



Desarrollo y evaluación de un recubrimiento para demarcación basado en pintura de plástico en frío

Juan David Gómez Duque
Ingeniería de materiales

Carmiña Gartner, doctora en Ciencias Química, profesora del departamento de ingeniería de materiales.

Juan Sebastián Gómez, Gerente centro tecnológico Invesa S.A.

Universidad de Antioquia Facultad de ingeniería Ingeniería de materiales

Medellín

2022

Cita

(Gómez Duque, 2022) [1]

Referencia

Estilo IEEE (2020)

[1]

J. Gomez Duque, Desarrollo y evaluación de un recubrimiento para demarcación basado en pintura de plástico en frío, 2022 Trabajo de grado profesional, ingeniería de materiales, universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022.



Coordinador de prácticas: María Esperanza Gómez López

Asesor externo: Juan Sebastián Gómez

Asesor interno: Carmiña Gartner

Institución interna: Universidad de Antioquia

Institución Externa: Invesa.



Seleccione biblioteca, CRAI o centro de documentación UdeA (A-Z)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Francisco Javier Herrera Builes. Nombres y Apellidos.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN	8
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA... ..	8
III. JUSTIFICACION.....	10
IV. OBJETIVOS	11
V. MARCO TEÓRICO	11
VI. METODOLOGÍA... ..	16
VII. RESULTADOS	27
VIII. CONCLUSIONES.....	34
IX. REFERENCIAS.....	35

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 FACTORES Y NIVELES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	19
TABLA 2 COMBINACIONES POSIBLES PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS	20
TABLA 3 COMBINACIONES DE TRATAMIENTOS 22	20
TABLA 4 EXPERIMENTOS REALIZADOS	21
TABLA 5 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA MUESTRA COMPETENCIA... ..	29
TABLA 6 RESULTADOS PRUEBAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS ENSAYOS PROPUESTOS	29
TABLA 7 RESULTADOS PRUEBAS FUNCIONALES DE LOS ENSAYOS PROPUESTOS BAJO NORMA NTC 1360.....	30
TABLA 8 TIEMPO DE GEL.....	32
TABLA 9 ÍNDICE PSEUDOPLÁSTICO DE LOS ENSAYOS MÁS REPRESENTATIVOS... ..	34
TABLA II CATEGORÍAS DE INVESTIGACIÓN	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Equipo para medición de tiempo de secado “No pick up”. a. Rampa de deslizamiento para el cilindro, b. Cilindro... ..	17
Figura 2. Aparato para el ensayo de abrasión para pinturas. (a). Instrumento de abrasión (b) Arena de abrasión.....	17
Figura 3. Instrumento para prueba de flexibilidad (Diámetro ¼ de pulgada.....	18
Figura 4. (a) Manto asfáltico para prueba de sangrado. (b) Adecuación del manto asfáltico para la aplicación de la pintura.....	19
Figura 5. Instrumentos de medición para pruebas fisicoquímicas. a. Copa de gravedad específica, b. Estufa para determinación de %no volátiles, c. Medidor de viscosidad (brookfield), d. Medidor de tamaño de partícula (piedra Hegman).....	21
Figura 6. Instrumento para medición de tiempo de secado (no pick up).....	22
Figura 7. Fallo por flexibilidad de una película de pintura tráfico... ..	22
Figura 8. Resistencia al sangrado de una película de pintura tráfico... ..	23
Figura 9. Resistencia al Agua de una pintura tráfico.....	24
Figura 10. Fallo de una película de pintura tráfico por abrasión... ..	24
Figura 11. Lavado de microesferas presente en la pintura tráfico de la competencia... ..	26
Figura 12. Obtención de cenizas de la pintura tráfico... ..	26
Figura 13. Prueba de flexibilidad. Ensayos 1, 3, 6 y 7... ..	28
Figura 14. Prueba de sangrado. Ensayo 1, 3, 6 y 7.....	29
Figura 15. Prueba resistencia al agua. Ensayos 1, 3, 6 y 7.....	30
Figura 16. Prueba de abrasión. Ensayos 1, 3, 6 y 7.....	30
Figura 17. Gráfico Exotérmico. Temperatura (°C) Vs Tiempo (min).....	32
Figura 18. Curva reológica de los ensayos más representativo... ..	32

RESUMEN

En este trabajo, se desarrollaron diferentes ensayos de pintura plástico en frío a base de una resina especial para demarcación vial. El recubrimiento mencionado es un sistema de dos componentes por lo cual fue indispensable el uso de un catalizador. Para lograr los objetivos planteados se realizó una búsqueda bibliográfica, se procedió con el requerimiento de una muestra competencia; la cual ayudó a tener un punto de referencia para comparar los ensayos desarrollados dentro del laboratorio de INVESA S.A. Todos los ensayos se caracterizaron bajo pruebas fisicoquímicas y funcionales que son descritas en la NORMATÉCNICA COLOMBIANA 1360.

Palabras clave — Metacrilato de metilo, Peróxido de benzoilo, pintura plástico en frío, NTC 1360, pruebas funcionales.

ABSTRACT

In this work, different tests of cold plastic paint based on for road marking were developed. The previously mentioned coating is a two-component system, for which the use of a catalyst was essential. To achieve the silver objectives, in the first instance a bibliographic search was carried out, a competition sample was requested; which helped to have a reference point to compare the tests developed within the INVESA S.A. laboratory. All the tests were characterized under physicochemical and functional tests that are described in the COLOMBIAN TECHNICAL STANDARD 1360.

Keywords — Methyl methacrylate, Benzoyl peroxide, cold plastic paint, NTC 1360, functional testing.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la globalización de la economía caracterizada por la apertura comercial, la ampliación de las inversiones e innovaciones tecnológicas promueve la competitividad de todos los sectores económicos, generando la posibilidad de que los productos puedan acceder en mejores condiciones de precios y calidad en el mercado.

INVESA S.A, es una empresa ubicada en el Km 24 de la autopista norte; cuenta con más de 60 años en el mercado y una cobertura nacional de más del 80% en todo el territorio. Hoy día, tiene varias líneas de negocio las cuales se han centrado en el sector agropecuario, industrial, de la construcción y la decoración. Además, está integrada por un gran número de colaboradores que aportan a la investigación y desarrollo de nuevos productos bajo certificaciones exigidas y por ende competentes con el mercado actual.

En este trabajo se presenta la obtención de una formulación de pintura para demarcación vial plástica a través de un diseño experimental. El recubrimiento fue evaluado y fallado bajo parámetros vigentes descritos por la norma NTC 1360.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La señalización vial juega un papel vital para la seguridad en las vías, especialmente en las carreteras, permitiendo el buen funcionamiento de la red vehicular y para la propia seguridad de los usuarios, sean estos conductores o peatones; por tanto, es necesario que los materiales y procedimientos utilizados en la construcción de las señales sean adecuados, de tal manera que sean funcionales y requieran la menor cantidad de mantenimiento [1]. Uno de los requisitos más importantes de la demarcación vial es, sin duda alguna, que cumpla con los adecuados estándares de calidad del producto final; lo que hace que los fabricantes de pinturas se esfuercen por mejorarla, produciendo materiales cada vez más resistentes a diferentes agentes que tienden a degradar la marcación en tiempos cortos de uso. En Colombia, el desarrollo de recubrimientos viales ha demandado en los últimos años productos que tengan buena resistencia a la intemperie, a la abrasión, durabilidad, rápido secado, alto espesor de aplicación, entre otros criterios importantes de desempeño descritos en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1360 “Pintura para demarcación

de pavimentos. Especificaciones”; siendo ésta última quien rige las propiedades de recubrimientos de demarcación vial.

Debido a los requerimientos de los diferentes clientes potenciales de la empresa INVESA S.A, se ha designado por superiores el desarrollo y evaluación de la pintura vial plástico en frío a nivel de laboratorio. Con lo anterior se procura seguir contribuyendo a la satisfacción del cliente y a la obtención de nuevos productos que garanticen su calidad bajo parámetros establecidos por normatividades vigentes.

