



Ejemplo de carretera señalizada (intersección en la CN-1).

SEÑALIZACION HORIZONTAL: Pinturas para marcas viales

• POR EMILIANO MORENO

A puntar cuáles son las principales propiedades que debe cumplir una pintura de señalización para el tráfico rodado, así como las características a tener en cuenta para la elección de una pintura, según el tipo de firme sobre el que se va a aplicar, son las dos principales cuestiones que aborda Emiliano Moreno, Director de Fabricación del Grupo de Pinturas Industriales (Grupisa), en el siguiente trabajo.

PINTURAS DE TRAFICO. NECESIDAD.

Introducción

De todos es conocida la gran dificultad que se plantea, desde el punto de vista del conductor (seguridad, etc.), a la hora de circular por carreteras sin señalización horizontal o señalización deficiente. Esta falta de señalización puede producir muchos accidentes, los cuales son debidos a diversas causas:

- No identificación de los carriles.
- Falta de signos sobre la carretera que ayuden.

Por todo esto, es obvia la necesidad de una señalización horizontal que sea:

- Duradera.
- Visible tanto de día como de noche.

Así pues, el objetivo básico de este estudio radica en dos aspectos claros:

1.º Hacer notar cuáles son las principales propiedades que debe cumplir una pintura de tráfico.

2.º Elección de la pintura más adecuada según el tipo de pavimento.

Materiales

Cualquier pintura y, por tanto, las de tráfico, constan de 3 grupos de componentes:

- Ligante: resina.
- Cargas y pigmentos.
- Disolvente.

LIGANTE

Es el que va a dar la calidad de la pintura y, por supuesto, otras propiedades muy importantes como resistencia al deslizamiento, evitan la adición de altas cantidades de pigmento, por lo que abaratan el precio del producto.

CARGAS

Proporcionan poder de relleno a la pintura y, por supuesto, además de otras propiedades muy importantes como resistencia al deslizamiento, evitan la adición de altas cantidades de pigmento, por lo que abaratan el precio del producto final.

PIGMENTOS

Dan el poder cubriente y, al mismo tiempo, la coloración de la pintura. En el caso de las blancas, el bióxido de tita-

nio (TiO_2) es el más comúnmente utilizado.

DISOLVENTE

Proporciona la viscosidad adecuada a la pintura para hacerla aplicable. De su elección dependerá el control del tiempo de secado.

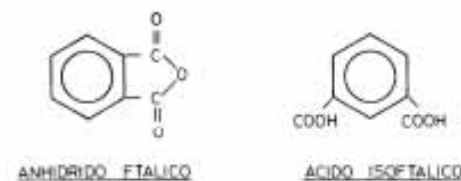
Ya que el ligante es el punto clave en toda pintura, las de tráfico las clasificaremos según el tipo de ligante, en:

- Alcídicas puras.
- Alcídicas modificadas con resinas de clorocaucho.
- Acrílicas.
- De hidrocarburos: Hot-Melt.

Pinturas convencionales

ALCÍDICAS PURAS

Se basan en una esterificación obtenida a través de un poliácido con un poliol, dando lugar a un poliéster. Este poliéster se modifica con aceites, ya que éstos mejoran las propiedades del producto final. Los poliácidos más usados son:



Los polioles más usados en dicha esterificación son:



En cuanto a los aceites, según su proporción y grado de insaturación, afectarán al brillo y tiempo de secado de la pintura. Los más usados son: soja, madera, linaza...

El poliéster formado es termoplástico, por lo que las pinturas formuladas con estos tipos de resinas serán sensibles, en cierto grado, a los cambios de temperatura.

ALCÍDICAS MODIFICADAS CON CLOROCAUCHO

En éstas, la base del poliéster es semejante. Aquí se hace un tratamiento en

el cual se introducen agentes modificantes que hacen que esa resina sea compatible a la adición de resinas de clorocaucho (parafinas cloradas) en distintas proporciones.

Como consecuencia, se obtiene un producto final que es muy poco termoplástico y que tiene una gran dureza superficial, así como una gran tendencia a la eliminación de disolventes.

Esto proporciona (según la cantidad de clorocaucho adicionada) a las pinturas así formuladas, un gran brillo y rapidez de secado, además de una práctica insensibilidad a la temperatura.

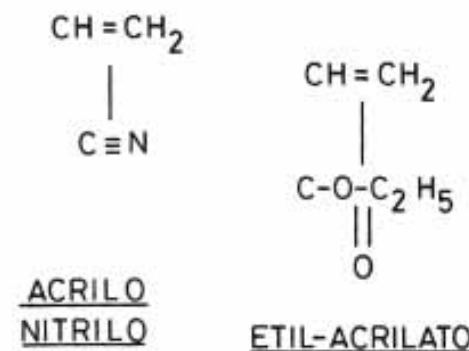
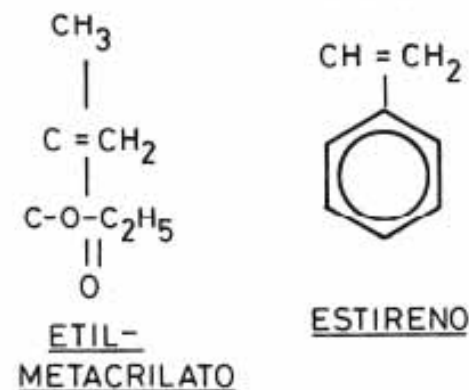
ACRÍLICAS

Como su nombre indica, son derivadas de polímeros acrílicos (polimetil metacrilato) y monómeros acrílicos.

En disolución

Se basan en la disolución de polímeros acrílicos. Actualmente esta terminología implica a aquellas resinas preparadas a partir de la copolimerización de monómeros acrílicos y/u otra clase de monómeros (monómeros vinílicos y en particular el estireno) fácilmente copolimerizables entre sí o con los acrílicos.

Los monómeros más usados son:





Aplicación del termoplástico en caliente (SPRAYPLASTIC) en Madrid.

Todos estos productos, una vez reticulados, proporcionan al film:

- Una gran dureza, pero en contrapartida, una gran termoplaticidad.
- Gran estabilidad.
- Gran brillo.

Atendiendo al tipo de disolvente, las podremos clasificar en:

Base solvente:

Son las disoluciones de estos polímeros en un disolvente orgánico. Son las verdaderas disoluciones.

