

## Estudio de la resistencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos en Chile

Pág. 41 - 76

**Rodrigo Gaete P.**

Ingeniero Investigador, Departamento Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 6177, Santiago.

**Hernán de Solminihac T.**

Profesor, Departamento Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 6177, Santiago.

**Gerardo Echeverría G.**

Profesor, Departamento Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 6177, Santiago.

**RESUMEN:** el objetivo de este trabajo es presentar los conceptos generales sobre resistencia al deslizamiento y el desarrollo de un modelo estacional que permite predecir su comportamiento a través del tiempo. Además, se muestran y analizan los resultados de mediciones realizadas en pavimentos asfálticos chilenos.

### I. INTRODUCCION

Una de las principales características que debe reunir un pavimento, se refiere a la provisión de una superficie que asegure una buena adherencia con los neumáticos en todo instante y especialmente cuando se realizan maniobras de frenado y giros horizontales.

Esta adherencia, o resistencia al deslizamiento va disminuyendo en el tiempo, llegando a constituirse en un tipo importante de defecto superficial de los pavimentos, debido a que influye decisivamente en la seguridad del usuario. El interés por investigar en este campo tiene por objetivos principales el establecimiento de modelos que permitan predecir la evolución de la resistencia al deslizamiento durante la vida útil del pavimento y la determinación de niveles mínimos aceptables de dicha resistencia, bajo los cuales será necesario proceder a operaciones de mantención. El Transport and Road Research Laboratory (TRRL) de Inglaterra ha realizado diversas investigaciones en este campo estableciendo algunas relaciones para sus condiciones particular de tipos de pavimentos, características de las materiales y climatología (1).

El presente trabajo pretende dar una visión general del fenómeno, en el contexto de la investigación que está desarrollando la Pontificia Universidad Católica de Chile como parte del Plan de Control y seguimiento de Pavimentos que está implementando la Dirección de Vialidad del Ministerio del Obras Públicas (2), para lo cual se ha estructurado en cuatro capítulos, además de esta introducción.

En el capítulo II se hace una descripción de los principales conceptos involucrados. El capítulo III muestra la concepción de un modelo matemático para la predicción de la evolución de la resistencia al deslizamiento en el tiempo. En el capítulo IV se indican las mediciones efectuadas en pavimentos asfálticos en Chile y finalmente, en el capítulo V se analizan brevemente las medidas obtenidas a la fecha y se señalan las principales conclusiones que se pueden extraer de dicho análisis.

## II. CONCEPTOS GENERALES DESLIZAMIENTO

### 2.1 ¿Qué es la resistencia al deslizamiento?

La resistencia al deslizamiento es la fuerza desarrollada entre la superficie del pavimento y los neumáticos, que estando impedidos de rotar, deslizan a lo largo de la superficie.

Para poder cuantificar esta resistencia podemos partir haciéndolo de una manera general, mediante el coeficiente de fricción:

$$\mu = F/N$$

donde:

$\mu$  = coeficiente de fricción (adimensional).

F = fuerza de fricción.

N = fuerza normal a la superficie originada por el peso del vehículo.

Esta fuerza de fricción proviene de la interacción entre el neumático y la superficie del pavimento, es decir depende de las características superficiales de ambos cuerpos y de las condiciones en las cuales se efectúa el contacto. De esta manera, es necesario para una determinación rigurosa de la fuerza de fricción, además de las características de textura del pavimento, factores tales como: velocidad de desplazamiento del vehículo, presión de inflado, dibujo de los neumáticos, presencia o ausencia de agua sobre el pavimento, facilidad de escurrimiento superficial del agua, etc.

En la práctica, se ha optado por la normalización de los ensayos, considerando la presencia de agua en la superficie de contacto y refiriendo las mediciones al tipo de dispositivo utilizado en la determinación, con lo cual quedan establecidas, en cada caso, las condiciones relativas a velocidad y tipo de neumáticos.

El reconocimiento de la importante influencia de la presencia de agua en la superficie ha llevado a definir en forma explícita un factor de fricción determinado con el pavimento mojado (3, 4, 5).

$$f = F_a / N \quad [2]$$

donde:

f = factor de fricción con el pavimento mojado.

$F_a$  = fuerza de fricción con el pavimento mojado.

N = peso del vehículo.

El método E 274 de la ASTM (6) considera como unidad de medida de la resistencia al deslizamiento el SN (skid number), definido por:

$$SN = 100 f \quad [3]$$

donde:

SN = coeficiente de resistencia al deslizamiento,

f = factor de fricción.

Los accidentes por patinaje de un vehículo se producen principalmente en condiciones en que el pavimento está mojado o con escarcha. Por lo tanto, los valores obtenidos con esta medida en que el pavimento se moja previamente, dan una representación razonable de la resistencia al deslizamiento, en condiciones adversas de operación.

## 2.2 Caracterización de la superficie

Las características de resistencia al deslizamiento de un pavimento, se pueden definir considerando que la textura superficial está determinada por dos tipos de condiciones: microtextura y macrotextura (4, 5). La microtextura corresponde a la textura superficial propia de los agregados pétreos. Esta textura es la fundamental para la resistencia al deslizamiento a bajas velocidades. Se pueden distinguir dos niveles de microtextura: áspera y pulida. En el caso de los agregados pétreos de arenas y granitos con alto contenido de sílice, se tiene una elevada resistencia al pulimiento y, por lo tanto, se conservará una microtextura áspera. En cambio, si se trata de agregados con alto contenido de piedra caliza, se tendrá en éstos un pulimiento muy rápido bajo la acción del tráfico vehicular, por lo que en corto tiempo se tendrá una microtextura pulida.

