Φ Sólidos por volumen	%	60	-	50	-	NTE INEN 2 092
$W_{Tamaño\ de\ partículas\ y\ natas\ (retenidas\ en\ una\ malla\ 45\ µm)}$	%	-	1,0	-	1,0	NTE INEN 1 613
Poder cubritivo (No de cuña 3,5)	mm	-	23	-	23	NTE INEN 1 010
Propiedades y apariencia de la película aplicada						
Adherencia en cruz en lámina de acero a 152,4 µm ***	-	3ª	-	3ª	-	NTE INEN 1 006
Relación de sangrado	-	0,90	-	0,90		NTE INEN 1 614
Tiempo de secado al rodamiento (no pick up)	minutos	-	30	-	20	NTE INEN 1 035
Resistencia a la abrasión por caída de arena a un espesor seco de 25,4 µm ***	litros	100	-	100	-	NTE INEN 1 611
Reflactancia diurna (pintura blanca)	%	80	-	80	-	ASTM E 1347
Reflactancia diurna (pintura amarilla)	%	50	-	50	-	ASTM E 1347
Retroreflectancia * Amarilla Blanca	mcd/m^2/lx	Inicial 200 250	Final** 80 100	Inicial 200 250	Final** 80 100	ASTM D 4061
Cubrimiento (plato 3,5) (pintura blanca)	mm	28	-	18	-	NTE INEN 1 010
Cubrimiento (plato 3,5) (pintura amarilla)	mm	-	-	23	-	NTE INEN 1 010
Cubrimiento (plato 7,0) (pintura amarilla)	mm	23	-	-	-	NTE INEN 1 010

Tabla 2-1 Niveles mínimos de retrorreflexión en pintura base Solvente y Agua sobre pavimento flexible (mcd/lux-m2)

Fuente: Tabla 1 NTE - INEN 1042:2009

TABLA 6. Retrorreflectividad inicial característica

Rendimiento de Retrorreflectividad	Blanco	Amarillo
Seco (ASTM E1710)	400	325
Recuperación de estado húmedo	350	275
Humedad continua	100	75

Tabla 2-2 Niveles mínimos de retrorreflexión en pintura base Termoplástico sobre pavimento flexible (mcd/lux-m2)

Fuente: Tabla 6 NTE – INEN 1042:2009

2.2.2. Parámetros geométricos de retroreflectividad.

Los parámetros geométricos especificados en la norma NTE – INEN 2957 hace referencia a la medición de la retroreflectividad que emite la pintura de tráfico sobre la calzada al conductor con la ayuda de las luces delanteras del vehículo al iluminar la demarcación vial. El ángulo de observación y el ángulo de iluminación nos ayuda a entender que a una distancia proyectada a 30 metros de longitud el funcionamiento de la retroreflectividad al ser observado desde un vehículo a la calzada de tal manera que un valor obtenido mediante la prueba de retroreflectividad será el coeficiente de luminancia.

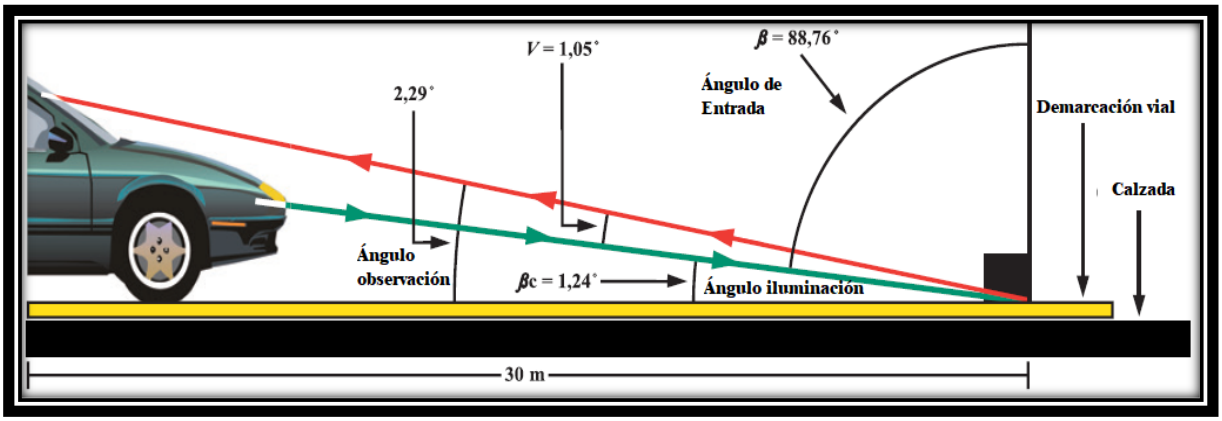


Figura 2-4 Geometría retroreflectividad. Adoptado (Boily & Tremblay, 2014)

2.2.3. Factores que influyen en la retrorreflexión.

La mayor cantidad de microesferas de vidrio debe tener la superficie 100% esférica, al no tener este factor antes mencionado se perderá el fenómeno de la retroreflectividad debido a no permitir un reflejo de luz uniforme.

Otro factor es el hundimiento de microesferas en la pintura, se considera en condiciones óptimas cuando el 40% - 60% de su diámetro se incorpora a la pintura de tráfico, tomando en consideración la cantidad de microesferas añadidas a la capa de pintura.

Inclusive si se desea garantizar una buena retroreflexión debemos considerar una granulometría de microesferas uniforme para evitar el hundimiento de estas en la capa de pintura, es necesario recalcar que se tendrá un desperdicio de microesferas con una granulometría de tamaño mayor al colocado en la capa de pintura debido a la abrasión que genera un neumático sobre la marca horizontal en el pavimiento.

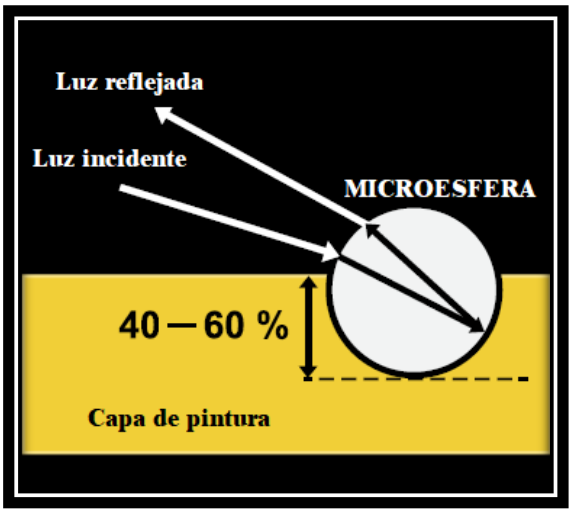


Figura 2-5 Microesfera de vidrio presionada entre 40% y 60% de profundidad. Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014)

2.2.4. Factores externos que influyen en la retrorreflexión.

Un efecto muy importante para considerar es la lluvia el mismo que actúa sobre el nivel de retrorreflexión afectándose directamente. Como puede verse en la figura 3, Incluso una ligera llovizna disminuye la retrorreflexión, porque las microesferas de vidrio se cubren con una fina capa de agua, y la luz de los focos delanteros del auto sufre un reflejo difuso al

entrar en contacto con el agua, por lo que pocos rayos incidentes penetran en las microesferas de vidrio reflejando así en la vista humana afectando a la conducción del vehículo al orientarse sobre su carril de circulación. Para intentar contrarrestar este fenómeno, los fabricantes de microesferas de vidrio han diseñado microesferas con un diámetro de 2 a 4 veces mayor al de las normales. (Boily & Tremblay, 2014)

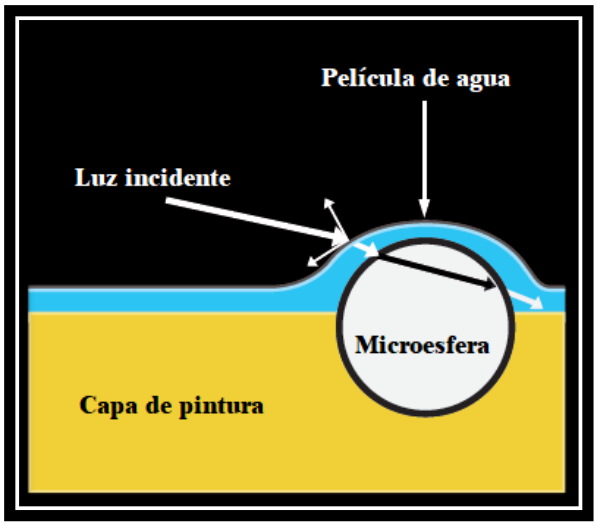


Figura 2-6 Retrorreflexión en clima lluvioso. Adaptado de (Boily & Tremblay, 2014)

2.2.5. Microesferas.

Por qué se da el uso de microesferas de vidrio dentro de la señalización horizontal resulta importante dentro de la seguridad vial, ya que el conductor al caer la noche su alcance de visión es menor que en el día y por este motivo hace uso de los faros del vehículo iluminando así la calzada, con la ayuda de las microesferas colocadas sobre la pintura de tráfico logran la propiedad de retroreflectar la luz a la pintura vial, dándole la visibilidad y retroreflectividad requerida por las normativas. (STdrive del Ecuador S.A, 2019).

Entre los beneficios más importantes a tener en cuenta, son el aumento de la duración de la pintura (hasta 2 veces más) y la reducción de accidentes en un 22%, esto debido a la retroreflectividad que proporcionan en la demarcación vial (Vial, 2019).

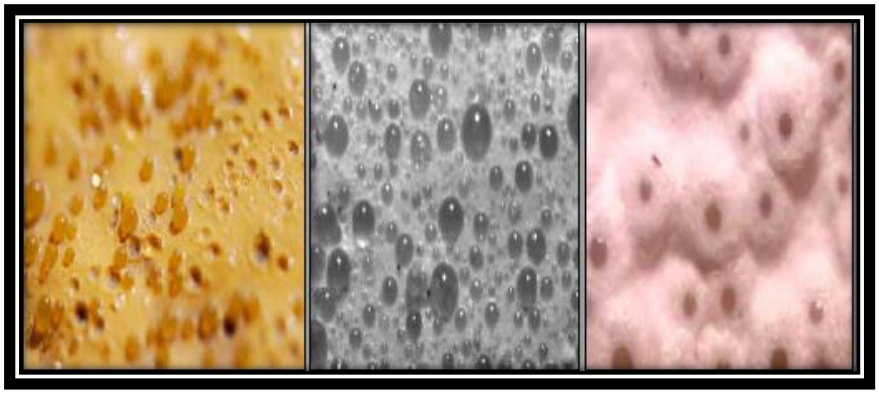


Figura 2-7 Microesferas poco hundidas, perfectamente adheridas, muy hundidas. (Vélez & Villacís , 2015)

En el mercado ecuatoriano existen 3 tipos de microesferas de vidrio:

1. Intermix: Utilizada principalmente para el material termoplástico.

2. Premix: Estas microesferas ya vienen incorporadas en las pinturas de tráfico.

3. Drop on: Se aplican por aspersión sobre la pintura y pueden ser:

- **Drop on Tipo I:** Utilizado para señalización en carreteras. Pueden ser microesferas de vidrio de flotación o adherencia.

Microesferas Tipo I	Especificaciones
Granulometría	Entre 40 a 850 micrones
Redondez	Mínimo el 80%
Índice de refracción	Mínimo 1,5
Gravedad específica	Aproximadamente 2,5
Color/Claridad	Las microesferas deben ser transparentes, sin color y libres de residuos de carbón
Inclusiones de aire	Menor al 5% por conteo visual
Tratamiento de flotación y adherencia	Con recubrimiento químico
Presentación	Bolsas de 50 Lb o 25 Kg
Empaque	Bolsa de papel multicapa resistente a la humedad

Figura 2-8 Especificaciones microesferas tipo I adaptado de (STdrive del Ecuador S.A, 2019)

- **Drop on Tipo III:** Utilizada para señalización en aeropuertos.

Para poder maximizar el rendimiento de las microesferas de vidrio, es importante aplicarlas correctamente en la pintura de tráfico. Por ejemplo, si la capa de pintura es muy delgada, la adherencia con la microesfera será deficiente y la retroreflectividad mínima.

Es importante que cumpla con la certificación internacional AASHTO M-247, que garantiza su rendimiento y autenticidad. (Vial, 2019)

Microesferas Tipo III	Especificaciones
Granulometría	Entre 700 y 1700 micrones
Redondez	Mínimo el 85%
Índice de refracción	Mínimo 1,5
Gravedad específica	Aproximadamente 2,5
Color/Claridad	Las microesferas deben ser transparentes, sin color y libres de residuos de carbón
Inclusiones de aire	Menor al 1% por conteo visual
Tratamiento de flotación y adherencia	Con recubrimiento químico
Presentación	Bolsas de 50 Lb o 25 Kg
Empaque	Bolsa de papel multicapa resistente a la humedad

Figura 2-9 Especificaciones microesferas tipo III adaptado de (STdrive del Ecuador S.A, 2019)

2.3. Pintura de trafico

2.3.1. Aspectos importantes de pintura de tráfico en pavimento flexible caliente.

Una pintura de tráfico aplicado a una calzada es un elemento importante dentro de la seguridad vial ya que permite al conductor, peatón y ciclista poder diferenciar y ver entre los límites que tiene la vía, logrando la orientación vehicular como peatonal. Basado con lo especificado en la NTE – INEN 1042 los colores de pintura a ser usados como demarcación horizontal en vías y carreteras son de color amarillo y blanco.

Color Blanco: define la separación entre tránsito en el mismo sentido y la demarcación de borde de calzada, pasos peatonales, espacios de estacionamiento también se incluye el color en flechas, símbolos y letras.

Color Amarillo: establece la separación del tránsito de sentido bidireccional en caminos de doble sentido con calzadas de uno o varios carriles y líneas de barrera. (Comunicaciones, 2011, págs. 23-24)



Figura 2-10 Representación señalización pintura blanca y amarilla. Adaptado de (Comunicaciones, 2011)

La pintura utilizada para la demarcación horizontal poseen ciertas características y propiedades que son necesarias para lograr las óptimas condiciones sabiendo que una vía se encuentra bajo condiciones adversas como el clima, además la temperatura que se encuentra la capa de pavimiento, el tiempo transcurrido para aplicar la pintura logrando así una apertura del tránsito en la vía, buscando de esta manera una correcta adherencia, visibilidad y resistencia de la pintura una vez colocada sobre la calzada.

Las diferentes pinturas de señalización horizontal son productos elaborados para resistir la abrasión, el tráfico vehicular y las condiciones inherentes que se encuentra expuestas la calzada.

La pintura de tráfico está formada por pigmentos o partículas en polvo de distinto origen como son inorgánicos e insolubles. Siendo el objetivo suministrar el color y el poder cubriente a la pintura, como también contribuir a las propiedades anticorrosivas del producto y darle estabilidad ante ciertos efectos que puede causar las condiciones atmosféricas o agentes químicos que se derramen sobre la vía. (Seynafarje, 2014).

2.3.2. Propiedades y Características de los tres tipos de pintura de tráfico.

2.3.2.1. Pintura de tráfico base agua

Lo más importante previo a la colocación de este tipo de pintura es que la calzada se encuentre limpia de cualquier impureza o residuo además de seca, inclusive uno de sus principales características es que dentro del grupo de las pinturas es amigable con el medio ambiente ya que no hace uso de solventes, este tipo de pintura es sensible cuando se tiene temperaturas altas es por esta razón no se recomienda usarla en los primeros días después de haber pavimentado un tramo de la vía sino dejar aproximadamente 15 días para proceder a colocar esta pintura de tráfico.

La pintura a base de agua es una pintura, con gran cantidad de sólidos, posee un secado rápido y es formulada para ser aplicada con microesferas de vidrio. Es un producto que no es flamable, no tiene la necesidad de estar en condiciones especiales de almacenaje, y tiene gran capacidad para retener microesferas. Se aplica a 15 mils de espesor húmedo y estará seca al tacto en 5 minutos o menos. (Seynafarje, 2014).

2.3.2.2. Pintura de tráfico base solvente (Acrílica)

Excelentes propiedades hacen que este tipo de pintura sea la adecuada para señalizar sobre vías, autopistas, carreteras de alto tráfico ya que al tener una gran cantidad de vehículos circulando por la calzada se requieren mejores materiales de señalización horizontal y este tipo de pintura que es a base de solventes tiene buena resistencia al desgaste como también al deslizamiento.

La pintura acrílica se la puede impregnar sobre pavimientos flexibles, inclusive sobre pavimiento rígido (hormigón). La pintura al ser incorporado solventes ayuda acelerar el proceso de secado, la forma en la que se aplica al pavimiento es mediante pistola manual o maquina usada para largas distancias.

2.3.2.3. *Pintura de tráfico termoplástica*

Esta pintura termoplástica viene como una base polvo granular de resina en estado sólido y se somete a un proceso de calentamiento en el cual pasa a estado líquido, y una vez aplicada sobre la demarcación vial pasan nuevamente al estado sólido, cumpliendo características mínimas como el rápido enfriamiento, adherencia, color, resistencia al tráfico, retroreflectividad, entre otras, cumpliendo las normas AASHTO M249.

Las pinturas termoplásticas viales son mezclas granulares compuesta de resina plástica alquídica, microesferas de vidrio en la mezcla por lo que se denominan "premix" y que pueden ser AASTHO Tipo I y/o AASTHO Tipo III.

Las pinturas termoplásticas se caracterizan por su larga duración entre 2 y 5 años dependiendo el tráfico y el estado de pavimento pueden ser aplicadas en concreto usando un imprimante y en asfalto sin imprimante si es nuevo o con imprimante si tiene más de 5 o 6 meses. (STdrive del Ecuador S.A, 2019)



Figura 2-11 Tipos de Pinturas de Tráfico (Base agua - Base solvente - Termoplástica). Fuente: (Señaliza, 2021)

2.4.Pavimento flexible mezcla en caliente

La Asociación de Pavimento Asfáltico del estado de Michigan se define a la mezcla en asfáltica en caliente como la combinación de aproximadamente 95% roca, arena y/o grava unida por un 5% de cemento asfáltico, producto derivado del crudo. (Fiallos Bravo & Unda Córdova, 2018, pág. 13)

2.4.1. Pavimento flexible mezcla caliente (Método Marshall)

En el año 1930 Bruce Marshall desarrolla el método Marshall y la US Army Corps of Engeineers mejoró y agregó ciertos aspectos, motivo por el cual fue normalizado como ASTM 1559 especificado en la norma AASHTO T 245.

Actualmente el Método Marshall es uno de los más aplicados para un diseño adecuado de mezcla asfáltica en caliente. (Muñoz & Orquera, 2018, pág. 4) El objetivo del método Marshall es buscar la cantidad adecuada de AC-20 a una densidad óptima satisfaciendo la estabilidad mínima en el método Marshall y adicional el rango de valores de flujo.

Es necesario considerar varios aspectos para la realización de este método, estos son:

- Los materiales por utilizarse (agregado fino, grueso y cemento asfáltico) deben cumplir con las normas establecidas en la MOP-001-F 2002 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes.
- Determinar tanto para los agregados como para el asfalto la densidad real seca que se requiere establecer en el análisis de vacíos de la mezcla.

También este método permite determinar el contenido óptimo de la mezcla asfáltica que se va a utilizar, existen varios parámetros que se estudian en este proceso, estos son:

- Estabilidad y fluencia Marshall: por medio de una aplicación de carga en el ensayo de estabilidad, se determina la deformación.
- Vacíos de aire de la mezcla: después de fabricar mezcla se realiza la compactación, en esto se produce unas bolsas de aire ubicadas entre las partículas de agregado con asfalto.
- Vacíos en el Agregado Mineral (VAM): por medio de este parámetro se reconoce si existe el espacio necesario en el agregado para alojar el cemento asfáltico.

- Vacíos Llenos de Asfalto (VFA): asegurar la durabilidad de la mezcla. (Muñoz & Orquera, 2018, pág. 4)

2.4.2. Requerimientos del ensayo Marshall para tráfico muy pesado:

DESCRIPCIÓN	CAPAS DE RODADURA	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Nº de golpes por capa	75	
Estabilidad (Lbs)	2200	
Flujo (plg/100)	8	14
% vacíos en la mezcla	3	5
Relación filler-betún	0.8	1.2
V.F.A (%)	65	75
V.A.M. (%)	>13	

Tabla 2-3 Requerimientos mínimos y máximos ensayo Marshall

2.4.2.1. Temperaturas

- Temperatura máxima del cemento asfáltico 160°c
- Temperatura máxima de los agregados 160°c
- Temperatura cemento asfáltico al momento de la mezcla, entre 130-160°c
- Temperatura agregados al momento de mezclarse con el asfalto, 130-160°c
- temperatura mezcla al momento de colocar en el sitio, estará entre 130-150°c

La temperatura de compactación, en ningún caso debe ser menor a 110°C. La temperatura recomendada para iniciar el rodillado, debe estar entre 130 y 140°C. Se dosifica aditivo multipropósito al 0.05% del peso del AC-20, para mejorar las características de compactación de la mezcla asfáltica a menores temperaturas.

