

Índice de Seguridad Vial

Juan Carlos Calle Carmona

Fecha de aceptación: 11 de octubre de 2001

RESUMEN

El buen estado físico de los elementos constitutivos de una red vial, brinda al usuario la comodidad, seguridad y economía de transporte para la cual fue construida. Esta evaluación se realiza mediante la determinación del Índice de Estado.

En este artículo se hará un reseña de la resistencia al deslizamiento, evaluando cualitativamente las propiedades de la carpeta de rodadura que condicionan la conducción de un vehículo. Se mencionan algunos equipos utilizados para tal medida. También, se hablará del Índice de Fricción Internacional (IFI), el cual se describe como una escala de referencia, de aplicación internacional, de la fricción y de la textura de un pavimento.

Estos análisis se consideran un gran avance para la determinación del índice de seguridad de las vías y un cambio sustancial en la práctica de conservación de los pavimentos.

ABSTRACT

The good physical state of the constituent elements of a road network, offers the user the comfort, safety and economy of transportation for which it was built. This evaluation is carried out by means of the determination of the Index of State.

In this article, a review will be made of the sliding resistance, evaluating qualitatively the properties of the rolling surface that conditions the driving of a vehicle. Some equipment that are used for such measure are mentioned, as well as the Index of international Friction (IIF), which is described as a reference scale, of international application, of the friction and of the texture of a pavement.

Those analyses are considered as a great advance for the determination of the index of safety of the roads, and a substantial change in the practice of pavement conservation.

PALABRAS CLAVES

• Pavimentos • Índice de fricción internacional • Seguridad vial.

Fecha de recepción: 25 de septiembre de 2001

JUAN CARLOS CALLE CARMONA. Ingeniero Civil, Universidad Nacional sede Medellín. Docente de cátedra de Ingeniería Civil, Universidad EAFIT.

Email: jucalle@eafit.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Los accidentes que ocurren en las vías son factores que afectan drásticamente la calidad del servicio y el adecuado, fluido, eficaz y eficiente desplazamiento de personas y de bienes, disminuyendo así sus principales funciones de comodidad, seguridad y de servicio útil para el usuario.

Como esta situación parece crecer en la medida en que aumenta la actividad en el sector productivo y la motorización, el tema de la seguridad en el transporte ha adquirido gran importancia en todas partes del mundo y ha despertado el interés de los expertos y la preocupación de las autoridades correspondientes.

Actualmente se está evaluando, de manera cuantitativa, el estado físico de los pavimentos en concreto asfáltico durante el período de operación de una carretera, construida o rehabilitada por el sistema de concesión. Esta evaluación se realiza mediante la determinación del índice de Estado que evalúa el nivel de servicio de un pavimento.

Entre los parámetros que considera esta evaluación, se encuentra el coeficiente de resistencia al deslizamiento, evaluando cualitativamente las propiedades de la carpeta de rodadura que condicionan la conducción de un vehículo, por su influencia en la seguridad de la circulación vial, la comodidad del usuario y, en último término, la economía de transporte.

2. GENERALIDADES

Actualmente, existe un procedimiento para evaluar de manera cuantitativa y cualitativa, el estado físico en que se encuentran algunos elementos constitutivos de una carretera construida con un pavimento de concreto asfáltico, éste hace énfasis en el conjunto de aquéllos que inciden en las condiciones de funcionalidad de la vía, que pueden llegar a reflejar la comodidad y seguridad del usuario. Esta evaluación se realiza mediante la determinación del Índice de Estado.

Es importante aclarar que este procedimiento no se aplica para el recibo definitivo de las obras al finalizar la etapa de construcción, pues ésta debe cumplir además con las especificaciones de construcción del proyecto.

Entre los parámetros más importantes que se consideran para evaluar el nivel de servicio de un pavimento se

encuentran la rugosidad, el ahuellamiento y deformaciones, las fisuras y grietas. el estado de las bermas, la resistencia al deslizamiento, la señalización y las zonas laterales.

Entre los parámetros que considera esta evaluación, se encuentra el coeficiente de resistencia al deslizamiento, evaluando cualitativamente las propiedades de la carpeta de rodadura que condicionan la conducción de un vehículo, por su influencia en la seguridad de la circulación vial, la comodidad del usuario y, en último término, la economía de transporte.

3. RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

La resistencia al deslizamiento es el parámetro que permite evaluar la fricción entre las llantas de un vehículo y la superficie de rodadura de la vía, evaluando en primera instancia la seguridad del usuario, mediante el coeficiente de fricción.

Para que un pavimento ofrezca su suficiente adherencia a cualquier velocidad de los vehículos, debe tener una macrotextura, que contribuya a la expulsión del agua y una microtextura que garantice la adherencia.

Conociendo estas propiedades de la superficie para garantizar la adherencia entre la llanta y el pavimento, se comprende que para evaluar la capacidad de resistencia al deslizamiento, se puede proceder de dos formas distintas

- Midiendo directamente el coeficiente de fricción entre la llanta y el pavimento mojado.
- Analizando la macrotextura o la capacidad de drenaje superficial del pavimento (para estimar la reducción de la adherencia que se produce al aumentar la velocidad).

El coeficiente de fricción a baja velocidad depende del número de puntos de contacto seco entre la llanta y los áridos del pavimento que se producen tras la ruptura de la película de agua residual producida por la microtextura (tanto mayor cuando mas áspera sea). Al aumentar la velocidad, disminuye la fricción. Esta disminución es tanto menor cuando mejor es la capacidad de evacuación del agua que proporciona la macrotextura (tanto mayor cuanto más gruesa sea).

Para una mejor comprensión al detalle anterior ver las figuras 1, 2 y 3.