III. JUSTIFICACIÓN

Es de gran relevancia que las organizaciones visualicen la importancia del análisis de mercados para el lanzamiento de un nuevo producto o servicio, así como las estrategias para poder ser más competitivos; teniendo en cuenta que la satisfacción del cliente es su objetivo principal. INVESA S.A cuenta con un amplio portafolio a nivel de pinturas arquitectónicas e industriales para la decoración y protección de superficies; lo que demuestra su posicionamiento dentro del mercado de los recubrimientos. Queriendo incluir en su portafolio un nuevo recubrimiento para demarcación vial de alto tránsito vehicular, ve la necesidad de innovar en una pintura “plástico en frío, termoplástico en frío o 2 componentes” que actualmente no ha sido muy estudiada por parte de los fabricantes de pinturas en Colombia, pero que por su gran desempeño (resistencia a la intemperie, a la abrasión, durabilidad, rápido secado) evidenciado en otros países, permite que las industrias se interesen más en estudiarla, abriendo campo a nuevas investigaciones y desarrollos que generan impacto positivo en la industria de los recubrimientos y complementan el portafolio de soluciones para demarcación vial que hoy cuenta con un sistema acrílico termoplástico base solvente y un sistema acrílico acuoso. Responde a los interrogantes del por qué se desea conocer el tema y por qué se seleccionó, así como cuál es el aporte que tendrá el texto a la ciencia.

IV. OBJETIVOS

A. *Objetivo general*

Desarrollar a nivel de laboratorio y realizar la evaluación de desempeño funcional de una pintura para demarcación vial plástico en frío.

B. *Objetivos específicos*

- Desarrollar mediante un diseño experimental una formulación a nivel de laboratorio de la pintura plástico en frío.
- Realizar el montaje de métodos de evaluación físico-químico, funcional y evaluar el desempeño del sistema obtenido comparativamente con una muestra de la competencia.
- Evaluar la viabilidad técnico-económica del proyecto

V. MARCO TEÓRICO

La seguridad vial en la actualidad ha tenido un impacto muy importante en la sociedad, referenciado por la educación para la conducción y comportamiento en calles y rutas. De ahí la gran relevancia y acato que se merece la Ley 1503 de 2011 y la Resolución 1565 de 2014. En la primera, en su Artículo 1 se establece que, la presente ley tiene por objeto definir lineamientos generales en educación, responsabilidad social y acciones estatales y comunitarias para promover en las personas la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguras en la vía y, en consecuencia, la formación de criterios autónomos, solidarios y prudentes para la toma de decisiones en situaciones de desplazamiento o de uso de la vía pública. De conformidad con la Ley 2851 de 2013 y la Resolución 1565 de 2014, se contemplan cinco pilares de acción sobre los cuales se establecerán los lineamientos a seguir para el desarrollo del plan estratégico de seguridad vial, los cuales se describen a continuación.

Fortalecimiento de la gestión institucional: Este pilar estratégico pretende impulsar el adecuado y óptimo desarrollo de las acciones en seguridad vial del Departamento Administrativo

de la Presidencia de la República; mediante una adecuada gestión institucional, con el propósito de afrontar la magnitud de los retos del Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV).

Comportamiento humano: La integridad de la vida de todos los actores viales al movilizarse, debe considerarse fundamental, como un acto de transformación cultural y social. El transformar y cambiar todos los comportamientos que respeten la integridad física y de la vida se da en un proceso largo y que requiere de los compromisos personales de cada actor vial, en el cual se requiere de refuerzos a nivel colectivo.

Vehículos Seguros: En este pilar, se tendrá presente el proceso de análisis y la verificación, del plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos de la entidad, que podrá ser ajustado periódicamente y en el que se establezcan los puntos estratégicos de revisión, duración, periodicidad, condiciones mínimas de seguridad activa y seguridad pasiva, para garantizar que estos se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento y que sean seguros para el uso.

Infraestructura segura: El departamento administrativo de la presidencia de la república, incluye los aspectos que se deben regular, implementar y evaluar; con el propósito de realizar una adecuada planificación, diseño y mantenimiento operacional de la infraestructura vial al interior de la entidad, con el fin de que todo actor vial pueda movilizarse en un ambiente seguro.

Atención a víctimas: Para la atención a víctimas en accidentes de tránsito con vehículos automotores y no automotores, el departamento administrativo de la presidencia de la república por medio del grupo de seguridad y salud en el trabajo, cuenta con la brigada de emergencias; donde todo el personal que la integra se encuentra capacitado, en referencia a primeros auxilios y atención a emergencias de tránsito, con propósito de atender cualquier evento que en caso de su ocurrencia pueda llegar a producir lesiones a sus colaboradores [2] (seguridad vial).

De esta manera, la seguridad vial es un método que estudia, analiza y aplica políticas y acciones que garanticen el correcto funcionamiento de las vías, la seguridad de los actores viales que por ellas transitan de tal forma que se puedan prevenir los siniestros viales.

Pinturas para tráfico: Las pinturas de tráfico son productos especialmente elaborados para resistir la abrasión y el tráfico vehicular; condiciones inherentes a la vida de cualquier vía de comunicación. Se utilizan normalmente para la demarcación horizontal de pavimentos y para la orientación del tráfico vehicular y peatonal. Están formadas por pigmentos o partículas en polvo de distinto origen inorgánico cuyo tamaño normalmente es inferior a 1 micra, insolubles por sí

solos en el medio líquido de la pintura. Las marcas viales deben satisfacer las necesidades individuales de cada tipo de vía, esto quiere decir que debemos escoger el material correcto según las características de tránsito de la ruta. No es lo mismo señalar una autopista de alto tránsito, que las calles de una zona urbana; cada escenario supone una realidad distinta y por lo tanto también material diferente. Si entendemos que el desgaste de una marca vial es por abrasión, entonces podemos concluir que, a mayor tránsito, mayor será el desgaste, y menor la duración de la marca [3].

Tipos de pinturas para tráfico:

Pintura de Tráfico Base Solvente: Probablemente es la pintura más utilizada en nuestro país, es económica pero de muy bajo rendimiento, es decir, que el espesor efectivo del material es el más básico (9 mils). Requiere condiciones especiales de almacenaje, y solventes para su aplicación, los cuales en la mayoría de los casos son tóxicos para el operario y el medio ambiente. Estas pinturas pueden ser fabricadas con materiales poliméricos derivados de la reacción de polioles y poliácidos.

Sus principales características son: alto poder cubritivo, ausencia de amarilleo y alta durabilidad. Está formulada para que sus óptimas características se logren necesariamente mediante el agregado de una cantidad dosificada de Microesferas de Vidrio tipo "Pre-Mix" [4].

Pintura de tráfico Acrílica base agua: Pintura amigable con el medio ambiente, que utiliza pigmentos naturales, no requiere solventes químicos, solo agua. Ideal para calles, avenidas poco transitadas o estacionamientos. Son también conocidas como pinturas acrílicas en base de agua, tienen como principal ventaja que son diluibles en ésta. Adicionalmente las pinturas son fáciles de aplicar y no necesitan de equipo o herramientas especializadas para su manejo. Sin embargo su vida útil no es muy extensa (aproximadamente un año) por lo que tiende a durar poco en relación a otro tipo de pinturas [5].

El término resina acrílica está vinculado a todos aquellos materiales que se elaboran por polimerización de diferentes monómeros constituidos por ésteres de los ácidos acrílico y metil acrílico con alcoholes diversos. La reacción de polimerización de los monómeros acrílicos es una típica reacción de adición a través de los dobles enlaces de los monómeros correspondientes; normalmente los alcoholes que se emplean para esterificar los ácidos acrílico y metacrílico pueden ser de bajo o alto peso molecular y a la vez mono o poli hidroxilados; la selección depende del tipo de resina acrílica que se desee manufacturar.