CAPITULO III

3. DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE MEZCLA EN CALIENTE

El diseño de mezcla asfáltica busca satisfacer las exigencias estructurales que generará el tráfico vehicular, con adecuada durabilidad, sin distorsiones ni deformaciones por tal motivo en la disertación se usó un diseño de pavimento con tamaño máximo nominal del agregado 3/4 proporcionado por NARANJO – LÓPEZ Constructores Cía. Ltda. el cual fue colocado en la reconstrucción vial del tramo "Y" de Papallacta-"Y" de Baeza, en la red vial estatal E-20, con una longitud aproximada de 36 km entre las abscisas 0+000 a la 36+000, ubicada en la provincia de Napo

3.1. Ubicación planta asfáltica

Los agregados utilizados para este proyecto provienen de la mina "Segundo" ubicada en la Parroquia Mulaló, Cantón Latacunga. El cual fue transportado hacia la planta asfáltica de Naranjo – López Constructores Cía. Ltda. ubicada en el sector del relleno sanitario Quito EMGIRS-EP a 7 minutos de la panamericana

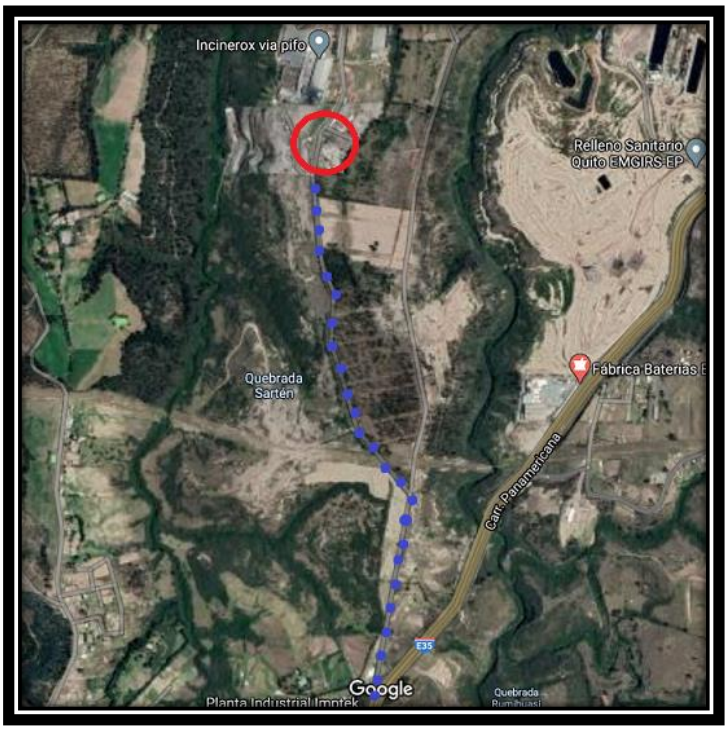


Figura 3-1 Ubicación planta asfáltica Naranjo López. Fuente: (Google, 2021)

3.2.Procedimiento

La metodología aplicada en este diseño es la que consta en el Manual del Instituto Norteamericano del Asfalto, Series MS2 "METODOS DE DISEÑO PARA CONCRETO ASFALTICO Y OTROS TIPOS DE MEZCLAS CALIENTES", recomendada y aceptada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

Las propiedades de los materiales, su dosificación y rangos tolerables han sido determinados conforme a los requerimientos del Manual del Instituto Norteamericano del Asfalto, Series SS1, que concuerda con la Tabla 405-5.1, tamaño máximo nominal de los agregados 3/4", de las Especificaciones Generales para construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F-2002 y que es la siguiente:

Tabla 405-5.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾"	½"	3/8"	N°4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
¾" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
½" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80		90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 – 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 – 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

Tabla 3-1 Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada (Tamaño Máximo Nominal 3/4")

Fuente: Tabla 405-5.1. MOP - 001-F 2002

3.3.Granulometría

Las granulometrías individuales de los agregados gruesos, medianos y finos están a continuación.

NARANJO-LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM

AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA

ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. Nº: 046-ALMS**

REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

ANALISIS MECANICO

TAMIZ	PESO RETENIDO		% RETENIDO	% QUE PASA	% PARCIAL PASA G.	% PARCIAL PASA F.
	PARCIAL	ACUMULADO				
3"						
2 ½"						
2"						
1½"		0.0	0.0	100.0		
1"		0.0	0.0	100.0		
3/4"		0.0	0.0	100.0		
1/2"		2448.0	86.5	13.5		
3/8"		2775.0	98.1	1.9		
N°4		2820.0	99.6	0.4		
PASA N°4						
N°8						
N°10						
N°16						
N°30						
N°40						
N°50						
N°100						
N°200						
PASA N°200						
TOTAL		**2830.00**				

PESO AN ES DE LAVADO	0	gramos
PESO DESP ES DE LAVADO		gramos

ENSAYO DE ABRASION		**LIMITES DEL POLVO DE ABRASION**	
TIPO DE GRADUACION:	**B**	**LIMITE LIQUIDO**	
NUMERO DE ESFERAS:	**11**	**INDICE PLASTICO**	**N.P.**
PESO ORIGINAL:	**5000 gr**	**EQUIVALENTE DE ARENA**	
PESO RETENIDO TAMIZ N°12:	**3813.8 gr**		
PESO QUE PASA TAMIZ N°12:	**1186.2 gr**	**CLASIFICACION**	
PORCENTAJE DE DESGASTE:	**23.72%**	**SUCS**	
PELADURA CON RC-2		**ASSTHO**	
PELADURA CON AP-3		**CARAS FRACTURADAS**	

OBSERVACIONES:

Tabla 3-2 Granulometría Agregado Grueso (3/4")

NARANJO-LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM

AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA

ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. Nº: 046-ALMS**

REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

ANALISIS MECANICO

TAMIZ	PESO RETENIDO		% RETENIDO	% QUE PASA	% PARCIAL PASA G.	% PARCIAL PASA F.
	PARCIAL	ACUMULADO				
3"						
2 ½"						
2"						
1½"						
1"						
3/4"		0.0	0.0	100.0		
1/2"		0.0	0.0	100.0		
3/8"		330.0	19.6	80.4		
N°4		1451.0	86.0	14.0		
PASA N°4						
N°8		1544.0	91.5	8.5		
N°10						
N°16						
N°30						
N°40						
N°50		1594.0	94.5	5.5		
N°100						
N°200		1623.0	96.2	3.8		
PASA N°200		64.0	3.8			
TOTAL		**1687.0**				

PESO ANTES DE LAVADO	0	gramos
PESO DESPUES DE LAVADO	1623.0	gramos

ENSAYO DE ABRASION	**LIMITES DEL POLVO DE ABRASION**
TIPO DE GRADUACION:	**LIMITE LIQUIDO**
NUMERO DE ESFERAS:	**INDICE PLASTICO** **N.P.**
PESO ORIGINAL:	**EQUIVALENTE DE ARENA**
PESO RETENIDO TAMIZ N°12:	
PESO QUE PASA TAMIZ N°12:	**CLASIFICACION**
PORCENTAJE DE DESGASTE:	**SUCS**
PELADURA CON RC-2	**ASSTHO**
PELADURA CON AP-3	**CARAS FRACTURADAS**

OBSERVACIONES:

Tabla 3-3 Granulometría Agregado Medio (1/2")

NARANJO-LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM

AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA

ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. Nº: 046-ALMS**

REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

ANALISIS MECANICO

TAMIZ	PESO RETENIDO		% RETENIDO	% QUE PASA	% PARCIAL PASA G.	% PARCIAL PASA F.
	PARCIAL	ACUMULADO				
3"						
2 ½"						
2"						
1½"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"		0.0	0.0	100.0		
N°4		0.0	0.0	100.0		
PASA N°4						
N°8		106.0	21.2	78.8		
N°10						
N°16						
N°30						
N°40						
N°50		373.0	74.6	25.4		
N°100						
N°200		450.0	90.0	10.0		
PASA N°200		50.0	10.0			
TOTAL		**500.0**				

PESO AN ES DE LAVADO		gramos
PESO DESP ES DE LAVADO	450.0	gramos

ENSAYO DE ABRASION	**LIMITES DEL POLVO DE ABRASION**
TIPO DE GRADUACION:	**LIMITE LIQUIDO**
NUMERO DE ESFERAS:	**INDICE PLASTICO** **N.P.**
PESO ORIGINAL:	**EQUIVALENTE DE ARENA**
PESO RETENIDO TAMIZ N°12:	
PESO QUE PASA TAMIZ N°12:	**CLASIFICACION**
PORCENTAJE DE DESGASTE:	**SUCS**
PELADURA CON RC-2	**ASSTHO**
PELADURA CON AP-3	**CARAS FRACTURADAS**

OBSERVACIONES:

Tabla 3-4 Granulometría Agregado Fino (Arena)

NARANJO-LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM

AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA

ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. N°: 046-ALMS**

REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

		GRADUACION DEL MATERIAL (% QUE PASA)								
		TAMIZ								
	Plgs.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 50	# 200
	mm.	38.1	25.4	19	12.5	9.5	4.75	2.36	0.300	0.075
AGREGADO										
GRUESO (3/4") MUESTRA 1		100.0	100.0	100.0	13.5	1.9	0.4	0.0	0.0	0.0
MEDIO (1/2") MUESTRA 2		100.0	100.0	100.0	100.0	80.4	14.0	8.5	5.5	3.8
FINO (ARENA) MUESTRA 3		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	78.8	25.4	10.0
FRACCION	% USADO	TAMIZ								
	DOSIFIC.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 50	# 200
		38.1	25.4	19	12.5	9.5	4.75	2.36	0.300	0.075
		PORCENTAJE QUE PASA								
GRUESO (3/4")	26	26.0	26.0	26.0	3.5	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0
MEDIO (1/2")	26	26.0	26.0	26.0	26.0	20.9	3.6	2.2	1.4	1.0
FINO (ARENA)	48	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	37.8	12.2	4.8
MEZCLA OBTENIDA	100	100.0	100.0	100.0	77.5	69.4	51.7	40.0	13.6	5.8
ESPECIFICACIONES		100	100	90		56	35	23	5	2
MOP-001-F-2002 TABLA 405-5.1		100	100	100		80	65	49	19	8

Tabla 3-5 Graduación del material (% que pasa)

Luego de realizar los cálculos preliminares se ha obtenido una mezcla de agregados, en la que interviene el 26 % de agregado grueso, 26 % de agregado medio y el 48 % de arena; con lo que se obtiene una granulometría que cumple las condiciones estipuladas en las especificaciones de la Tabla II-1 (SS1) y de la Tabla 405-5.1, tamaño máximo nominal de los agregados 3/4", de las Especificaciones Generales para Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F- 2002.

3.4. Gravedad Especifica

Se realizaron ensayos de gravedad específica y absorción de cada uno de los agregados: grueso, mediano y fino, cuyos resultados son los siguientes:

NARANJO-LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM
AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA
ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. N°: 046-ALMS**
REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

MUESTRA: Agregado grueso (pasa 3/4" y retiene No. 4)

PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO 3/4"

NORMA DE ENSAYO: AASHTO T 85 o ASTM C-127

DATOS:

PESO S.S.S. EN AIRE:	3526.6	gr
PESO S.S.S. EN AGUA:	2154.9	gr
PESO SECO:	3435.0	gr

RESULTADOS:

DENSIDAD MASIVA:	2.504	gr/cm3
DENSIDAD SSS:	2.571	gr/cm3
DENSIDAD APARENTE:	2.683	gr/cm3
ABSORCION:	2.67%	

Tabla 3-6 Peso Específico Agregado Grueso 3/4"

NARANJO-LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM
AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA
ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. N°: 046-ALMS**
REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

MUESTRA: Agregado mediano (pasa 1/2" y retiene No. 8)

PESO ESPECIFICO AGREGADO MEDIANO (1/2")

NORMA DE ENSAYO: AASHTO T 85 o ASTM C-127

DATOS:

PESO S.S.S. EN AIRE:	2503.8	gr
PESO S.S.S. EN AGUA:	1523.2	gr
PESO SECO:	2420.0	gr

RESULTADOS:

DENSIDAD MASIVA:	2.468	gr/cm3
DENSIDAD SSS:	2.553	gr/cm3
DENSIDAD APARENTE:	2.698	gr/cm3
ABSORCION:	3.46%	

Tabla 3-7 Peso Específico Agregado Mediano 1/2"

NARANJO-LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM

AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA

ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. N°: 046-ALMS**

REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

MUESTRA: Agregado fino (pasa tamiz N° 4)

PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO (ARENA VCI CHASQUI)

NORMA DE ENSAYO: AASHTO T 84 o ASTM C-128

DATOS:

A	PESO SUELO SECO:	493.90	gr
V	VOLUMEN DE LA PROBETA	500.00	gr
W	PESO O VOL. AGUA AÑADIDA	310.70	gr

RESULTADOS:

DENSIDAD MASIVA:	$\frac{A}{V - W}$	2.609	gr/cm3
DENSIDAD S.S.S.	$\frac{500}{V - W}$	2.641	gr/cm3
DENS. APARENTE:	$\frac{A}{(V-w)-(500-A)}$	2.696	gr/cm3
ABSORCIÓN:	$\frac{500-A}{A} \times 100$	1.235	%

Tabla 3-8 Peso Específico Agregado Fino (Arena)

GRAV. ESPECIF.	AGREG. GRUESO	AGREG. MEDIANO	AGREG. FINO
BULK	2.504	2.468	2.609
S.S.S.	2.571	2.553	2.641
APARENTE	2.683	2.698	2.696
ABSORCIÓN	2.67	3.46	1.235

Tabla 3-9 Gravedad Específica de los materiales

3.4.1. Gravedad Específica Bulk de la mezcla de agregados:

$$= \frac{\boldsymbol{Gsb}}{\frac{\%\ \textbf{agregado grueso}}{\textbf{grav. espe. Bulk agr. grueso}} + \frac{\%\ \textbf{agregado medio}}{\textbf{grav. espe. Bulk agr. medio}} + \frac{\%\ \textbf{agregado fino}}{\textbf{grav. espe. Bulk agr. fino}}}$$

Ecuación 3-1 Gravedad específica Bulk

$$Gsb = \frac{100}{\frac{26}{2.504} + \frac{26}{2.468} + \frac{48}{2.609}} = 2.544$$

3.4.2. Gravedad Específica Máxima Teórica de la mezcla de agregados (i):

$$\frac{\%\ \boldsymbol{masa\ total\ de\ agregados\ para\ mezcla\ obtenida}}{\frac{\%\ \boldsymbol{agregados}}{\boldsymbol{Grav.espe.Bulk\ mezcla\ agregados}} + \frac{\%\ \boldsymbol{asfalto\ utilizado}}{\boldsymbol{Grav.especifica.asfalto}}}$$

Ecuación 3-2 Gravedad Específica Máxima Teórica

Para 4.0 % de asfalto:

$$\frac{100}{\frac{96}{2.544} + \frac{4}{1.014}} = \frac{100}{37.736 + 3.945} = 2.399$$

Para 4.5 % de asfalto

$$\frac{100}{\frac{95.5}{2.544}+\frac{4.5}{1.014}}=\frac{100}{37.539+4.438}=2.382$$

Para 5.0 % de asfalto

$$\frac{100}{\frac{95.0}{2.544}+\frac{5.0}{1.014}}=\frac{100}{37.343+4.931}=2.366$$

Para 5.5 % de asfalto

$$\frac{100}{\frac{94.5}{2.544}+\frac{5.0}{1.014}}=\frac{100}{37.146+5.424}=2.349$$

3.4.3. Gravedad Específica Máxima Medida de la mezcla asfáltica, Método RICE, Norma de ensayo: ASTM – 2041 (h)

% de asfalto		**4.0**	**4.5**	**5.0**	**5.5**
Peso Mezcla en Aire (PMA)	**A**	1776	1700	1883	1927
Peso Frasco + Agua (PF+H)	**B**	8397	8397	8397	8397
Frasco+Agua+Muestra (PF+H+M)	**D**	9448	9392	9490	9505
Gravedad Específica RICE	$\frac{A}{A+B-D}$	**2.450**	**2.411**	**2.384**	**2.353**

Tabla 3-10 Gravedad específica máxima, método RICE

3.4.4. Gravedad Específica Aparente de la mezcla de agregados:

$$\boldsymbol{Gsa} = \frac{\boldsymbol{\%\ masa\ total\ de\ agregados\ para\ mezcla\ obtenida}}{\frac{\boldsymbol{\%\ agregado\ grueso}}{\boldsymbol{grav.espe.Apare.agr.grueso}} + \frac{\boldsymbol{\%\ agregado\ medio}}{\boldsymbol{grav.espe.Apare.agr.medio}} + \frac{\boldsymbol{\%\ agregado\ fino}}{\boldsymbol{grav.espe.Apar\ agr.fino}}}$$

Ecuación 3-3 Gravedad Específica Aparente

$$Gsa = \frac{100}{\frac{26}{2.683} + \frac{26}{2.698} + \frac{48}{2.696}} = 2.693$$

3.4.5. Peso Específico Efectivo

$$\boldsymbol{Gsv}\ \frac{\boldsymbol{\%\ masa\ total\ de\ agregados\ para\ mezcla\ obtenida} - \boldsymbol{\%\ asfalto\ a\ calcular}}{\frac{\boldsymbol{\%\ masa\ total\ de\ agregados\ para\ mezcla\ obtenida}}{\boldsymbol{Gravedad\ Específica\ Máxima\ Teórica\ 4.5\%\ asfalto}} - \frac{\boldsymbol{\%\ asfalto\ a\ calcular}}{\boldsymbol{Grav.especifica.asfalto}}}$$

Ecuación 3-4 Peso específico efectivo

$$Gsv\ \frac{100 - 5.15}{\frac{100}{2.382} - \frac{5.15}{1.014}} = \frac{94.85}{41.982 - 5.079} = \frac{94.85}{36.903} = 2.570$$

NOTA: El valor de Gsv se encuentra entre Gsb y Gsa

3.5.Ensayos complementarios

NARANJO-LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM

AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA

ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. Nº: 046-ALMS**

REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO

AGREGADO GRUESO (3/4")

PESO PROMEDIO DEL MATERIAL EN KGS.	19956
VOLUMEN DEL RECIPIENTE EN KGS.	14235
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M3)	1.402

AGREGADO INTERMEDIO (1/2")

PESO PROMEDIO DEL MATERIAL EN KGS.	19836
VOLUMEN DEL RECIPIENTE EN KGS.	14235
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M3)	1.393

ARENA (N° 4)

PESO PROMEDIO DEL MATERIAL EN KGS.	23282
VOLUMEN DEL RECIPIENTE EN KGS.	14235
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M3)	1.636

Tabla 3-11 Peso Volumétrico Agregado (Grueso - Medio - Fino)

NARANJO - LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM

AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA

ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. Nº: 046-ALMS**

REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

PRUEBA	LECTURAS (mm)		Ea
No.	Nt	Na	%
1	132.00	105.00	79.55
2	134.00	108.00	80.60
		PROMEDIO	**80.07**

% ESPECIFICADO = > 50 %

Donde:

Nt: Lectura nivel superior de arcilla (mm)

Na: Lectura nivel superior de arena (mm)

Ea: Equivalente de Arena (%)

Tabla 3-12 Equivalente de Arena

NARANJO-LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

OBRA: PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA-"Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM
AGREGADOS: STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA
ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. **REG. Nº: 046-ALMS**
REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO **FECHA: ENERO 2021**

MUESTRA NO PLÁSTICA

EQUIVALENTE DE ARENA = 80 %

% ESPECIFICADO = > 50 %
NORMA DE ENSAYO: ASTM D-2419

CONTENIDO ORGÁNICO = FIGURA 1 - 2
NORMA DE ENSAYO: AASHTO T-21 y ASTM C-40

PELADURA (PASA 3/8" - RET. 1/4")

CON RC-250 = < 5 %

CON AP-3 = < 5 %

NORMA ENSAYO: AASHTO T-182 y ASTM D-1664

Tabla 3-13 Ensayos Complementarios

PARÁMETROS	AGREGADO GRUESO (1 ¼”)	AGREGADO MEDIO (1/2”)	AGREGADO FINO (ARENA)
INDICE DE PLASTICIDAD			N.P.
DESGASTE A LA ABRASIÓN (%)	23.72%		
PESO UNITARIO SUELTO (Ton/m3)	1.402	1.357	1.651
RESISTENCIA A LA PELADURA (ADHERENCIA)	> 95%	> 95%	
EQUIVALENTE DE ARENA			80.07%
CONTENIDO ORGÁNICO			Fig. 1-2

Tabla 3-14 Resultados ensayos complementarios

3.6.Asfalto

El cemento asfáltico utilizado en este diseño proviene de la Refinería Estatal de Esmeraldas (Petroproducción), cuyo peso específico según el ensayo AASHTO T- 228 es de 1.014 gr/cm3. Ver **ANEXOS**

ANEXO 1 Informe de Resultados AC-20 Refinería de Esmeraldas

3.7.Mezcla

De las curvas obtenidas con las propiedades de la mezcla, determinamos que el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla es de 5.15 %, con el que se ha logrado densidades bulk promedio de 2.278 gr/cm3, Estabilidades de 3906.84 lbs. y % de vacíos de 4.00 %, resultados que cumplen los requisitos especificados, sin necesidad de utilizar aditivos.

