



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

“La Auscultación de la Demarcación Horizontal en las Auditorías de Seguridad Vial”

Martín Gallo⁽¹⁾

Mg. Ing. Julián Rivera⁽²⁾; Ing. Luis Ricci⁽²⁾

**LEMaC
Centro de Investigación Vial**

Área: Estudios del Transporte

(1) Becario-Tesista

(2) Director de Becario-Tesista



1. Introducción

Las auditorías de seguridad vial constituyen, hoy en día, una herramienta para diagnosticar la problemática que presentan las carreteras en relación a su seguridad, detectando posibles inconsistencias y/o carencias existentes en el diseño de todos los elementos que conforman la vía.

Este diagnóstico permite luego, mediante el tratamiento de los defectos detectados, la reducción del número de accidentes y a la minimización de los efectos producidos por estos, algunos de los cuales son atribuibles de alguna manera a la vía.

Por otro lado, entre los elementos constituyentes de la vía toman especial relevancia, en cuanto a lo que el análisis accidentológico refiere, el señalamiento vial, que posee una componente importante en la demarcación horizontal.

Por lo expuesto, se ha decidido el desarrollo del presente trabajo, que sirve como una introducción a la temática del análisis de la demarcación horizontal en las auditorías de seguridad vial, y que forma parte del proyecto i+d presentado al Programa de Incentivos del Ministerio de Educación de la Nación, que lleva por título “Desarrollo de Metodología para confección de Auditorías de Seguridad Vial en Redes Viales Urbanas”.

Dado este objetivo puesto de manifiesto para el trabajo, se ha estructurado como para servir de guía introductoria de aquel que se acerca a la temática, razón por la cual se van describiendo los conceptos involucrados partiendo de lo general hacia lo particular, buscando dar un marco lógico al tratamiento de la problemática.

2. Las auditorías de seguridad vial

Las auditorías de seguridad vial implican una acción que tiende a lograr vías en óptimas condiciones, considerando su diseño geométrico, carpeta de rodamiento y otros elementos de interés.

El diseño geométrico es la parte más importante dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de una vía, pues allí se determina su configuración tridimensional, es decir, la ubicación y la forma geométrica definida para los elementos del camino; de manera que ésta sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

La carpeta de rodamiento en cambio implica la capa de recubrimiento de la base destinada a dar la rugosidad apropiada al pavimento, protegerla contra la acción desintegrante del tránsito y los agentes climáticos, disminuir la permeabilidad al agua y aminorar en diversos grados la acción de las cargas sobre las capas inferiores.

Entre los otros elementos de interés se encuentran aquellas cuestiones complementarias al diseño geométrico y a la carpeta de rodamiento propiamente dicha, destacándose hechos tales como barandas, atenuadores de impacto, señalamiento vertical, demarcación horizontal, semaforización, balizas, etc. Es entre estos últimos que se citan se ubican, como se dijera, la demarcación horizontal,



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

motivo de tratamiento de este trabajo. Veamos detalles de algunos conceptos de interés.



Foto N°1: Atenuador de impacto

3. El señalamiento vial

La señalización es una herramienta de la ingeniería vial que abarca el diseño y disposición de señales de advertencia al tránsito en forma vertical u horizontal, debiendo cumplir requisitos de Contraste y Retroreflectividad. Las normas de tránsito de cada jurisdicción (regional, nacional, provincial y/o municipal) les han dado las dimensiones y colores apropiados, así como también las ubicaciones y distancias estándares, respecto de las curvas, puentes, calzadas, cruces, etc. Se distinguen entre estas señales por su forma y color las señales reguladoras o de reglamentación, las señales preventivas y las señales informativas.



Figura N° 1: Señal reglamentaria R.3.4. de prohibición de



circular camiones según el Anexo L de la Ley 24.449

3.1. La demarcación horizontal

3.1.1. Formas, materiales y colocación

Formas

En la Argentina las marcas viales a ser empleadas son establecida por el sistema de señalamiento uniforme del Anexo L de la Ley Nacional de Tránsito 24.449. En dicho anexo se encuentran diagramas de cada una de las señales, especificaciones en cuanto a su ubicación y empleo y el código que las identifica.