Pintura para tráfico termoplástica: Material de aplicación en caliente, capaz de entregar espesores importantes (45 a 120 mils), por lo que garantiza la alta duración de la marca en la vía. Debido a su gran rendimiento y eficiencia en costo-beneficio, es la pintura de tráfico más utilizado a nivel mundial en señalización transversal y longitudinal de carreteras y avenidas. A diferencia de las pinturas tradicionales, la pintura termoplástica tiene el beneficio de estar libre de solventes, característica que contribuye a disminuir la contaminación ambiental que provocan el resto de pinturas. Su tiempo de vida es aproximadamente de 3 años y su composición permite que sea resistente a las condiciones ambientales a las que estará expuesta en las carreteras [6].

Pintura para tráfico plástico en frío: Las pinturas de Plástico en frío, también conocidas como MMA, o de Metilmetacrilato, son materiales que están diseñados para endurecer con la adición de un catalizador. Con esto se logra un recubrimiento que brinda una resistencia a la abrasión superior a la que brindan otras pinturas, incluyendo la pintura Termoplástica. A diferencia de las pinturas convencionales, que secan mediante la evaporación de un disolvente o agua, esta pintura endurece y su contenido de volátiles orgánicos (VOC) es mínimo, es por ello que sin el catalizador permanecerá en estado líquido. El catalizador puede encontrarse en presentación líquida o en polvo, sin embargo, es importante considerar que debe estar aprobado por el fabricante de la pintura, ya que algunas marcas de estos peróxidos pueden tener contenido de agua desequilibrando la pintura [7].

Efecto de la cantidad de catalizador en la pintura plástico en frío:

La iniciación de polimerizaciones radicalarias puede llevarse a término mediante distintos procedimientos. En todos los casos, la producción de radicales libres, que después inducirán la polimerización, suele ser la etapa determinante de la iniciación. La iniciación, por lo general, puede considerarse que transcurre en dos etapas: la primera es la formación de algún radical libre y la segunda es la adición del radical libre a un monómero o pre-polímero para formar una cadena radical. A partir de aquí podrá continuar la propagación y el crecimiento de las cadenas mediante reacciones radicalarias. El procedimiento por el cual se forma un radical libre en la primera etapa

de la iniciación variará según el tipo de iniciación que tenga lugar. De esta manera, los radicales pueden ser producidos por métodos térmicos, químicos (redox) y fotoquímicos. El iniciador en bajo nivel de uso no afecta lo suficiente la tasa de curado de la pintura Metilmetacrilato. Sin embargo, el alto nivel conduce a una disminución de las propiedades

mecánicas de la pintura, debido a la presencia de plastificantes y compuestos que no alcanzan a reaccionar dentro de la red polimérica [8].

Materias primas para la elaboración de una pintura:

Con el nombre genérico de pintura se engloban una serie de productos de distinta naturaleza, y cada uno de ellos con objetivos muy particulares, cuya misión principal es la de proteger el sustrato de los agentes agresivos que la rodean y al mismo tiempo decorar.

Resinas: Las resinas dan la propiedad de resistencia y el comportamiento frente al medio agresivo. Son también conocidas como ligante o vehículo y se cataloga como lo más importante de la pintura, dado que la adherencia, impermeabilidad y flexibilidad dependen de ella. Normalmente es un polímero o conjunto de polímeros, producto de síntesis o naturales, que pueden ser utilizados puros, en solución o dispersos. El vehículo es el encargado de formar la película protectora durante los procesos de aplicación y curado. Al mismo tiempo, es el soporte del pigmento y de las cargas, así como de los aditivos que se mantienen inmersos en él, mientras la pintura se encuentra en estado líquido.

Pigmentos: Suelen ser sustancias que le dan color a la pintura. Son de naturaleza inorgánica, insolubles en cualquier medio, orgánico o no, y algunas de naturaleza orgánica, pero insolubles en medios orgánicos, que quedan repartidos a modo de gránulos ocupando intersticios reticulares y ligados a las macromoléculas por enlaces de naturaleza física y electromecánica. En un pigmento tenemos que valorar las siguientes características: estabilidad a la luz y a la intemperie, cubrimiento, tonalidad, peso específico, tamaño de la partícula, resistencia al agua, a los disolventes, ácidos y álcalis, absorción al aceite, estabilidad al calor, punto de fluidez, etc.

Cargas: Las cargas o extendedores son productos inorgánicos insolubles, generalmente cristalinos que, convenientemente dispersos junto con los pigmentos, no alteran el peso específico resultante, matizan por lo general la película, no comunican color alguno, o lo hacen muy débilmente, y en la mayoría de los casos por un efecto de opalescencia. Actúan como agentes de relleno o extendedores. Generalmente son compuestos de bario, calcio o magnesio, en forma de carbonatos, sulfatos, silicatos, óxidos, etc.

Disolventes: En la práctica, con el nombre de disolventes designamos a unos líquidos, orgánicos o no, obtenidos por procedimientos de destilación fraccionada o de síntesis, definidos por su curva de dilatación, densidad, índice de refracción, temperatura de inflamación, tensión superficial, calor latente de vaporización y constante dieléctrica. La misión de un disolvente en una pintura es hacerla manejable. Por otra parte, la rapidez o lentitud en el secado de las pinturas aplicadas depende, en buena medida, de los disolventes, en relación directa a su velocidad de evaporación.

Aditivos: Abarcan un numeroso grupo de productos que normalmente se añaden a las pinturas con fines específicos. Son productos que se adicionan en cantidades mínimas para provocar o conseguir determinados efectos, que no se lograrían sólo con el vehículo, los pigmentos y los disolventes [9].

Fabricación de una pintura: El proceso de fabricación de un recubrimiento es totalmente físico y se efectúa en 3 fases perfectamente diferenciadas:

Dispersión: En esta fase se homogenizan resina, disolventes y los aditivos que ayudan a dispersar y estabilizar la pintura, posteriormente se añaden en agitación los pigmentos y cargas y se efectúa una dispersión a alta velocidad con el fin de romper los agregados de pigmento y cargas.

Dilución: El producto de la dispersión se completa, siempre en agitación, con el resto de los componentes de la fórmula. Los productos se deben añadir uno a uno para evitar posibles reacciones entre ellos.

Ajuste de viscosidad: Es el último paso en la elaboración de una pintura, consiste en proporcionar a la pintura fabricada un aspecto de fluidez homogéneo en todas las fabricaciones y que se ajuste a las necesidades de aplicación de la misma [10].

VI. METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos que se han planteado en este trabajo se hizo una serie de procedimientos que van desde una búsqueda bibliográfica hasta la obtención y caracterización exhaustiva de una muestra competitiva de pintura plástico en frío.

Búsqueda y análisis de información bibliográfica: Se buscó información que permitiera enriquecer el conocimiento sobre los diferentes tipos de demarcación vial; para ello se tuvo en

cuenta bases de datos de la Universidad de Antioquia; también libros, instructivos, normatividades viales, internet, proyectos realizados, entre otros.

Montaje y estandarización de pruebas: Se dispuso de diferentes áreas dentro del laboratorio de Invesa S.A para la instalación de equipos que permitieron caracterizar los ensayos de la pintura plástico en frío acorde con la norma NTC 1360. **La Figura 1** muestra los instrumentos principales para el tiempo de secado de una pintura; esto es, una rampa de 152 mm de largo, 17.5 mm de altura y un cilindro con un peso de 11 lb aproximadamente; estas medidas son designadas bajo la norma NTC 5734 (ASTM D711).

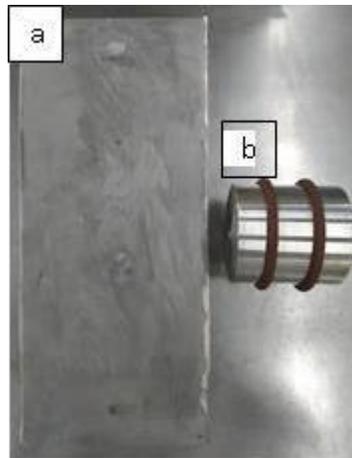


Figura 1. Equipo para medición de tiempo de secado “No pick up”. a. Rampa de deslizamiento para el cilindro, b. Cilindro

La **Figura 2** corresponde a un aparato de abrasión el cual se ubica firmemente en posición vertical sobre una base. La parte superior del tubo lleva un reservorio en forma de embudo para el material abrasivo y tiene además un disco que obtura la entrada al tubo. Este disco está conectado a un dispositivo que permite retirarlo completamente para dejar fluir el abrasivo. El ensayo a fallar debe ir puesto debajo del tubo con un ángulo de inclinación de 45 °C como es descrito en la norma NTC 1360. El abrasivo utilizado para en este tipo de prueba es óxido de aluminio.