Durante la producción se realizarán las comprobaciones y, de ser necesario, se realizarán reajustes en la mezcla o se verá la necesidad de utilizar aditivos para mejorar su rendimiento y calidad.

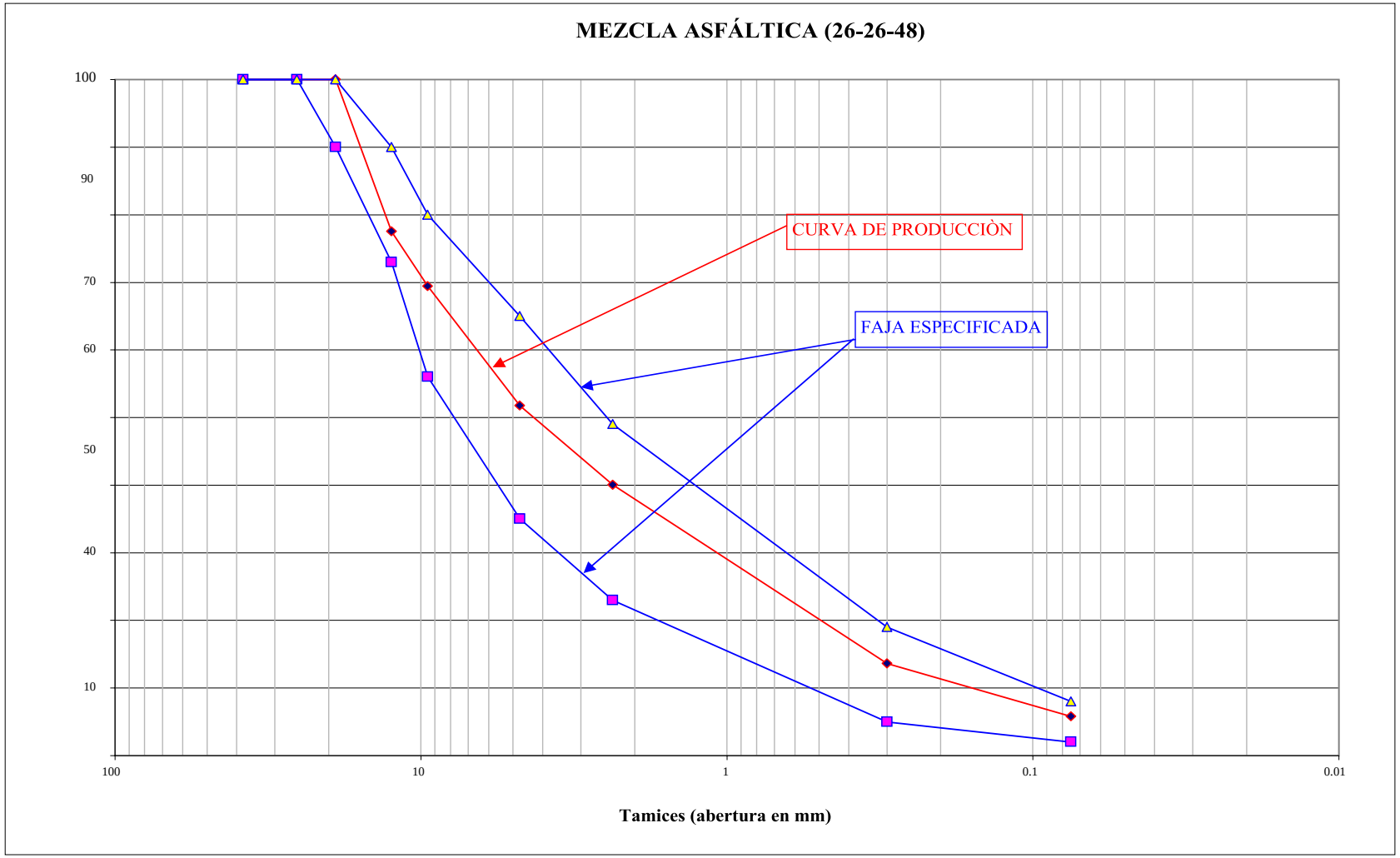


Figura 3-2 Diseño de Mezcla Asfáltica

NARANJO - LÓPEZ Constructores Cía. Ltda.

PROPIEDADES DE CARPETA ASFÁLTICA TAMAÑO NOMINAL 3/4"

PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN VIAL DEL TRAMO "Y" DE PAPALLACTA – "Y" DE BAEZA, EN LA RED VIAL ESTATAL E-20, CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 36 KM

AGREGADOS PROVENIENTES DE STOCKS AGREGADOS TRITURADOS EN PLANTA

ENSAYADO POR: LUIS ALTAMIRANO C. REG. Nº: 046-ALMS

REVISADO POR: ING. MARCO NARANJO FECHA: ENERO 2021

P.E.Agr.	P.E. Asf.																CONSTANTE:	1.00		
2.544	1.014																			
Moldeo Nº	% de asfalto	PESO EN GRAMOS			Volumen	PESO ESPECIFICO			% asfalto absorbido	VOLUMEN % DEL TOTAL			V.A.M.	V.F.A.	% asfalto efectivo	Peso Unit.	ESTABILIDAD			FLUJO
		Seco aire	SSS aire	En agua		Masa BULK	Máx. teórico	Máx. medido		Agregados	Vacíos aire	Asf. Efec.	Vac.Agr.Min.	Vac.llen.asf.		Lbs/pie3	Medida	Fact. Corr.	Corregida	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
					d-e	c/f			(i-h)1000 / i*h(100-b)	(100-b) g / G. Agreg.	(i-g)/i * 100	100-k-l	100-k	n - l / n * 100	b - (j(100-b)/100	62.4*g				
1	4.00	1163.0	1169.0	655.0	514.0	2.263											4900.0	1.00	4900.0	9.9
2		1063.0	1068.0	597.0	471.0	2.257											2943.0	1.14	3355.0	7.7
3		1133.0	1141.0	640.0	501.0	2.261											2857.0	1.04	2971.3	9.0
Promedio	4.00					2.260	2.399	2.450	0.09	85.30	7.73	6.98	14.70	47.44	3.91	141.05			3742.1	8.9
4	4.50	1172.0	1178.0	666.0	512.0	2.289											4439.0	1.00	4439.0	9.9
5		1226.0	1233.0	698.0	535.0	2.292											4016.0	0.96	3855.4	12.4
6		1095.0	1103.0	621.0	482.0	2.272											3780.0	1.14	4309.2	8.5
Promedio	4.50					2.284	2.382	2.411	0.05	85.75	5.28	8.98	14.25	62.99	4.45	142.53			4201.2	10.3
7	5.00	1138.0	1141.0	639.0	502.0	2.267											3735.0	1.04	3884.4	10.4
8		1092.0	1096.0	619.0	477.0	2.289											3567.0	1.14	4066.4	10.2
9		1098.0	1103.0	620.0	483.0	2.273											3498.0	1.14	3987.7	12.6
Promedio	5.00					2.277	2.366	2.384	0.03	85.01	4.49	10.50	14.99	70.04	4.97	142.05			3979.5	11.1
10	5.50	1128.0	1130.0	633.0	497.0	2.270											3251.0	1.04	3381.0	11.8
11		1159.0	1162.0	652.0	510.0	2.273											3337.0	1.04	3470.5	11.4
12		1060.0	1061.0	594.0	467.0	2.270											2949.0	1.19	3509.3	13.5
Promedio	5.50					2.271	2.349	2.353	0.01	84.35	3.49	12.16	15.65	77.68	5.49	141.69			3453.6	12.2
COMPROBACION:																				
13	5.15	1233.0	1236.0	695.0	541.0	2.279											4057	0.93	3773.0	12.5
14		1135.0	1138.0	640.0	498.0	2.279											3379	1.04	3514.2	9.3
15		1132.0	1136.0	637.0	499.0	2.269											2962	1.04	3080.5	10.2
Promedio	5.15					2.276	2.361	2.382	0.04	84.84	4.47	10.69	15.16	70.53	5.11	142.00			3455.9	10.7
									ESPECIFICACIONES:		3-8		> 13	65-75					>2200	8-14

Tabla 3-15 Propiedades Carpeta Asfáltica Tamaño 3/4"

3.7.1. Diagramas de la Rehabilitación integral de la estructura del pavimento

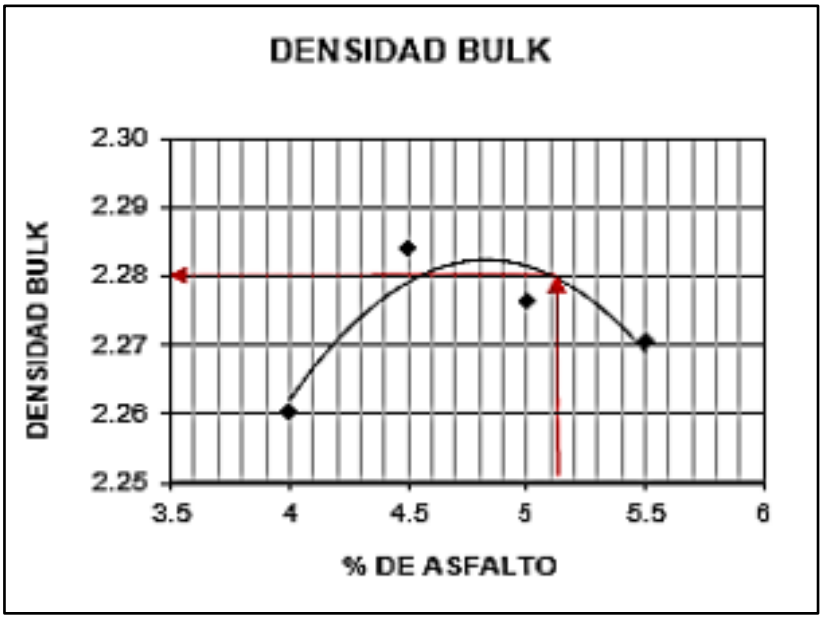


Figura 3-3 Densidad bulk VS % de asfalto

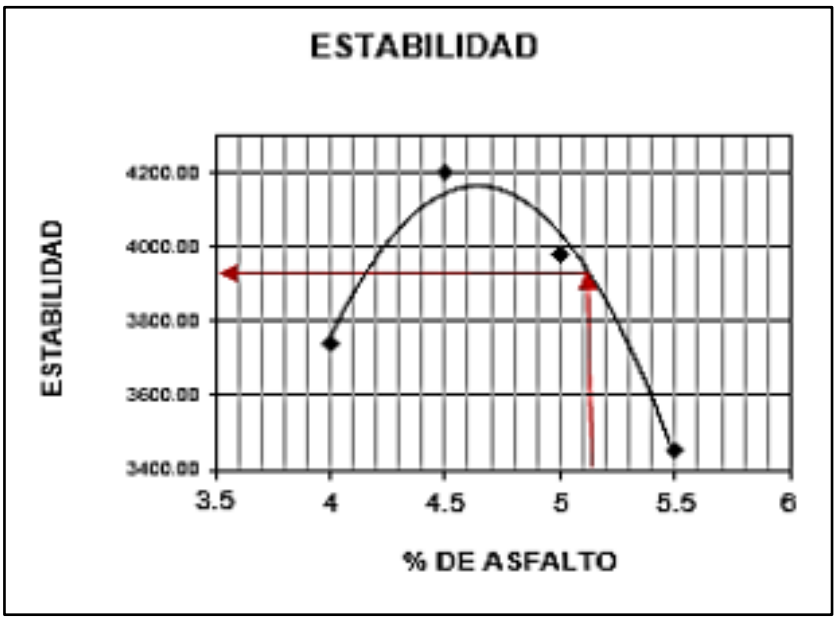


Figura 3-4 Estabilidad VS % de asfalto

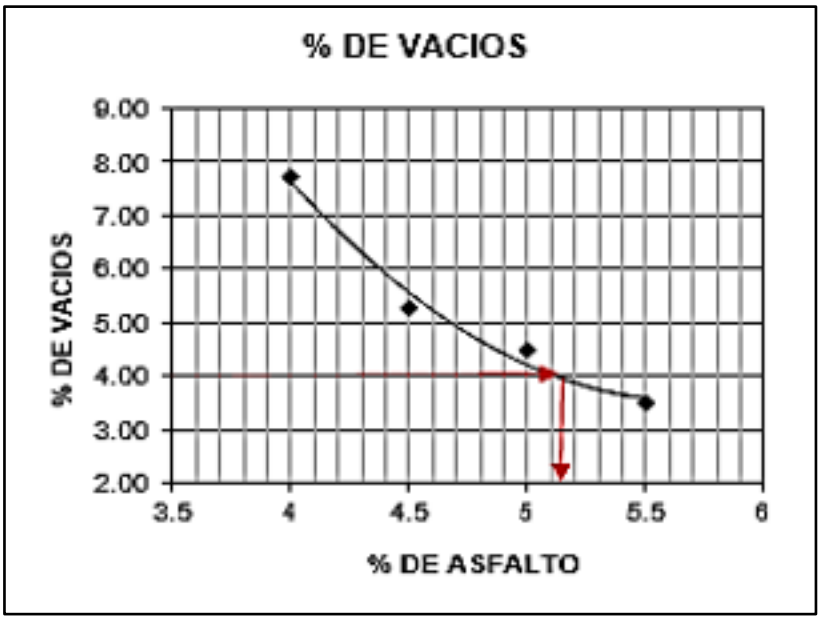


Figura 3-5 % de vacíos VS % de asfalto

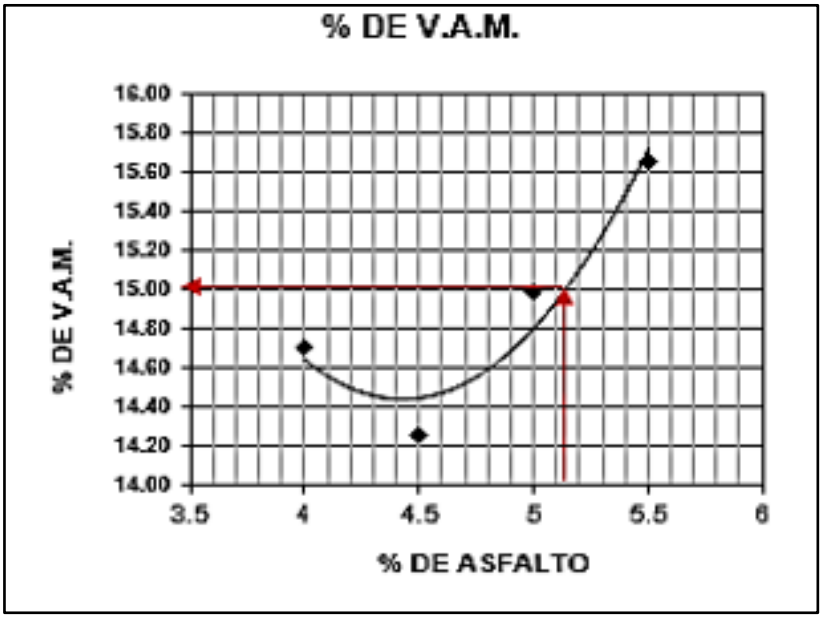


Figura 3-6 % De Vacíos de Agregado Mineral VS % de asfalto

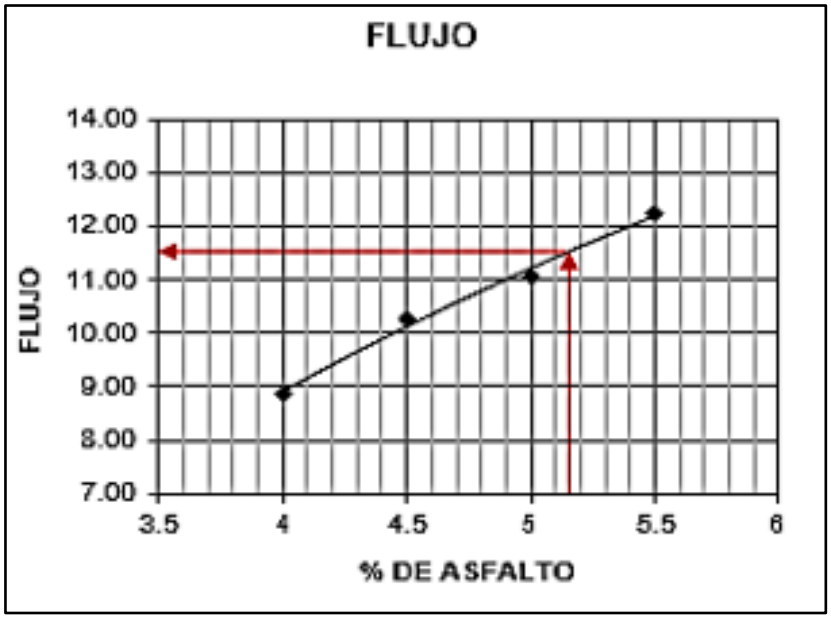


Figura 3-7 Flujo VS % de asfalto

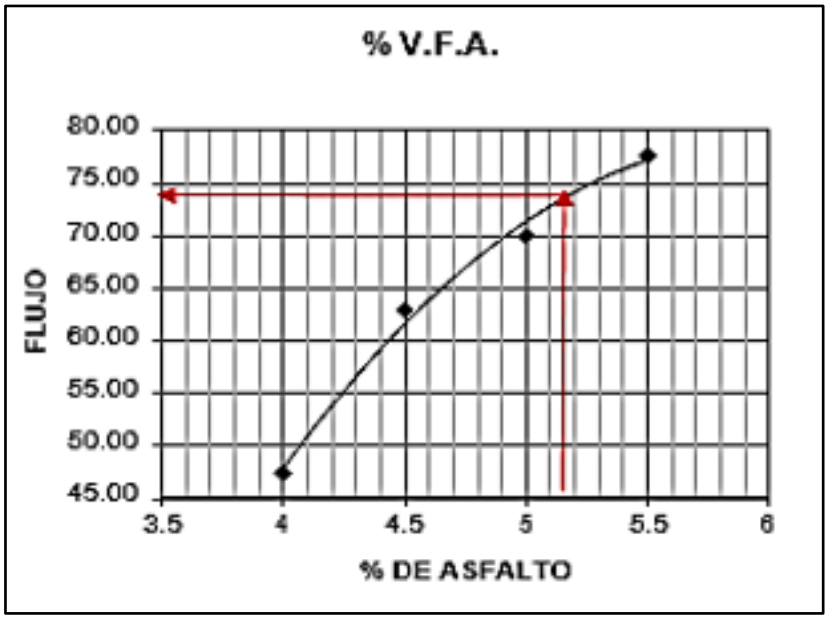


Figura 3-8 % V.F.A. VS % asfalto

CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO CON 4% DE VACÍOS = 5.15 %

DENSIDAD BULK (5.15%)	2.278	% DE V.A.M. (5.15%)	15.02 (> 13)
ESTABILIDAD (5.15%)	3906.84 (> 2200)	FLUJO (5.15%)	11.52 (8-14)
		% DE V.F.A. (5.15%)	73.57 (65-75)

Realizado por: LUIS ALTAMIRANO C.
Técnico en Laboratorio de Suelos y Materiales
Registro N.º 046-ALMS

CAPITULO IV

4. PROCEDIMIENTO, MATERIALES Y EQUIPOS

4.1.Molde de Acero

La elaboración de un molde en Platinas laminadas de acero negro, son perfiles planos laminadas en caliente con una dimensión de 6 metros de largo y espesor de 6mm, las platinas laminadas cumplen con la calidad ASTM A36.

La forma escogida del molde para la disertación es una forma rectangular de medidas 160 cm x 120 cm x 6.5 cm.