La macrotextura se refiere a la textura superficial del pavimento, proveniente del efecto conjunto de las partículas de los agregados pétreos debido a su distribución (separación entre partículas) y a la mayor o menor elevación de las partículas por sobre el plano base de la superficie del pavimento. Se pueden definir tres niveles de macrotextura: profunda, media y lisa. Las superficies con macrotextura profunda son aquellas en que la irregularidad proveniente de la elevación de las partículas sobre el plano base, es grande. Este tipo de textura es característica de pavimentos con agregados compuestos por gravas de tamaño apreciable, en la superficie de rodadura. Las superficies con macrotextura profunda presentan una buena resistencia al deslizamiento, aun a altas velocidades. La macrotextura lisa corresponde a superficie uniformes, en las cuales la irregularidad debida a la altura de las partículas no es apreciable a simple vista. En este tipo de superficies se produce una fuerte caída del roce a medida que aumenta la velocidad de los vehículos, haciendo mayor la incidencia del estado de los neumáticos en la resistencia al deslizamiento. En un punto intermedio entre macrotexturas profunda y lisa, es

posible distinguir macrotexturas medias, las cuales, en la mayor parte de los casos, provienen de superficies con macrotextura profunda cuyos agregados han sido desgastados por el paso de los vehículos. En la Figura N° 1 se muestra un esquema con los conceptos de microtextura y macrotextura.

### 2.3 Métodos de medición de la resistencia al deslizamiento

Existen esencialmente dos tipos de sistemas de medida de la resistencia al deslizamiento de un pavimento (3,4, 5,7): ensayos de medida continua y ensayos puntuales.

a) Ensayos de medida continua: se realizan con equipos en movimiento y tienen la ventaja de que las medidas efectuadas representan mejor lo que ocurre con los vehículos circulando.

Dentro de este grupo, uno de los más conocidos es el denominado SCRIM (Sideway Coefficient Routine Investigation Machine). Este equipo diseñado en Inglaterra, consta en esencia de un neumático con banda de caucho que puede inclinarse de 0° a 20° respecto al eje longitudinal de la carretera y realiza una medida cada 10 a 20 m. El SCRIM permite la medida de un coeficiente de rozamiento transversal al ser arrastrada la rueda libre de rotación en una dirección que forma un cierto ángulo con su plano de giro. El Coeficiente de Rozamiento Transversal (CRT) se determina por la relación entre la fuerza tangencial medida y la reacción normal al pavimento que aplica la rueda. Además, con el objeto de mantener el pavimento mojado, todo el sistema va incorporado a un camión convencional que dispone de una cisterna de agua de 2500 litros, lo que se provee el caudal necesario para mantener una película uniforme de agua.

Otro equipo de gran difusión es el Mu Meter, el cual mide directamente la resistencia al deslizamiento desviando sus neumáticos de modo que formen un ángulo preestablecido con el eje del movimiento. Este equipo está siendo utilizado por el Laboratorio Nacional de Vialidad en los caminos del país (2). Otros equipos de medición continua son el estradígrafo CEBTP (Centre Experimental de Recherches et d'Etudes du Batiment et de Travaux Publics) en Francia, el remolque Stuttgart en Alemania y varios deslizógrafos diseñados en los Estados Unidos (5, 7, 8).

b) Ensayos puntuales: son los que se pueden realizar en un determinado punto de la carretera y no requieren de vehículos para su implementación.

El más conocido es el ensayo con péndulo portátil (British Pendulum Tester TRRL).

Este método, desarrollado por el Transport and Road Research Laboratory, presenta ventajas por su simplicidad, bajo costo y facilidad de transporte.

Otro ensayo puntual es el llamado "mancha de arena", que mide la profundidad media de las pequeñas depresiones superficiales del pavimento. Este ensayo se ha considerado como más representativo de la resistencia al deslizamiento a altas velocidades, debido a que en estas

condiciones las fuerzas de roce pasan a depender fundamentalmente de la macrotextura del pavimento (4, 5 y 9).

La investigación que está desarrollando el Departamento de Ingeniería de Construcción de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile para el Ministerio de Obras Públicas, utiliza el péndulo portátil y el ensayo de la mancha de arena. A futuro se complementará con los resultados que obtenga la Dirección de Vialidad mediante el uso del Mu Meter.

#### 2.4 Variación de la resistencia al deslizamiento

La resistencia al deslizamiento del pavimento no es constante y su cambio en el tiempo depende fundamentalmente de los siguientes efectos: lluvia, variaciones estacionales y tráfico acumulado (3, 4, 5).