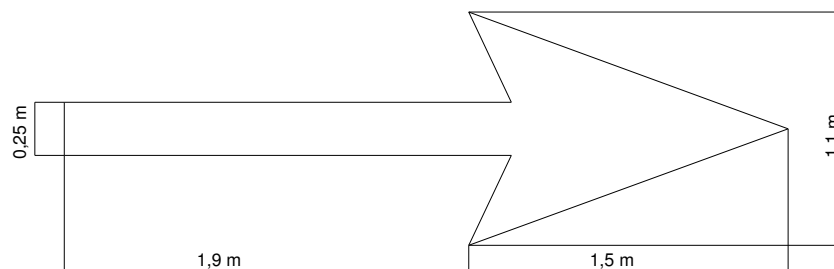


Figura Nº 2: Marca H.9.a. de flecha direccional según el Anexo L de la Ley 24.449

Tipos de pinturas

En nuestro país aún se usan las del tipo Caucho Clorado, que si bien hasta el día de hoy han cumplido con las normas técnicas, ya estas evolucionaron hacia las Acrílicas de Base Solvente hasta llegar a las que hoy se utilizan en todos los países desarrollados, las Acrílicas Base Agua que son además Ecológicas.

En Norte América estas pinturas Acrílicas Base Agua se vienen utilizando desde la década de los '90 casi en su totalidad, lo mismo que en Brasil. La de Caucho Clorado se dejaron a fines de los '70s y luego las de base solvente de los '80s.

Recaudos en compra y colocación

Es de interés de los ingenieros destacar detalles en cuanto a:

- Resistencia a la abrasión.
- Contenido de Sólidos.
- Contenido de Pigmentos.
- Duración en su conjunto.

Para ello se recomienda analizar las prestaciones en estos sentidos de cada producto al momento de ser adquirido.

De todos modos, ninguna buena pintura ni el mejor equipo de aplicación servirán sino se toman en cuenta estos preparativos básicos:

- De efectuarse sobre asfalto, se debe dar un tiempo de secado a los solventes de la capa asfáltica previo a la colocación de la pintura, siendo lo recomendable es al



menos tres a cuatro semanas. Algunas compañías suelen abrir al tránsito para facilitar el “exprimido” de los solventes con el rodado. De no darse el tiempo de secado necesario de estos solventes, mancharán de inmediato la capa de pintura, haciéndola amarillenta y sucia, no lográndose el efecto visual necesario.

- Una limpieza de la superficie para retirar la arena, tierra, lodo o aceites y grasas, que se acumulan permanentemente. Por ningún motivo se debe pintar sobre una superficie sucia. La capa de pintura se desprenderá.
- Tener en consideración recaudos ante humedad o lluvia, ya que una superficie húmeda, a la cual no se le ha dado tiempo de secar después de un lavado, no contribuirá a una buena fijación o agarre del polímero a la misma.
- En cuanto a temperatura de la superficie, las recomendaciones de los fabricantes indican que no deberán de aplicarse a temperaturas superficiales inferiores a los 7° C.
- Generalmente el espesor húmedo de la película de pintura aplicada es de 15 mils (0,015” o 0,381 mm) lo que nos da un rendimiento típico de 10 m² cada 4,5 litros de pintura en promedio (97,6 m lineales x línea de 4” de ancho).
- Respetar un tiempo de secado al tacto, que con estas pinturas ronda los 5 minutos o más, dependiendo de la humedad relativa del ambiente. Normalmente en condiciones de extrema humedad relativa se logra secado al tacto en 20 minutos.

Durabilidad y dotación

La durabilidad es importante para tener un permanente nivel de calidad en seguridad vial. Depende de los componentes de la pintura, la adherencia, la flexibilidad, espesor de la película, la preparación de la superficie y el cuidado en la aplicación. Depende del tipo y estado del pavimento, volumen y velocidad del tránsito. En zona de derrumbes y construcción donde se tiene arena y lodo la duración será menor. Es deseable barrer constantemente para una mayor duración. En pavimento de concreto la durabilidad es menor.

A mayor espesor mayor duración, llegando esto a un límite donde no se notan diferencias sustanciales. Suele usarse espesores secos de 0,008” en vías y carreteras y 0,015” en señales especiales de pares y pasos peatonales. Se aplica en capas húmedas de 0,014” a 0,015” (350 a 450 micrones) correspondiendo a cerca del 50% en espesores secos, una vez evaporado el vehículo, agua en el caso de la Pinturas Acrílicas Base Agua.

Parámetros importantes de Ensayos del Laboratorio MTC para Pinturas de Tráfico:

- Densidad a 25° C. 1,60 – 1,65 gr/cm³
- Contenido de Pigmento % NTP-319004 (1971) Min. 59 %
- Contenido de Vehículo % NTP-319.004 Min. 40 %
- Viscosidad a 25° C (KU) ASTM D-562 (1997) 80 – 95
- Fineza (Escala Hegman) ASTM D-1210 (1996) Min. 3
- Flexibilidad ASTM D-522 (1993) Sin marcas o escamas
- Tiempo de Secado a 25° C (6 mils) ASTM D-711 (1998) Max. 10 Min
- Resistencia al Agua (lámina sumergida 18 horas) ASTM D-870 (1993) No presentar cuarteamiento.