Figura 4-1 Molde Acero 6mm

4.1.1. Preparación de molde

El molde es sujetado con 4 pernos de alta presión, adicional se incorporó rodelas para evitar alguna deformación por la elevada temperatura del Pavimento nuevo manteniendo alineado cada una de las paredes del molde.



Figura 4-2 Ensamblaje molde Acero

Adicional se prepara el molde colocando desengrasante, aditivito para desmoldeo y diésel en toda la superficie y paredes del molde de acero, se recomienda colocar el mencionado liquido minutos antes de colocar la mezcla en su totalidad porque permite desmoldar de manera eficiente sin alterar la forma rectangular de la capa de pavimento.

Como recomendación procurar no colocar mucha cantidad de desmoldante porque se produce un fenómeno de exudación del asfalto hacia la superficie del pavimento.



Figura 4-3 Colocación desengrasante – diésel

4.2.Mezcla Asfáltica

Una vez que se ha colocado el molde sobre una superficie firme y adicional el desengrasante se procede a tomar el pavimento que proviene de la planta asfáltica Naranjo – López el cual es recogido en carretillas para llevarlo hacia los moldes, se usaron 4 carretillas por cada uno de los moldes elaborados, con ayuda de las palas y un codal se extiende el pavimento sobre todo el molde. La temperatura de la mezcla asfáltica al momento de colocar está entre 120-150°c.



Figura 4-4 Tendido mezcla asfáltica

4.2.1. Compactación Mezcla Asfáltica

La mezcla asfáltica se tendió en tres capas 2.20 cm cada capa, la compactación se realiza con la maquina llamada plancha compactadora capaz de compactar 25 cm o 9.9 pulg y a velocidad constante se logra compactar toda el área del molde, siempre añadiendo una minina cantidad de desmoldante en la superficie de la placa compactadora evitando se adhiera la mezcla asfáltica al compactador, es recomendable ir compactando de afuera hacia adentro.



Figura 4-5 Compactación mezcla asfáltica en moldes

4.3. Corte de muestras

Previo a realizar el corte de las muestras se saca los pernos y los moldes asegurándonos que todas sus paredes se encuentren lisas además con ayuda de un timbrador y flexómetro se delimita la sección a cortar.

El corte de las muestras tipo briquetas se las realizo con la máquina de cortadora de hormigón con un disco de corte de 14 pulg, la maquina cortadora con un motor honda a gasolina, 4 tiempos a 13 HP con un sistema de enfriamiento de disco mediante agua a caída libre, además el uso de la maquina cortadora a corriente con disco de corte de 7 pulg para el perfilado de la muestra a presentar.

Las muestras cortadas de la medida 60 cm x 25 cm x 6.5 cm, cantidad total de muestras 72 unidades correspondientes a 12 muestras en cada uno de los moldes para los diferentes días que son 1 – 3 – 7 – 14 – 21 – 28 días.

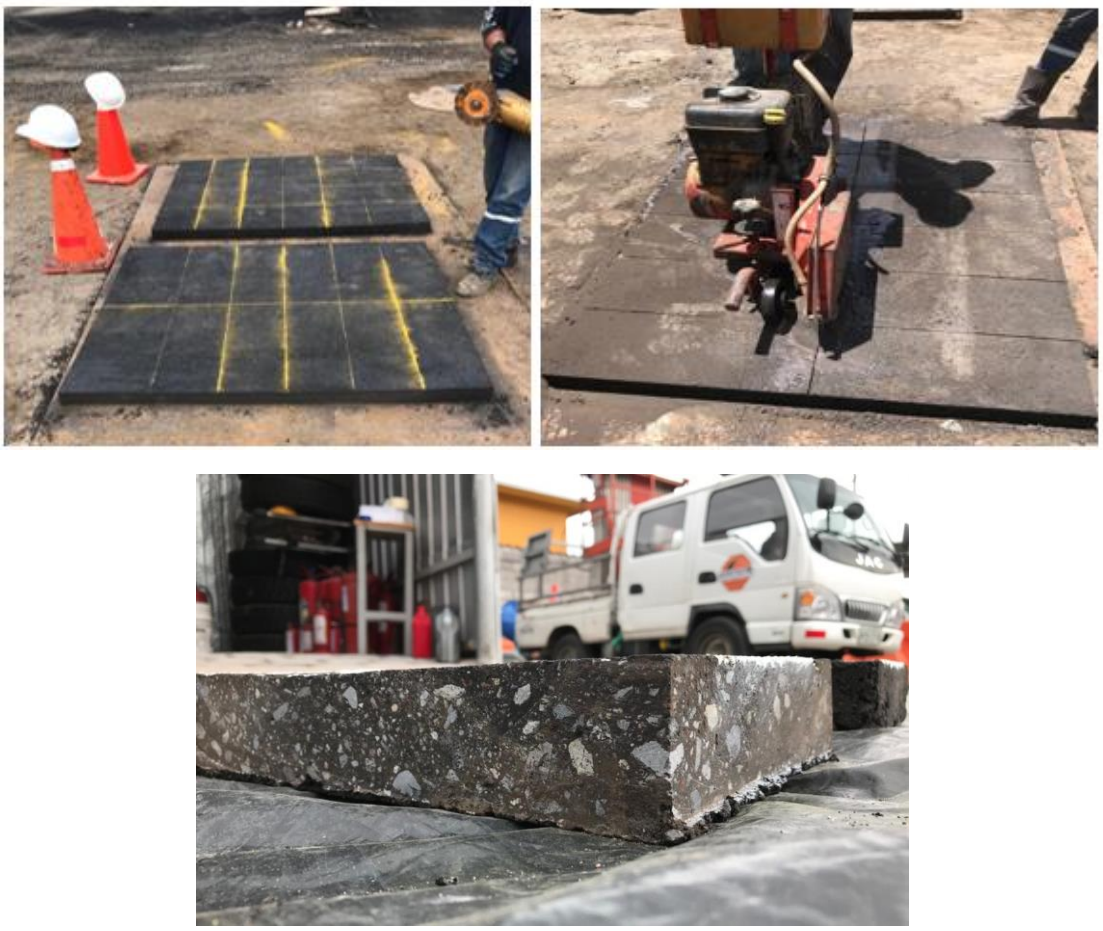


Figura 4-6 Timbrado y Cortado muestras

4.4.Limpieza de muestras

Según la Norma INEN 1042, toda superficie a ser aplicada una capa de pintura debe ser preparada para su aplicación, en nuestra disertación se realizó un barrido general de la muestra para la eliminación de polvo en la capa superior de muestra, una vez eliminado toda partícula externa se procede a verter agua a presión con la ayuda de la maquina hidro lavadora y el uso de un cepillo se procede a cepillar toda la superficie para afirmar que no quede nada de agentes externo donde se va a colocar la capa de pintura.



Figura 4-7 Limpieza de muestras a presión de agua

4.5.Aplicación pintura

4.5.1. Pintura base termoplástica

Para proceder a colocar la pintura termoplástica se adoptó la superficie entre el suelo y la muestra, con consecuencia que las muestras estén al ras del piso y la maquina implementadora en caliente pueda seguir la guía y así adoptar las condiciones normales de aplicación de la misma, el equipo a utilizar es fabricada para resistir altas temperaturas al disolver el material termoplástico granular de un estado sólido a líquido, esta máquina de fabricación extranjera de origen Chino (**ANEXO 6**) posee un caldero tipo olla de acero inoxidable en su exterior y al interior para evitar el quemado del material granular es de acero galvanizado con quemadores a base de gas propano.

Se coloca el material granular en la olla con capacidad de 80 kg, con la ayuda de una paleta para mezclar o agitar el material dentro de la olla, su temperatura de calentamiento va desde 220°C a 240°C.



Figura 4-8 Temperatura de aplicación y máquina de pintado

El Calzo conocido como cuchara o caldero posee una dimensión de 150 mm en la base con características de acero fundido o galvanizado para la aplicación al marcar los diferentes tipos de línea de pintura termoplástica, esta máquina es conocida también por la aplicación a caída libre de la pintura desde el caldero a la superficie donde se va a aplicar la nueva marca de pintura, Además posee un dispensador de microesfera que al momento de aplicar AASTHO tipo I y AASHTO tipo III se une los dos tipos para su mejor reflectividad.

Para esta disertación se utilizó:

- **Pintura Termoplástica Pintuco AASHTO M249**

Marca registrada en el Ecuador, pintura termoplástica de color **Blanco.**

Los fabricantes recomiendan el tiempo de secado de 1 a 5 minutos con la aplicación de un equipo con caldera o automática.

Ver

ANEXO 2 Ficha técnica página 1 y 2 Pintura termoplástica



Figura 4-9 Microesferas tipo I y III Y Aplicación pintura en las muestras

4.5.2. Pintura base solvente y base agua

La máquina **GRACO** de la serie LineLazer V 200HS (**ANEXO 5**), es la más utilizada por parte de las instituciones públicas como Municipios, GADS y empresas privadas en el Ecuador, posee un motor Honda de 6.5 HP para suministrar suficiente energía para sus bombas hidráulicas las mismas que son encargas de propulsar los líquidos a alta presión tales como la pintura de demarcación vial por medio de dos pistolas automáticas para una línea y dos líneas.

Una vez que las muestras se encuentran secas y limpias procedemos a colocarlas en línea recta una a continuación de la otra, la máquina con la que se pinta debe asegurarse el nivel de la pistola automática sea el indicado por la norma en la que indica que una línea de señalización horizontal es de 15 o 20 cm, en este caso aplicamos **2 capas** de pintura de **15 cm**, con ayuda del dispersor de microesferas inmediatamente pasa la segunda capa y se añade la microesfera. Se miró necesario colocar tablas en cada uno de los lados como molde para que la pintura no manche el resto de la superficie.

Para esta disertación se utilizó:

- **Pintura base solvente, Promar Acrylico alto solidos**
- **Pintura base agua, Promar acrílica acuosa**

Marcas registrada en el Ecuador, ambas pinturas de color **Blanco.**

Ver **ANEXO 3** Ficha técnica página 1 y 2 Promar Traffic Base Acrylico



Figura 4-10 Colocación pintura base Agua



Figura 4-11 Colocación pintura base Solvente



Figura 4-12 Muestras pintadas con los 3 tipos de Pintura (Agua-Solvente-Termoplástica)

4.6.Medición Retroreflectividad

Según la norma NTE INEN 1042:2009 en el capítulo 6 inciso 6.1.2.25 literal a.3) recomienda una vez pintadas las muestras de pavimento flexible en caliente con cada tipo de pintura base agua – base solvente y termoplástica se debe medir dentro de **7 días** después de implementar la pintura en el pavimento para lo cual nosotros en esta disertación todas las muestras realizadas para cada tiempo establecido se las realizo a los cuatro días, al proceder la medición de la retroreflectividad es necesario un manejo con mucho cuidado del aparato de medición ya que es un dispositivo de alto valor económico (**ANEXO 7**) y mucha sensibilidad en la base ya que debe estar totalmente asentado sobre la superficie evitando cualquier ingreso de luz ya que puede afectar a los resultados obtenidos.

Procedemos a calibrar el dispositivo de medición para obtener mayor certeza en las mediciones y colocamos en cada una de las muestras alineando sobre la demarcación horizontal realizada en cada muestra de pavimento.

Ver **ANEXO 8** Ficha técnica Retrorreflexión de marcado Zehntner ZRM 6006 RL-Qd



Figura 4-13 Dispositivo medición Retroreflectividad

CAPITULO V

5. ANALISIS DE RESULTADOS

5.1.Resultados prueba de retroreflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

5.1.1. Reflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ Pintura Base Termoplástica

			DATOS MEDIDOS	PROMEDIO
Pintura Base TERMOPLASTICO	DIA 1	Muestra 1	164	174,5
		Muestra 2	168	
		Muestra 3	181	
		Muestra 4	185	
	DIA 3	Muestra 1	191	192,5
		Muestra 2	193	
		Muestra 3	193	
		Muestra 4	194	
	DIA 7	Muestra 1	213	217,5
		Muestra 2	214	
		Muestra 3	220	
		Muestra 4	222	
	DIA 14	Muestra 1	233	252,5
		Muestra 2	244	
		Muestra 3	269	
		Muestra 4	272	
	DIA 21	Muestra 1	285	309
		Muestra 2	302	
		Muestra 3	303	
		Muestra 4	333	
	DIA 28	Muestra 1	406	419
		Muestra 2	410	
		Muestra 3	418	
		Muestra 4	432	

Tabla 5-1 Reflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ Pintura Base Termoplástica

5.1.2. Reflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ Pintura Base Solvente

			DATOS MEDIDOS	PROMEDIO
Pintura Base SOLVENTE	DIA 1	Muestra 1	305	276,5
		Muestra 2	224	
		Muestra 3	319	
		Muestra 4	248	
	DIA 3	Muestra 1	303	272,5
		Muestra 2	291	
		Muestra 3	223	
		Muestra 4	242	
	DIA 7	Muestra 1	268	263,5
		Muestra 2	261	
		Muestra 3	210	
		Muestra 4	259	
	DIA 14	Muestra 1	340	364,5
		Muestra 2	310	
		Muestra 3	363	
		Muestra 4	389	
	DIA 21	Muestra 1	293	352
		Muestra 2	265	
		Muestra 3	313	
		Muestra 4	411	
	DIA 28	Muestra 1	284	255
		Muestra 2	282	
		Muestra 3	221	
		Muestra 4	226	

Tabla 5-2 Reflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ Pintura Base Solvente

5.1.3. Reflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ Pintura Base Agua

			DATOS MEDIDOS	PROMEDIO
Pintura Base AGUA	DIA 1	Muestra 1	343	348
		Muestra 2	375	
		Muestra 3	309	
		Muestra 4	353	
	DIA 3	Muestra 1	380	318
		Muestra 2	237	
		Muestra 3	256	
		Muestra 4	256	
	DIA 7	Muestra 1	209	239
		Muestra 2	182	
		Muestra 3	206	
		Muestra 4	269	
	DIA 14	Muestra 1	249	233
		Muestra 2	252	
		Muestra 3	294	
		Muestra 4	217	
	DIA 21	Muestra 1	403	382.5
		Muestra 2	331	
		Muestra 3	401	
		Muestra 4	362	
	DIA 28	Muestra 1	317	368,5
		Muestra 2	326	
		Muestra 3	314	
		Muestra 4	420	

Tabla 5-3 Reflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ Pintura Base Agua

5.2. Resultado Día 1 prueba Retroreflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ con 3 tipos de pintura.

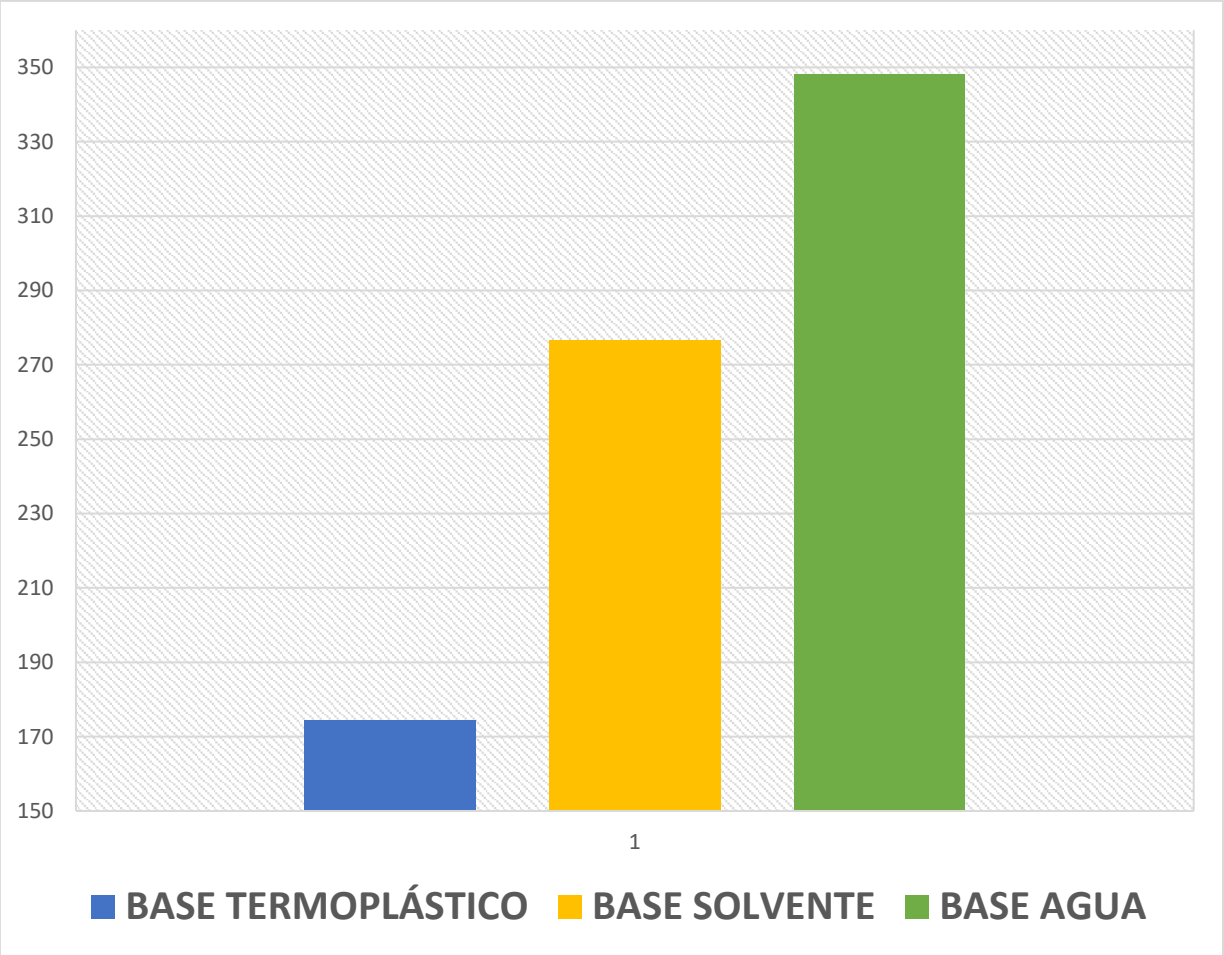


Figura 5-1 Histograma resultado día 1

Se observa que las muestras con los 3 tipos de pintura en el primer día, la retroreflectividad medida con mayor valor en el histograma presentado es la pintura base agua con un valor promedio de 348 $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ el cual cumple con los requerimientos mínimos de retrorreflexión como también lo hace la pintura base solvente con 276.5 $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ el cual cumple con la norma que expresa debe ser 250 $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ inicialmente. Sin embargo, la pintura termoplástica alcanza un valor de 174 $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ el cual no llega a cumplir el valor mínimo de retroreflectividad indicado en la

TABLA 6. Retrorreflectividad inicial característica

Rendimiento de Retrorreflectividad	Blanco	Amarillo
Seco (ASTM E1710)	400	325
Recuperación de estado húmedo	350	275
Humedad continua	100	75

Tabla 2-2 Niveles mínimos de retrorreflexión en pintura base Termoplástico sobre pavimento flexible (mcd/lux-m2)

de este documento.