- a) Efecto de la lluvia: al momento de comenzar a llover, el agua caída se mezcla con las partículas sueltas del pavimento creando una superficie jabonosa en un período de tiempo muy corto. La resistencia al deslizamiento baja bruscamente y es un peligro para los conductores. Posteriormente, el agua limpia este material, elevando nuevamente el roce al rodado, hasta que una vez terminada la lluvia, el pavimento va recuperando paulatinamente su resistencia al deslizamiento original como se muestra en la Figura N°2.
- b) Efecto de las variaciones estacionales: estudios realizados en Inglaterra con el microscopio electrónico, han mostrado las causas de las variaciones estacionales en la resistencia al deslizamiento, donde generalmente existe una baja en los meses de verano y un aumento de resistencia en los meses de invierno. Este efecto se muestra en la Figura N°3. De acuerdo a Lees (4), este fenómeno puede ser explicado por la combinación de tres efectos:
  - i) Variación en la gradación de los detritos. Las mediciones han mostrado que la textura superficial es más gruesa en invierno, cuando los neumáticos mojados de los vehículos remueven los detritos de los surcos de la macrotextura y los trasladan a la superficie del camino.
  - ii) Agregados con diferente sensibilidad a la erosión. En el invierno, las partículas más blandas de los componentes minerales, al desgastarse, crean una microrugosidad diferencial que origina el desprendimiento de los minerales más duros y la presencia en la superficie de nuevas zonas sin pulir. Este efecto es más notorio en las areniscas y granitos. Los áridos más duros, pero de textura más homogénea y cristales pequeños tardan más en pulirse, aunque su textura final, a la larga, es más lisa que las rocas consideradas anteriormente.

iii) Acción de las heladas. En los meses más fríos se congela el agua en los poros del aglomerado, desarrollando agrietamientos que originan irregularidades y, por lo tanto, mayor resistencia al deslizamiento.

c) Efecto del tráfico acumulado: el efecto del paso de los vehículos produce un pulimento más intenso en los primeros meses de servicio, para después estabilizarse alrededor de un cierto valor que se mantiene en el tiempo (Figura N°4) (5).

d) Efecto combinado: todas las acciones anteriores actuando simultáneamente, dan una resultante de tipo sinusoidal en el tiempo como se muestra en la Figura N°5 (5).

Otro factor de gran influencia en la resistencia al deslizamiento es la velocidad de los vehículos, ya que a medida que ésta aumenta, se produce un efecto de lubricación hidrodinámica que disminuye el coeficiente de fricción entre neumático y pavimento (4, 5,9).

En conexión con lo anterior, es importante también considerar la textura superficial de la capa de rodado, la cual será determinante en cuanto a la intensidad con que se presente el efecto hidrodinámico a altas velocidades. En efecto, en superficies con textura gruesa se producen dos fenómenos que aminoran el problema: por una parte, la interacción entre neumático y pavimento mejora al deformarse el neumático y penetrar parcialmente en los huecos de la superficie, y por otra, la interconexión entre dichos huecos forma pequeños canales que permiten una rápida evacuación del agua al ser pisada por el neumático, disminuyendo fuertemente el efecto hidrodinámico señalado.

Un importante concepto se ha desarrollado en relación con la micro-textura y la macro-textura, en el cual se consideran dos principios fundamentales. El primero expresa que el nivel de fricción, para una velocidad moderada determinada, es función principalmente de la micro-textura de las partículas de los agregados expuestos. El segundo principio establece que la caída de la fricción a medida que aumenta la velocidad es función de la macro-textura superficial del pavimento, llegando a ser esta última, el factor de mayor influencia en la fricción a altas velocidades (4, 5, 9). Esto permitiría correlacionar las mediciones de resistencia al deslizamiento con el ensayo de la mancha de arena, mediante una relación entre la razón de fricción-velocidad (SN/km/h) con la profundidad de la textura (mm) como se muestra en la Figura N°6. Para verificar este concepto es necesario efectuar mediciones con equipos de auscultación continua que permitan variar la velocidad del ensayo (por ejemplo: SCRIM, Mu meter). Esto explicaría en parte el fenómeno de que existan bajas correlaciones entre el ensayo de la mancha de arena y el péndulo de fricción, ya que este último está estandarizado con una velocidad de ensayo fija de 50 km/h.

El efecto de la macro-rugosidad del pavimento y su interacción con el estado de los neumáticos se muestra en las Figuras N°7 y N°8 en las cuales se puede apreciar que para una textura lisa del pavimento, la caída de fricción con el aumento de la velocidad es más acentuada para un neumático liso que para uno dibujado (9). En cambio, para superficies de rodado con textura profunda, las diferencias en la caída de resistencia al deslizamiento por efecto de la velocidad son despreciables, para ambos tipos de neumático; esto se debe, como se señaló anteriormente, a una mayor adherencia con los agregados de la mezcla a que el medio de evacuación de la película de agua es proporcionado por los canales que se forman entre las irregularidades de la macro-textura. Este último factor

depende de la interacción de los canales que se forman entre los agregados pétreos; a veces, si la macrotextura es cerrada, no existe evacuación de agua, produciéndose un peligro de hidroplaneamiento (aquaplaning).

En menor medida, influye también la temperatura de la carpeta de rodadura, debido al ablandamiento del asfalto en la mezcla. Este efecto es menos notorio en texturas ásperas y mezclas densas. A bajas temperaturas se producirá un cierto incremento en el valor medido mediante el péndulo de fricción, incremento que es significativo para temperaturas del pavimento menores a 10°C (9). Existen además otros factores, como ser: la presión y la profundidad del dibujo de los neumáticos y la resistencia a la abrasión de los agregados; este último influye en el largo plazo ya que es producido por el tráfico acumulado.

### III. EVOLUCION DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

La resistencia al deslizamiento que presenta un pavimento se puede modelar mediante dos componentes (5).

- a) Componente de comportamiento anual: que representa el promedio anual de las mediciones y se modela como:

$$SN = a b^t + c$$

donde :

SN = coeficiente de resistencia al deslizamiento

a = constante (a = SN inicial - c)

b = constante < 1, que indica el grado de pulimiento en los primeros años

c = valor mínimo a que tiende la resistencia al deslizamiento en el tiempo. Es el promedio anual en régimen permanente

t = tiempo expresado en años.