Base agua:

Estas en realidad, no son disoluciones, sino emulsiones en las cuales estos polímeros se mantienen en suspensión gracias a la acción de unos agentes tensioactivos.

Estas resinas, al ser polímeros duros pero termoplásticas, no van a producir ningún tipo de efecto negativo sobre el pavimento, por lo que no provocan grietas en él y, sobre todo, son muy recomendables en aquellas zonas donde el tráfico es pesado pero escaso y la aparición de grietas provocaría la posibilidad de producirse accidentes; tal es el caso de las pistas de vuelo y rodadura, isletas...

Termoplásticos

TERMOPLASTICO FRIO

En este tipo, se parte de un polímero acrílico (de etil-metacrilato normalmente) y se actúa sobre éste para darle flexibi-



Determinación del punto de reblandecimiento del «SPRAYPLASTIC» (termoplástico en caliente).

lidad (aumentar la adhesión...) con monómeros. Estos monómeros (de naturaleza acrílica) hacen como de disolventes de los polímeros, pero es toda sólida, entendiendo por sólida que todo polímero y monómero es vehículo fijo.

Para el reticulado de estas resinas se usan peróxidos orgánicos (de benzilo normalmente) que, mediante una reacción vía radicales libres, provocan la absorción de oxígeno en las partes parafínicas de la resina, dando lugar al enlace entre todos los monómeros y polímeros. Este tipo de producto se aplicó por primera vez en Alemania, donde las dificultades climatológicas y el elevado tráfico hacían necesarias marcas viales du-

raderas y de gran espesor para no ser cubiertas por el agua en época de lluvias. Para este objetivo, dichos productos eran idóneos debido a:

— La posibilidad de formularlos con una alta pigmentación, se obtenían marcas de gran resistencia a la abrasión y espesor. Hay que tener en cuenta que aplicados en condiciones óptimas de limpieza del pavimento, temperatura..., se pueden conseguir marcas de 6 y 7 años de antigüedad.

— Por aplicarse con un espesor alto, mayor de 2 mm., dichas marcas aseguraban su visibilidad nocturna y diurna, aún en condiciones climatológicas muy desfavorables.

Por todo lo apuntado, dichos productos pasaron a ser imprescindibles en la señalización de ciudades (pasos de cebra, símbolos...).

TERMOPLASTICO EN CALIENTE (SPRAYPLASTIC)

Hasta ahora, todas las resinas tratadas son sintéticas. Esto quiere decir, que no se encuentran como tales en la naturaleza y hay que obtenerlas por vía química (reacciones de síntesis orgánica).

A medida que se pudieron conocer (gracias al avance tecnológico) mucho mejor, todos los productos derivados del petróleo, se observaron que determinados compuestos cíclicos oxigenados (sobre todo ciclos de 5 átomos de carbono) podían ser la base para un tipo de pinturas que su principal características fuese:

- Mayor adhesión sobre el pavimento.
- Gran resistencia a la abrasión, ya que permite espesores altos de aplicación.
- Rapidez de secado: 30-120 segundos.

Este material (desarrollado en el Reino Unido) es un termoplástico, lo que le permite soportar los choques térmicos sin agrietarse y, por tanto, saltar. El proceso de «anclaje» sobre el pavimento de estos materiales es:

Al ser un producto sólido a temperatura ambiente, para su aplicación hay que fundirlo (temperatura entre 200 y 230° C). El material fundido, al ponerse en contacto con el sustrato, le cede una cantidad de calor que funde parte del ligante del pavimento, solidificando juntos inmediatamente después.

Este proceso es el que hace que este tipo de material tenga, sobre todo en pa-

vimentos nuevos de betún, una duración 5 ó 6 veces superior a la de cualquier pintura convencional.

PINTURA REFLECTORIZADA (VISIBILIDAD NOCTURNA)

Principios de reflectorización

Se basa en el principio de reflexión aplicado a unas microesferas de vidrio que se sumergen en el aglutinante de la marca vial.

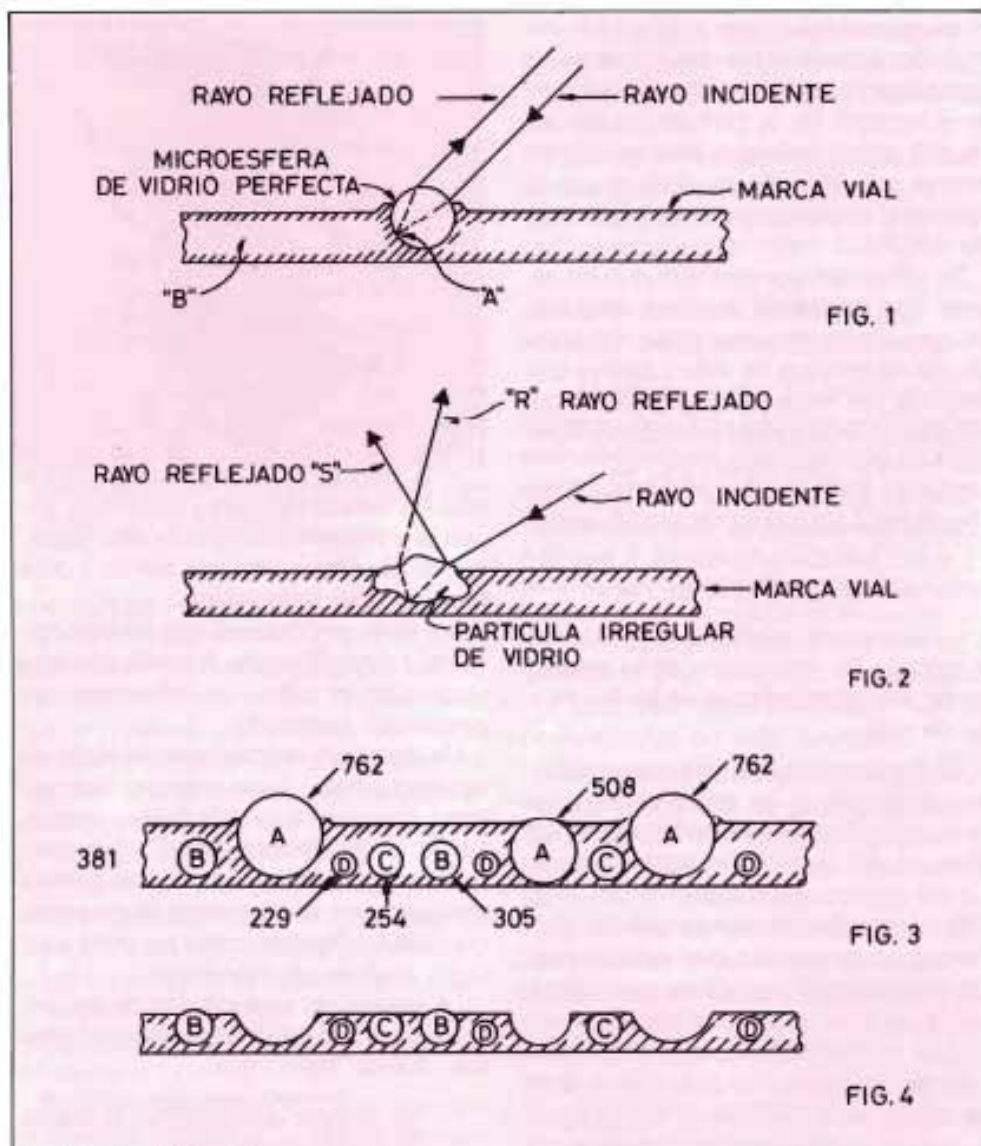
Este fenómeno se conoce como «RETROREFLEXION».

