



Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, Medellín 2017





Cuantificación de la macro y micro textura del pavimento para la estimación de fricción

Natalia Zúñiga García

Andre de Fortier Smit

Jorge A. Prozzi

Universidad de Texas en Austin



Introducción



Objetivo

Análisis de las características de la textura del pavimento y su influencia en la fricción

Justificación

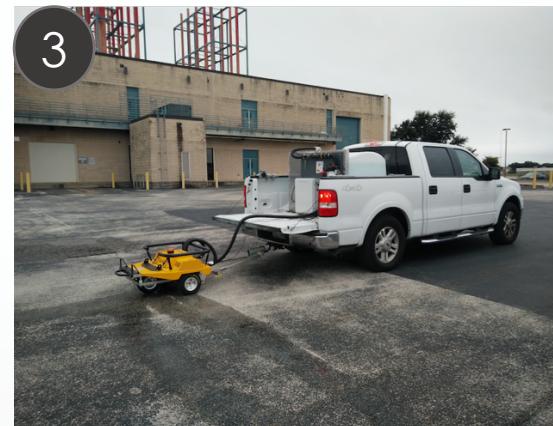
- La fricción y la resistencia al deslizamiento del pavimento están directamente relacionadas con el número de accidentes viales
- Las metodologías actuales de evaluación de fricción resultan imprácticas para estudios de campo en redes viales de gran tamaño



Introducción

Fricción y resistencia al deslizamiento

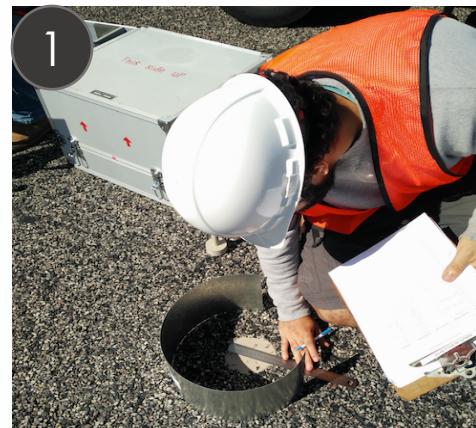
1. Ensayo del péndulo británico (BPT)
2. Ensayo de fricción dinámica (DFT)
3. GripTester
4. Micro-GripTester