- b) Componente de comportamiento estacional:

refleja las variaciones estacionales. Se puede modelar como:

$$SN = d \sin (\pi/2 + 2\pi t) \quad [5]$$

donde:

d = amplitud de la onda =  $\frac{SN \text{ invierno} - SN \text{ verano}}{2}$  [6]

t = tiempo expresado en años a partir del primer invierno

Por lo tanto, SN tiene un comportamiento total a través del tiempo expresado como:

$$SN = ab^t + c + d \operatorname{sen} (\pi/2 + 2\pi t) \quad [7]$$

Se puede ver que el promedio móvil corresponde a la curva de comportamiento anual, ya que:

$$\int_0^{t = 1 \text{ año}} d \operatorname{sen} (\pi/2 + 2\pi t) dt = 0 \quad [8]$$

#### IV. MEDICIONES EFECTUADAS EN PAVIMENTOS ASFALTICOS EN CHILE

En enero de 1984 se inició, en la Pontificia Universidad Católica de Chile un proyecto de investigación titulado "Plan de Control y Seguimiento de Pavimentos Asfálticos", de una duración de cinco años. Este estudio fue contratado por el Ministerio de Obras Públicas de Chile y forma parte del Sistema de Gestión Vial que está implementando la Dirección de Vialidad. El objetivo prioritario de este estudio es el desarrollo de un modelo de comportamiento de los pavimentos asfálticos en Chile, que permita predecir, en el momento oportuno, cuando realizar mantenciones y qué tipo de solución materializar, de modo de optimizar la inversión realizada. Para ello, se han seleccionado 18 tramos testigo a lo largo del país, los que se han instrumentado para analizar su comportamiento a través del tiempo. La investigación realizada por la Universidad Católica de Chile, para el Ministerio de Obras Públicas, en cuanto a resistencia al deslizamiento, contempló 2 tipos de ensayos:

El primero de ellos es el de la determinación de la resistencia al deslizamiento mediante el péndulo de fricción. Este ensayo simula la acción de un vehículo con neumáticos con banda de rodadura dibujada cuando frena a 50 km/hora con ruedas trabadas sobre un pavimento mojado. El aparato usado para este efecto, consiste en un brazo pendular con un patín de caucho en un extremo que se deja caer para que resbale sobre la superficie a medir. La medida de la resistencia al deslizamiento se basa en la energía perdida (fricción) por el patín de caucho al resbalar por la superficie previamente mojada. Los resultados que entrega esta medición se expresan en BPN (British Pendulum Numbers).

El segundo tipo de medida es el de la determinación indirecta de la textura superficial mediante el ensayo de la mancha de arena. En esencia consiste en extender de manera uniforme sobre el pavimento, un volumen conocido de arena fina normalizada. Se determina como parámetro de este ensayo, la altura de arena (mm), definida por el cociente entre el volumen fijo de arena y área de la superficie obtenida.

Los ensayos se han efectuado en los 18 tramos testigo que comprende nuestra investigación para el Plan de Control y Seguimiento de pavimentos asfálticos de la Dirección de Vialidad. Los tramos se ubican a lo largo del país, desde Antofagasta (latitud 23<sup>a</sup> 30' Sur) hasta Osorno (latitud 40<sup>a</sup> 20' Sur), cubriendo una gran variedad de climas, como se puede apreciar en los antecedentes mostrados en la Tabla N°1. Se midieron 12 puntos en cada tramo (6 en cada pista) y en distintas épocas del año. En la Tabla N°2 se presentan un resumen de los Javier-Constitución y By Pass Lastarria, realizadas mediante el péndulo de fricción. Se ha procedido además a graficar los valores de estos tramos, por ser los que a la fecha cuentan con un mayor número de mediciones en estaciones consecutivas (Figuras N°9 y N°10). En ellos se puede apreciar una notoria estacionalidad, resultando una mayor resistencia al deslizamiento en los meses de invierno que en los de verano, lo cual está de acuerdo con los antecedentes teóricos

expuestos. A estos valores se ha procedido a ajustar una curva que describe el comportamiento estacional según la ecuación N°5.

Por otra parte, en la Tabla N°3 se entrega una lista de las mediciones realizadas en 1987 en la época de primavera, con péndulo de fricción y mancha de arena. Las medidas se interpretan, en cada caso, de acuerdo con los criterios de calificación indicados en las Tablas N° 4 y 5 (10).

## **V. CONCLUSIONES**

Como conclusiones generales de este trabajo se pueden mencionar:

Para las mediciones de resistencia al deslizamiento, obtenidas mediante el ensayo del péndulo de fricción, la gran mayoría de los tramos se encuentran entre aceptable y bueno.

Respecto a la textura superficial, los resultados obtenidos con el ensayo de la mancha de arena indican para los tramos en estudio una textura entre fina y media, exceptuando los tramos Los Sauces-Purén y Ovalle-Montepatria, que corresponden a dobles tratamientos superficiales.

Los valores medidos con el péndulo de fricción muestran una definida estacionalidad de la variación de la resistencia al deslizamiento.

En el período de mediciones (1986-1987) la variación estacional fue más importante que la pérdida efectiva de la resistencia al deslizamiento.

Para tomar acciones basadas en este tipo de mediciones, es necesario comparar valores obtenidos en estaciones climáticas similares.

Se requieren períodos más largos de medición para contar con un conjunto de valores que permitan obtener conclusiones respecto de la evolución de la resistencia al deslizamiento en el tiempo.