Su fundamento es el siguiente: el rayo incidente de luz, procedente del foco del vehículo, penetra en la esfera, y a consecuencia del fenómeno de refracción este rayo es desviado en el interior de la esfera, en mayor o menor grado (según sea el índice de refracción del vidrio de esa esfera), alcanzando en su interior el punto A (según fig. 1). Como esta parte sumergida de esfera actúa como espejo (opaco en la parte de atrás), el rayo incidente vuelve a ser reflejado desde el punto A. Este rayo reflejado al atravesar la superficie de separación: esfera-aglutinante, vuelve (al pasar de un medio a otro con distinto índice de refracción) a sufrir una refracción, con lo cual el efecto final es que este rayo reflejado (y luego refractado), procedente del rayo inicial, sigue un camino de vuelta paralelo al rayo procedente del foco del vehículo. Todo esto se aprecia en la fig. 1. Para conseguir este efecto, es necesario que las microesferas de vidrio sean perfectamente esféricas.

Como se puede observar en la fig. 2, si las microesferas no son perfectamente esféricas, se producen 2 rayos reflejados (S.R.) procedentes de un mismo rayo incidente, y ninguno de éstos es paralelo al incidente, con lo que el efecto de la «RETROREFLEXION» quedaría anulado y la marca vial no podría cumplir su misión nocturna.

Generalidades acerca de la calidad y dosificación de las microesferas de vidrio

Las esferas de vidrio utilizadas tienen diferentes propiedades dependiendo del valor del índice de refracción. Los valores de los índices de refracción según la composición de las esferas de vidrio vienen dictados por la norma federal TT-B-1325. Así por ejemplo, el índice de re-



Principios de reflectorización.

fracción de las esferas de las marcas viales de autopistas y carreteras es inferior (1.5) que el de las líneas de pista de vuelo y rodadura en aeropuertos (1.9), según se especifica en las normas federales americanas. El empleo de uno u otro tipo de esferas viene determinado por la dosificación de la pintura, que a su vez depende de la naturaleza de la misma. Por otro lado, como quedó de manifiesto en unas experiencias realizadas en Estados Unidos, no se justifica el empleo de microesferas de alto índice de refracción cuando se trata de aplicaciones normales de carretera y aeropuerto, ya que la mejora de retroreflexión que tiene lugar no compensa el precio tan elevado (más de 20 veces superior a las de índice 1.5) y la gran fragilidad de las mismas al comparárlas con las de índice de refracción 1.5.

El método de fabricación de esferas consiste en una mezcla de esferas de ta-

maños y finuras diferentes. (No son todas iguales, sino una mezcla.) Esto también aparece regulado en la norma TT-B-1325. Se ha demostrado que los distintos tamaños en las esferas no tiene efectos negativos; ya que el espesor de las marcas es de unas 381 micras en película húmeda, el tamaño de estas microesferas (diámetro) debe oscilar entre 229 y 762 micras.

Un corte, teórico, de una de estas marcas está reflejado en las figuras 3 y 4.

Como se observa en éstas, en el momento de la aplicación solamente las esferas A, de diámetro mayor que el espesor de la película, son visibles ya que no están cubiertas. Estas esferas son las que provocan la retroreflexión inicial.

Después de varios meses de desgaste de esta marca, las esferas más grandes (A), habrán desaparecido por la acción de la abrasión de los neumáticos, y aparecerán las más pequeñas, ya que

el espesor de la marca también ha disminuido. Estas son las que ahora van a garantizar la retrorreflexión. Teóricamente el espesor de la película podría ser de 102 micras (suficiente para retener las esferas más pequeñas de 229 micras de diámetro), por lo que la marca sigue dando visibilidad nocturna.

Se comprobó por otro lado que las esferas con impurezas eran tan reflectantes como las que no las tenían. En cambio, los fragmentos de vidrio, esferas con salientes (no redondeadas) o esferas fusionadas (varias juntas) generalmente tenían menos reflectividad (fig. 2).

Debido a que el vidrio con el que se fabrican las esferas es muy higroscópico, éstas tienden a absorber humedad de la atmósfera, lo que las hace:

— Cuando se añaden a la pintura en el proceso de fabricación de la misma, perder sus características de fluidez dentro de ésta.

— Cuando se añaden por postmezclado, perder un alto porcentaje en su índice de retrorreflexión. Asimismo, no presentarán una distribución uniforme dentro de la marca vial.

El óptimo tamaño de las esferas, para conseguir las propiedades ópticas ideales, depende del espesor de película húmeda de pintura como antes se ha visto. Las propiedades ópticas y la retención de las esferas es óptima si el 60% de su diámetro es cubierto por la pintura, aunque este porcentaje depende del valor del índice de refracción. Por ejemplo, en Estados Unidos, la norma sobre la cantidad de esferas que se añaden a la pintura aconseja 0,718 kg/litro de pintura (algunas veces 0,478 kg/litro son premezcladas y las otras 0,240 kg/litro se adicionan una vez pintada la línea) para las marcas de carretera (Norma TTP-115), y 1,198 kg/litros de pintura para aeropuertos (Normas TTP-85, TTP-1952).