Figura 2. Aparato para el ensayo de abrasión para pinturas. (a). Instrumento de abrasión (b). Abrasivo (Óxido de aluminio blanco).

En la **Figura 3** se aprecia una varilla de acero con una diámetro de $\frac{1}{4}$ de pulgada aproximadamente. Su uso es esencial para efectuar la flexión a una lámina de acero recubierta de pintura y a un espesor aproximado de 15 mils. La prueba se efectúa de acuerdo a la NTC 1115 (ASTM D522).

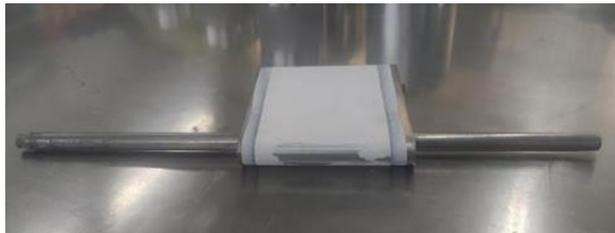


Figura 3. Instrumento para prueba de flexibilidad (Diámetro $\frac{1}{4}$ de pulgada)

La resistencia al sangrado de las pinturas es medida bajo norma NTC 1360; la cual sugiere una lámina de cartón asfáltico como se observa en la **Figura 4a**. Para efectuar la aplicación del recubrimiento es indispensable cubrir la mitad del cartón asfáltico con aluminio (**Figura 4b**), efectuar la aplicación de la pintura a un espesor de 15 mils y observar si se ha producido migración de la capa asfáltica a la capa de recubrimiento.



Figura 4. (a) Manto asfáltico para prueba de sangrado. (b) Adecuación del manto asfáltico para la aplicación de la pintura.

Preparación de muestras: Para el proyecto se requirió la compra de una resina que de gran importancia para la formulación del recubrimiento plástico en frío; las cargas, dispersante, catalizador, etc, son de rotación dentro de la empresa.

Con las materias primas que componen el producto se llevó a cabo el siguiente diseño experimental de 2 variables (Carga A y Carga B-microesferas reflectivas). Las muestras fueron evaluadas por medio de análisis fisicoquímicos y funcionales.

Las pinturas para tráfico plástico en frío son altas en %de sólidos, lo que indica que su composición tiene un alto porcentaje de cargas en su formulación. Debido a la literatura encontrada, se propuso el siguiente diseño experimental:

TABLA 1
FACTORES Y NIVELES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Factores	Niveles
Carga A	a1: 45%
	a2: 10%
Carga B-microesferas reflectivas	b1: 20%
	b2: 30%

La **TABLA 1** representa un diseño de experimento 2^2 , dos factores con dos niveles cada uno; del cual se obtuvo posibles combinaciones como se muestran en la **TABLA 2**

TABLA 2
COMBINACIONES POSIBLES PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

a1b1	<u>Carga A 45%; Carga B-microesferas 20%</u>
a2b1	<u>Carga A 10%; Carga B-microesferas 20%</u>
a1b2	<u>Carga A 45%; Carga B-microesferas 30%</u>
a2b2	<u>Carga A 10%; Carga B-microesferas 30%</u>

La **TABLA 3** resume las combinaciones que se llevaron a cabo para lograr los ensayos que permitieron la viabilidad para la obtención de la pintura plástico en frío.

TABLA 3
COMBINACIONES DE TRATAMIENTOS 2^2

Diseño				
Corrida experimental	Factor a	Factor b	Combinación de tratamientos	Respuesta
1	a1	b1	a1b1	Y11
2	a2	b2	a2b1	Y21
3	a1	b1	a1b2	Y12
4	a2	b2	a2b2	Y22

Se procedió con la ejecución la corrida experimental 1 (Carga A; Carga B- microesferas) y dio como resultado un producto muy viscoso; de acuerdo a las anomalías que fueron surgiendo con las demás corridas, se propuso nuevos ensayos que fueran más reproducibles al ser comparadas con la muestra de la competencia.

La **TABLA 4** representa la totalidad de ensayos que fueron realizados en este proyecto; a ellos son sumados los realizados en la **TABLA 3**.

TABLA 4
EXPERIMENTOS REALIZADOS

Ensayo	Combinación	Variación
1	Carga A. 45%; Carga B. 20%	Sin microesferas
2	Carga A. 45%; Carga B. 20%	Sin microesferas y con adición de un acelerante de reacción
3	Muestra competencia	N/A
4	Carga A. 45; Carga B-microesferas 30%	N/A
5	Carga A. 40%; Carga B-microesferas 35%	N/A
6	Carga A. 20%; Carga B-microesferas 50%	N/A
7	Carga A. 15%; Carga B-microesferas 35%	%Resina

Ensayo 1: Se mantuvo constante % de resina y aditivos. No se adiciono microesferas de vidrio al sistema.

Ensayo 2: Es una réplica al ensayo 1, pero con una adición de un acelerador de la reacción entre el producto y el catalizador

Ensayo 3: Muestra competencia. Se le realizó pruebas fisicoquímicas y funcionales

Ensayo 4: Se mantiene constante % de resina y aditivos, pero se aumenta % de Carga A comparado con el ensayo 1, y se incorpora microesferas de vidrio al sistema.

Ensayo 5: Se mantiene constante % de resina y aditivos, se disminuye la cantidad de carga A y se aumenta la relación entre la carga A y las microesferas respecto al ensayo 4.

Ensayo 6: Se mantiene constante % de resina y aditivos, se disminuye la cantidad de carga A y se aumenta la relación carga B y microesferas de vidrio respecto al ensayo 5.

Ensayo 7: Se mantiene constante % de aditivos, carga A del ensayo 6; se disminuye la relación carga B-microesferas y se aumenta la cantidad de resina.

La combinación descrita fue surgiendo por parte de personal con experiencia en la formulación de recubrimientos.

Caracterización de propiedades fisicoquímicas: Se les evaluó a cada una de las muestras propiedades fisicoquímicas como: Densidad (Kg/gal), %no volátiles, viscosidad (cP). Todo esto bajo recomendaciones de la norma NTC 1360. En la Figura 5 se observa algunos de los instrumentos que se usaron para tal fin.

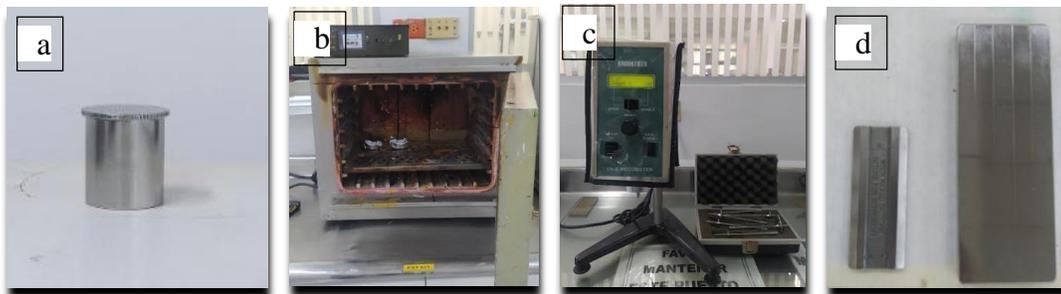


Figura 5. Instrumentos de medición para pruebas fisicoquímicas. a. Copa de gravedad específica, b. Estufa para determinación de %no volátiles, c. Medidor de viscosidad (brookfield), d. Medidor de tamaño de partícula (piedra Hegman).

Caracterización de propiedades funcionales: Debido a que la pintura para tráfico plástico en frío están sometidas al paso vehicular y peatonal, a la abrasión, cambios climáticos, fue necesario realizar las siguientes pruebas funcionales de acuerdo a la norma NTC 1360.