Tabla N° 2 Mediciones de resistencia al deslizamiento con péndulo de fricción.  
Tramos San Javier-Constitución y By Pass Lastarria

**Tabla N°2 Mediciones de resistencia al deslizamiento con péndulo de fricción.  
Tramos San Javier-Constitución y By Pass Lastarria.**

Tramo Testigo fecha	*Resistencia al deslizamiento (BPN)	**Años transcurridos	Estación
<b>San Javier-Constitución</b>			
31-Enero-1986	57	0,61	Verano
9-Junio-1986	67	0,97	Invierno
18-octubre-1986	63	1,32	Primavera
26-mayo-1987	66	1,96	Otoño
<b>By Pass Lastarria</b>			
24-Enero-1986	49	0,59	Verano
14-Junio-1986	62	0,98	Invierno
12-octubre-1986	48	1,31	Primavera
17-mayo-1987	72	1,93	Otoño

\*Promedio de mediciones realizadas en 12 puntos del tramo en ambas pistas  
\*\*Tiempo transcurrido a partir del último invierno expresado en años (Fecha base: 21-junio-1985)

Tabla N°3 Promedio de las mediciones de la resistencia al deslizamiento y  
textura superficial en primavera 1987.

Tramo Testigo	Péndulo de fricción (BPN)	Mancha de arena (mm).
Uribe-Carmen Alto	55	0,36
Planta Filtros-Antofagasta	52	0,47
Vallenar-Chacritas	54	0,41
Tongoy-Herradura	56	0,70
Ovalle-Montepatria	56	1,08
Quebrada Galvez-Amolanas	60	0,30
Chivato-Chigualoco km.241	55	0,30
Chivato-Chigualoco km.240	54	0,31
Chivato-Chigualoco km.205	61	0,35
Longotoma-Chivato	51	0,39
San Javier-Constitución	65	0,39
Tinajas-Perquillauquén	53	0,38
Los Sauces-Purén	71	1,14
By Pass Lastarria	66	0,35
Loncoche-Villarrica	59	0,65
San Pablo-Osorno	51	0,76

Nota: promedio de mediciones realizadas en 12 puntos del tramo en ambas pistas

Tabla N°4 Calificación de medidas obtenidas con péndulo de fricción

Medida	Calificación
BPN > 75	Muy Bueno
75 > BPN > 65	Bueno
65 > BPN > 55	Aceptable
BPN < 55	Malo

Tabla N°5 Calificación de medidas de textura superficial realizadas mediante ensayo de la mancha de arena

Medida	Calificación
$H < 0.2 \text{ mm}$	Textura muy lisa
$0.2\text{mm} < H < 0.4 \text{ mm}$	Textura lisa
$0.4\text{mm} < H < 0.8 \text{ mm}$	Textura media
$0.8 \text{ mm} < H < 1.2 \text{ mm}$	Textura profunda
$H > 1.2$	Textura muy profunda

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile por el apoyo financiero y técnico dado este estudio, a través de la investigación "Plan de Control y Seguimiento de Pavimentos Asfálticos" contratada con la Pontificia Universidad Católica de Chile.

#### REFERENCIAS

1. Salt, G.F., "Research on skid-resistance at the Transport and Road Research Laboratory (1927-1977)", Report LR 340, Transport and Road Research Laboratory, Inglaterra, 1977.
2. Salgado, J., Gutiérrez, P., y Romero, F. "Sistemas de gestión y seguimiento de pavimentos-Dirección de Vialidad-MOP-Chile", Revista de Ingeniería de Construcción N°2, marzo 1987, 34-65.
3. Haas, R. y Hudson, R., Pavement Management Systems. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1982.
4. Lees, G. "Skid Resistance of Bituminous and Concrete Surfacing". Developments in Highway Pavement Engineering, Applied Science Publishers, London, 1978, 219-273.
5. Highway Research Board. "Skid Resistance", National Cooperative Highway Research N°14, National Research Council, Washington D.C., 1972.
6. ASTM, "Standard Test Method for Skid Resistance of paved surfaces using a full-scale tire", E 274-79, Filadelfia, Pensilvania, 1979.
7. Elvira, J.L. "Auscultación de carreteras, inventario y banco de datos". Simposium sobre rehabilitación estructural de pavimentos. Asociación española permanente de los Congresos de Carreteras, Madrid, noviembre 1982, 35-60.

8. XVI Congres Mundial de la Route. Association Internationale Permanente des Congres de la Route. Vienne, septiembre, 1979.
9. Salter, R.J. "Highway Design and Construction". Macmillan Press Ltd. London, 1979.
10. Epelbaum, A. "Textura superficial y coeficiente de roce en pavimentos chilenos". Memoria de título, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Santiago, 1985.