En España está regulado un gasto de 720 gr/m.² para la pintura y 480 gr/m.² para las microesferas. Estas dosificaciones se ha comprobado que aseguran, si la calidad de la pintura y microesferas es buena, unos valores para la retrorreflexión aceptables durante toda la vida de la raya.

Para la mayoría de las líneas de aeropuerto y carretera, el espesor de película es de 0,38 mm. (Norma TTB-1325). Se han hecho estudios con un espesor de película de 0,253 mm y una proporción de esferas de 0,478 kg/litro, sin pérdida

en las propiedades ópticas. Las experiencias realizadas en el estado de Nueva York con el fin de determinar si el incremento de coste que se producía al cambiar esferas de bajo índice por esferas de índice intermedio, justificaba una mayor visibilidad nocturna. Concluyeron que:

— Si bien las esferas de índice intermedio inicialmente proporcionan más retrorreflexión en pavimentos de hormigón de cemento portland, después de 8 semanas, ésta disminuye, igualándose a la obtenida sobre betún.

— Si bien sobre los pavimentos de asfalto las esferas de índice intermedio tienen una retrorreflexión media alta, visualmente las diferencias con las de índice bajo no eran apreciables.

Por tanto, se concluyó que el coste adicional (unas 20 veces superior por kg.) al cambiar el índice de las esferas, no podría ser justificado.

Un desarrollo más reciente es el de las «floating bead». Estas esferas, que poseen una granulometría más uniforme, tienen un tratamiento superficial que les permite flotar en la pintura. Los análisis realizados en estas esferas demuestran que son tan buenas como las otras o incluso mejores en reflectancia.

La pérdida de retrorreflexión de las pinturas de tráfico se debe a múltiples causas citando entre otras:

1. Un defecto de ligante en la marca vial que provoca dos efectos:

- a) La mala retención de las microesferas de vidrio, en la película seca.
- b) Agrietamiento de la película seca, que aumenta la velocidad de desaparición de la marca vial, y por tanto, de su visibilidad nocturna.

2. Esferas cubiertas por la pintura. Esto es debido a la excesiva presión con que salieron de las pistolas en el momento de la aplicación por el sistema de postmezclado o un exceso de disolvente en la dotación del material.

3. En películas finas, el agua de lluvia si llega a cubrir totalmente las esferas las hace inútiles.

4. El apantallamiento que la sombra de una esfera produce sobre la otra. Este problema se subsana utilizando un tamaño de esferas y dosificación de pintura adecuados que permitan que las microesferas estén sumergidas en la película seca de pintura un 60% de sus diámetros.

ELECCION DE LAS PINTURAS SEGUN EL PAVIMENTO SOBRE EL CUAL VAYAN A APLICARSE

Introducción

En este apartado, vamos a intentar esclarecer determinados hechos que a menudo son observados en las carreteras y que casi siempre son achacados a la calidad de la pintura y nunca a una cosa tan simple como la incompatibilidad entre un sustrato (pavimento en nuestro caso) y la pintura.

Antes de comenzar directamente sobre el tema, es necesario conocer el proceso de secado que sigue una pintura.

PINTURAS ALCIDICAS PURAS

En éstas se produce el secado en dos fases.

— Secado oxidativo: 1.ª fase del secado. Es la fase más rápida. En ésta, las insaturaciones que presentan los aceites (adicionados en la resina) fijan el O₂ atmosférico, dando lugar a la aparición de puentes de oxígeno que engarzan las moléculas provocando la reticulación. Este proceso se acelera mediante catálisis, añadiendo aditivos en la formulación de la pintura.

Estos aditivos son sales orgánicas de plomo, cobalto y calcio, cuya misión es bajar la energía de activación de la reacción de absorción de oxígeno. Así, se consigue que se acelere el proceso de secado.

— Secado físico: 2.ª fase lenta, muy lenta, que comienza en el mismo instante en que se aplica la pintura. Aquí lo único que se hace es evaporar el disolvente.

PINTURAS ALCIDICAS MODIFICADAS CON CLOROCAUCHO

En éstas se dan las 2 fases anteriores, pero en orden inverso. Aquí la fase rápida es el secado físico, ya que el clorocaucho adicionado provoca la evaporación rápida del disolvente, y la lenta es el secado químico (oxidativo).

ACRILICAS EN BASE SOLVENTE

Sólo hay una evaporación de disolvente, ya que el esqueleto de la resina está reticulado, por lo que la fase química no es necesaria.

ACRILICAS SIN DISOLVENTE

El secado es sólo químico y su proceso queda ya descrito en este trabajo.

HOT-MELTS

Como ha quedado claro, aquí el secado se produce por el cambio de estado que tiene lugar en el producto cuando se ha aplicado (solidificación).

Como sabemos, los pavimentos los vamos a clasificar en 2 tipos:

- Flexibles: derivados de los productos bituminosos, ya sean alquitranes o betunes asfálticos.
- Rígidos: morteros de hormigón.

Sobre pavimentos flexibles

Desde el punto de vista químico, dichos pavimentos son «suspensiones coloidales». En éstas, como en cualquier suspensión, encontramos las micelas (asfaltenos) y el líquido intermicelar (maltenos). Ese líquido intermicelar está formado por aceites no saturados, lo que provoca poca resistencia a los disolventes (gasolinas, white spirit, aromáticos...). Como consecuencia, sobre estos pavimentos deberíamos usar pinturas que:

No disuelvan ese pavimento, ya que esto provocaría una ascensión de los hidrocarburos que se encuentran en los asfaltenos, por capilaridad, quedando la raya de color «marrón». Este fenómeno se conoce como «SANGRADO».

No tengan un esqueleto tan rígido, que al secar agrieten el pavimento. Este fenómeno es desgraciadamente bastante común, aunque en carretera queda compensado ya que el mismo tráfico se encarga de cerrar esas grietas.

Que por su proceso de secado aseguren un buen anclaje.