TABLA 6. Retrorreflectividad inicial característica

Rendimiento de Retrorreflectividad	Blanco	Amarillo
Seco (ASTM E1710)	400	325
Recuperación de estado húmedo	350	275
Humedad continua	100	75

5.3. Resultado Día 3 prueba Retroreflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ con 3 tipos de pintura.

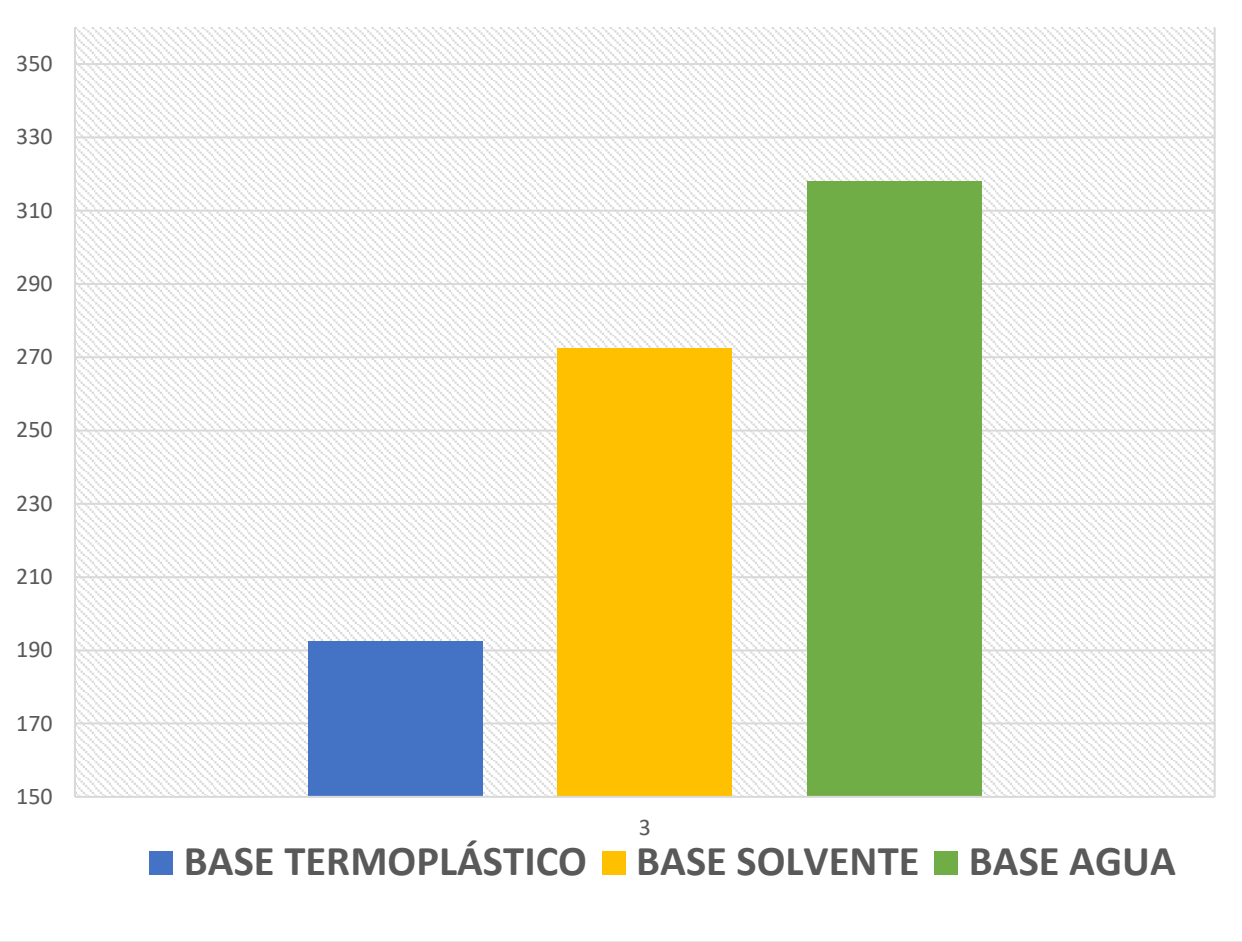


Figura 5-2 Histograma resultado día 3

En el tercer día de haber pintado las muestras, la pintura a base agua mantiene una retroreflectividad mucho mayor en relación con los otros 2 tipos de pintura alcanzado el

valor mínimo tanto pintura base agua como solvente para cumplir los requisitos mínimos de

TABLA 6. Retrorreflectividad inicial característica

Rendimiento de Retrorreflectividad	Blanco	Amarillo
Seco (ASTM E1710)	400	325
Recuperación de estado húmedo	350	275
Humedad continua	100	75

Tabla 2-2 Niveles mínimos de retrorreflexión en pintura base Termoplástico sobre pavimento flexible (mcd/lux-m2)

de este documento y la pintura termoplástica tiene un incremento respecto al primer día sin embargo no llega al valor que inicial.

TABLA 6. Retrorreflectividad inicial característica

Rendimiento de Retrorreflectividad	Blanco	Amarillo
Seco (ASTM E1710)	400	325
Recuperación de estado húmedo	350	275
Humedad continua	100	75

5.4. Resultado Día 7 prueba Retroreflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ con 3 tipos de pintura.

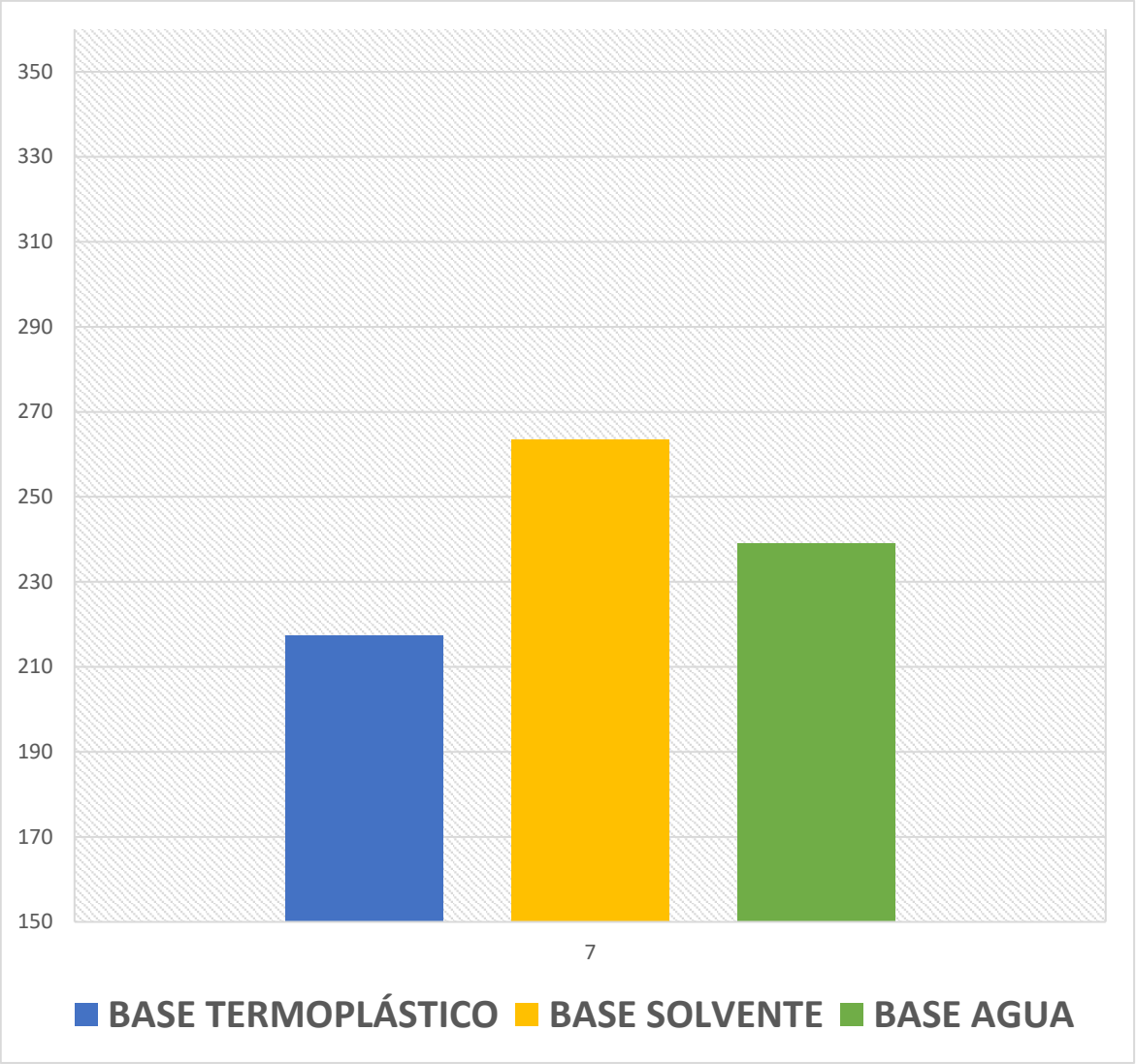


Figura 5-3 Histograma resultado día 7

Como se puede observar que el histograma en el día 7 de haber elaborado las muestras de pavimento la medición de retroreflectividad en la pintura base agua bajo su valor y no llega a cumplir con la retroreflectividad mínima inicial descrita en la norma INEN-NTE 1042 y la pintura base solvente un valor de 263 $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ apenas por encima del mínimo requerido, la pintura termoplástica mantiene un crecimiento respecto a sus posteriores mediciones sin alcanzar su retroreflectividad inicial.

5.5. Resultado Día 14 prueba Retroreflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ con 3 tipos de pintura.

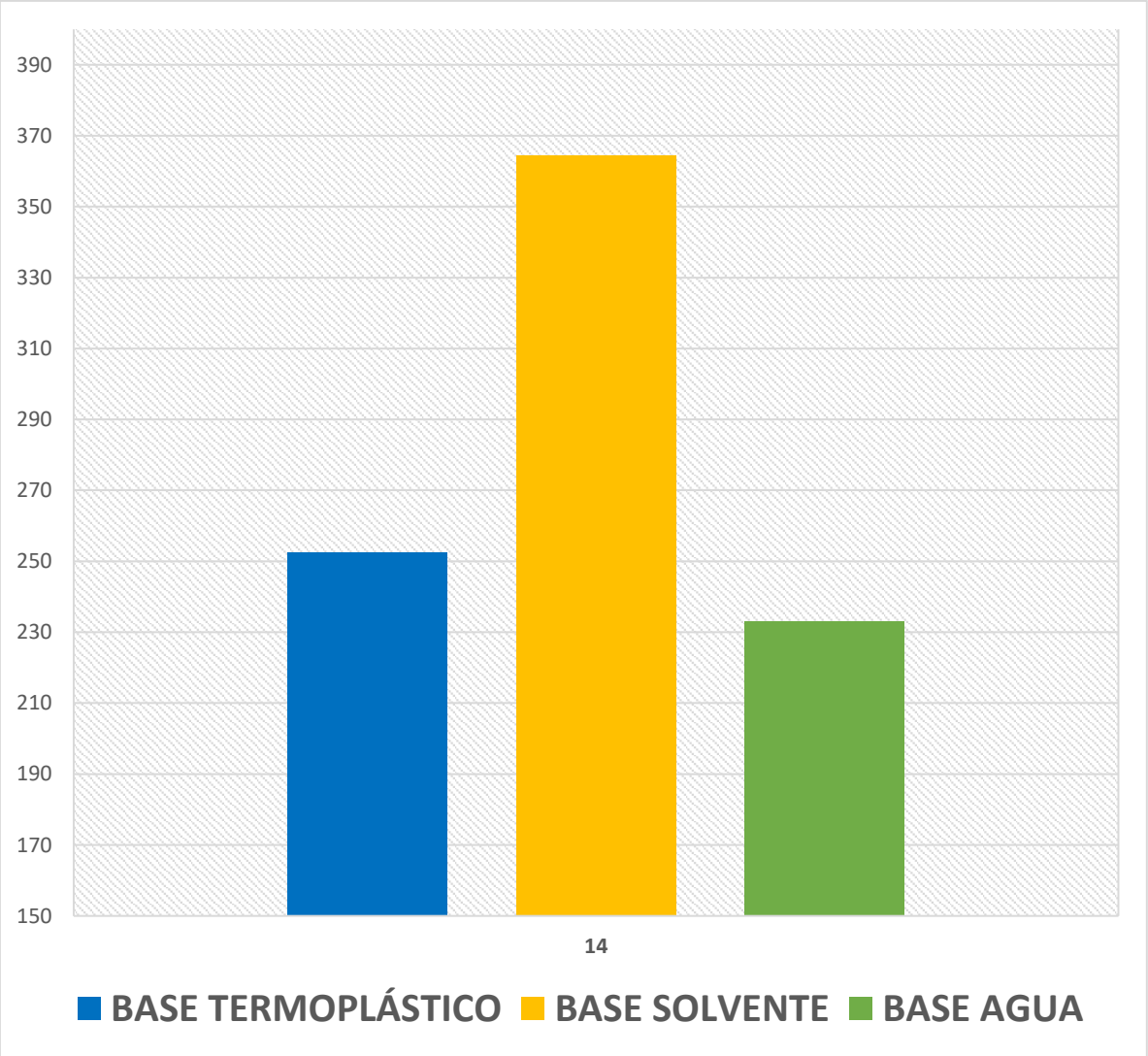


Figura 5-4 Histograma resultado día 14

Luego de haber observado que en el día 7 no cumple con los valores promedios iniciales obtenidas nuevamente en el día 14 la pintura de tráfico base agua también no cumple con el valor mínimo de reflectancia inicial, asimismo la pintura base solvente se observa que nuevamente llega a su valor máximo en relación con las anteriores mediciones de retroreflectividad sobrepasando aproximadamente de 100 – 120 $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ al valor inicial requerido por la norma NTE-INEN 1042:2009.

5.6. Resultado Día 21 prueba Retroreflectividad $mcd{\cdot}lux^{-1}{\cdot}\ m^{-2}$ con 3 tipos de pintura.

.

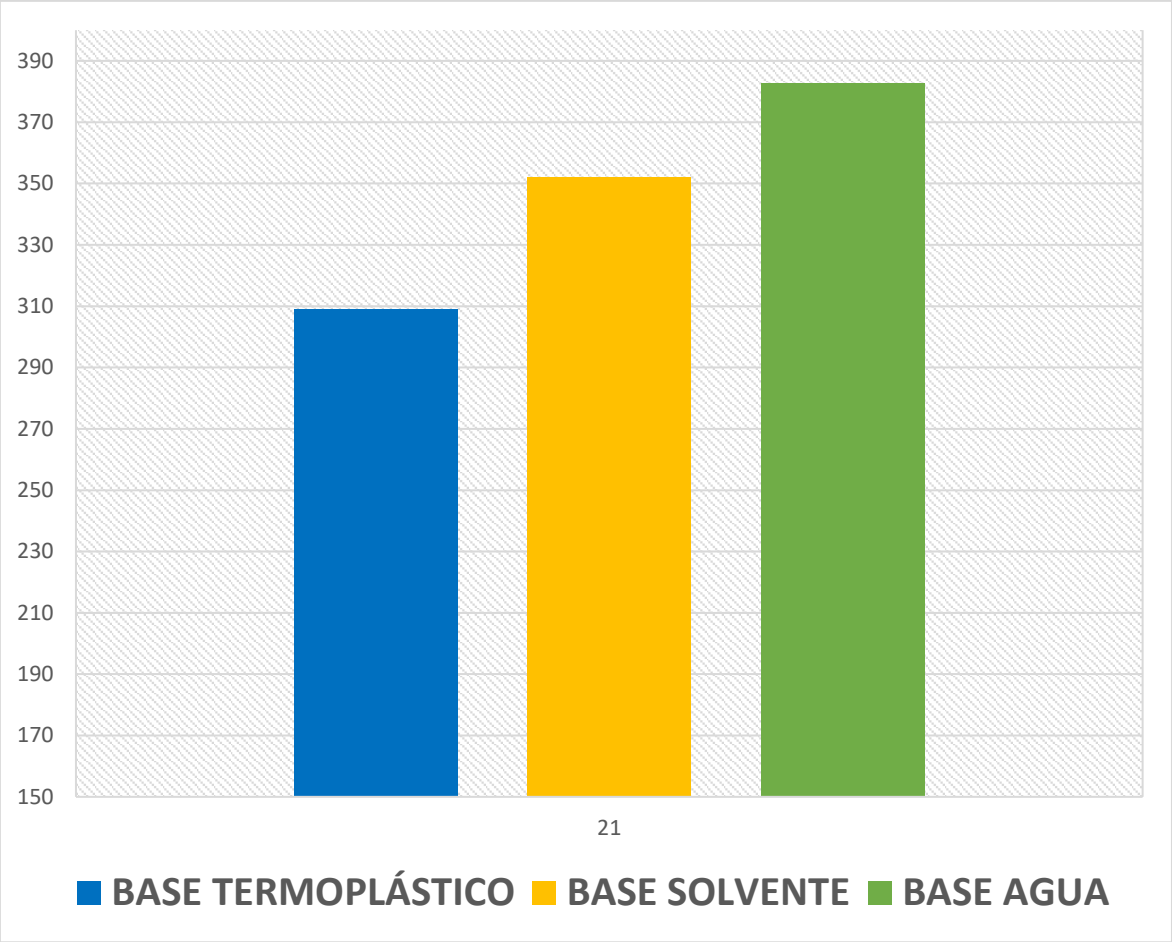


Figura 5-5 Histograma resultado día 21

Con el valor promedio correspondiente a los 21 días de haber pintado las muestras de pavimento flexible mezcla en caliente con los 3 tipos de pintura y tomando la medida de retroreflectividad se observa en el histograma que nuevamente se tiene un descenso acelerado de la retroreflectividad y no llega al mínimo valor para cumplir con el requerimiento de la norma INEN 1042:2009, tanto que la pintura base solvente se asimila mucho con el valor promedio de los resultados del día 14 el cual están dentro del rango mínimo inicial y si cumpliendo la normativa y si hablamos de la pintura termoplástica viene en una tendencia de crecimiento con el pasar de los días sin embargo no cumple la retroreflectividad mínima inicial.

5.7. Resultado Día 28 prueba Retroreflectividad $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ con 3 tipos de pintura.

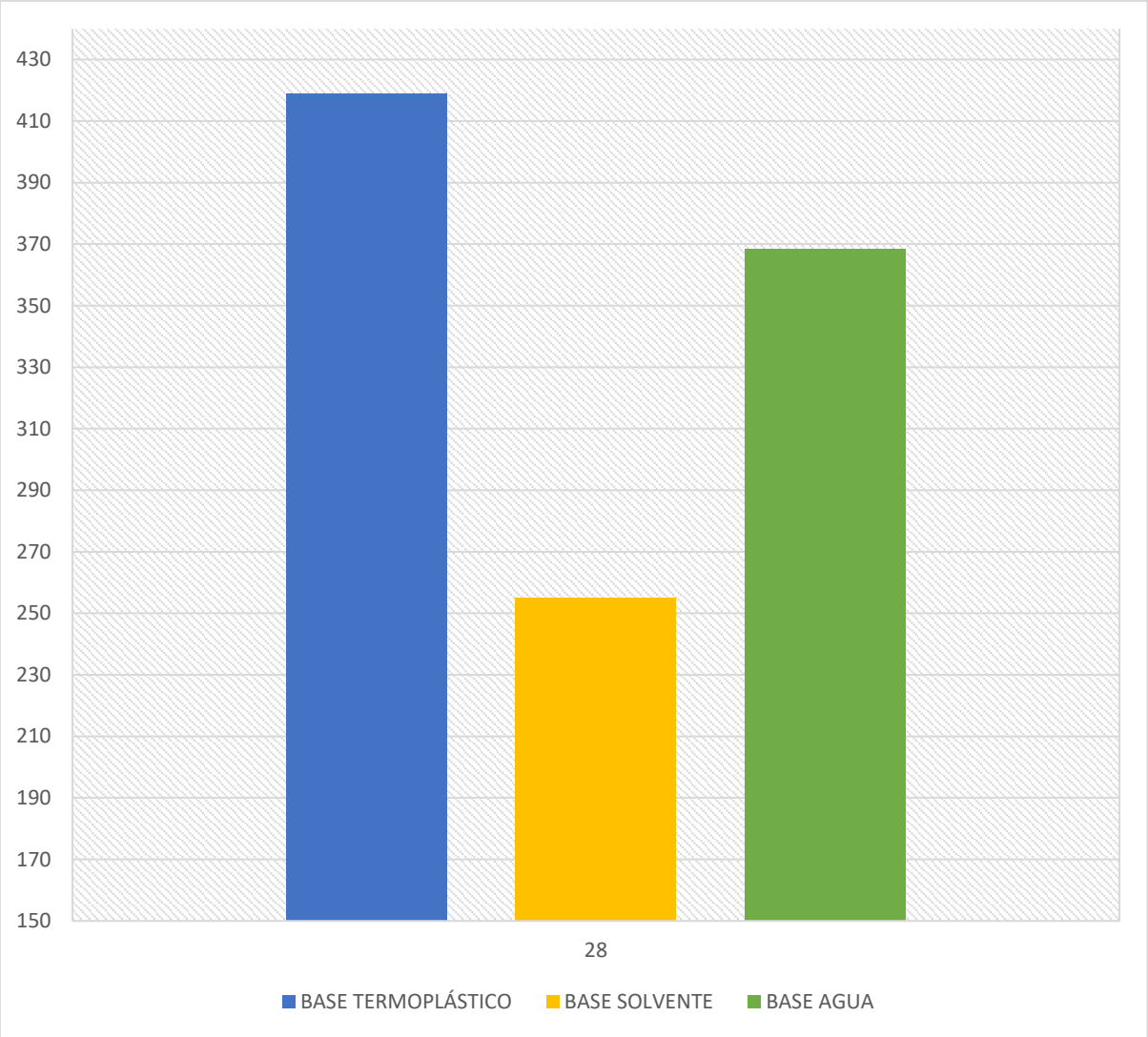


Figura 5-6 Histograma resultado día 28

Al llegar al día 28 y basados en el histograma de los valores promedios correspondientes a 4 muestras de cada uno de los tres tipos de pintura que hemos implementado para el análisis de esta disertación vemos que la pintura termoplástica a sus 28 días llega a cumplir la retroreflectividad mínima inicial descrita en

TABLA 6. Retrorreflectividad inicial característica

Rendimiento de Retrorreflectividad	Blanco	Amarillo
Seco (ASTM E1710)	400	325
Recuperación de estado húmedo	350	275
Humedad continua	100	75

Tabla 2-2 Niveles mínimos de retrorreflexión en pintura base Termoplástico sobre pavimento flexible (mcd/lux-m2)

del presente documento, el cual ha venido marcando una tendencia de crecimiento lineal con el paso de los días. Por otro análisis la pintura base solvente apenas llega a cumplir casi al límite del valor minino inicial, y la pintura base agua presenta un nuevo crecimiento respecto al día 21 y llega a cumplir con los valores mínimos de retroreflectancia descritos en la norma INEN NTE 1042:2009.