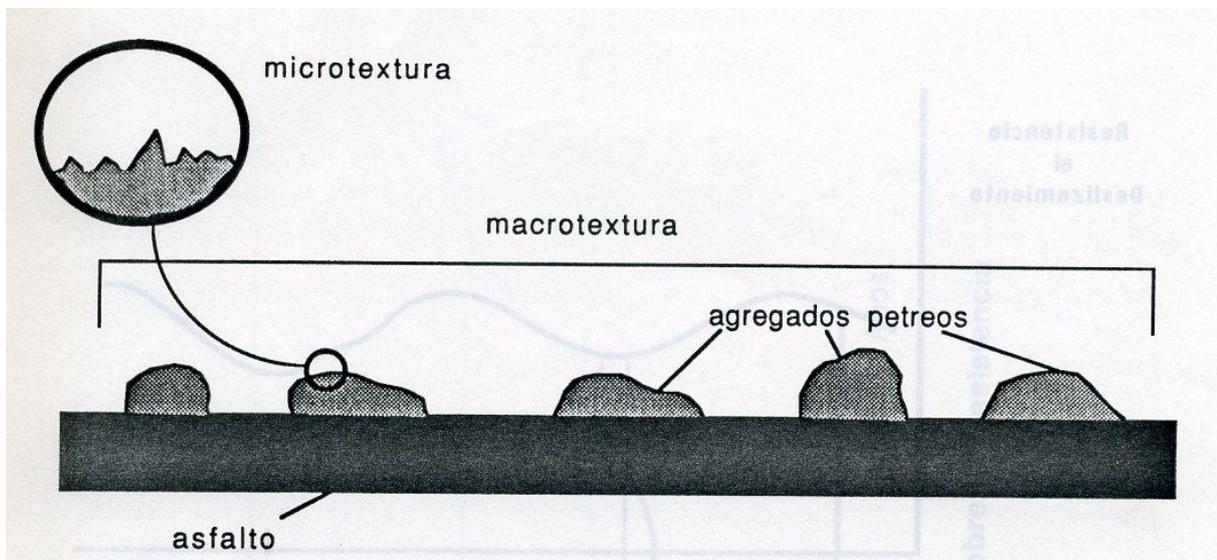


Figura 1 Esquema ilustrativo con los conceptos de macrotextura y microtextura

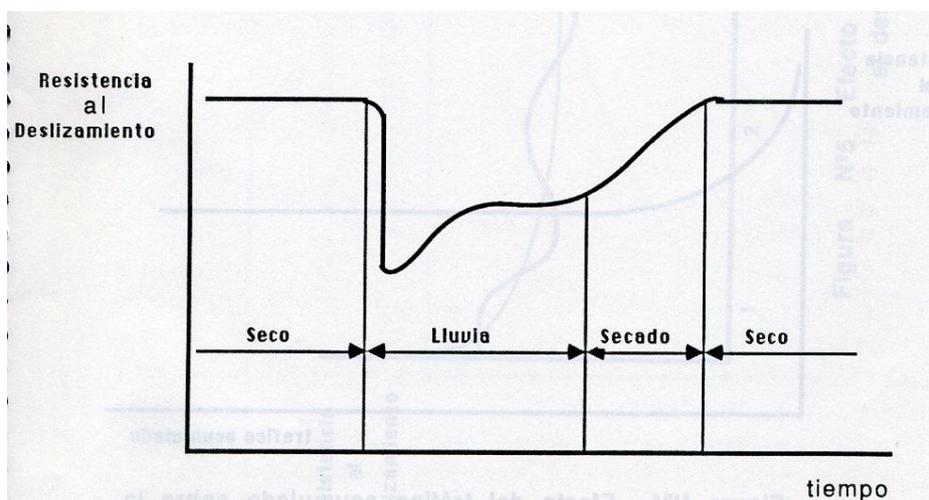


Figura 2 Efecto de la lluvia sobre la resistencia al deslizamiento (5)

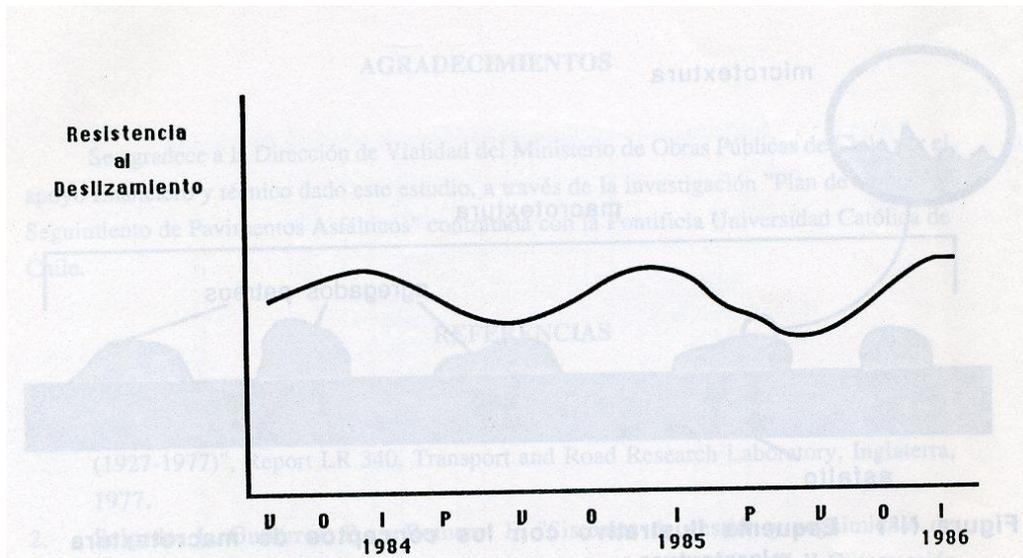


Figura 3 Efecto estacional en la resistencia al deslizamiento (4)