Introducción

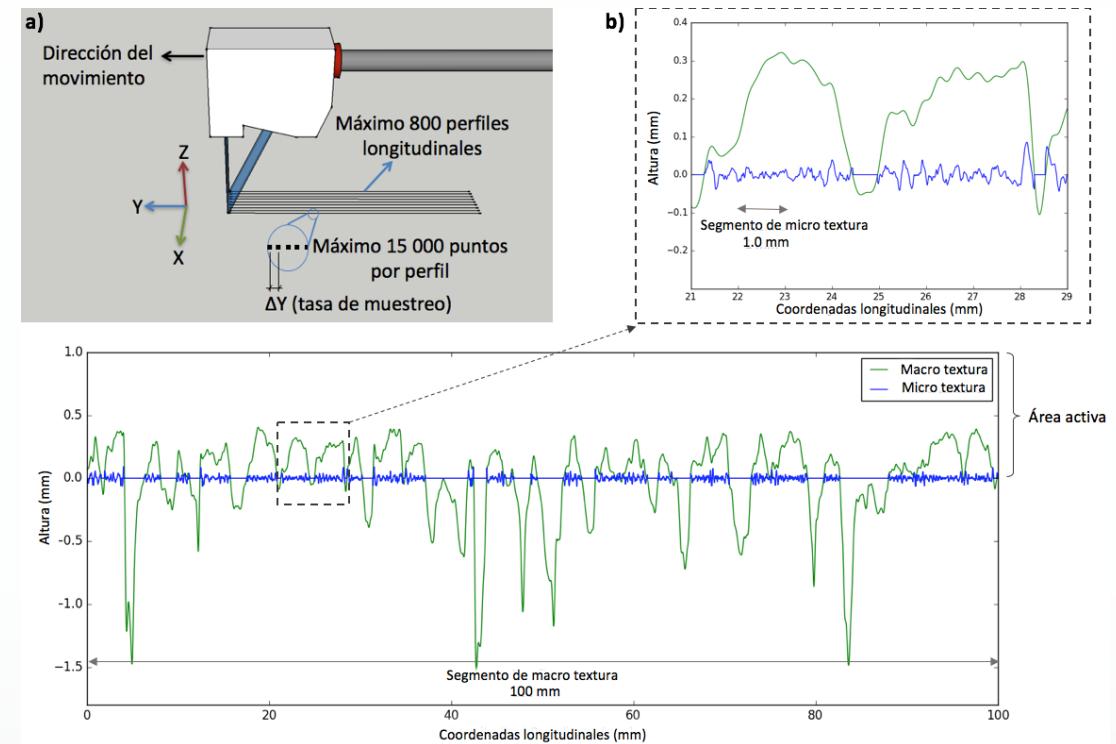
Textura

1. Círculo de Arena
2. Circular Track Meter (CTM)
3. Laser Texture Scanner 9300 (LTS)
4. Escáner de Láser Lineal (LLS)



Escáner de Láser Linear

- Implementado por la Universidad de Texas en Austin
- Obtiene una descripción mejorada de la textura de la superficie del pavimento
- 800 perfiles en 15 segundos
- Cada perfil horizontal posee hasta 15,000 puntos



Escáner de Láser Linear

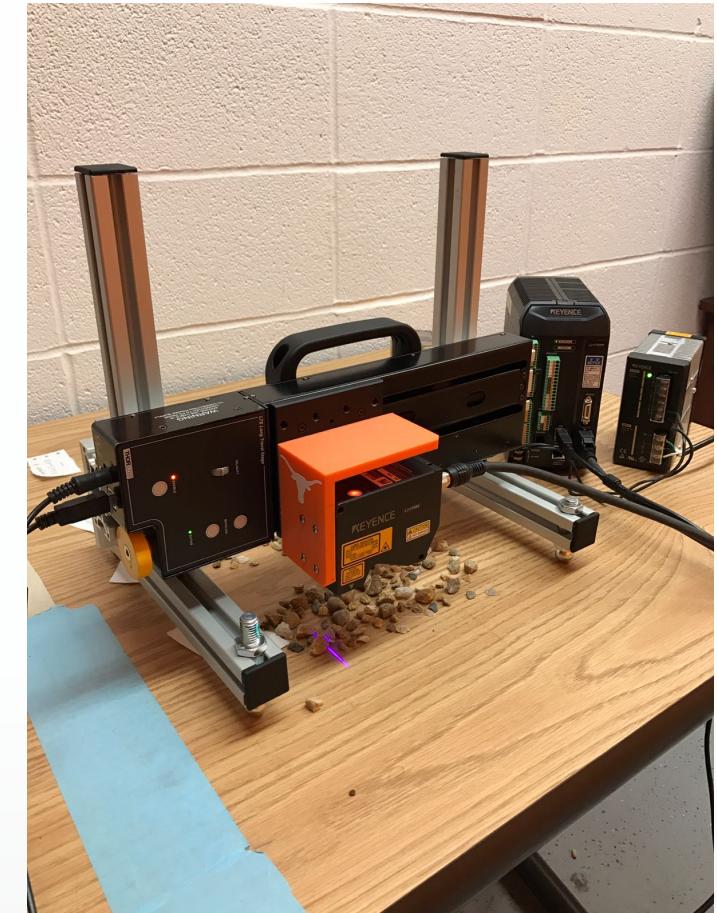
Obtiene la macro y micro textura usando diferentes parámetros:

Amplitud

Profundidad media de perfil (MPD)	$MPD = \frac{1}{2} [\max(h_1, \dots, h_{N/2}) + \max(h_{N/2+1}, \dots, h_N)]$
Altura media (R_a)	$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i $
Altura máxima (R_z)	$R_z = \max(h_i) - \min(h_i), \quad i = 1..N$
Media cuadrática (RMS)	$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i^2}$
Oblicuidad (R_{sk})	$R_{sk} = \frac{1}{RMS^3} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i^3}$
Curtosis (R_{ku})	$R_{ku} = \frac{1}{RMS^4} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i^4}$