Tiempo de secado (No pick up): Se efectuó una aplicación en vidrio a (15 ± 0.5) Mils Norma (ASTM D711), se contabilizó el tiempo desde el momento en que la película fue aplicada y se dejó pasar repetidamente un peso descrito en la norma ASTM 1360 con el fin de observar el momento en que el peso dejara de marcar sobre el recubrimiento. La **Figura 6** ilustra el montaje completo de esta prueba, donde se observa la distancia a la cual se debe soltar el artículo rodante de aproximadamente 11 lb que pasa en repetidas ocasiones sobre el recubrimiento hasta que deje de hacer marca sobre la película aplicada y así poder tener un tiempo de secado de la pintura.



Figura 6. Instrumento para medición de tiempo de secado (no pick up)

Determinación de la elongación (flexibilidad): Para ejecución de la prueba se usó como sustrato una lámina de acero y se aplicó un espesor de 15 Mils; luego de un secado inicial la probeta se sometió por un par de horas a 100 °C o más para garantizar la eliminación de volátiles. La falla de la probeta se efectuó con ayuda de un mandril de ¼ de pulgada. Se observó si la película se fisura o descascara.

La **Figura 7** es un ejemplo de un recubrimiento aplicado y fallado por esta prueba; claramente se observa un fallo del espécimen, ya que hay un desprendimiento de la pintura al ser doblada con la varilla de ¼ de pulgada.

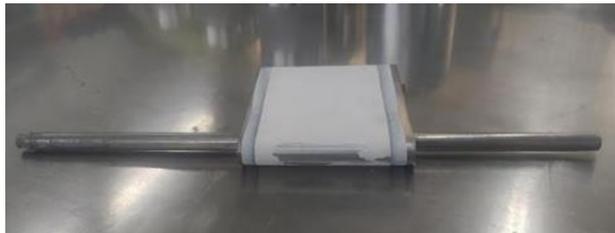


Figura 7. Fallo por flexibilidad de una película de pintura tráfico

Resistencia al sangrado: La aplicación del recubrimiento se efectuó sobre una probeta de cartón asfáltico, donde la mitad es cubierta con papel aluminio; se aplicó a un espesor de película de 15 Mils y se dejó secar por 24 horas a temperatura ambiente. Se observó si hay migración de la capa asfáltica a la capa de pintura. En la **Figura 8** se evidencia la aplicación final de un recubrimiento sobre asfalto.

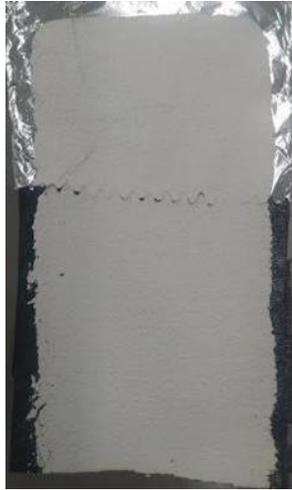


Figura 8. Resistencia al sangrado de una película de pintura tráfico

Resistencia al agua: Se aplicó la pintura sobre una probeta limpia de vidrio a un espesor de 22 mils. Por acuerdo se pueden aplicar a un espesor en húmedo de 5 mils. Se dejó secar por 72 horas y se sumergió la probeta en agua durante 24 horas, se dejó recuperar la probeta por un intervalo de 2 horas y se observó cambio de color, ampollamiento, reblandecimiento y pérdida de adhesión.

Cuando el recubrimiento es aplicado; antes que la probeta se disponga a ser sumergida en agua se puede hacer una marca para diferenciar los dos ambientes a los cuales estará sometida por 24 horas. (**ver Figura 9**).

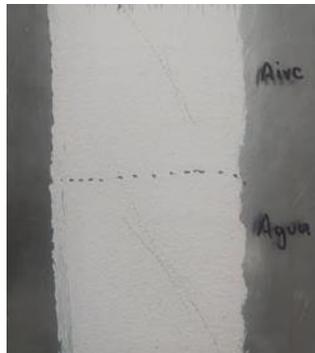


Figura 9. Resistencia al Agua de una pintura tráfico

Resistencia a la abrasión: Se usó como sustrato láminas de acero (120 mm x120 mm) libre de suciedad y aplicador de película de 25Mils, se dejó secar las probetas por 24 horas y luego fueron llevadas a una estufa por 3 horas a 110 °C. Las probetas se fallaron usando un aparato de abrasión, el cual consiste en dejar pasar un determinado volumen de arena especial para abrasión

hasta observar un orificio en la película de recubrimiento mínimo de 4mm. La caracterización de las probetas se realizará por duplicado.

La **Figura 10** es el resultado final de la prueba de abrasión; observándose claramente el orificio de 4 mm que se forma al haber pasado repetidamente el abrasivo de óxido de aluminio sobre el recubrimiento.



Figura 10. Fallo de una película de pintura tráfico por abrasión.

Caracterización de la muestra de competencia: Se realizaron pruebas fisicoquímicas y funcionales que complementaron la obtención de resultados que fueron necesarios para la elaboración de la formulación de la pintura plástico en frío.

Con la muestra problema se procedió de la siguiente manera:

%p/p de las esferas reflectivas: Para conocer el contenido de esferas en la muestra problema, se procedió tomando una cantidad determinada del espécimen, seguidamente se realizó un lavado con acetato de butilo y posterior a ello, fueron filtradas por un filtro de muselina de 50 μm . Lo filtrado (**Figura 11**) fue llevado a una estufa a 150 °C, esto con el fin de evaporar volátiles presentes.



Figura 11. Lavado de microesferas presente en la pintura tráfico de la competencia

% de sólidos p/p: Se dispuso de una balanza analítica y un peso determinado de la muestra para luego ser sometida en una estufa a 150 °C, todo con el fin de obtener % no volátiles en la misma.

Densidad: Para la obtención de este parámetro fue necesario usar una balanza analítica y un picnómetro copa de gravedad específica exclusivo para pinturas.

%Cenizas: Para obtener una cantidad de resina aproximada dentro de la muestra problema, se realizó % de cenizas a una temperatura de 600 °C por dos horas; esto con el fin de garantizar que el material orgánico se degrade y solo queden las cargas con las cuales se formuló el recubrimiento. En la **Figura 12** se observa la secuencia de los pasos más característicos que se deben tener en cuenta para la obtención de cenizas de una pintura; estos van desde el pesaje de la muestra hasta la maceración del sólido final.



Figura 12. Obtención de cenizas de la pintura tráfico

%Carga A: Por medio de una retrovaloración se encontró el contenido de carga A. Se pesó una cantidad x del %cenizas obtenido en el paso anterior, se dispuso en un Erlenmeyer y se adiciono 30 mL de ácido con concentración conocida, se usó un indicador y se tituló con una base de concentración conocida.

Con lo anterior se ha descrito una metodología experimental que permitió la obtención de una pintura para demarcación vial plástico en frío. Es indispensable aclarar que la relación producto:catalizador para las aplicaciones realizadas fue de 98:2 en peso.

VII RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron en la investigación serán representados por medio de tablas, gráficos e imágenes. En estos, es consignada toda la información que surgió después de haber sometido los ensayos a diferentes pruebas fisicoquímicas y funcionales.

A continuación, se presenta las tablas, gráficos, imágenes y un análisis cuantitativo y cualitativo que surgió de la investigación realizada.

TABLA 5
ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LA MUESTRA COMPETENCIA

Análisis	Resultado
% Sólidos p/p	90.21
Densidad (Kg/gal)	7.6
%Cenizas	60.3
%Esferas reflectivas	20
%Carbonato de Calcio	40

Con lo descrito en la metodología experimental sobre la caracterización de la muestra problema, se consignan los hallazgos en la **TABLA 5**. Acorde a lo obtenido, se logra observar que la muestra competencia es alta en sólidos, lo que indica que el porcentaje de carga en su formulación es alto y es corroborado con el alto % de cenizas en la muestra. Al ser realizado el % de cenizas a 600 °C, garantiza que el material orgánico se degrade y por ende solo quede el contenido total de cargas que posee el recubrimiento. La pintura plástico en frío es un recubrimiento sin solvente, por tal razón si %de cenizas fue de 60.3 %, se puede decir, que la parte restante fue la degradación de la resina. De esta manera se permite fijar un porcentaje de resina para la formulación de los ensayos.