FIGURA 1
Clasificación de las Texturas de los Pavimentos





SUPERFICIE		CLASES DE TEXTURA	
		MACRO	MICRO
A		GRUESA	ÁSPERA
B		GRUESA	PULIDA
C		FINA	ÁSPERA
D		FINA	PULIDA

FIGURA 2
Curvas de Velocidad vs. Fricción
Según superficies

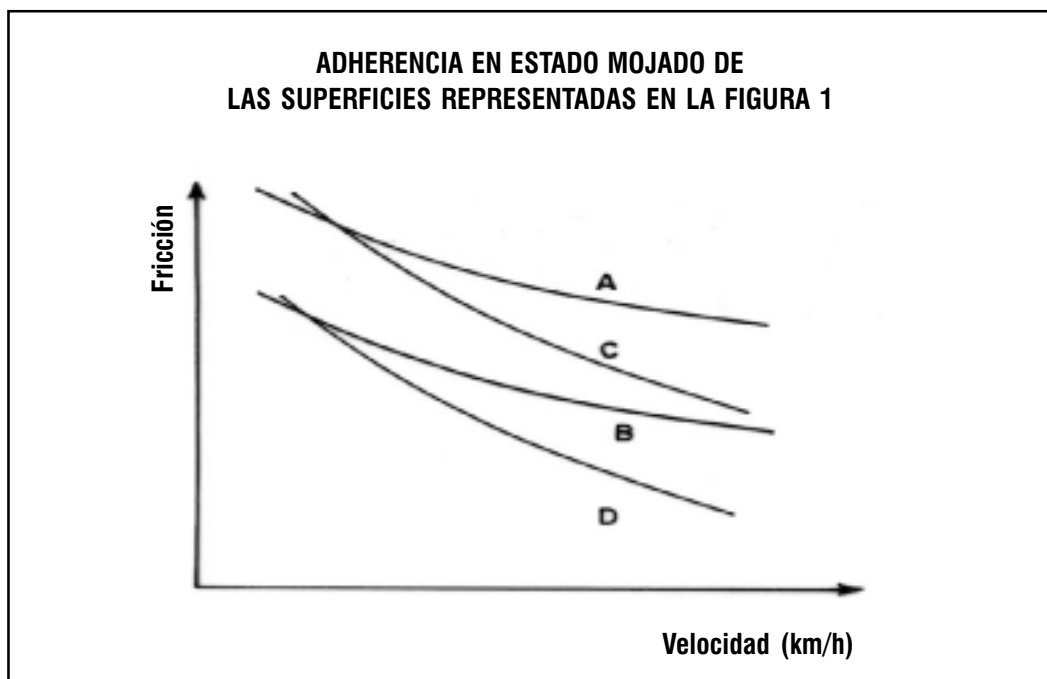
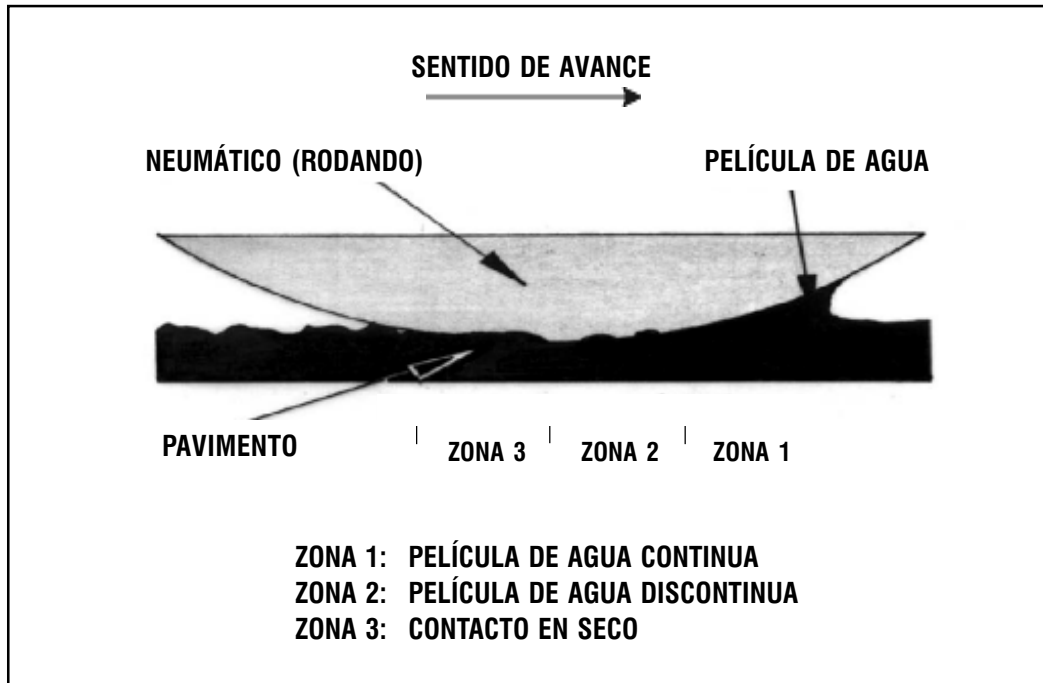


FIGURA 3
Zonas de Interacción Llanta/Pavimento



4. TIPOS DE EQUIPO DE MEDIDA

Existe una gran variedad de equipos de medida, que atendiendo a su función y método de medida, se puede distinguir entre equipos de medida de fricción, de la textura o de función múltiple.

4.1 Equipos de medida de fricción

Tradicionalmente, se ha venido caracterizando el coeficiente de resistencia al deslizamiento mediante péndulos de fricción (ver foto 4). Este equipo da una indicación indirecta del grado de rugosidad que proporciona la microtextura del pavimento. Para medir la fricción directamente se tiende a utilizar, equipos de mayor rendimiento, acoplados a un vehículo o remolcados. Existen diferentes tipos, según las características de la rueda de medida:

- Rueda oblicua respecto del sentido de la marcha (ver foto 1).
- Rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento variable (ver foto 2).

- Rueda bloqueada con grado de deslizamiento fijo (ver foto 3).

Las ruedas para las medidas de fricción deben cumplir características muy precisas. Para evitar cambios importantes debido al envejecimiento del caucho, deben fabricarse en cantidades relativamente pequeñas.