Teniendo en cuenta estos 3 factores, sobre dichos pavimentos, podríamos usar los siguientes tipos de pinturas:

a) **Alcídicas puras**: ya que el secado es oxidativo no habría problema de atacar el pavimento, y como los disolventes no son aromáticos (o si los llevan es en proporción menor del 10%) no se produciría sangrado.

b) **Clorocauchos**: Aunque aquí el disolvente es aromático 100% (tolueno y/o xileno) por su proceso de secado, éste evapora tan rápidamente que la disolución (en muy pequeña proporción) del pavimento sólo contribuye a aumentar la adhesión sin sangrado.

c) **Acrílicas en base solvente**: Se comportan igual que los clorocauchos, con



Determinación del tiempo de secado «no-pick-up» en laboratorio.

una ventaja frente a ellos y es que no agrietan el pavimento. Son, por supuesto, también más caras, quizá por eso no han sido introducidas en España, aunque en Francia, por ejemplo, son aproximadamente el 80%. Por otro lado, no hay que olvidar que su carácter termoplástico daría, debido a nuestro clima, problemas de ensuciamiento.

d) **Acrílicas en 2 componentes (termoplástico en frío)**: Estas, al igual que las anteriores, agrietan poco el pavimento y anclan a él según el siguiente proceso:

La reticulación se realiza mediante una reacción exotérmica y como tal desprende calor.

El calor desprendido hace que los aceites de los maltenos entren en contacto íntimo y se integren en la marca sin sangrado, ya que el espesor que aquí se elige es grande.

e) **Hot-melt**: Por su proceso de secado es perfectamente utilizable en estos pavimentos.

Lechadas

Como se sabe, estos pavimentos usados para el tratamiento superficial de carreteras son emulsiones catiónicas asfálticas normalmente. Ya que en estas emulsiones el líquido intermicelar es agua, el proceso de curado es por la evaporación de ésta. Como es sabido, si esta emulsión procede de betunes asfálticos, las micelas serán solubles en todos los líquidos procedentes de la destilación del petróleo o mezclas de ellos, tales como: gasolina, white spirit, aromáticos (tolueno, xileno...).

Como se puede fácilmente deducir de esto, la pintura a usar deberá ser:

- De secado físico, con disolventes.
- De secado físico, sin disolventes.
- De secado químico, sin disolventes.

Pasemos a analizar el comportamiento que tendrían los diferentes productos para el marcado de carreteras al aplicarlos sobre slurries:

A. PINTURAS CONVENCIONALES

Alcídicas puras: En éstas, el secado es oxidativo, por lo que el disolvente permanecerá en contacto con el pavimento bastante tiempo. Para que este tiempo de «secado a la rodadura» no sea superior a los 30 minutos (a 25° C), se emplea como disolvente «white spirit» que forzosamente producirá la disolución de las micelas con un efecto negativo en el pavimento y un sangrado de la marca. Por todo esto, estas pinturas no son recomendables en este apartado.

Clorocauchos: Aquí el secado es la evaporación rápida de un disolvente aromático que tiene un poder de disolución de las micelas superior al de un white spirit, por lo que a pesar de que evapore el disolvente muy rápidamente siempre se atacaría el pavimento produciéndose el agrietamiento. Tampoco son recomendables.

B. PINTURAS ACRILICAS

Las que sean en base solvente, tendrán un comportamiento similar a los clorocauchos, por lo que tampoco son recomendables. Sin embargo, las que sean emulsiones en agua serían las óptimas, ya que el disolvente es agua, en la que son inmiscibles las micelas, y su esqueleto termoplástico y flexible no agrietaría el pavimento, al mismo tiempo que no se produciría «sangrado» en la marca.

También los termoplásticos fríos en dos componentes serían utilizables, si bien el agrietamiento que por la rigidez del monómero se podría producir dependerá mucho de la plastificación de los asfaltenos. Habría que probar antes de su aplicación.

C. SPRAYPLASTIC

La experiencia demuestra que sobre estos «pavimentos especiales» el comportamiento del Sprayplastic es perfecto, no dando lugar a la aparición de problemas como: sangrado, falta de adhesión, etc.,

que podrían presentarse con las pinturas convencionales.

CONCLUSION

Queda claro que sobre estas emulsiones de slurries, lo más recomendado son:

1. Pinturas acrílicas en emulsión acuosa, las cuales no sirven para un tráfico continuo, sino sólo para un tráfico que puede ser pesado pero no continuo.
2. Sprayplastic: sería el más versátil.

Pavimentos nuevos bituminosos

Sobre estos pavimentos, el problema que aparece es el «sangrado» de las marcas viales.

La eliminación de este problema se enfoca bajo dos puntos de vista diferentes:

Elección de un material que por carecer de disolventes y por su espesor de aplicación no sangre. Aquí queda claro que se está hablando de los materiales termoplásticos, ya sean:

- Dos componentes en frío.
- En caliente (Sprayplastic).

En este punto hay que hacer constar, y así ha quedado demostrado experimentalmente, que la aplicación de Sprayplastic sobre un pavimento nuevo de betún da lugar a marcas viales que además de no «sangrar» tienen una duración de 5 años, dependiendo, claro está, del IMD.

Elegir un material convencional, donde la etapa rápida del secado sea la física (es decir, la evaporación del disolvente). Así pues, evitando el contacto prolongado del disolvente (orgánico) con el pavimento se evita el «sangrado» de la raya.

En este punto hay que citar aquellas pinturas convencionales de CLOROCAUCHO y ACRILICAS EN BASE SOLVENTE.

Elegir una pintura convencional cuyo disolvente sea de naturaleza química diferente a la de los hidrocarburos que se encuentran en los asfaltenos y a la de aquellos productos que disuelven los maitenos.

En este sentido, sólo un disolvente de naturaleza inorgánica sería útil (agua). A tal fin, las pinturas acrílicas en emulsión acuosa son las únicas recomendables en este punto.

Pavimentos rígidos

INTRODUCCION

La experiencia demuestra que los problemas de adhesión, que se plantean en las pinturas de tráfico, se asocian más a pavimentos de hormigón que a pavimentos de betún.

Las causas más comunes que provocan esta falta de adhesión, que se plantean en las pinturas de tráfico, se asocian más a pavimentos de hormigón que a pavimentos de betún. Las causas más comunes que provocan esta falta de adhesión son:

- Incompatibilidad entre el pavimento y la pintura.
- La presencia de agentes de curado sobre la superficie nueva.
- La tendencia del agua a migrar a la superficie.
- La acumulación de sales inorgánicas en la superficie.