5.8.Histograma Retroreflectividad Promedio con los 3 tipos de pintura en $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

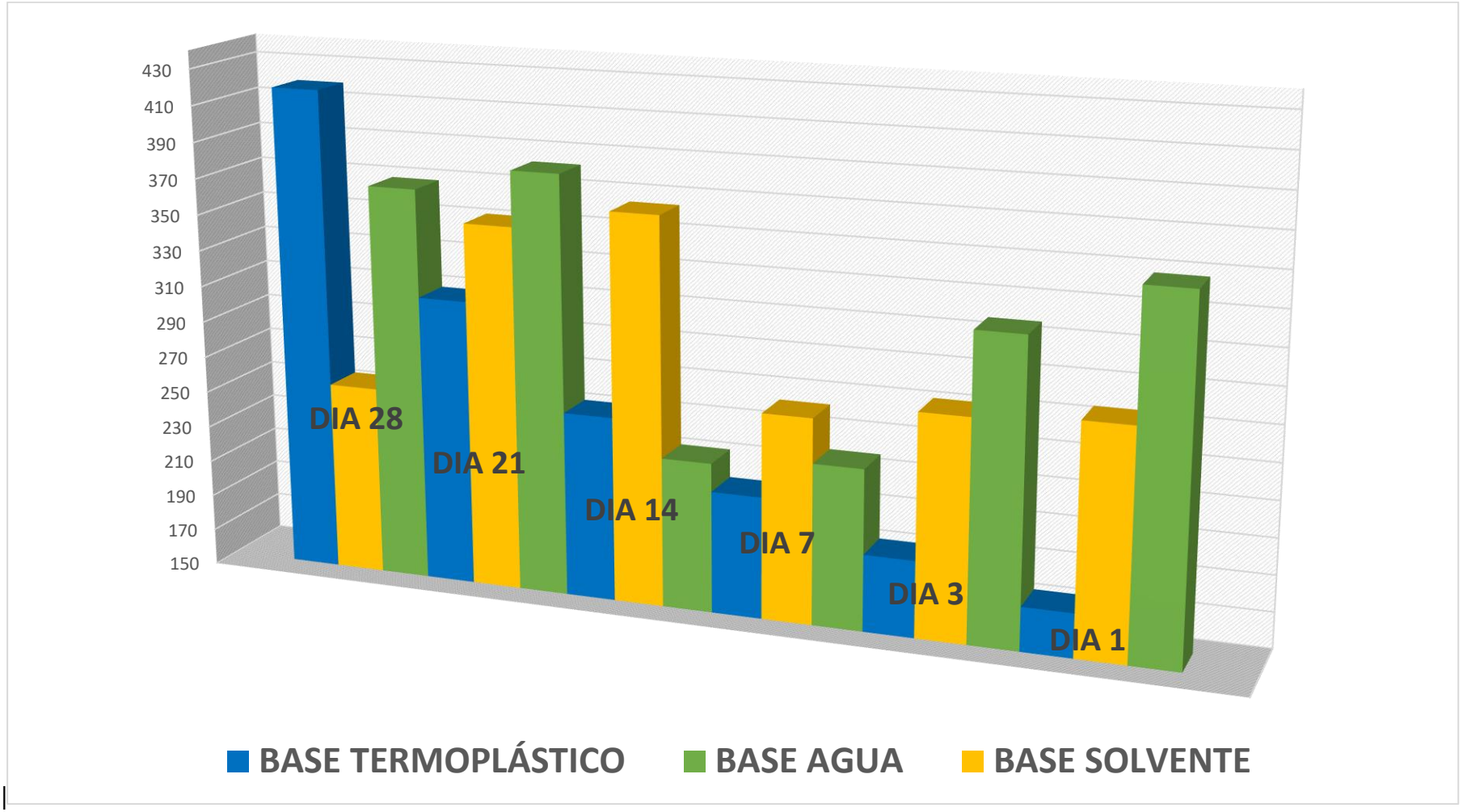


Figura 5-7 Histograma retroreflectividad promedio con los 3 tipos de pintura

5.9.Análisis costo beneficio

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Rubro: SEÑALIZACION HORIZONTAL TRANSVERSAL				**Unidad: MetroLineal**	
Detalle: Pintura de Tráfico Base Agua					
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
FRANJEADORA	0.2	3.32	0.664	0.0581	0.04
ESCOBA AUTOPROPULSADA	0.2	6.72	1.344	0.01	0.01
CAMIONETA DOBLE TRACCION	0.2	8.00	1.6	0.01	0.02
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				0.05
				Subtotal M	**0.12**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal/hora**	**Costo hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
CHOFER TIPO "E" E. O. C2	1.00	4.20	4.20	0.0581	0.24
PINTOR E. O. D2	1.00	2.85	2.85	0.0581	0.17
				Subtotal N	**0.41**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	B	C=A*B
PINTURA BASE ACUOSA ACRILICA		GL	0.009	20.00	0.1750
MICROESFERAS DE VIDRIO DROP ON Tipo I		KG	0.138	0.48	0.0664
AGUA POTABLE		LITRO	1.000	0.0005	0.0005
				Subtotal O	**0.24**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	B	C=A*B
				Subtotal P	
		COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)			**0.7698**
		INDIRECTOS %		**10.00%**	**0.0770**
		VALOR OFERTADO			**0.85**

Figura 5-8 Análisis de precio unitario pintura base Agua

El costo de **$0,85 ctvs.** representa a la aplicación de una pintura **base agua** cumple todos los estándares de calidad por el fabricante y garantizando una duración de la marca vial un tiempo aproximado de **6-12 meses** desde su aplicación en el pavimento.

Este tipo de pintura por su calidad el fabricante y reseñas especifica que se la utiliza para calles y vías de menor TPDA como calles secundarias y zonas rurales que presentan una fluencia menor de vehículos que en comparación con una calle principal.

Sin dejar de lado que esta pintura base agua se la crea con el objetivo de minorar el problema de contaminación ambiental que se da alrededor de todo el mundo, por ser pintura diluida o su componente de reacción es el agua en su aplicación.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Rubro: SEÑALIZACION HORIZONTAL TRANSVERSAL				**Unidad: MetroLineal**	
Detalle: Pintura de Tráfico Base Solvente					
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
FRANJEADORA	0.2	3.32	0.664	0.0581	0.04
ESCOBA AUTOPROPULSADA	0.2	6.72	1.344	0.01	0.01
CAMIONETA DOBLE TRACCION	0.2	8.00	1.6	0.01	0.02
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				0.05
				Subtotal M	**0.12**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal/hora**	**Costo hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
CHOFER TIPO "E" E. O. C2	1.00	4.20	4.20	0.0581	0.24
PINTOR E. O. D2	1.00	2.85	2.85	0.0581	0.17
				Subtotal N	**0.41**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	B	C=A*B
PINTURA BASE SOLVENTE ACRILICA		GL	0.009	20.00	0.1750
MICROESFERAS DE VIDRIO DROP ON Tipo I		KG	0.138	0.48	0.0664
DILUYENTE O TIÑER		GL	0.009	6.30	0.0557
				Subtotal O	**0.30**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	B	C=A*B
				Subtotal P	
		COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)			**0.8250**
		INDIRECTOS %		**10.00%**	**0.0825**
		VALOR OFERTADO			**0.91**

Figura 5-9 Análisis de precio unitario pintura base solvente

El costo de **$0,91 ctvs.** representa a la aplicación de una pintura **base solvente** cumple todos los estándares de calidad por el fabricante y garantizando una duración de la marca vial un tiempo aproximado de **12 meses** desde su aplicación en el pavimento. El diluyente que forma parte de esta pintura es el "thinner" conformado por cierta cantidad de disolventes orgánicos mezclados que son productos derivados del petróleo.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Rubro: SEÑALIZACION HORIZONTAL TRANSVERSAL				**Unidad: MetroLineal**	
Detalle: Pintura de Tráfico Base Termoplástico					
EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad**	**Tarifa**	**Costo hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
FRANJEADORA TERMOPLÁSTICA	0.4	5.82	2.328	0.0291	0.07
ESCOBA AUTOPROPULSADA	0.2	6.72	1.344	0.01	0.01
CAMION	0.2	8.00	1.6	0.01	0.02
HERRAMIENTA MANUAL (5% MO)	GLOBAL				0.05
				Subtotal M	**0.15**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal/hora**	**Costo hora**	**Rendimiento**	**Costo**
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
CHOFER TIPO "E" E. O. C2	1.00	4.20	4.20	0.0581	0.24
PINTOR E. O. D2	1.00	2.85	2.85	0.0581	0.17
PEON E. O. E2	2.00	2.81	5.62	0.0581	0.33
				Subtotal N	**0.74**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	B	C=A*B
PINTURA PINTUTRÁFICO TERMOPLÁSTICA		KG	0.735	1.80	1.3234
MICROESFERAS DE VIDRIO DROP ON Tipo I		KG	0.090	2.30	0.2070
MICROESFERAS DE VIDRIO DROP ON Tipo III		KG	0.238	6.90	1.6445
CILINDRO GAS		UNIDAD	0.002	1.600	0.0026
				Subtotal O	**3.18**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Costo**
			A	B	C=A*B
				Subtotal P	
		COSTO TOTAL DIRECTO (M+N+O+P)			**4.0609**
		INDIRECTOS %		**10.00%**	**0.4061**
		VALOR OFERTADO			**4.47**

Figura 5-10 Análisis de precio unitario pintura base termoplástica

El costo de **$4,47 dólares.** representa a la aplicación de una pintura **base termoplástica** cumpliendo con cada uno de los parámetros y estándares de calidad por el fabricante y garantizando una duración de la marca vial un tiempo mínimo de **3-5 años** desde su aplicación en el pavimento adicional una consideración importante es conocer el estado de la vía y el tiempo de la última aplicación de pavimiento flexible.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Tras el análisis de comparar la retroreflectividad de los diferentes tipos de pintura con un muestreo de 72 briquetas de pavimento flexible, 12 briquetas por cada tipo de pintura utilizando la pintura de color blanco. Y basados en la hipótesis de la disertación la aplicación de pintura base Solvente **si cumple** con el criterio de desempeño mínimos de retroreflectividad retomando como valor inicial de 250 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ para los días 1, 3, 7, 14, 21, 28.

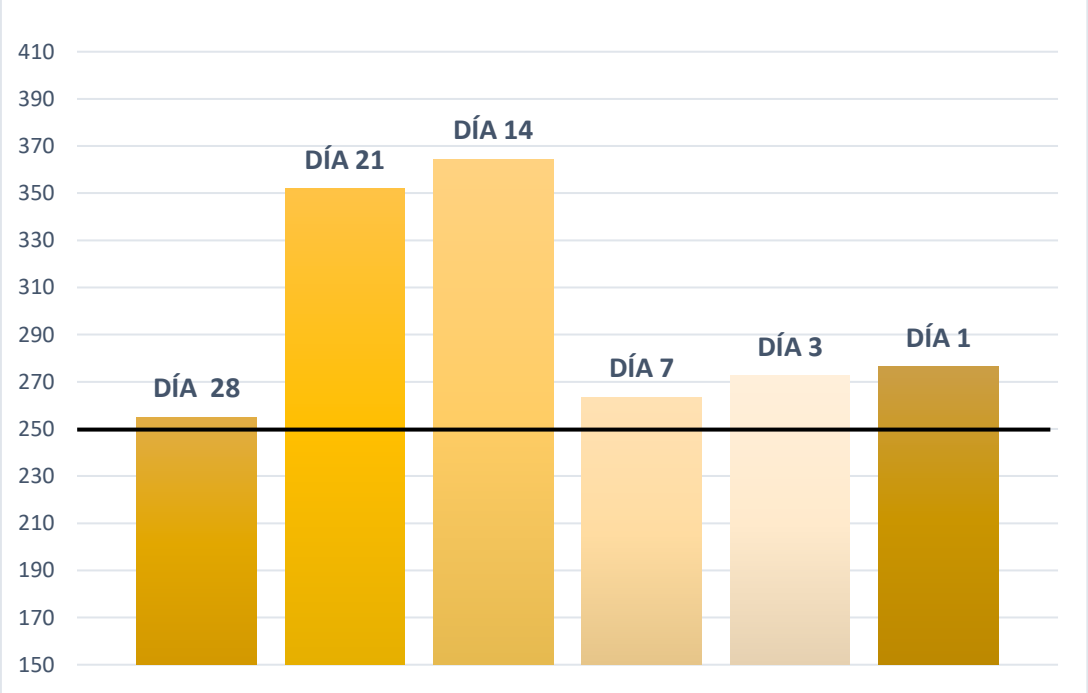


Figura 6-1 Histograma Retroreflectividad pintura base solvente

- Tanto que para la pintura de tráfico base Agua **no cumple** el desempeño mínimo en retroreflectividad en los días 7 y 14, por la presencia de lluvias en los días posteriores de haber colocado la señalización horizontal en cada una de las muestras que generó la reacción entre el asfalto y capa de pintura, la cual no permitió cumplir la reflectancia inicial como se indica en el siguiente histograma.

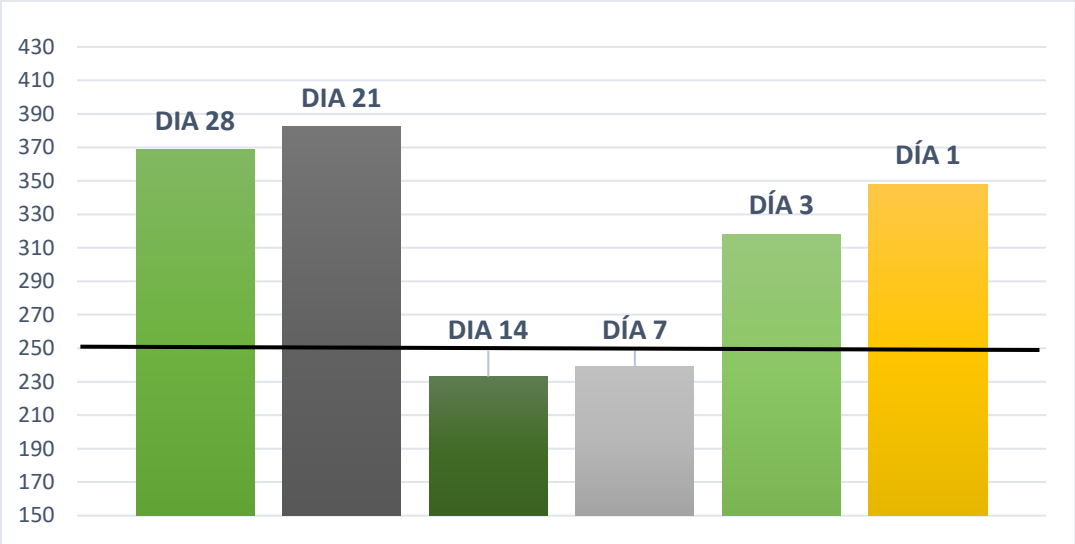


Figura 6-2 Histograma Retroreflectividad pintura base agua

- En el caso de la pintura base termoplástica el desempeño mínimo inicial es de 400 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ de rendimiento por tanto, el día 28 **si cumple** y los días 1,3,7,14,21 **no cumplen** los valores establecidos de retroreflectividad inicial en la norma INEN-1042 para un pavimento flexible mezcla en caliente, teniendo en consideración mediante el siguiente histograma de una tendencia creciente conforme avanzan los días, de esta manera queda en evidencia que la reflectividad medida en $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$ expresa a mayor tiempo de curado del pavimento - mayor reflectividad en la capa de pintura.

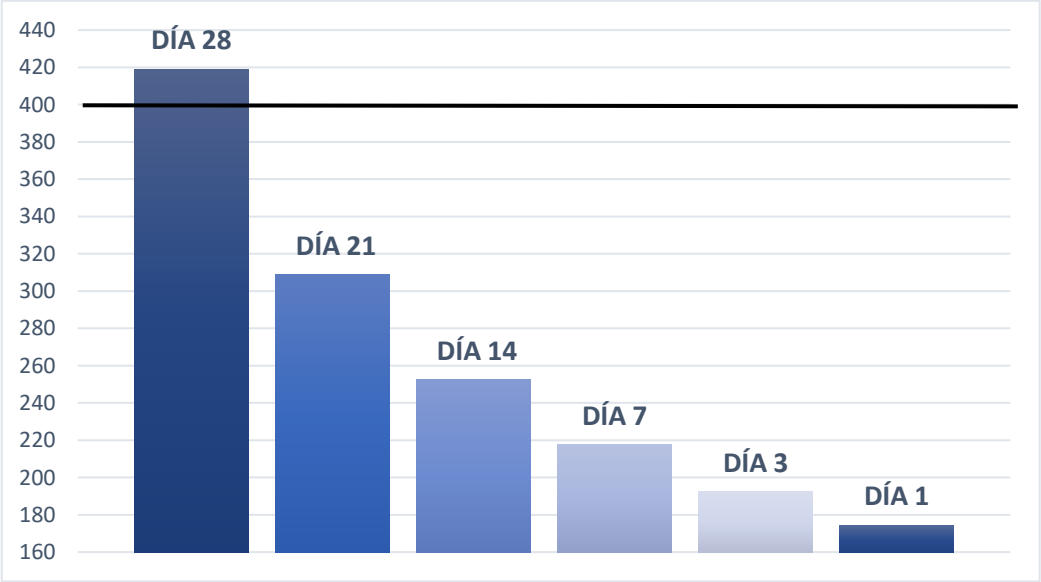


Figura 6-3 Histograma Retroreflectividad pintura base termoplástica

- Dentro del análisis costo–beneficio entre los 3 tipos de pintura, la pintura termoplástica presenta mejores características técnicas en comparación con las otras dos pinturas (base agua, base solvente), por lo que la vida útil promedio de la capa de pintura es de 3 a 5 años posterior a su aplicación dependiendo del nivel de tráfico en la vía (TPDA). Sin dejar de lado que tiene el precio más alto en el mercado de aplicación, siendo una inversión a largo plazo obteniendo mayor reflectividad, espesor y mejor resistencia a la abrasión.

	AGUA	SOLVENTE	TERMOPLÁSTICO
	Espesor 254 micras	Espesor 254 micras	Espesor 3200 micras
Precio unitario $/ml	$0.85	$0.91	$4.47
Mejor desempeño Retroreflectividad (día)	21-28	14-21	28
Vida útil promedio (meses)	6-12	12	36-60

Tabla 6-1 Resumen costo beneficio - precio unitario, desempeño, vida útil

- Finalmente, pintadas las 72 muestras de pavimiento flexible con los 3 tipos de base como son agua, solvente y termoplástico, medidas a diferentes días con ayuda del Retroreflectómetro se concluyó y demostró que el tiempo óptimo para pintar con pintura de tráfico termoplástica es a los 28 días, base solvente dentro de los 14 – 21 días y para base agua entre los 21 – 28 días posteriores a la aplicación de la señalización sobre el pavimento flexible mezcla en caliente.

6.2.Recomendaciones

- Para la aplicación de pintura de tráfico en un pavimento flexible, no se recomienda aplicar dentro de los primeros 7 días porque los materiales derivados del petróleo como el asfalto dejan una cantidad considerable de residuos negros producto de la exudación o afloramiento de la mezcla del asfalto ocasionando manchas o trazos poco definidos que pueden afectar el color de la pintura.