FOTO 1
SCRIM
Rueda Oblicua



FOTO 2
GRIP TESTER
Parcialmente Bloqueado

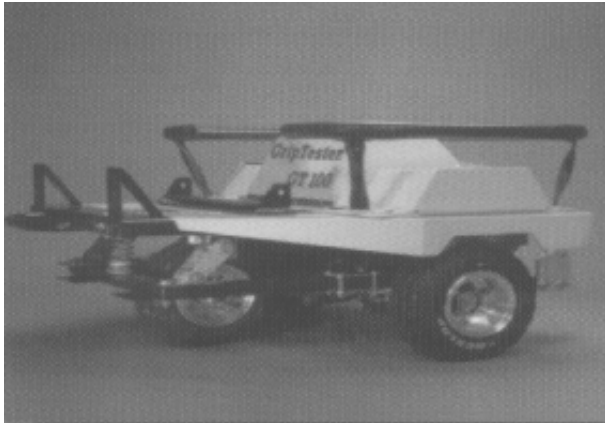


FOTO 3
SKID
Resistance Tester



FOTO 4
BRITISH PENDULUN
Resistance Tester



4.2 Equipos de medida de la textura

Para la caracterización de la macrotextura de un pavimento, se utilizan fundamentalmente tres procedimientos:

- Método volumétrico, método de la mancha de arena que determina la «profundidad media de textura», tanto mayor cuanto más rugosa sea la macrotextura (ver foto 5).
- Medida de drenaje superficial (drenómetros), determinando el tiempo de evacuación de un volumen conocido (ver foto 6).
- Determinación del perfil (perfilómetros)

FOTO 5
Prueba de la Mancha de Arena



FOTO 6
Drenómetro



Como se puede observar, hoy se puede disponer de numerosos equipos capaces de tomar un gran número de datos a velocidades compatibles con las de circulación, pero, junto a esta facilidad de auscultación, también, hay que mencionar algunos inconvenientes; unos derivados del propio equipo (exactitud, representatividad, repetibilidad, etc.) y otros de la gran variedad de equipos y sistemas de evaluación, cuyos resultados son difícilmente comparables. Se admite que para relacionar las medidas de fricción hechas con métodos distintos (rueda bloqueada, rueda parcialmente bloqueada o rueda oblicua respecto al sentido de la marcha) se necesitan incluir los efectos de la textura del pavimento.

Por tal motivo, y ante la preocupación mundial por establecer una relación directa entre los resultados del coeficiente de rozamiento y de la textura, proporcionados por los distintos equipos; la Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Carreteras (AIPCR), hoy Asociación Mundial de la Carretera, realizó un experimento, que desde 1949, ha tratado de armonizar los resultados obtenidos con todo tipo de equipos, logrando elaborar en 1992, una escala universal de fricción bien definida, denominada IFI (Índice de Fricción Internacional) a la que puede referirse los resultados de cualquier equipo utilizado.

Con ello se ha puesto un cierto orden en el mundo complejo de los equipos de medida de la resistencia al deslizamiento de las carpetas. Todavía, es pronto para evaluar todas las consecuencias que se pueden derivar de la implantación de la escala de referencia y de la metodología para obtenerla, pero no cabe duda que las perspectivas de futuro son ahora más prometedoras, y será posible calificar más fácilmente los resultados de la adherencia y resistencia de los pavimentos evaluados con cualquier equipo que se considere utilizar.

Como se puede observar, hoy se puede disponer de numerosos equipos capaces de tomar un gran número de datos a velocidades compatibles con las de circulación, pero, junto a esta facilidad de auscultación, también, hay que mencionar algunos inconvenientes; unos derivados del propio equipo (exactitud, representatividad, repetibilidad, etc.) y otros de la gran variedad de equipos y sistemas de evaluación, cuyos resultados son difícilmente comparables.

5. ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL (IFI)

El Índice de Fricción Internacional, (IFI), es el segundo de una, probablemente, larga serie de indicadores internacionales que definen el estado de una carretera. El desarrollo de indicadores internacionales comenzó con el IRI Índice de Regularidad Internacional.

Los IRI vienen a constituir la base de un sistema internacional de valoración del estado de las carreteras, que presenta la gran ventaja de permitir la comparación entre los pavimentos empleados en cualquier país del mundo.

Así pues, el IFI se puede describir como una escala de referencia, de aplicación internacional, de la fricción y de la textura de un pavimento. Entendiendo como textura, las pequeñas irregularidades superficiales de la capa de rodadura que contribuyen a dicha fricción. Considerando como equipos para la medida de fricción los anteriormente mencionados, se trató de establecer un parámetro de macrotextura para armonizar los resultados. Por tanto, el Índice de Fricción IFI viene indicado por dos números expresados entre paréntesis separados por una coma, el primero representa la fricción y el segundo la macrotextura. El primero es un número adimensional y el segundo es un número positivo sin límites determinados y unidad de velocidad (km/h). El valor cero de fricción indica deslizamiento perfecto y el valor uno, adherencia. No es posible, por el momento, con una relación sencilla, definir o establecer el segundo número que compone el IFI. El objetivo es conseguir que todos los equipos puedan predecir los mismos valores para un pavimento determinado.