De todo esto se deduce que el empleo del material adecuado, así como una preparación de la superficie (lavado con ácido fosfórico y mezclas de disolventes), es imprescindible para el pintado de dichos pavimentos.

COMPORTAMIENTO DE LOS DISTINTOS MATERIALES SOBRE ESTOS PAVIMENTOS

Pinturas convencionales: En estas pinturas (sean alcídicas o alcídicas modificadas con clorocaucho) existe en el ligante un residuo ácido procedente del poliácido usado en la fabricación de la resina. Este residuo, con los grupos hidroxilo existentes en ese agua de cristalización que suelta el pavimento, da lugar a una reacción de SAPONIFICACION, formando la pintura un jabón que estropea la estructura reticular del poliéster. Como consecuencia, no se produce anclaje de estas pinturas sobre el pavimento. Sólo después de varios repintados, cuando ya existe una capa previa de pintura adherida, se consigue un efecto duradero de la marca realizada con este tipo de pinturas.

Queda claro que aquí la falta de adhesión es por la reacción química que tiene lugar entre el sustrato y la pintura.

Acricas: Estas no presentan ningún tipo de reacción, siendo las más recomendables.

Termoplástico en frío: Se comportan como cualquier acrílica; por tanto, son igualmente recomendables.

Sprayplásticos: Estas no presentan ningún tipo de reacción, por lo que son muy recomendables.

Queda claro que, desde el punto de vista de la compatibilidad con el pavimento, sólo los materiales basados en resinas acrílicas y los Sprayplásticos deben utilizarse con pavimentos rígidos. El problema ahora es mejorarles la adhesión. Para ello, existen 2 tipos de soluciones:

- Lacas.
- Hot Spray - Tack-coat.

Lacas: Las lacas son disoluciones de resinas acrílicas, cuya misión es formar una película fina sobre la superficie del pavimento. Lógicamente, una vez aplicada y seca esta laca, sobre ella se pueden utilizar pinturas acrílicas o convencionales e incluso Sprayplastic.

Con este sistema conseguimos pintar sobre una superficie limpia, por lo que mejoramos la adhesión. Como es lógico, esta imprimación no es porosa; así, pues, la adhesión de la pintura sobre esta laca, queda supeditada a la que tenga su ligante sobre una superficie limpia y lisa. Bajo este punto de vista, las pinturas convencionales así como el Sprayplastic y los termoplásticos en frío de dos componentes, son los indicados para ser utilizados. A continuación en el apartado «soluciones» se hace una valoración comparativa de las diferentes posibilidades apuntadas.

Hot Spray - Tack-coat: Este tipo de producto es el que sin duda alguna proporciona la solución más rápida y mejor sobre superficies de hormigón. Consiste en una mezcla de resinas de hidrocarburos que se aplica en caliente (temperatura = 135° C) y que proporciona una interfase muy pegajosa tanto para el Sprayplastic como para el pavimento.

De los métodos antes citados, el segundo, por rapidez de aplicación (todo, tack-coat y Sprayplastic va en la misma máquina) y economía, es el que mejor resultado proporcionaría; no obstante, analizaremos a continuación todas las opciones teóricas y prácticas para el pintado de pavimentos rígidos a fondo.

SOLUCIONES

En orden a resolver este problema, vamos a analizar las posibles soluciones no sólo desde el punto de vista técnico, sino también económico:

Sprayplastic con una imprimación denominada tack-coat.

Primer (color negro) con cualquier pintura alídica o alídica clorocaúcho.

Primer (color negro) con Sprayplastic.

Pintura acrílica sin primer.

Sprayplastic con una imprimación (tack-coat)

Este método combinado refuerza la adhesión que de por sí el Sprayplastic tiene sobre el hormigón.

Este material se aplica en caliente y al mismo tiempo que el Spray y las esferas (de post-meclado), provocando una interfase muy pegajosa entre el substrato y el Spray con un alto rendimiento de aplicación, ya que todo el sistema va instalado en la misma máquina de aplicación.

Frente al sistema que emplea «primer negro» presenta el inconveniente de que la anchura de la aplicación de tack-coat debe ser la misma que la de Spray, por lo que si quisiéramos resaltar el color del Spray sobre el pavimento, poniendo a los lados unas bandas negras, éstas tendrían que pintarse posteriormente con una pintura que fuese compatible con el pavimento (acrílica) que encarecería mucho la aplicación.

Primer (color negro) con cualquier pintura alídica clorocaúcho

Este sistema tiene por objeto formar entre la pintura y el substrato una interfase que haga posible el empleo de cualquier pintura convencional (aunque ésta sea saponificable).

Por ser, dicho primer, de color negro se puede aplicar con una anchura superior a la de la raya, con lo que el conjunto quedaría con gran visibilidad diurna al resaltar el blanco sobre el negro del primer.

El inconveniente de este sistema es que en realidad habría que realizar 2 aplicaciones, con la misma máquina, ya que antes de aplicar la pintura hay que dejar secar el primer.

Primer (color negro) con Sprayplastic

Ofrece la ventaja de que podríamos resaltar el blanco del Spray sobre un fondo negro. No obstante, hay que hacer notar que dicho sistema está aún en vía de experimentación y que por otro lado, sería el sistema más caro de las soluciones aportadas, ya que necesitaría de 2 equipos completos de pintura para su aplicación.



Determinación del coeficiente de resistencia al deslizamiento. SKID RESISTENCE TESTER. Puerta de Alcalá, en Madrid.

Pintura acrílica, sin primer

En este apartado no es necesario usar un primer, ya que una pintura acrílica al no ser saponificable, es perfectamente compatible con el pavimento. Como se puede observar, no consideramos el caso de acrílica sobre primer, ya que una vez usado el primer, sobre él, se puede aplicar cualquier pintura, siendo por tanto ilógico usar una pintura más cara que las convencionales.

Conclusión

De lo expuesto anteriormente, podemos concluir:

De los sistemas apuntados han sido experimentados con éxito:

- Sprayplastic con tack coat.
- Primer negro con pintura alídica.
- Pintura acrílica.