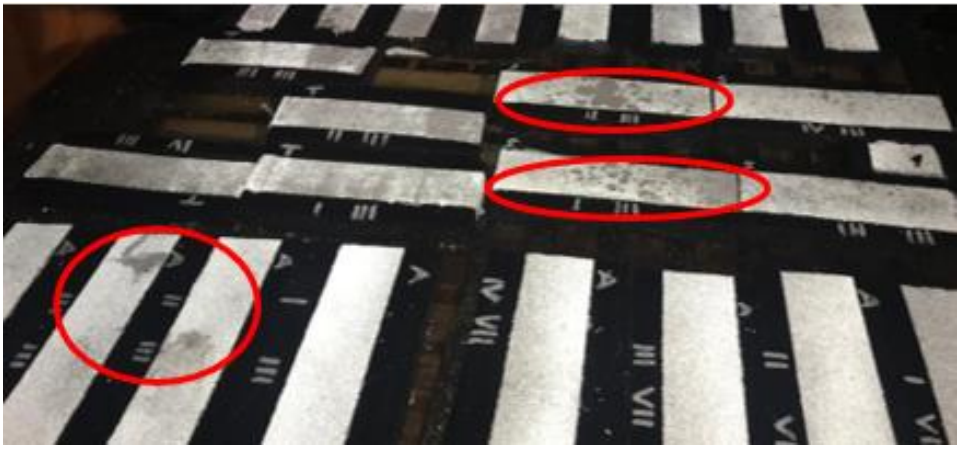


Figura 6-4 Exudación de asfalto sobre la capa de pintura en muestras pintadas

Nota: Se observa las manchas negras en las muestras debido a la exudación del asfalto.

- En base a los datos obtenidos en la disertación la aplicación de pintura termoplástica será posterior a los 28 días de ser tendida la capa de asfalto, es importante mencionar que al tener un mayor tiempo de curado la pintura logra tener mejor adherencia y al colocar las microesferas de vidrio bajo norma produce mejor retroreflectancia sobre la calzada brindando seguridad y calidad para todos los usuarios.

- Si bien las demarcaciones viales en el Ecuador en su gran mayoría son base agua y solvente es importante tomar en cuenta las condiciones atmosféricas, porque deben ser óptimas evitando pintar en presencia de lluvia o la calzada mojada ya que los cambios de temperatura en el ambiente menoran las propiedades físicas y mecánicas de las pinturas.

- La máquina aplacadora de pintura termoplástica la misma que funciona a base de gas propano directo se debe tener precaución con la temperatura del caldero en donde se calienta el material termoplástico ya que esta no debe ser menor a los 204°C ni mayor a los 226°C durante su aplicación debido a que el material se comporta como un material inflamable produciendo quemado, también se considera sumamente liquido por tanto genera gran desperdicio sobre la calzada.



Figura 6-5 Comportamiento pintura termoplástica

- Se recomienda utilizar la pintura base agua en zonas protegidas por el medio ambiente ya que es una de las razones por la que fue creada al tener su componente principal para disolverla el agua, de esta manera no daña el ecosistema y más si una carretera se encuentra atravesando un área protegida, como ejemplo en la ruta Papallacta Baeza no es factible aplicar pintura con agentes contaminantes como es el tinner que es elemento principal de la pintura base solvente.

- Recomendaciones de espesores de la capa de pintura

  Pintura termoplástica: Espesor de 3.2 a 4.8 mm



Figura 6-6 Espesor recomendado capa termoplástico

Pintura Base Agua y Base Solvente: Espesor de 250 a 305 micras.



Figura 6-7 Espesor recomendado base solvente y agua

Nota: Se observa que al medir el espesor la peinilla se pinta en el diente del espesor.

BIBLIOGRAFIA

Boily, F., & Tremblay, M. (2014). *Guide sur la rétroréflexion du marquag e routier (Principes et évaluation).* Québec.

Comunicaciones, M. d. (2011). *Manual de Carreteras del Paraguay Normas para Señalización y Seguridad Vial Volumen II: Señalización Horizontal.* Paraguay.

Fiallos Bravo, J. M., & Unda Córdova, L. G. (2018). *Análisis comparativo de propiedades y características mecánicas entre mezcla asfáltica en caliente "autorreparable" (con lana de acero) y mezcla asfáltica en caliente convencional (Tesis de grado de Ingeniería).* Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador.

Google. (2021). *Google maps* . Obtenido de https://www.google.com.ec/maps/place/Incinerox+via+pifo/@-0.2927686,-78.3641622,528m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d59521b0a2b7af:0x8f1be18021f551b!8m2!3d-0.29216!4d-78.3655171

Graco Inc. (s.f.). *LineLazer V 200HS - Trazador de líneas sin aire hidráulico - Graco Inc.* Obtenido de https://www.graco.com/mx/es/products/contractor/linelazer-v-200hs.html

Guerrero Godoy, A. V. (2019). *Análisis de la señalización horizontal, calidad de servicio y seguridad vial en la Espoch.* Obtenido de Ciencia Digital, 3(2.2), 66-82.: https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.2.461

Jining Furuide Machinery Manufacturing Co., Ltd. (s.f.). *Furd - Máquina de marcado de carreteras termoplástica*. Obtenido de http://es.furdroller.com/thermoplastic-road-marking-machine/56287770.html

Muñoz , A., & Orquera, M. (2018). *Mejoramiento de una mezcla asfáltica con la adicion del residuo de caucho obtenido tras su remoción de la pista de aterrizaje del aeropuerto internacional Mariscal Sucre, por vía seca (Tesis de grado de Ingeniería).* Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador.

Pintuco Colombia S.A. (2 de 05 de 2020). *Pintutráfico termoplástica - Pintuco Colombia S.A.* Obtenido de https://pintuco.com.co/wp-content/uploads/2020/01/pintutrafico-termoplastico.pdf

Screening Eagle Technologies . (s.f.). *Retroreflexión de marcado Zehntner ZRM 6006 RL-Qd - Screening Eagle Technologies* . Obtenido de https://www.screeningeagle.com/en/products/zehntner-zrm-6006-rl-qd

Señaliza. (2021). *Señaliza soluciones viales e industriales S.A de C.V*. Obtenido de http://senaliza.com.mx/

Seynafarje, S. (24 de 12 de 2014). *SIGNO VIAL*. Obtenido de https://signovial.pe/blog/pinturas-trafico/

Sherwin-Williams. (s.f.). *Promar Traffic Base Acuosa Acrílica - Sherwin-Williams.* Obtenido de https://www.sherwin-williams.com.ec/producto/promar-traffic-base-acuosa-acrilica/

Sherwin-Williams. (s.f.). *Promar Traffic Base Solvente Acrílica - Sherwin-Williams.* Obtenido de https://www.sherwin-williams.com.ec/producto/promar-traffic-base-solvente-acrilica/

ST drive, d. E. (15 de Mayo de 2014). *Manual de aplicacion de pintura termoplastica.* Obtenido de http://stdrive.com/wp-content/uploads/2019/03/MTA-001-V1-Manual-Te%CC%81cnico-de-Aplicacio%CC%81n-de-Termoplastica-STDRIVE-15May14.pdf

STdrive del Ecuador S.A. (03 de 2019). *MANUAL DEL APLICACIÓN DE PINTURA TERMOPLASTICA.* Obtenido de MANUAL TECNICO DE APLICACION MTA 001. V1.: http://stdrive.com/wp-content/uploads/2019/03/MTA-001-V1-Manual-Te%CC%81cnico-de-Aplicacio%CC%81n-de-Termoplastica-STDRIVE-15May14.pdf

Vélez, D., & Villacís , J. (2015). Valoracion de la mezcla óptima de microesferas y pinturas de señalización para garantizar una mejor retroreflectancia en aplicaciones viales de acuerdo a las normas INEN. *Escuela superior politécnica del litoral centro de investigación científica y tecnológica* , 4.

Vial, S. (22 de 07 de 2019). *Signo Vial blog*. Obtenido de https://www.signovial.pe/blog/microesferas-de-vidrio-la-reflectividad-en-las-senales/

ANEXOS

ANEXO 1 *Informe de Resultados AC-20 Refinería de Esmeraldas*

INFORME DE RESULTADOS

PETROECUADOR

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con ACREDITACIÓN No. SAE LEN 13-002 .

GERENCIA:	GERENCIA DE REFINACION	REFERENCIA:	PROGRAMA DE TRANSFERENCIA # 032
ORGANIZACIÓN:	M01_REFINERÍA ESMERALDAS	PRODUCTO ANALIZADO:	0293 ASFALTO AC 20
INFORME NO.	M01-0116-2021	CODIGO MUESTRA:	ECC-21-174

DATOS CLIENTE	
NOMBRE	JEFE DE CONTROL Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (ING. ALEJANDRO CAMACHO Y.)
DIRECCIÓN	Km 7 1/2 Antigua Vía Atacames.
TELÉFONO	062994033 (39079, 85074)
SOLICITADO POR	ING. MIGUEL GUAGUA - ESP. DE CONTROL Y PROGRAMACION DE LA PRODUCCION

DATOS DE LA MUESTRA			
ORIGEN DE LA MUESTRA	AO.V17		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	2021/02/01	HORA TOMA DE MUESTRA	21:00:41
CANTIDAD DE MUESTRA	1500 ml		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	2021/02/01	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	21:10:02
LUGAR TOMA DE MUESTRA	ASFALTO	PUNTO DE MUESTREO	APOYO DE TANQUE

DATOS DE ANÁLISIS			
TEMPERATURA AMBIENTE	24.5 °C		
HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE	50.0 %HR	PRESION BAROMETRICA	100.9 kPa
FECHA DE INICIO DE LOS ENSAYOS	2021/02/01 21:15:02	FECHA FINALIZACION DE LOS ENSAYOS	2021/02/02 03:30:41
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME	2021/02/02		

RESULTADOS							
PARÁMETRO	MÉTODO		ESPECIFICACIÓN[1]		RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	U[2]
	(ASTM, INEN)	INTERNO	MIN.	MÁX.			
VISCOSIDAD ABSOLUTA 140 °F (60 °C)	ASTM D2171_NTE INEN 810	V03.06.01.03-T-22	160	240	200,0	Pa s	±5 %
VISCOSIDAD CINEMÁTICA 275 °F (135 °C)	ASTM D2170_NTE INEN 810/1301	V03.06.01.03-T-23	300	-	364,0	mm²/s	±1.9 %
PENETRACIÓN 77 °F (25 °C 100 G, 5s)	ASTM D5_NTE INEN 916	V03.06.01.03-T-20	60	-	77	dmm	±4 dmm
PUNTO DE INFLAMACION	ASTM D92_NTE INEN 808	V03.06.01.03-T-21	232	-	286	°C	±5 °C
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO*	ASTM D2042_NTE INEN 915	V03.06.01.03-T-31	99	-	99,94	%P	-
RESIDUO DE ENSAYOS DE PELICULA FINA EN HORNO ROTATORIO*	N/A	V03.06.01.03-T-30	N/A	N/A	N/A	-	-
VISCOSIDAD 60°C*	ASTM D2171_NTE INEN 810	V03.06.01.03-T-22	-	600	715,0	Pa s	±N/A
DUCTILIDAD 77 °F (25 °C) 5cm/min*	ASTM D113_NTE INEN 916	V03.06.01.03-T-24	50	-	64,0	cm	-
GRAVEDAD API A 60 °F (15.6 °C)	ASTM D1298_NTE INEN 2319	V03.06.01.03-T-04	REPORTE	REPORTE	7,2	°API	±N/A
DENSIDAD RELATIVA (15.6/15.6°C)	ASTM D1298_NTE INEN 2319	V03.06.01.03-T-04	REPORTE	REPORTE	1,0202	-	±N/A
GRAVEDAD ESPECIFICA 25/25 °C	ASTM 70	V03.06.01.03-T-57	REPORTE	REPORTE	1,012	-	±0.002
PUNTO DE ABLANDAMIENTO*	ASTM D36		-	-	48,0	°C	-
INDICE DE PENETRACION*	ASTM D5		-1.5	1	-0,7	-	-
CAMBIO DE MASA*	ASTM D2872	V03.06.01.03-T-30	-	1	-0,260	%P	-
*API OBSERVADO: 13.695							
TEMPERATURA OBSERVADA: 85.4 °C							
OBSERVACIONES:							

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

EDGAR FABRICIO CAMPOVERDE LASTRA

AUTORIZADO POR:
JEFE DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD

NOTAS:
Los datos del cliente, origen, fecha, hora, muestra, parámetro o análisis requerido de la muestra, es información proporcionada por el cliente.
Los resultados de este informe corresponden únicamente a las propiedades de la muestra analizada en el laboratorio.
Los resultados se aplican únicamente a la muestra cómo se recibió.
Sin la aprobación del Especialista y/o Jefe de Control de Calidad, no se deberá reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
Los ensayos marcados con (*) NO están dentro del alcance de la acreditación del SAE.
Los resultados de los ensayos realizados a la muestra son de responsabilidad del Laboratorio RE, excepto si la información es suministrada por el cliente y esta afecte la validez de los resultados; esto se detallará en observaciones.
(1) Referido a la Norma INEN: NTE 2515:2014 Enmienda 1
(2) La U es estimación multiplicando la U típica por el factor de cobertura k=2 (95% nivel de confianza).

Dirección Organización: Km 7 1/2 VÍA ATACAMES S/N - teléfono: (593)06 2994000 - extensiones: 85450 - 85455 - 85457 - 85453 - ESMERALDAS ECUADOR

Página 1 de 1

Formato: V03.06.01.03-FO-330(V35-2018-08-11)

ANEXO 2 *Ficha técnica página 1 y 2 Pintura termoplástica (Pintuco Colombia S.A., 2020)*

Versión 2 / Mayo 2020

Pintuco
El Color de la Calidad®

PINTUTRÁFICO TERMOPLÁSTICA

Ideal para la demarcación y señalización de carreteras, calles, autopistas

DESCRIPCIÓN

Mezcla en polvo de resina termoplástica, microesferas de vidrio, pigmentos y materiales de relleno que al calentarse pasa a estado líquido permitiendo su aplicación para el posterior enfriamiento y generación de la película continua.

USOS

Para la demarcación de autopistas, carreteras, calles y áreas peatonales.

VENTAJAS Y BENEFICIOS

- ✓ Alta duración
- ✓ Excelente reflectividad
- ✓ Rápido secado

CUMPLIMIENTO DE NORMAS

Pintura diseñada según la norma AASHTO M249

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PROPIEDAD	RANGO		UNIDADES
Sólidos por volumen	50	52	%
Método de Aplicación	Equipo con caldera manual o automática		
Tiempo de secado	1	5	Minutos
Rendimiento (metros cuadrados a 2.5 mm)	5.2		m²/saco

NOTA: Para el rendimiento práctico se deben tener en cuenta las pérdidas de pintura durante mezcla y aplicación.

INSTRUCCIONES DE USO

Asegurar que la superficie está seca y libre de polvo, grasa y suciedad.
Remover pintura anterior en caso de que tenga mala adherencia.
El proceso de señalización no se debe realizar cuando se prevean o se presenten lluvias
Realizar imprimación para concreto con imprimante acrílico negro 13759
Realizar validación de la humedad de la superficie bien sea por el método del plástico o del papel parafinado, en ambos métodos no debe existir humedad.
Solo se pueden aplicar sobre pavimentos rígidos o flexibles que lleven mínimo 28 días de construidos, en caso contrario realice una señalización temporal, de bajo espesor de película (alrededor de 7 mils húmedos) con Pintutrafico Acrilico base solvente, posterior al curado del pavimento proceda con la aplicación de la capa completa del recubrimiento. En concretos, para obtener mejores niveles de adherencia se recomienda imprimar con 13759, a un espesor de 5 mils húmedos. La durabilidad dependerá

del tipo y estado de pavimento, volumen y tipo de tráfico, geometría de la vía, la preparación de superficie y la aplicación. En zonas de canteras, derrumbes y construcciones donde se tiene arena continuamente, la durabilidad será afectada.
La temperatura del termoplástico no debería ser inferior a los 204.4°C, ni superior a los 226.6 °C, mientras se lo aplica.
Los cambios de temperatura afectan la aplicación del producto. Tenga en cuenta el frío del viento que puede llegar a enfriar la artesa o conducto transportador.
La aplicación de las microesferas de vidrio debe ser uniforme a través de toda la línea vial. Verifique el funcionamiento del dispositivo de aplicación de microesferas para garantizar que las mismas han sido correctamente distribuidas sobre la demarcación.
El tiempo total de calentamiento, incluyendo el tiempo en el interior del fusor no debe exceder las 6 horas.
La agitación debe ser frecuente cuando se emplee una maquina manual.

ADICIÓN DE MICROESFERAS

Para sembrado de microesferas se recomienda adicionar inmediatamente después de la aplicación la referencia 13704 o 13706.
Se recomienda sembrar entre 450 y 550 gramos de microesferas por metro cuadrado aplicado

TEMPERATURA DE APLICACIÓN

TEMPERATURA AMBIENTAL		TEMPERATURA DEL SUSTRATO	HUMEDAD RELATIVA
Mínima	7 °C	7 °C A 48 °C	30 % a 85 %
Máxima	NA		

NOTA: Evitar aplicar por debajo de 7 °C temperatura ambiente y siempre el sustrato 3 grados por encima del punto de rocío.

PRESENTACIONES

Saco 25 K

CÓDIGOS

REFERENCIA	EBS
Blanco 13735N	10015578 Saco 25 K
Amarillo 13736N	10015579 Saco 25 K

ESTABILIDAD DEL PRODUCTO

La estabilidad del producto en el envase es de 12 meses contados a partir de la fecha de fabricación indicada en el código de barras. Pasado este tiempo el producto puede estar en buen estado, pero se recomienda su revisión por parte del Servicio Técnico Pintuco®. Una vez abierto el envase, el producto debe ser utilizado en el menor tiempo posible siguiendo las recomendaciones de almacenamiento.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD Y AMBIENTE

Para mayor información consulte la ficha de datos de seguridad del producto.

ANEXO 3 *Ficha técnica página 1 y 2 Promar Traffic Base Acrylico (Sherwin-Williams)*

PINTURAS SHERWIN WILLIAMS

Línea Arquitectónica

PROMAR ACRILYCO ALTO SÓLIDOS

SERIE HST

Descripción

PROMAR ACRILYCO ALTOS SÓLIDOS es un producto elaborado con resinas acrílicas termoplásticas modificadas que le confieren excelentes características de secado, adherencia, resistencia a la abrasión severa y a la intemperie, lo que le hace particularmente adecuado para la señalización de carreteras.

PROMAR ACRILYCO ALTOS SÓLIDOS Cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1042.



Características

- Rápido secado.
- Alta visibilidad diurna y nocturna.
- Excelente adherencia.
- Resistente a la abrasión.
- Gran flexibilidad.
- Puede hacerse reflectiva con la adición de micro esferas de vidrio.

Usos

Para señalización vial de carreteras y calles cuando se necesitan tiempos de secado rápido y se requieren recubrimientos base solvente. Se recomienda usar en:

- Asfaltos (curados).
- Autopistas.
- Parqueaderos.
- Superficies de concreto.
- Carreteras.
- Demarcaciones especiales.

PARÁMETROS	VALORES	MÉTODOS DE REFERENCIA
Acabado	Mate	-
Tiempo de secado No. Pick-up*	15-20 min	MT0113
Viscosidad a 25°C	70-85 KU	MT0002
Densidad a 25°C	1.4-1.5 g/cm³	MT0001
Contenido de sólidos en peso	Min. 60%	MT0045
Contenido de sólidos en volumen	Min. 50%	MT0144
VOC (libre de agua y exentos)	≤500 g/l	ASTMD 3960
Rendimiento teórico	2.0 m²/l a 10 mils de espesor seco Aproximadamente 76m para franjas de 10 cm por galón	
Vida útil	24 meses	-
Presentación	Disponible en caneca y tambor	
Condiciones de almacenamiento	Conservar la pintura con el envase cerrado, en un lugar seco y ventilado con temperatura que no sobrepasen los 40ºC.	

* El tiempo de secado depende de la temperatura, humedad y espesor.(ensayos realizados a 25°C, 50%HR y 15 mils húmedos)

PINTURAS SHERWIN WILLIAMS

Línea Arquitectónica

PROMAR ACRILYCO ALTO SÓLIDOS
SERIE HST

Preparación de Superficies

La preparación de la superficie es sumamente importante, todas las superficies deben encontrarse limpias y libres de polvo, grasa, arenilla o cualquier tipo de material contaminante que se encuentre sobre la superficie, para lo cual se debe realizar el proceso de limpieza barriendo la superficie con equipos barredores y luego sopletear antes de la aplicación.

La presencia de selladores o eflorescencias en el concreto nuevo puede afectar la adherencia y esto debe ser removido o eliminados.