TABLA 6
RESULTADOS PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DE LOS ENSAYOS PROPUESTOS

Análisis / Ensayo	% Sólidos p/p	Densidad (Kg/gal)	Viscosidad cP (2.5 RPM)
Ensayo 1	76.17	6.36	11200
Ensayo 2	N/A	N/A	N/A
Ensayo 3	90.21	7.6	218000
Ensayo 4	85.18	7.68	N/A
Ensayo 5	80.64	7.44	302000
Ensayo 6	87.03	7.47	112000
Ensayo 7	84.62	7.11	70000

En la **TABLA 6** se logra observar la respuesta a las pruebas fisicoquímicas más representativas que se le realizan a los recubrimientos; estas réplicas son acorde a las formulaciones propuestas en la metodología (ver **TABLA 4**). Como se evidencia en la **TABLA 6**, el ensayo 2 no aplica a las pruebas fisicoquímicas, ya que tiene los mismos porcentajes de materias primas del ensayo 1, pero con una adición de acelerante de la reacción que fue usado para observar la reactividad de esta ante el sistema de dos componentes y que será discutido más adelante. La viscosidad cP para el ensayo 4 no registra, debido a que el producto final quedo muy viscoso y no fue posible registrar este dato; este aumento es debido al alto porcentaje de inclusión de partículas minerales lo cual se refleja en su alto contenido de sólidos y en su densidad. Al tener un sistema con alto % de cargas hace que el medio líquido del mismo disminuya, puesto que es absorbido por las partículas de mayor área específica.

TABLA 7
RESULTADOS PRUEBAS FUNCIONALES DE LOS ENSAYOS PROPUESTOS BAJO NORMA NTC

1360

Pruebas funcionales / ensayos	No pick up (min)	Flexibilidad	Sangrado	Resistencia al agua			Pérdida de adhesión	Resistencia a la abrasión (dm ³)
				Cambio de color	Ampollamiento	Reblandecimiento		
ensayo 1	40	baja	presenta	no	no	si	si	312.31
ensayo 2	30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
ensayo 3	16	buena	no presenta	no	no	no	no	408.76
ensayo 4	11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
ensayo 5	12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
ensayo 6	18	buena	no presenta	no	no	no	no	418.24
ensayo 7	16	buena	no presenta	no	no	no	no	397.41

Los resultados obtenidos a través de las evaluaciones funcionales realizadas bajo la norma NTC 1360 se pueden observar en la **TABLA 7**. A todos los ensayos se les realizó el tiempo de secado (no pick up), sin embargo el ensayo 4 y 5, que si bien cumplen con el parámetro de secado menor a 15 minutos acorde a norma mencionada, se hace difícil su manejabilidad por su alta viscosidad; todo esto, debido a la alta absorción de la resina por las cargas que tiene elevada área superficial. Por esta razón los ensayos mencionados se descartaron para las demás pruebas. Para que la demarcación vial de alto tránsito sea efectiva, es esencial incorporar microesferas de vidrio; las cuales son retroreflectivas a la marca pues proporcionan visibilidad al conductor en el momento que son iluminadas por las luces de los vehículos y luego esta luz rebota y viaja directamente hacia los ojos del conductor.

El ensayo 1 fue formulado sin microesferas y se observa en la **TABLA 7** que la incorporación de estas a la formulación ayuda a mejorar las propiedades de flexibilidad, sangrado, resistencia al agua y resistencia a la abrasión de la pintura para tráfico. Al ser comparado el ensayo 3 (muestra competencia) con los ensayos 6 y 7, se logra obtener resultados muy similares, lo cual demuestra que los ensayos son viables.

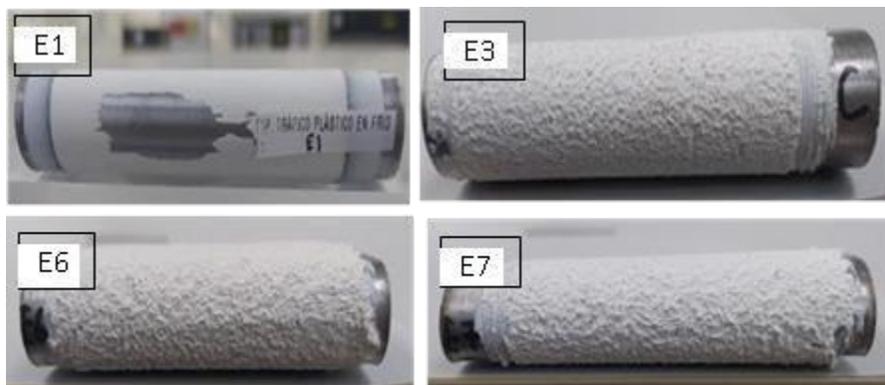


Figura 13. Prueba de flexibilidad. Ensayos 1, 3, 6 y 7

La literatura proporciona muy poca información acerca del efecto que puede tener la incorporación de microesferas de vidrio en las propiedades mecánicas de las pinturas tráfico. Es evidente que en la figura 13, la incorporación de estas disminuye la deformación de la película

cuando ésta es fallada. Por tal razón al ser comparado el ensayo 1 con el 3,6 y 7, se puede decir, que se ha mejorado la coalescencia y el nivel de disipación de energía a los que puede estar sometido el recubrimiento; en este caso al doblamiento de una lámina de acero recubierta con pintura para tráfico. Los ensayos 6 y 7 comparados con el ensayo competencia no muestran diferencias y por tanto los ensayos son aceptados.

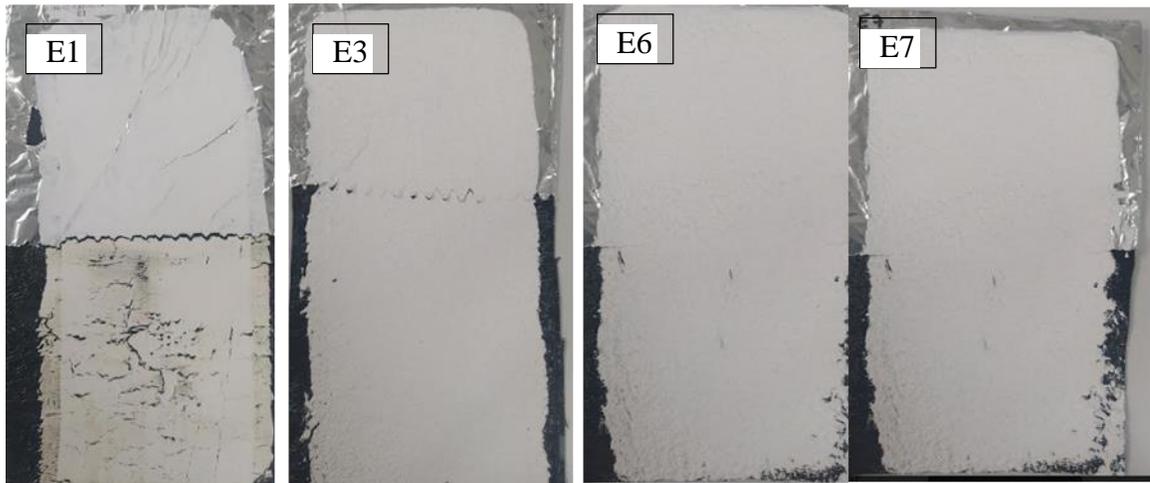


Figura 14. Prueba de sangrado. Ensayo 1, 3, 6 y 7

Cuando se realizó el ensayo de sangrado, que es la decoloración superficial de la pintura al entrar en contacto con los hidrocarburos presentes en el asfalto con la resina y el solvente del recubrimiento, cualitativamente se observa en la **Figura 14** que los microesferas pueden funcionar como obstáculo en la migración del asfalto hacia la superficie del recubrimiento, ya que no se evidencia este fenómeno en los ensayos 3, 6 y 7 cuando son comparados con el ensayo 1. Por tal razón se puede tener la certeza que no se observará esta particularidad de sangrado al ser aplicado el producto en vías, puesto que, debido al buen empaquetamiento que resulta al tener una mezcla de cargas, microesferas de vidrio y la resina, que por cierto posee buena resistencia a los hidrocarburos, no es posible que la migración del asfalto alcance a llegar a la superficie antes de que el sistema producto: catalizador haya curado. No se perciben diferencias entre los ensayos 3, 6 y 7, de esta manera se confirma la funcionalidad de los ensayos propuestos frente a esta prueba.