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

- Resistencia a la abrasión seca (horneado 6 mils húmedo) (litros de arena) ASTM D-968 (1993) Min. 300
- Material No Volátil y Volátiles % Min. 75%

Microesferas de Vidrio (Glass Beads)

Producidas de vidrios seleccionados tipo soda-cal, con índice de un refracción determinado (1,5), llamadas microesferas por ser su diámetro menor a 1,0 mm.

Aplicadas sobre la superficie horizontal recolectan los rayos de luz como se explicó anteriormente. Estos rayos se reflejan en las esferas en donde el pigmento que está por debajo de ellas actúa como el fondo de un espejo. Estos rayos reflejados nuevamente sufren un nuevo direccionamiento al cambiar de medio vidrio-aire y viajan casi paralelos devueltos al vehículo (Retroreflexión).

Para obtener un máximo aprovechamiento de las microesferas utilizadas debemos considerar su granulometría. Se supone que a mayor tamaño mayor retroreflectividad, pero esto supone otros problemas de aplicación y duración sobre la superficie.

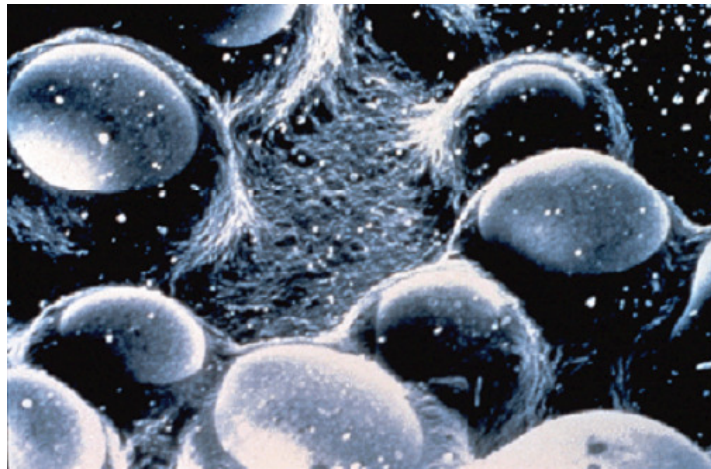


Foto Nº 2: Microesferas incorporadas a la demarcación horizontal

3.1.2. Visibilidad de la demarcación vial

Diversos estudios realizados a nivel mundial demuestran que un conductor necesita entre 10 y 14 segundos para visualizar una marca vial y para después completar con una maniobra segura. Esto significa que la señal debe de ser **VISIBLE** a la distancia compatible con la velocidad del vehículo.

Para lograr esto las señales deben de ser visibles de día (contraste) y de noche (retroreflectividad).

3.1.2.1. La visibilidad diurna



La visibilidad diurna de la señalización se logra con la aplicación de materiales que dan un adecuado contraste con el pavimento de concreto o de asfalto a señalizar.

Las normas internacionales han regulado cinco colores con este fin:

- Amarillo: regula flujos de sentidos opuestos, limitación de espacios prohibidos para estacionamientos, parada de vehículos y marcación de obstáculos.
- Blanca: para la regulación de flujos en un mismo sentido, delimitación de carriles, límites de espacio para estacionamientos de vehículos, cruces y linderos peatonales, símbolos y leyendas.
- Rojo: para proporcionar contraste en la demarcación de ciclovías, en la parte interna de estas asociadas a una línea blanca, símbolos de hospitales, bomberos, etc.
- Azul: utilizada para áreas especiales destinadas a paradas de embarque y desembarque, discapacitados.
- Negra: utilizada para brindar contraste entre el pavimento de concreto y la pintura.

3.1.2.2. La visibilidad nocturna

La visibilidad nocturna de la señalización se logra con la adición de microesferas de vidrio, que actuando como pequeños lentes, recolectan y concentran los rayos de luz emitidos por los faros de los vehículos devolviéndolos a los ojos del conductor del mismo vehículo. A esto se le llama señalización retroreflectiva.