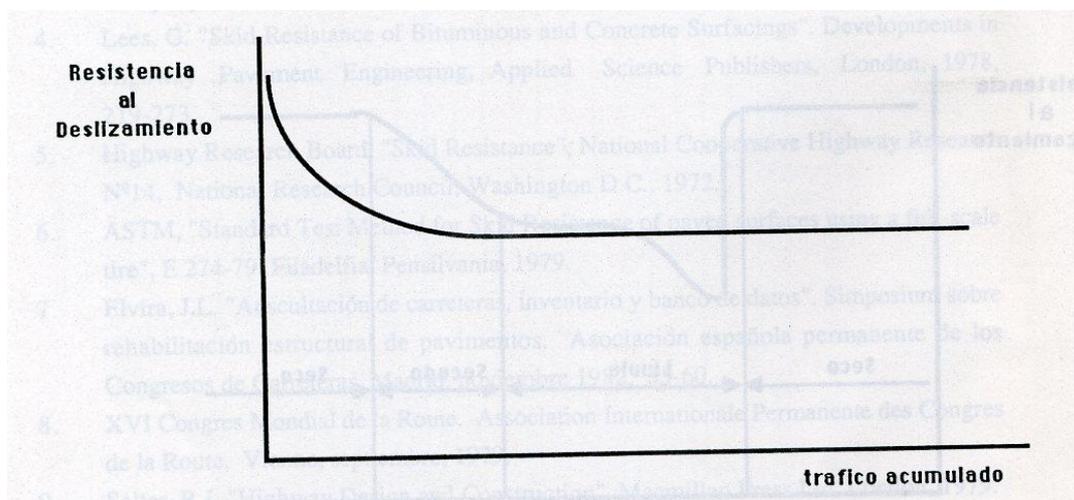


Figura 4 Efecto del tráfico acumulado sobre la resistencia al deslizamiento (4 y 5)

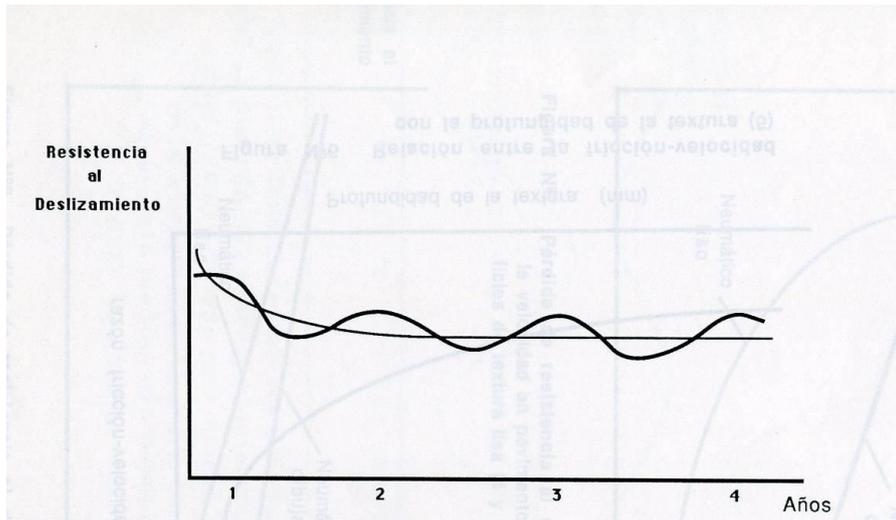


Figura 5 Efecto combinado sobre la resistencia al deslizamiento

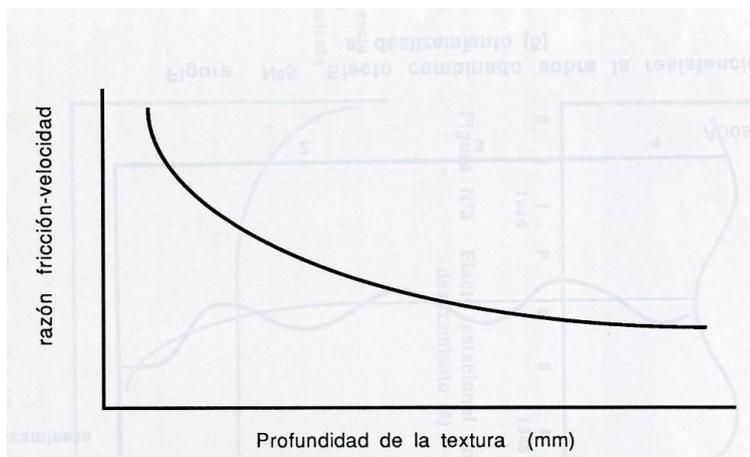


Figura 6 Relación entre la fricción-velocidad con la profundidad de la textura (5)

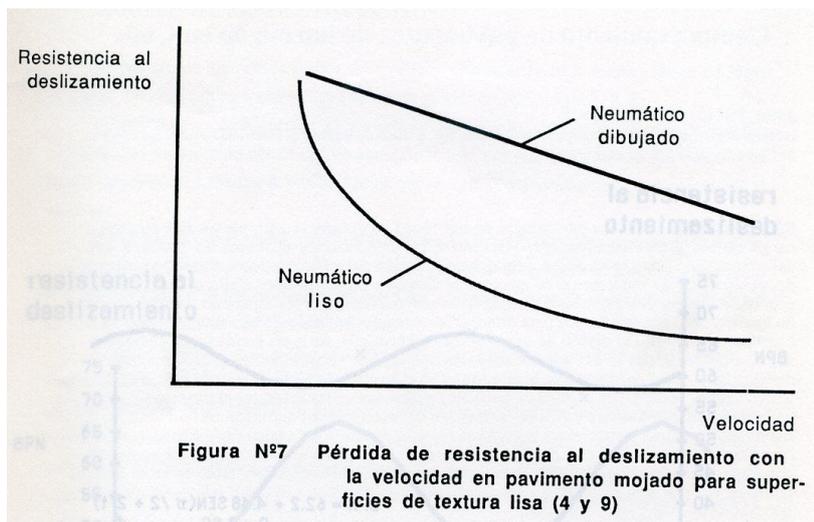


Figura 7 Pérdida de resistencia al deslizamiento con la velocidad en pavimento mojado para superficies de textura lisa (4 y 9)