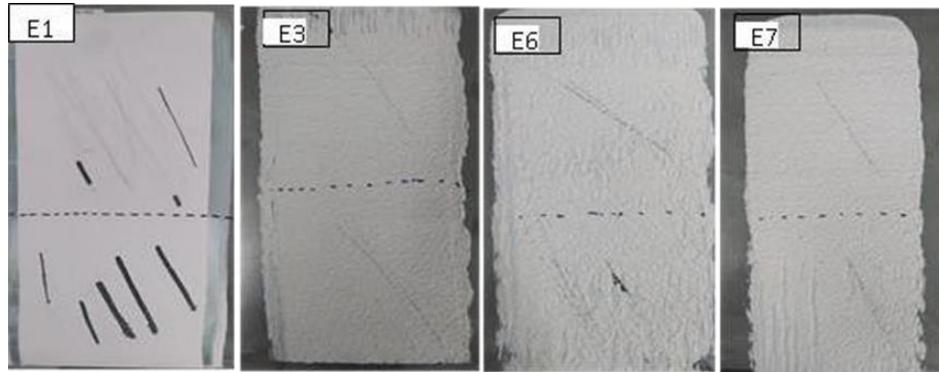


Figura 15. Prueba resistencia al agua. Ensayos 1, 3, 6 y 7

La resistencia al agua es una prueba también cualitativa. Se observa en la **Figura 15** que los especímenes 3, 6 y 7 no presentan cambio de color, reblandecimiento, ampollamiento o pérdida de adhesión de la pintura sobre el vidrio después de estar sumergida en agua por 24 horas; esto explica que el sistema producto: catalizador alcanza un buen curado y que al ser expuesto a condiciones extremas de lluvia por ejemplo, estos seguirán conservando sus características.

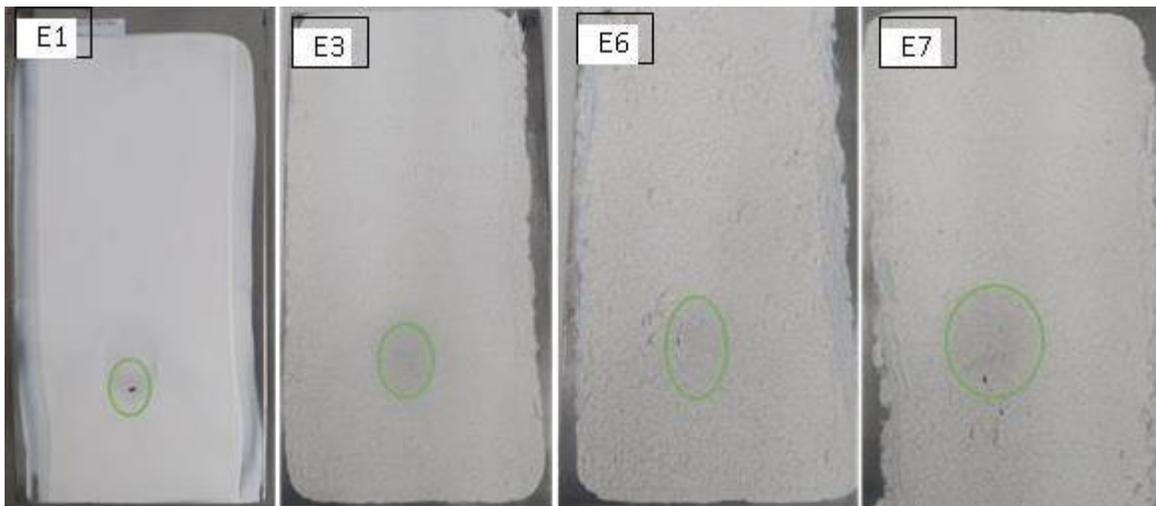


Figura 16. Prueba de abrasión. Ensayos 1, 3, 6 y 7

La pintura para tráfico constantemente se encuentra inmersa a la abrasión de los automóviles, de la arena en las carreteras, etc. Es por esta razón que es indispensable realizar la prueba “resistencia a la abrasión”; en este caso para las pinturas tipo C, que son las pinturas plástico en frío, deben cumplir 200 dm³ de abrasivo. Los ensayos 1, 3, 6 y 7 superaron esta prueba como se observa en la **TABLA 7**; siendo mucho más resistentes los ensayos 3, 6 y 7 que no alcanzaron a

llegar a la falla como se muestra en la **Figura 16**. Por tal razón se consideró dejarlos hasta un mismo número de pasadas de abrasivo para poder hacer el comparativo tanto cuantitativo como cualitativo con el ensayo 3; de esta manera, los ensayos 6 y 7 confrontados con la muestras competencia son altamente resistentes a la abrasión debido alto nivel de entrecruzamiento que se logra en el sistema al mezclar el producto con el catalizador y a la incorporación de las microesferas de vidrio.

TABLA 8
TIEMPO DE GEL

Ensayo	Tiempo de Gel (min)
1	22.36
2	11.15
3	12.02
4	6.12
5	6.30
6	7.15
7	7.05

El tiempo de gel es de gran importancia para el sistema que se está trabajando, debido a que en este punto se logra un alto entrecruzamiento que permite que la pintura pase de un estado líquido a sólido. En el tiempo de gel, se puede decir, que se alcanzan las mejores propiedades del producto; esto es si se realiza adecuadamente la estequiometría entre el producto y el catalizador. **La TABLA 8** revela los tiempos obtenidos en cada uno de los ensayos propuestos. Estos períodos pueden ser controlados acorde a la relación producto-catalizador, por tanto consigue ser ajustado a las necesidades del cliente. En los ensayos 1 y 2 se observa la importancia de adicionar un acelerador de reacción, debido a que actúan como donadoras de electrones e interactúan con el catalizador y dan lugar a la formación de radicales libres que reaccionarán con la resina de la pintura plástico en frío. Lo anterior explica el cambio de los tiempos de gel de 22.36 min a 11.15 min con la adición de un acelerante al sistema. **La Figura 17**, muestra el aumento de temperatura que va adquiriendo el sistema al ser mezclado el producto con el catalizador; siendo en el ensayo 2 donde se adquiere una temperatura exotérmica mayor (72 °C) debido al alto contenido de acelerante en la formulación, comprobándose de esta manera su alta reactividad.

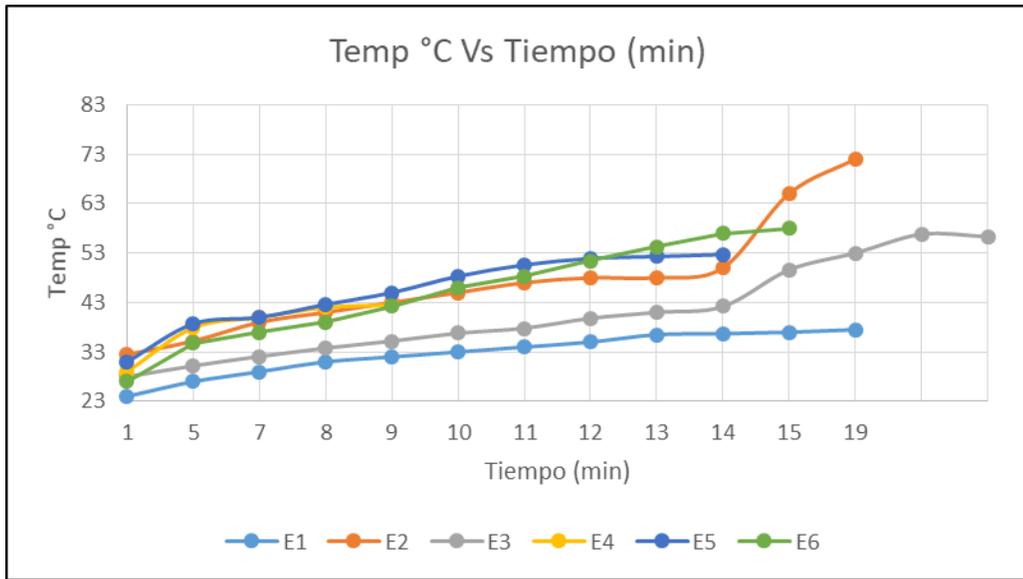


Figura 17. Gráfico Exotérmico.