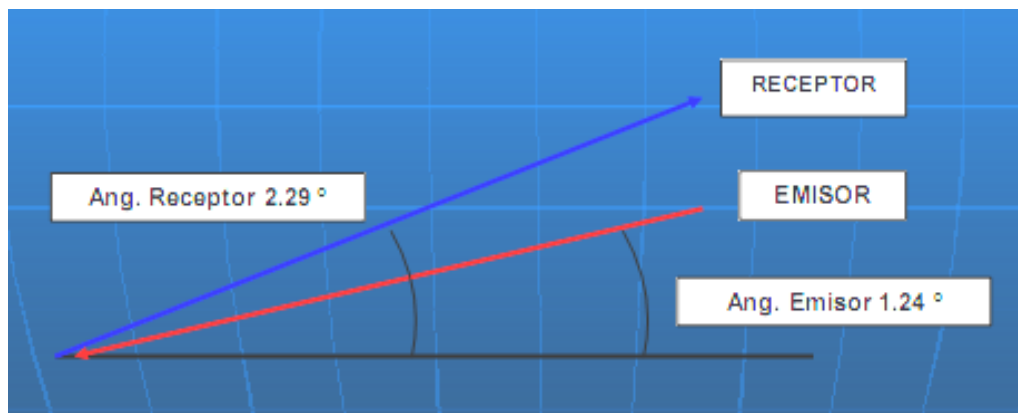


Figura Nº 3: de acción retroreflectiva de la luz

Para entender un poco mejor este funcionamiento podemos decir que existen tres tipos de reflexión de luz:

- Reflexión especular: la que ocurre cuando se refleja en un espejo o superficie lisa, siendo reflejada en el sentido opuesto. Como cuando se refleja sobre un espejo de agua o charco en el pavimento.
- Reflexión difusa: cuando se refleja sobre una superficie rugosa, reflejando desordenadamente en varias direcciones. Como sobre vidrios rotos.
- Retroreflexión: la que nos interesa, ocurre cuando la luz que incide sobre la superficie son redireccionado de vuelta a la fuente por las microesferas



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

ancladas en el material de señalización del pavimento, volviendo la señalización visible de noche.

Existen algunos términos y unidades de uso, como ángulo de incidencia, ángulo de observación, reflector, luminiscencia, coeficiente de retroreflectividad.

4. Medición de la reflectancia

Las medidas del coeficiente de luminiscencia retroreflectiva se consiguen a través de los RETROREFLECTÓMETROS, aparatos diseñados para tal fin, que simulan la interacción de los faros, el sistema retroreflectivo y los ojos del conductor, que reproduce y cuantifica el fenómeno de retroreflectividad. Hay diversos equipos en el mercado, tanto del tipo dinámico (unidades móviles) como del tipo manual.



Foto Nº 3 medición de retroreflectancia en señales verticales

Los equipos más usados son los portátiles manuales, que miden para parámetros de lectura a 15 o a 30 m de distancia de los elementos reflectores con los ángulos de observación generados. Existen tablas comparativas, según la geometría del equipamiento. Estos valores se dan en milicandelas ($\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lux}$).

- 30 m, Angulo de Incidencia $88,76^\circ$ y Observación $1,05^\circ$
- 15 m, Angulo de Incidencia $86,50^\circ$ y Observación $1,50^\circ$

Usualmente los valores aceptables están en el orden de las 150 mcd. Una buena retroreflectividad a 30 m esta dada en una lectura de $230 \text{ mcd}/\text{m}^2/\text{lux}$ en el color Blanco y $175 \text{ mcd}/\text{m}^2/\text{lux}$ en el Amarillo.

Es importante la calibración diaria del retroreflectómetro antes de salir al campo y cada dos años en el laboratorio del fabricante.

4.1. Requisitos mínimos para repintado



*Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional La Plata*

Los niveles mínimos de servicio para repintado están dados por las lecturas mínimas de 100 mcd/m²/lux para el Blanco y 80 mcd/m²/lux para el Amarillo, con los equipos de geometría a 30 m, y lecturas de 200 mcd para Blanco y 150 mcd Amarillo para equipos de geometría a 15 m.

5. Bibliografía

- Señalización Horizontal – Helio Moreira y Roberto Mengon. 2003
- Catálogos de Ennis Paint, Inc. (USA)
- Manual de Pinturas para Demarcación – Cía. Pintuco S.A. (Colombia)
- Manual de Dispositivos de Control del Transito Automotor para Calles y Carreteras (MTC) – Aprobado por R.M. N° 210-2000-MTC/15.02
- Normas técnicas de la dirección de vialidad de la Provincia de Buenos Aires
- http://www.aepo.es/aepo-old/ausc/publ/Articulo_auditoria.pdf
- <http://doblevia.wordpress.com/disenio-geometrico-de-vias/>