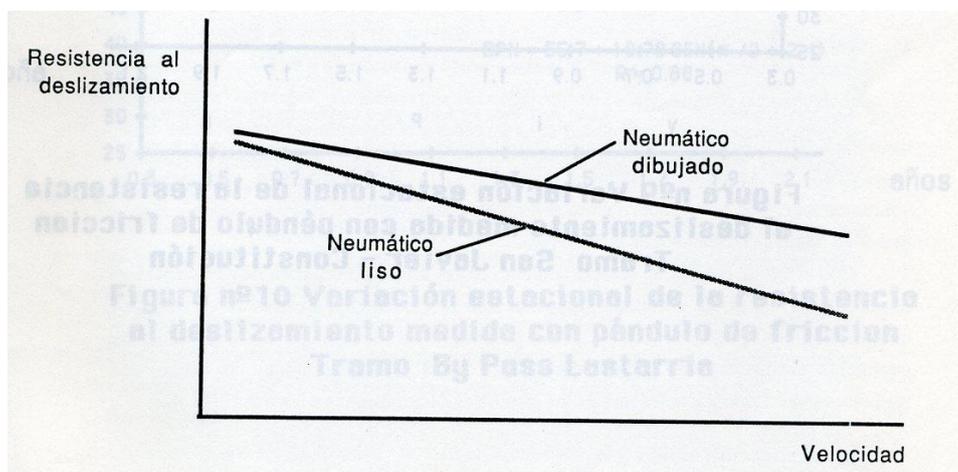


Figura 8 Pérdida de resistencia al deslizamiento con la velocidad en pavimento mojado para superficies de textura profunda (4 y 9)

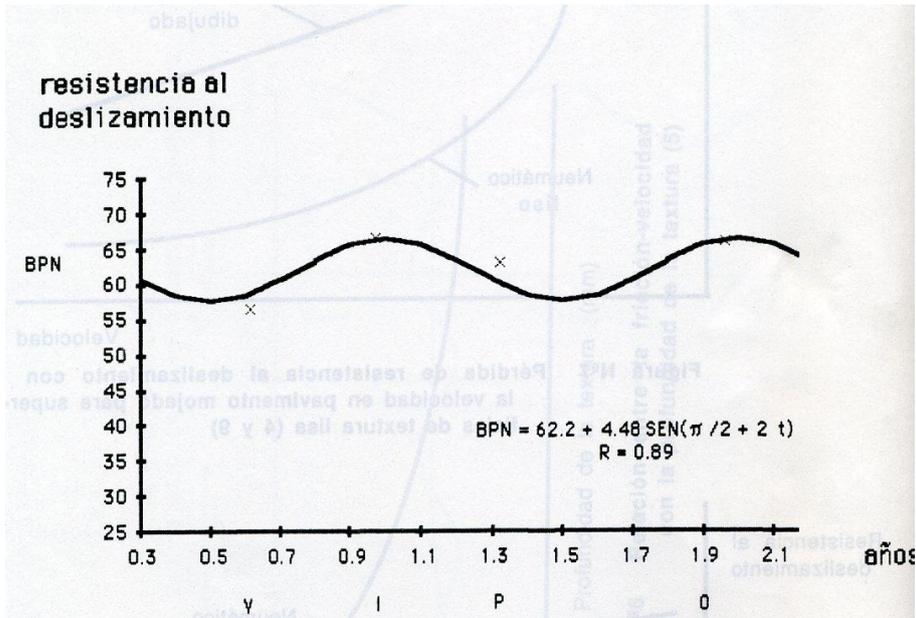


Figura 9 Variación estacional de la resistencia al deslizamiento medida con péndulo de fricción. Tramo San Javier – Constitución.

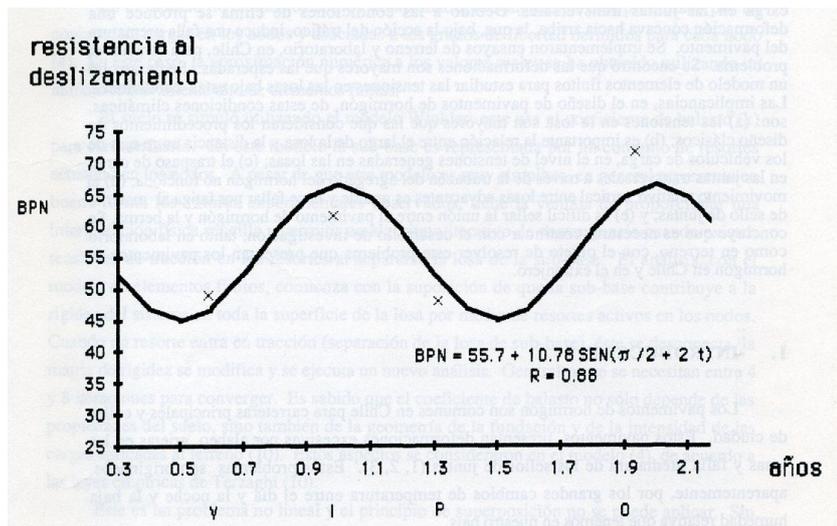


Figura 10 Variación estacional de la resistencia al deslizamiento medida con péndulo de fricción. Tramo By Pass Lastarria