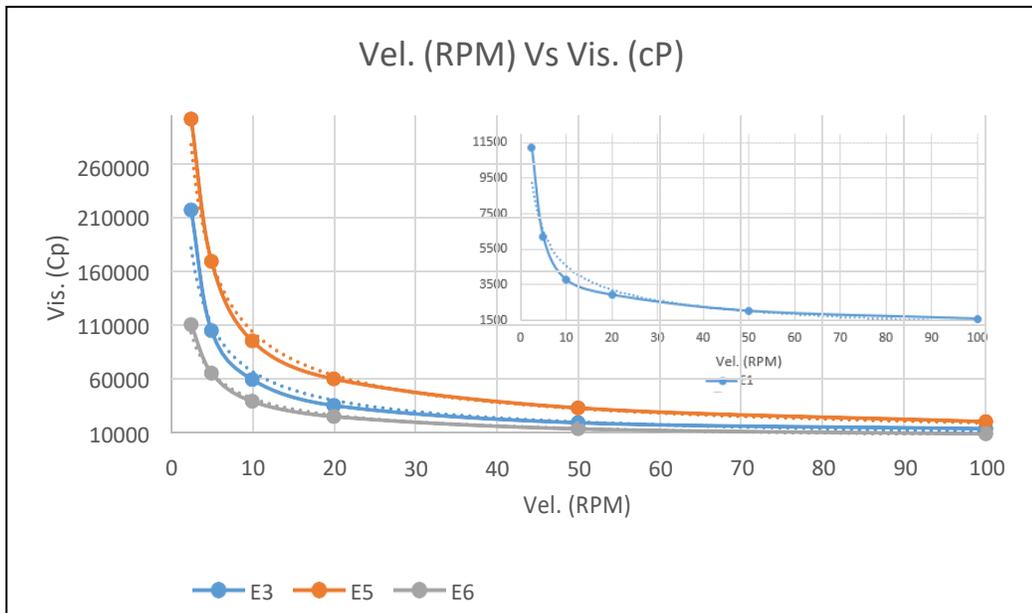


Figura 18. Curva reológica de los ensayos más representativos.

TABLA 9

ÍNDICE PSEUDOPLÁSTICO DE LOS ENSAYOS MÁS REPRESENTATIVOS

<u>Ensayo</u>	<u>Índice de pseudoplasticidad</u>
1	0,492
3	0.295
6	0.371
7	0.468

A partir de las medidas de viscosidad a través de un equipo brookfield, se observó que todos los ensayos presentaron un comportamiento pseudoplástico, como es el caso de la mayoría de las pinturas.

La ley de potencia es una relación matemática útil debido a su simplicidad, pero solo describe aproximadamente el comportamiento de un fluido real no newtoniano. La mayoría de las pinturas son no newtonianas, por tanto muestran un comportamiento de flujo pseudoplásticos con una disminución de la viscosidad cuando la velocidad de cizalla aumenta. Cuando más rápido se agite, menor será la viscosidad resultante como se observa en la **Figura 18**. Para los ensayos 1, 3, 6 y 7 si bien se observa una diferencia considerable en las viscosidades, todos los ensayos se rigen bajo el mismo comportamiento pseudoplástico.

La **TABLA 9** indica el valor del índice pseudoplástico que se obtiene de cada una de las curvas realizadas en la **Figura 18**. Por ejemplo, cuando n es menor que uno, la ley de potencia predice que la viscosidad efectiva disminuiría indefinidamente al aumentar la velocidad de corte, lo que requeriría un fluido con una viscosidad infinita en reposo y una viscosidad cero cuando la velocidad de corte se acerque al infinito; por tanto para valores de $n = 1$, el sistema es completamente viscoso y si $n = 0$ el sistema es completamente plástico. Según los valores obtenidos y analizando las variaciones que se obtuvieron en los ensayos (**ver TABLA 4**), la muestra competencia (ensayo 3) tiende a ser más plástica que los demás, esto puede ser atribuido a diferencias entre las cargas y agentes reológicos usados en la formulación. Para el ensayo 7 se logra observar un $n = 0.468$ debido a la adición de resina respecto al ensayo 6, lo cual lo hace un producto más Visco-elástico. Sin embargo ninguna de las muestras al ser aplicadas en diferentes sustratos presentó una pérdida significativa de espesor, lo cual indica que ser plástico o visco-elástico no tiene mucha relevancia por tratarse de un producto de alto contenido en sólidos.

VIII. CONCLUSIONES

- Se concluye que el desarrollo del recubrimiento plástico en frío realizado a nivel de laboratorio, cumple con los lineamientos de la norma NTC 1360; Sin embargo es indispensable tener en cuenta un adecuado balance de las materias primas que intervienen en el proceso, puesto que, un alto contenido de cargas hace que el producto final no logre tener la textura adecuada y por tanto, no permite su aplicación por la alta viscosidad que confiere el sistema.
- Los ensayos 6 y 7 cumplen especificaciones de la norma NTC 1360; lo cual podría ser productos para posteriores aplicaciones en campo. Sin embargo se logró observar una mejor manejabilidad y plasticidad en el ensayo 7, ya que tenía un porcentaje más alto de resina respecto al ensayo 6.
- La adición de microesferas de vidrio, ayudan a tener un producto con mejores propiedades funcionales y altos espesores de aplicación, debido a la alta coalescencia que se logra entre la resina, cargas y microesferas.
- El desarrollo de nuevos productos en la industria de pinturas, permite conocer con más profundidad el comportamiento de las materias primas que se usan en su formulación, ayudando a generar más conocimiento en nuevas formulaciones y mejoramiento de los productos (propiedades funcionales, mecánicas, etc)

IX. REFERENCIAS

- [1] 2022. [En línea]. Available: <https://www.signovial.pe/blog/pinturas-trafico/>. [Último acceso: 5 Diciembre 2021]
- [2] D. república, «<https://dapre.presidencia.gov.co/>,» Enero 2022. [En línea]. Available: https://dapre.presidencia.gov.co/dapre/DocumentosSIGEPRE/D-GA-01_plan_seguridad_vial.pdf. [Último acceso: Marzo 2022]
- [3] L. R. Arias, «<http://repositorio.uan.edu.co/>,» Mayo 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/3843/3/2021LeonardoRonderos.pdf>.
- [4] Cristacol, «<https://martel.com.ar/>,» Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://martel.com.ar/wp-content/uploads/2021/07/Manual-de-materiales-para-sen%CC%83alamiento-horizontal-CRISTACOL.pdf>.
- [5] G.D.R. Vidales, «Seguimiento del impacto que tiene la pintura empleada para la demarcación de vías en la durabilidad de los pavimentos,» Bogotá.2018
- [6] Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.pintura-para.com/pintura-termoplastica/>. [Último acceso: Julio 2022].
- [7] «Pintura plástico en frío,» [En línea]. Available: <https://roaddepot.com.mx/pinutras-de-plastico-en-frio-mma/>. [Último acceso: Marzo 2022].
- [8] S. P. Hadizadeh, «Optimizing practical properties of MMA-based cold plastic road marking paints using mixture experimental design,» Elsevier, 2020.
- [9] J. Vicente, «PINTURAS, BARNICES y AFINES: composición, formulación y caracterización,» Madrid, 2020.
- [10] «<http://www.edutecne.utn.edu.ar/>,» 2020. [En línea]. Available: http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/C-TecPin_VIII_a_XI.pdf. [Último acceso: Julio 2022].