Los demás sistemas son hipótesis que, desde un punto de vista teórico, deben funcionar.

Desde el punto de vista económico, el uso de una pintura acrílica es la solución más barata, aunque el empleo del tack-coat con Sprayplastic sería más operativo, ya que no sería necesario interrumpir el tráfico ni durante ni después de su aplicación, y por otro lado tendría una duración 3 veces mayor.

El sistema primer negro con pintura alídica plantea doble problema de inte-

rrupción de tráfico que en la acrílica, y además en precio es más caro que el empleo de Sprayplastic.

Conclusión final

Queda pues, bien patente, que el proceso de pintar aunque aparentemente sea muy sencillo, debe tratarse con el suficiente conocimiento de causa para que los criterios que se sigan no sean sólo económicos sino que se tenga muy en cuenta la compatibilidad entre el pavimento y la pintura.

DETERIORO DE LAS MARCAS DE PINTURAS

El deterioro de las marcas de pintura es debido a:

- Deficiencias de la pintura.
- Deficiencias del pavimento.
- Incorrecta preparación de la superficie a pintar.
- Incorrecta aplicación de la pintura.
- Factores del medio ambiente.
- Factores de servicio o una mezcla de ambos factores.

La naturaleza y magnitud del deterioro de las pinturas dependerá de la causa que lo provoque.

El saltado de la pintura es la forma más común de deterioro en las carreteras que soportan tráfico pesado. Sin embargo, la erosión o abrasión no tienen excesiva importancia en estas carreteras. Este saltado se intensifica por la presencia de las esteras de vidrio.

El deterioro es distinto según la carretera y el tipo de tráfico. Así, para las marcas de aeropuertos, ya que reciben menos tráfico y de muy diferente clase, el apoyo de las gomas de las ruedas (al aterrizar los aviones) sobre las marcas de pintura es la principal causa de deterioro en éstas; sobre todo, las de los aviones pesados. Esto puede oscurecer la marca. El saltado de la pintura puede ocurrir por erosión o abrasión, pero no es muy importante esta causa. Las marcas laterales, que reciben menos tráfico o ninguno, normalmente se deterioran por causas del medio ambiente: erosión, abrasión...

Por otro lado, hay problemas específicos de los pavimentos de asfalto, que no aparecen en los de hormigón. El asfalto es muy soluble en la mayoría de los disolventes orgánicos, por lo que se puede producir la decoloración de la marca (sangrado) si el betún se diluye en los disolventes de las pinturas y emerge en la línea.

La marca debe ser lo suficientemente flexible para dilatarse y contraerse con el pavimento, para lo que hay vehículos que absorben el esfuerzo que la película de pintura tiene que hacer durante el proceso de secado. Debido a las diferentes contracciones y dilataciones térmicas de las pinturas, se puede decir que: las pinturas blancas presentan más problemas que las amarillas, y los pavimentos de asfalto, más que los de hormigón de cemento portland.

Estudios realizados por el Laboratorio de Ingeniería Civil en Estados Unidos muestran que el deterioro de la pintura a lo largo de una línea ocurre por los siguientes mecanismos:

Las marcas de pinturas se contraen apreciablemente en el proceso de curado y aparece un esfuerzo (presión) entre ella y el sustrato. Ambos (pintura y pavimento) empiezan a endurecerse, llegando a estar muy rígidos al cabo del tiempo.

La expansión y contracción diferente (choque térmico), proceso que ocurre a diario, entre la marca de pintura y el sustrato adyacente. Griffith y Puzinauskas encontraron, al analizar restos de pin-

tura que se habían deteriorado como consecuencia de una grieta en el pavimento a lo largo del borde de la raya, un alto contenido en carbono e incluso presentaban un color negruzco en algunos casos (sangrado).

El resquebrajamiento de la pintura ocurre si el esfuerzo al que se somete la pintura por las contracciones del pavimento es mayor que las fuerzas de cohesión de la misma.

La penetración del agua por los bordes de la línea de pintura provoca un aumento de la velocidad de descomposición química de la pintura.

El asfalto es muy soluble en los hidrocarburos y otros disolventes orgánicos. Debido a esto, variaciones en la formulación de la pintura que permitan la adición de grandes cantidades de disolvente aceleran la descomposición de ésta, ya que por ejemplo, los disolventes con un alto punto de ebullición antes de evaporarse tienen un alto tiempo de contacto con el asfalto.

La radiación U.V. también deteriora. Así las marcas situadas en países tropicales (con alta radiación U.V.) sufren bastante, porque además se une a este efecto el de las grandes lluvias. Como consecuencia, en estos países aparecen graves problemas de aplicación.

PREPARACION DE LA SUPERFICIE A PINTAR

Introducción

La preparación de la superficie es tan importante como la propia operación de pintar. En pavimentos nuevos, éste debe estar curado satisfactoriamente antes de aplicar la pintura. Esto requiere, por lo menos, 2 semanas para el de hormigón de cemento portland y 3 para el de betún.

Toda la suciedad y pequeños materiales depositados deben ser eliminados. Los aceites se eliminan por lavado con fosfato trisódico u otros detergentes, secando la superficie antes de pintar. La limpieza, en suma, juega un papel importante en la adhesión de la pintura; así sobre una superficie de hormigón de cemento portland se comprobó que la vida de la pintura era mayor cuando la superficie se limpiaba con chorro de arena a cuando se hacía con aire o agua a presión. Esto era debido a que el pavimento limpiado con chorro de arena

ofrecía a la pintura una mayor superficie específica de contacto y, por tanto, una mayor superficie de «agarre». Quedaba, pues, bien patente que las pinturas desaparecen más rápidamente en pavimentos lisos que en los rugosos.

Cuando se quiere repintar viejas marcas, toda pintura vieja debe ser eliminada. La pintura repuesta debe adherirse firmemente. Esto es especialmente importante con las pinturas de emulsión (TT-P-1952, INTA 164415), las cuales no adhieren tan bien como las alquídicas y clorocaucho (TT-P-85, TT-P-115, INTA 164403-A, art. 278, PG-3).

Después de 5 capas (o sea, 5 repintados), lo mejor es eliminar toda la pintura anterior, debido a que, si no, se acelera el deterioro de la pintura (múltiples capas), reduciéndose la resistencia al deslizamiento y la consiguiente pérdida de la textura del pavimento.