Para nuevas superficies de asfalto se necesita que por lo menos tengan 21 días de curado, para superficies cementiceas se debe esperar 30 días. La mayoría de pinturas base acuosa no sangran en las diferentes superficies de asfalto o concreto; sin embargo, la contracción de la película de pintura durante el curado puede causar que el asfalto se levante o se agriete. Si aplica una capa demasiado gruesa sobre asfalto nuevo o recién aplicado esto podría causar grietas en el asfalto 24 horas luego de haber aplicado la pintura y además se podría provocar el desprendimiento de la misma. Lo más recomendable esperar el tiempo indicado anteriormente para aplicar la pintura sobre asfalto nuevo.

Para asfaltos o concretos nuevos, es recomendable realizar una prueba antes de la aplicación, que consiste en pintar una pequeña franja, para asegurar que el asfalto haya curado completamente y no afecte el desempeño del producto.

Para aplicaciones sobre marcas previamente hechas, es necesario realizar una prueba para confirmar la óptima adherencia entre capas.

Es importante recordar que la adherencia de la nueva demarcación va a depender de que las demarcaciones más antigua se halle en buen estado y que se encuentre adherida al concreto o asfalto. Múltiples capas de pintura nueva sobre la pintura anterior pueden provocar que la película se desprenda con mayor facilidad y requerir que se realice la limpieza total de la superficie.

Dependiendo del clima las aplicaciones necesitan por lo menos seis horas para secar antes de cualquier lluvia. Si el día se encuentra soleado el tiempo de secado puede ser menor. Pero si hay presunciones de lluvia es mejor no pintar. Es posible que tenga que volver a pintar.

Si llueve de manera significativa espere hasta el día siguiente antes de pintar nuevamente. Se obtienen mejores resultados cuando el pavimento ha pasado por lo menos 24 horas luego de la lluvia.

Aplicación

PREPARACIÓN DE MATERIAL

- Siempre se debe homogeneizar la pintura antes de cargarla en la máquina de aplicación. Lo más recomendable es que la pintura sea homogeneizada con agitadores mecánicos cuando el producto está envasado en tanques de 55 galones así se asegura la homogeneidad de toda la pintura. El producto no debe mezclarse con otras pinturas.
- El producto no necesita dilución, viene listo para aplicar; pero en caso de ser necesario se puede diluir con Thinner acrílico o Solvente plus máximo el 10% en volumen.
- Esta pintura requiere necesariamente la aplicación de microesferas de vidrio DROP ON Tipo I que cumplan como mínimo con la norma AASHTO M247, para rociar sobre la pintura húmeda en proporción de 0.3 a 0.4 kg. de micro esferas por metro cuadrado de pintura aplicada.

CONDICIONES DE APLICACIÓN

Temperatura de la superficie:
Mínima: 5ºC.
Máxima: 43ºC.
La temperatura de la superficie deberá estar como mínimo 5°C por arriba de la temperatura del punto de rocío.

Humedad relativa ambiente:
Mínima: 10%.
Máxima: 85%.

Tiempos de secado @ 15 mils húmedos (380 micrones) @ 25°C y 50% de humedad relativa

No- Pick- Up	15 - 20 minutos
Liberación de tráfico	30 - 50 minutos

El tiempo de secado depende de la temperatura, la humedad y el espesor de la película de aplicación

Espesor de aplicación recomendados y rendimiento
Aproximadamente 76 m para franjas de 10 cm por galón

Espesor seco mils (micras)	10 (254)
Espesor húmedo mils (micras)	20 (380)
Rendimiento promedio (m^2/l)	2.00

El rendimiento es calculado sobre la base de sólidos por volumen y no incluye perdidas debida a la textura de la superficie, geometría de los elementos, métodos de aplicación, técnica del aplicador, irregularidades de las superficies,perdidas de material durante la preparación, dilución en exceso, condiciones climáticas y espesores excesivos de la película aplicada.

EQUIPOS DE APLICACIÓN

La siguiente es una guía. Se pueden necesitar cambios en las presiones y tamaño de las boquillas para lograr características de aspersión adecuadas. Siempre purgue el equipo de aplicación antes de usar con el diluyente recomendado.

Hay que tener cuidado cuando se carga la pintura en las máquinas ya que hay que prevenir que el aire ingrese en el sistema y tenga contacto con la pintura.

Es recomendable que todas las mangueras, y válvulas dentro del sistema de aplicación sean de acero inoxidable. El plástico PVC puede ser usado cuando los contenidos no se encuentren bajo presión. Las mangueras alineadas de teflón trabajan mejor.

ANEXO 4 *Ficha técnica página 1 y 2 Promar Traffic Acrílica Acuosa (Sherwin-Williams)*

PINTURAS SHERWIN WILLIAMS

Línea Arquitectónica

PROMAR ACRÍLICA ACUOSA
SERIE IAT

Descripción

PROMAR ACRILICA ACUOSA es una pintura de demarcación vial reducible en agua elaborada con resinas acrílicas, utilizada en la señalización de calles y carreteras.
PROMAR ACRILICA ACUOSA Producto con Certificación Sello de Calidad INEN NTE INEN 1042.



Características

Posee rápido secado, buena adherencia, reflactancia, gran resistencia a la abrasión severa y a la intemperie.

Usos

Para señalización vial de carreteras y calles cuando se necesitan tiempos de secado rápido y se requieren recubrimientos a base de agua.

PARÁMETROS	VALORES	MÉTODOS DE REFERENCIA
Acabado	Mate	-
Tiempo de secado No. Pick-up*	20-30 min	MT0113
Viscosidad a 25°C	70-85 KU	MT0002
Densidad a 25°C	1.605-1.610 g/cm³	MT0001
Contenido de sólidos en peso	Min. 70%	MT0045
Contenido de sólidos en volumen	Min. 60%	MT0144
VOC (libre de agua y exentos)	≤140 g/l	ASTMD 3960
Rendimiento teórico	2.43 m²/l a 10 mils de espesor seco Aproximadamente 92m para franjas de 10 cm por galón	
Vida útil	24 meses	-
Presentación	Disponible en caneca y tambor	
Condiciones de almacenamiento	Conservar la pintura con el envase cerrado, en un lugar seco y ventilado con temperatura que no sobrepasen los 40ºC.	

PROMAR ACRÍLICA ACUOSA
SERIE IAT

Preparación de Superficies

La preparación de la superficie es sumamente importante, todas las superficies deben encontrarse limpias y libres de polvo, grasa, arenilla o cualquier tipo de material contaminante que se encuentre sobre la superficie, para lo cual se debe realizar el proceso de limpieza barriendo la superficie con equipos barredores y luego sopletear antes de la aplicación.

La presencia de selladores o eflorescencias en el concreto nuevo puede afectar la adherencia y esto debe ser removido o eliminados.

Para nuevas superficies de asfalto se necesita que por lo menos tengan 21 días de curado, para superficies cementiceas se debe esperar 30 días. La mayoría de pinturas base acuosa no sangran en las diferentes superficies de asfalto o concreto; sin embargo, la contracción de la película de pintura durante el curado puede causar que el asfalto se levante o se agriete. Si aplica una capa demasiado gruesa sobre asfalto nuevo o recién aplicado esto podría causar grietas en el asfalto 24 horas luego de haber aplicado la pintura y además se podría provocar el desprendimiento de la misma. Lo más recomendable esperar el tiempo indicado anteriormente para aplicar la pintura sobre asfalto nuevo.

Para asfaltos o concretos nuevos, es recomendable realizar una prueba antes de la aplicación, que consiste en pintar una pequeña franja, para asegurar que el asfalto haya curado completamente y no afecte el desempeño del producto. Para aplicaciones sobre marcas previamente hechas, es necesario realizar una prueba para confirmar la óptima adherencia entre capas.

Es importante recordar que la adherencia de la nueva demarcación va a depender de que las demarcaciones más antigua se halle en buen estado y que se encuentre adherida al concreto o asfalto. Múltiples capas de pintura nueva sobre la pintura anterior pueden provocar que la película se desprenda con mayor facilidad y requerir que se realice la limpieza total de la superficie.

Dependiendo del clima las aplicaciones necesitan por lo menos seis horas para secar antes de cualquier lluvia. Si el día se encuentra soleado el tiempo de secado puede ser menor. Pero si hay presunciones de lluvia es mejor no pintar. Es posible que tenga que volver a pintar.

Si llueve de manera significativa espere hasta el día siguiente antes de pintar nuevamente. Se obtienen mejores resultados cuando el pavimento ha pasado por lo menos 24 horas luego de la lluvia.

No se recomienda utilizar este recubrimiento, para condiciones climáticas de alta humedad y/o salinidad, también no se recomienda cuando se tenga presencia de lluvias tempranas.

Aplicación

PREPARACIÓN DE MATERIAL

- Siempre se debe homogeneizar la pintura antes de cargarla en la máquina de aplicación. Lo más recomendable es que la pintura sea homogeneizada con agitadores mecánicos cuando el producto está envasado en tanques de 55 galones así se asegura la homogeneidad de toda la pintura. El producto no debe mezclarse con otras pinturas.
- El producto no necesita dilución, viene listo para aplicar; pero en caso de ser necesario se puede diluir con agua máximo el 5% en volumen.
- Esta pintura requiere necesariamente la aplicación de microesferas de vidrio DROP ON Tipo I que cumplan como mínimo con la norma AASHTO M247, para rociar sobre la pintura húmeda en proporción de 0.3 a 0.4 kg. de micro esferas por metro cuadrado de pintura aplicada.

CONDICIONES DE APLICACIÓN

Temperatura de la superficie:
Mínima: 5ºC.
Máxima: 43ºC.
La temperatura de la superficie deberá estar como mínimo 5°C por arriba de la temperatura del punto de rocío.

Humedad relativa ambiente:
Mínima: 10%.
Máxima: 85%.

Tiempos de secado @ 15 mils húmedos (380 micrones) @ 25°C y 50% de humedad relativa

No- Pick- Up	20 - 30 minutos
Liberación de tráfico	45 - 60 minutos

El tiempo de secado depende de la temperatura, la humedad y el espesor de la película de aplicación

Espesor de aplicación recomendados y rendimiento
Aproximadamente 92 m para franjas de 10 cm por galón

Espesor seco mils (micras)	10 (254)
Espesor húmedo mils (micras)	15 (380)
Rendimiento promedio (m^2/l)	2.43

El rendimiento es calculado sobre la base de sólidos por volumen y no incluye perdidas debida a la textura de la superficie, geometría de los elementos, métodos de aplicación, técnica del aplicador, irregularidades de las superficies,perdidas de material durante la preparación, dilución en exceso, condiciones climáticas y espesores excesivos de la película aplicada.

EQUIPOS DE APLICACIÓN

La siguiente es una guía. Se pueden necesitar cambios en las presiones y tamaño de las boquillas para lograr características de aspersión adecuadas. Siempre purgue el equipo de aplicación antes de usar con el diluyente recomendado.

Hay que tener cuidado cuando se carga la pintura en las máquinas ya que hay que prevenir que el aire ingrese en el sistema y tenga contacto con la pintura.

Es recomendable que todas las mangueras, y válvulas dentro del sistema de aplicación sean de acero inoxidable. El plástico PVC puede ser usado cuando los contenidos no se encuentren bajo presión. Las mangueras alineadas de teflón trabajan mejor.

ANEXO 5 *Ficha técnica Trazador de líneas LineLazer V 200HS (Graco Inc, s.f.)*



LineLazer™ V 200HS

GRACO Pintarrayas LineLazer V 200HS Demarcación Vial - 6.5HP Honda

La perfecta elección para los trabajos de trazado y señalización intensivos. Utilizado en las grandes ciudades y los aeropuertos, este equipo puede hacerlo todo, desde el trazado de los aparcamientos hasta el marcado de las calles, combinando una cadencia de producción inigualada y un funcionamiento extremadamente fiable.

El LineLazer V 200HS es el trazador de líneas hidráulico de alto rendimiento que querrá para sus trabajos más exigentes. Cuenta con antecedentes demostrados de características innovadoras que lo han convertido en el trazador de líneas elegido por los contratistas que exigen un verdadero caballo de batalla. El LineLazer V 200HS es la unidad perfecta para trabajos en estacionamiento de gran tamaño, aeropuertos y urbanos que no solamente demandan líneas precisas sino también demandan esferas reflectantes. Con características de alta producción, tales como las pistolas de pintura automáticas y semiautomáticas, junto con el sistema presurizado de microesferas EZ, esta unidad no tiene igual.

Características

La serie automática HP incluye características de todas las series estándar y TAMBIÉN ofrece:

- Pistolas automáticas
- Control mediante pulsador para el trazado de líneas precisas en todo momento
- Sistema de disposición automática (Auto-Layout II)
- Reduce el tiempo de disposición a la mitad
- Exclusiva guía mediante láser de color verde (según el país)
- Registro de datos en el sistema J-Log
- información del trabajo a bordo para evidencia de finalización
- Alimentación a bordo
- Batería de 12V para todos sus elementos accesorios

Aplicaciones

- Señañizacion de carreteras y autopistas.
- Señalización de zonas urbanas y residenciales
- Aeropuertos.
- Aparcamientos.
- Simbología.
- Carriles bici.

ANEXO 6 *Ficha técnica Máquina de marcado de carreteras termoplástica (Jining Furuide Machinery Manufacturing Co., Ltd., s.f.)*



Descripción de la producción:

La máquina de marcado de fusión en caliente de empuje manual FHX-160 adopta un cucharón cruzado de hierro fundido normal, el esparcidor automático de micro bolas de vidrio de embrague síncrono tiene las características de estructura simple, peso ligero, excelente precio y rendimiento. Se utiliza para marcar líneas reflectantes (líneas rectas, líneas de puntos, flechas de dirección, letras y símbolos) en vías elevadas, calles de la ciudad, estacionamientos, fábricas y almacenes.

Especificación técnica:

1. Material de revestimiento: la pared exterior de acero inoxidable y la capa interna de hierro galvanizado preservan el calor. El barril de calentamiento tiene una capacidad de 80 kg, dispositivo de agitación manual de tipo inserto, se puede desmontar
2. Caja de almacenamiento de cuentas de vidrio: máquina termoplástica de la marca de camino 10kg / box
3. Esparcidor de cuentas de vidrio: embrague manual síncrono, siembra automática, spay uniforme, completo
4. Dibuje una línea: fabricación de hierro fundido ordinario, estructura tipo rascador, configuración estándar 150 mm
5. Cuchillo de caída: aleación dura, se proporciona con un dispositivo de funda excéntrica, puede ajustar el rango de grosor de línea: 1-2.5mm
6. Rueda de goma: rueda de hierro, caucho especial de resistencia al calor
7. Modo de calentamiento: gas licuado de petróleo.
8. Ancho de línea: 100/150/200/250 / 300mm de acuerdo con los requisitos de ingeniería de diferentes especificaciones para reemplazar el cubo subrayado
9. Tamaño y peso: 1260 x 880 x 1000 mm

Modelo	FHX-36
Ancho de marcado	100 mm, 150 mm, 200 mm, 300 mm, 400 mm
Spraying Volumen	100 kg / hora
Espesor de pulverización	1.0-3.0mm
Velocidad de pulverización	1,5 km / h
Temperatura de calentamiento	180°C-210°C
Modo de calefacción	Gas licuado
Peso	135Kg

ANEXO 7 *Acta de entrega Préstamo de equipo Retroreflectometro*

16-ADE-C&P-2021-ST

Acta de entrega a Comodato

Estimado Ingeniero
Mauricio Cevallos
CONSTRUCCIÓN Y SEÑALIZACIÓN VIAL DAKMATRAFFIC CIA LTDA
Presente.-

Mediante este documento, dejo constancia de la entrega de las siguientes herramientas y equipos en Comodato:

- RETROREFLECTOMETRO Retroreflectometro; ele; ZEHTNHER; ZRM6006; 460256006; roj, incluye cable de poder y caja de metal
- 1 estuche
- 1 cargador

Nota Importante: En caso de daño, perdida o maltrato, tendrá que cancelar el valor total, es decir USD$ 23.200,00 Dólares de los Estados Unidos de América más IVA.

Para constancia y aceptación de las partes, se firma en la ciudad de Quito hoy 14 de mayo del 2021.

Firma	Firma
Entrega: Steven David Miranda Cabrera	Recibe: DAVID CEVALLOS BRYAN ROMERO
C.I.: 1756740001	C.I.: 1723487300 / 1722380498
Fecha: 14/05/2021	Fecha: 14/05/2021
Empresa:	Empresa:

ANEXO 8 *Ficha técnica Retrorreflexión de marcado Zehntner ZRM 6006 RL-Qd (Screening Eagle Technologies , s.f.)*

ZEHNTNER
TESTING INSTRUMENTS
proceq



Especificaciones técnicas

Monitor	Pantalla LCD transflectiva luminosa con retroiluminación LED
Memoria	Ninguno
Modos de medición	R_L seco (visibilidad nocturna) R_L húmedo (visibilidad nocturna) Qd (visibilidad diurna) ° C / ° F (temperatura ambiente) rH% (humedad relativa)
Área de medición	(Ancho x largo): 52 mm x 218 mm (2,05 "x 8,6")
Rango de medición	R_L : 0 - 4000 mcd • m^{-2} • lx^{-1} Qd: 0 - 400 mcd • m^{-2} • lx^{-1}
Exactitud de medición	Repetibilidad ± 2%
Ángulo de observación	EN 1436 y ASTM E2302: 2.29 ° ASTM E1710: 1.05 °
Ángulo de iluminación	R_L : EN 1436: 1.24 ° R_L : ASTM E1710: 88.76 ° Qd: difuso
Peso	6,4 kg (14,1 libras)
Temperatura de funcionamiento	-10 ° C a + 50 ° C (14 ° F a 122 ° F), sin condensación

ANEXO 9 *Medición retroreflectividad Día 1*

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 1

PINTURA BASE AGUA

DIA 1	**343** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	375 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	309 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	353 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 1

PINTURA BASE SOLVENTE

DIA 1	**305** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	224 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	284 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	319 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 1

PINTURA BASE TERMOPLÁSTICO

DIA 1	**164** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	168 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	181 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	185 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

ANEXO 10 *Medición retroreflectividad Día 3*

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 3

PINTURA BASE AGUA

DIA 3	**286** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	237 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	256 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	256 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 3

PINTURA BASE SOLVENTE

DIA 3	**303** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	291 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	223 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	242 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 3

PINTURA BASE TERMOPLÁSTICO

DIA 3	**191** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	193 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	193 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	194 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

ANEXO 11 *Medición retroreflectividad Día 7*

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 7

PINTURA BASE AGUA

DIA 7	**209** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	182 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	206 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	269 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 7

PINTURA BASE SOLVENTE

DIA 7	**268** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	261 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	210 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	259 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 7

PINTURA BASE TERMOPLÁSTICO

DIA 7	**213** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	214 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	220 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	222 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

ANEXO 12 *Medición retroreflectividad Día 14*

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 14

PINTURA BASE AGUA

DIA 14	**249** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	252 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	294 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	217 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 14

PINTURA BASE SOLVENTE

DIA 14	**340** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	310 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	363 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	389 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 14

PINTURA BASE TERMOPLÁSTICO

DIA 14	**233** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	244 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	269 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	272 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

ANEXO 13 *Medición retroreflectividad Día 21*

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 21

PINTURA BASE AGUA

DIA 21	**403** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	331 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	401 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	362 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 21

PINTURA BASE SOLVENTE

DIA 21	**293** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	265 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	313 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	411 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 21

PINTURA BASE TERMOPLÁSTICO

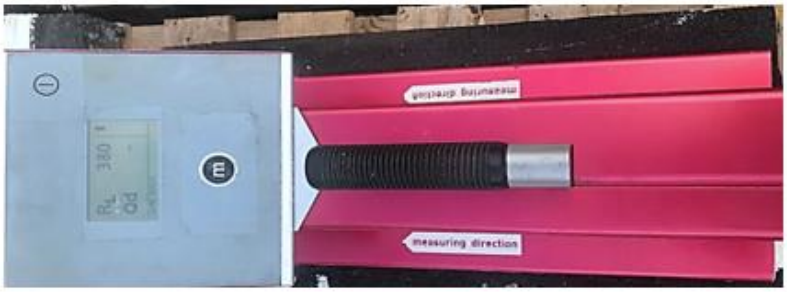
DIA 21	**285** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	302 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	303 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	333 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

ANEXO 14 *Medición retroreflectividad Día 28*

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 28

PINTURA BASE AGUA

DIA 28	**317** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	326 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	380 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	419 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 28

PINTURA BASE SOLVENTE

DIA 28	**284** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	282 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	221 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	226 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	

MEDIDA DE REREFLECTIVIDAD: $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$

REFLECTIVIDAD DIA 28

PINTURA BASE TERMOPLÁSTICO

DIA 28	**406** $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	410 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	418 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	
	432 $mcd \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$	