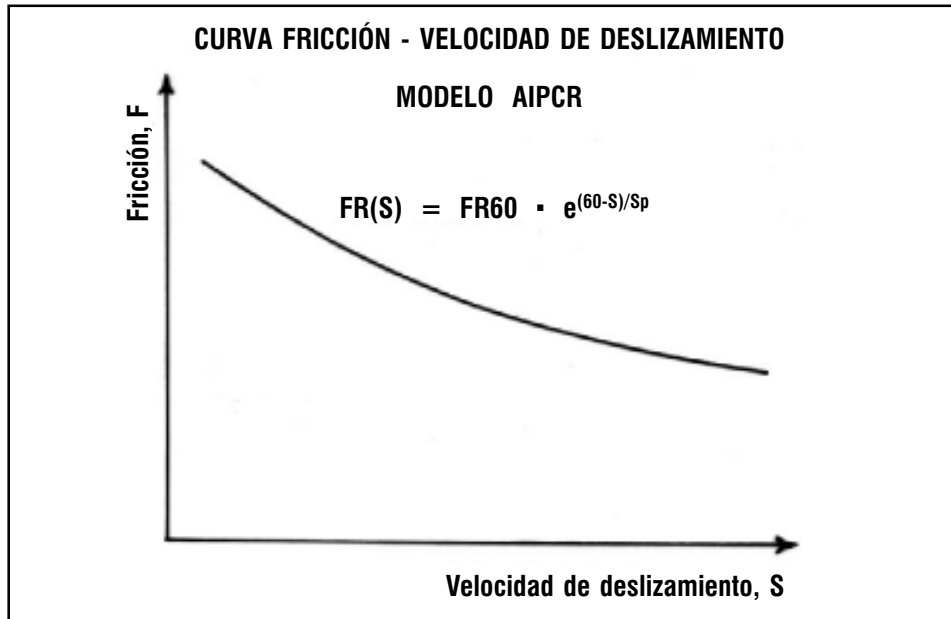
En resumen, el Índice de Fricción Internacional IFI, es una escala de referencia basada en el modelo AICPR (que relaciona la fricción con la velocidad de deslizamiento), modelo que sirve para estimar la constante de referencia de velocidad (S_p) y la de fricción a 60 km/h (ver figura 4). El par de valores (F_{60} y S_p) expresan el IFI de un pavimento y permiten calcular el valor de fricción, $F(S)$, a cualquier velocidad de deslizamiento S mediante la ecuación siguiente:

$$F(S) = F_{60} \cdot e^{(60-S)/S_p}$$

donde:

- $F(S)$ es el valor de la fricción a cualquier velocidad de deslizamiento S .
- F_{60} es el valor de la fricción a 60 km/h.
- S_p Constante de referencia de velocidad.
- S Velocidad de deslizamiento.

FIGURA 4
Curva Fricción-Velocidad de Deslizamiento
según el Modelo de AIPCR



Las curvas obtenidas con este procedimiento por diferentes equipos estarán, si el proceso de armonización ha sido eficaz, muy próximas unas de otras y muy próximas también de la CURVA DE REFERENCIA («GOLDEN VALUE») (ver figura 5), que representa la función fricción-velocidad de deslizamiento «real» de un pavimento y cuya expresión es:

$$GF(S) = GF60 \cdot e^{(60-S)/Sp}$$

donde:

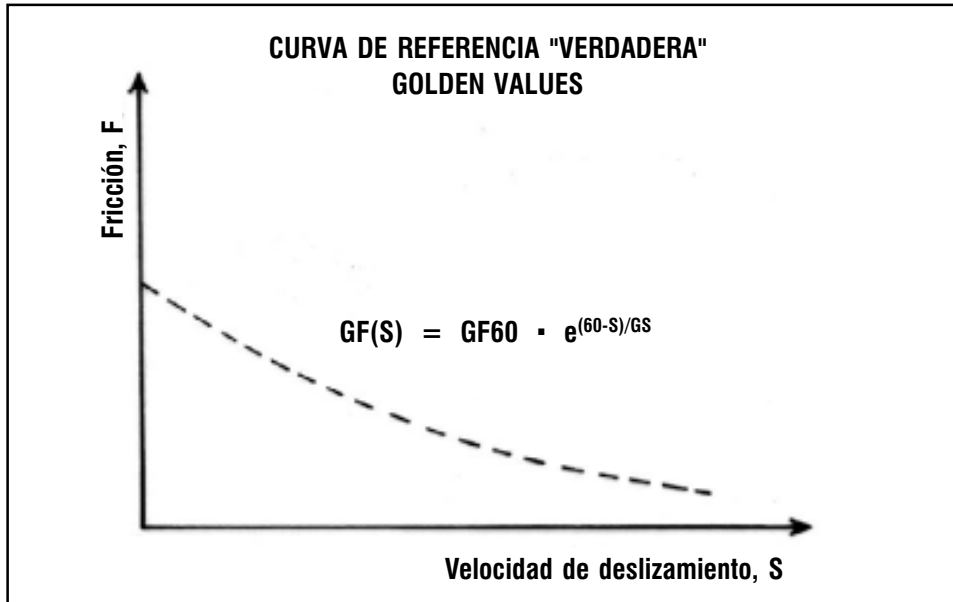
- **GF(S)** es la fricción en la CURVA DE REFERENCIA (ver figura 5)
- **GF60** es el valor de la fricción en la CURVA DE REFERENCIA, correspondiente a una velocidad de deslizamiento de 60 km/h.
- **GS** es la constante que representa la influencia de la velocidad en la CURVA DE REFERENCIA.
- **S** es la velocidad de deslizamiento.

Aprovechando los equipos existentes y las consideraciones sistematizadas en el proceso de armonización, tomando las medidas de fricción y determinando la textura del pavimento a evaluar, el proceso de armonización permite establecer para cada equipo la fricción de referencia estimada, F60, que presumiblemente estará cerca del valor «real» GF60. Lo estará sin duda si el procedimiento de armonización es bueno.

Durante la elaboración del modelo AIPCR que relaciona la fricción, de un pavimento con la velocidad de deslizamiento de un vehículo sobre él, se ha comprobado que la constante Sp de la velocidad de referencia se podría determinar mediante una regresión lineal con una medida de la macrotextura, TX:

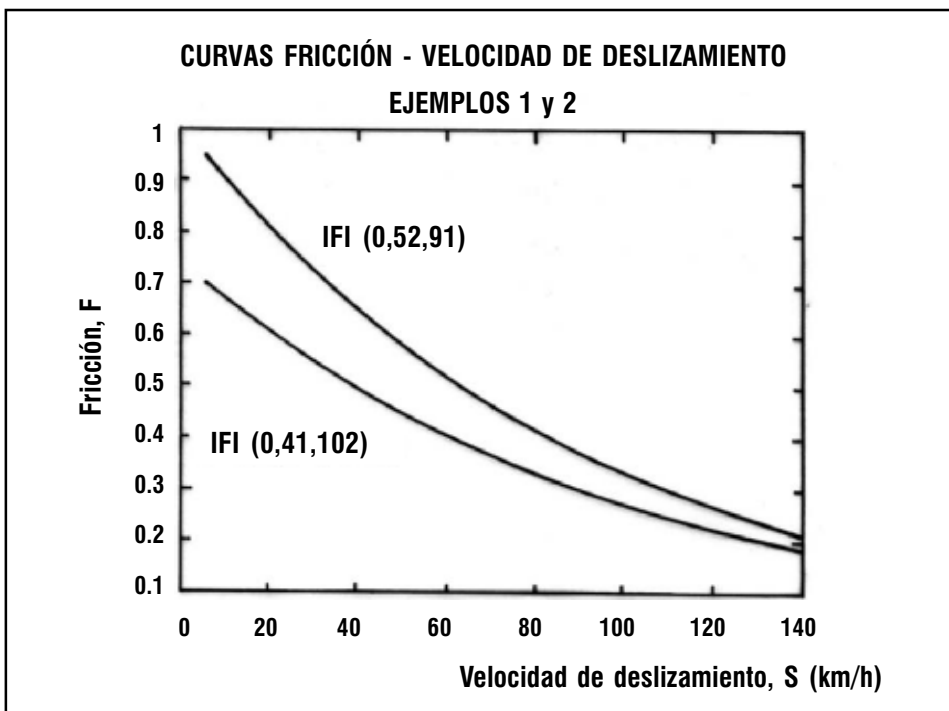
$$Sp = a + b.Tx$$

FIGURA 5
Curva de Referencia. GOLDEN VALUES



Por definición, la pareja de valores (F_{60}, S_p) se designa como IFI de un pavimento. Su conocimiento permite dibujar la curva de referencia estimada de Fricción-Velocidad de deslizamiento del pavimento. Ver en la figura 6, algunas determinaciones de IFI y la descripción que representan:

FIGURA 6
Curvas de Armonización para la Determinación del IFI



El IFI (0,41,102) fue determinado mediante un proceso de armonización por el método del AIPCR, en donde se midió la fricción con un equipo SCRIM del MOPTMA a 50 km/h, arrojando un valor de 0,65. Además se determinó la textura con la prueba del círculo o mancha de arena, cuya evaluación arrojó una textura de 1 mm de altura equivalente.

El IFI (0,52, 91) se obtuvo ensayando la fricción del pavimento con un GRIPTESTER (D8) a 80 km/h, habiéndose obtenido un fricción de 0,81. Además se midió una macrotextura gruesa con el drenómetro de 0,38 mm.

Así determinado el Índice de Fricción Internacional, IFI, se va a tener una idea aproximada de las capacidades de fricción de pavimentos diferentes, medidos en circunstancias diversas y con equipos distintos.

Por otra parte, aunque de forma separada, el IFI, integra las dos medidas de textura (una microtextura y otra macrotextura) necesarias para tener una idea clara de la capacidad que tiene un pavimento de ofrecer superficie segura en condiciones adversas. Interesa señalar que el riesgo potencial de hidropilaje está fundamentalmente asociado (junto a las características geométricas y de la velocidad de circulación) con la macrotextura, es decir con el segundo número del IFI. La accidentalidad por hidropilaje está poco estudiada en nuestro país, pero se induce a pensar que influye más la macrotextura que la microtextura en el origen de algunos accidentes.

A este respecto, el concepto del IFI es un gran avance y proporciona la posibilidad de un cambio sustancial en la práctica de conservación de pavimentos.

En Colombia se han hecho continuas evaluaciones del índice de estado de varias concesiones, pero la determinación de un índice de seguridad vial consciente, que garantice la comodidad y la seguridad del usuario, no es la consigna principal en los estudios realizados.

Aunque se cuenta con los equipos, y el personal calificado para determinar las medidas de los mismos, no se han preocupado por armonizar los resultados, como se ha hecho en otros países, relacionando los valores obtenidos para determinar el IFI, y así clasificar nuestra evaluación a nivel mundial.

En Colombia se han hecho continuas evaluaciones del índice de estado de varias concesiones, pero la determinación de un índice de seguridad vial consciente, que garantice la comodidad y la seguridad del usuario, no es la consigna principal en los estudios realizados.

BIBLIOGRAFÍA

- Association Mondiale de la Route AIPCR. (1995). Experimento Internacional AIPCR de Comparación y Armonización de las Medidas de Textura y Resistencia al Deslizamiento. Comité Técnico AIPCR de Características Superficiales C:1. Publicación AIPCR-01-04.
- Bateman Durán Jaime. (1995). Determinación del índice de estado de un corredor vial. Bogotá: 726 p.
- DIS. Ltda. (1995). Procedimiento para determinar el índice de estado de un pavimento en concreto asfáltico. Ingenieros Consultores-INV. Bogotá.
- Paz Burbano Jorge Armando. (1996). La deflectometría, otra medida de seguimiento y control de calidad en la construcción de pavimentos. Cali.
- Sánchez López Bartolomé. (1996). Índice de Fricción Internacional (IFI). En: *Revista RUTAS*, pp. 19-46.