Eliminación del caucho y pintura de los pavimentos pintados

Cuando un avión a elevada velocidad toma tierra, la fricción provoca una elevada temperatura que implica la desvulcanización del caucho y, por tanto, un depósito de goma (caucho natural) en el pavimento, sea de cemento o asfalto. Estos depósitos pueden:

- Oscurecer las marcas de pintura.
- Aumentar el deslizamiento.

Por esto, los depósitos de caucho deben ser eliminados, cuando se producen. Las marcas de pintura, sea en aeropuertos o en carreteras, que presenten este tipo de depósitos, deben ser borradas antes de repintar.

La mayoría de los sistemas que se usan en la eliminación del caucho pueden (y de hecho son usados) usarse en la eliminación de las marcas de pinturas. A pesar de todo, hay una limitación con la pintura, y es que ésta se adhiere más fuertemente al pavimento que los depósitos de caucho, por lo que es más difícil de eliminar.

La arena y otros abrasivos son métodos eficaces para la eliminación, pero resultan lentos y costosos, y además, obligan a mantener cerrada la carretera (o tramo de carretera, sea de aeropuerto o no) períodos largos de tiempo. Además, estos abrasivos, en la mayoría de los casos, son contaminantes atmosféricos, por lo que su uso podría quedar anulado.

La utilización de equipos mecánicos para la eliminación también da buenos resultados, aunque ocasiona daños al pavimento.

Los compuestos químicos que disuelven y/o emulsionan la pintura y el caucho también pueden usarse, pero ello lleva consigo: contaminación ambiental, contaminación de los trabajadores y daños al pavimento.

Lo más utilizado es el chorro de agua a presión, tanto para la eliminación de caucho como de pintura. Es un método que da buenos resultados y es económico. En los pavimentos de asfalto hay que tener más precauciones que en los de cemento. El equipo utilizado posee diferentes tipos de inyectoras (toberas), cronómetros y manómetros. Las presiones usadas para eliminar la pintura y el caucho son de 5,5 a 7,5 psi. También se usan sistemas en los que el agua sale pulverizada (spray) a mayor presión, obteniéndose resultados semejantes. Se pueden utilizar, previamente al lavado con el chorro de agua a presión, medios mecánicos (fresadoras, ruedas dentadas, etc.) para despegar y romper la pintura. El rendimiento del proceso debe ser tal que elimine el 95% de todo el caucho visible y del 80-85% de la pintura, con un rendimiento de 930 m.²/hora.

La estimación del coste, utilizando agua a presión, o cualquier otro método de borrado, depende del tipo de pintura a eliminar, ya que por ejemplo para las pinturas alquídicas, que se adhieren más fuertemente al pavimento que las acrílicas en emulsión, el coste debe ser mayor. Así pues, el coste de la operación de lavado dependerá de: equipo utilizado, material a eliminar (caucho o tipo de pintura) y fijeza al pavimento del material.

El uso de los antiguos métodos (llamas...) para la eliminación se ha demostrado que son inefectivos. No obstante, recientemente se han desarrollado 2 nuevos métodos en este sentido: el primero, 2 quemadores anchos se montan en tandem sobre un pie (que se maneja manualmente). Se usa oxígeno y propano. Se provoca una combustión con un exceso de oxígeno, para que la llama tenga una elevada temperatura y sea capaz de quemar la pintura, sin afectar al pavimento (asfalto o cemento). El segundo usa un mechero que produce una combustión más suave que el método anterior, por lo que se necesita un medio mecánico luego, para completar el proce-



Duración y visibilidad, dos cualidades de la señalización horizontal.

so. Debido a que aquí la combustión de la pintura es más lenta, se produce un mayor daño sobre el pavimento que en el primero.

Repintados

El repintado de marcas viales, aunque aparentemente no plantee problema, es muy importante, ya que como la experiencia nos indica, en muchas ocasiones se obtienen resultados inesperados.

Al igual que en el apartado anterior, la elección de la pintura a emplear es importantísimo, si bien, **se debe huir del repintado siempre y proceder a un borrado de la marca antigua** para incorporar después la nueva capa.

A la hora de escoger la pintura, el factor dominante es estudiar la compatibilidad entre la marca antigua y la nueva pintura. En este apartado vamos a considerar que la capa antigua está constituida por los 2 tipos de pintura más usados en nuestras carreteras: alquídica pura y Sprayplastic.

Sobre alquídica pura:

Pensemos que, en la marca que queda sobre el pavimento, lo que permanece es el extracto seco formado por el ligante (que ya está polimerizado). Este tiene una parte soluble (poliéster) en disolventes orgánicos, que se redisolventará dando lugar a una fusión con la nueva mar-

ca. Lógicamente pueden aparecer grietas en la nueva marca, producidas por ese «movimiento» del sustrato, aunque esto dependerá en gran parte del grado de polimerización que tenga la marca antigua.

Como consecuencia el empleo de alquídicas puras y clorocauchos no debe plantear en principio, desde el punto de vista de la compatibilidad, problemas.

Ahora bien, los clorocauchos al secar, pueden tirar muy fuertemente del sustrato sobre el cual se aplican, pudiendo «arrancar» la capa primitiva de pintura, con lo que se produciría el saltado en la nueva capa.

Sobre Sprayplastic:

En este apartado, la experiencia de 10 años de aplicación nos indica que el repintado de Sprayplastic no produce problema alguno, siempre que se haga con pintura alquídica o con Sprayplastic.

*** Emiliano Moreno López es Licenciado en Ciencias Químicas. Director de fabricación de Grupisa.**

BIBLIOGRAFIA

TITULOS

- Surface coating (vol. I).*
- Road management and Maintenance in Denmark.*
- La tenue des marquages sur enduits superficiels.*
- Visibilité - Retrorreflexion.*
- Glass Beads and Paint.*
- Durability of reflectorised road markings.*

EDITORIALES

- Chapan and Hall. 11 New letter lane, London EC4P4EE.*
- Ministerio de Obras Públicas de Dinamarca.*
- y d) Institut des Sciences et des Techniques de l'Equipement et de l'Environnement pour le Développement (France).*
- Highway Research Record. n.º 412, 1972, págs. 52-63.*
- Highway Engineer, vol. 20, n.º 4, april 1973, págs. 21-24.*