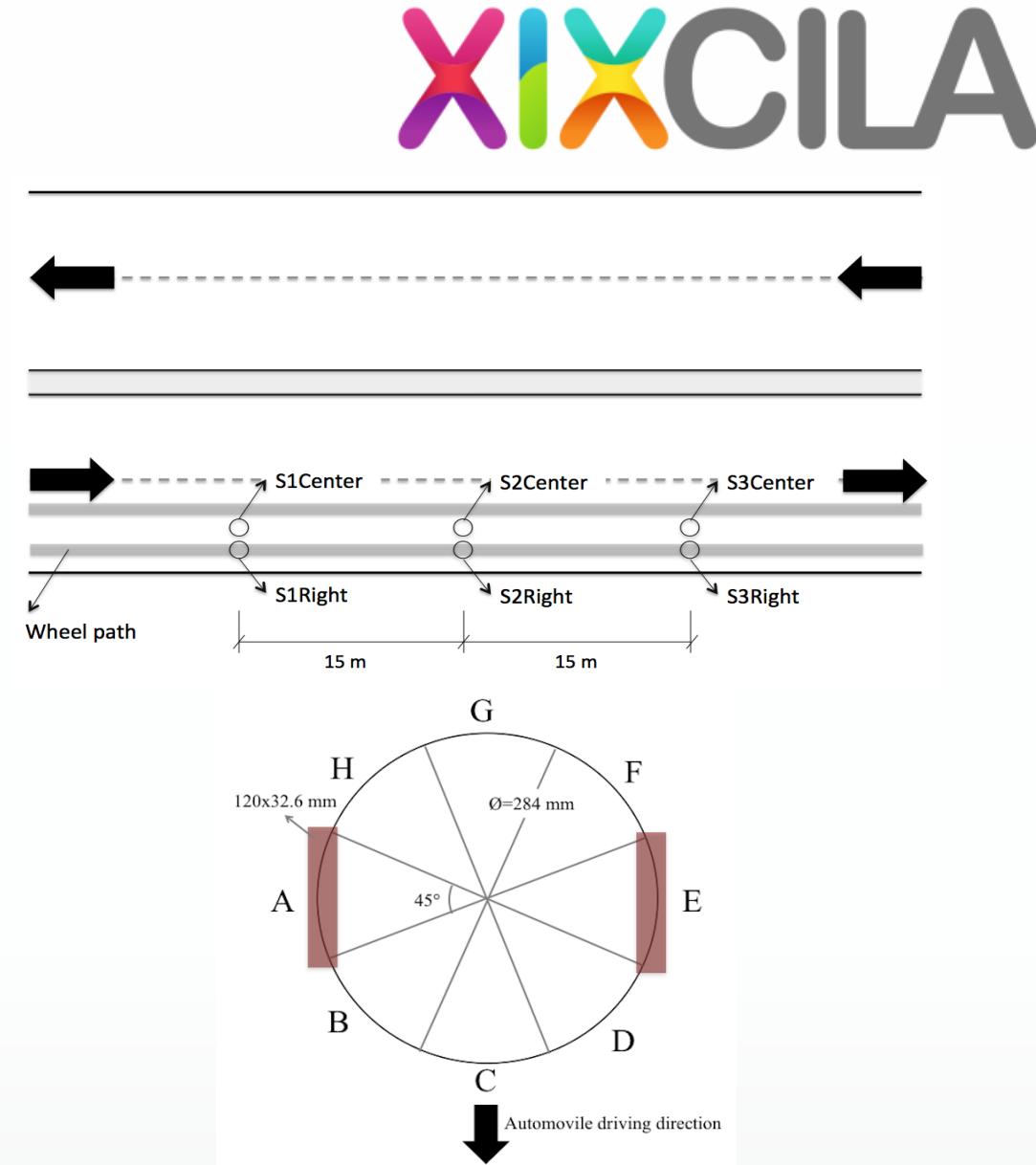
Híbridos

Varianza de pendiente de dos puntos (SV_{2pts})	$SV_{2pts} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{h_{i+1} + h_i}{\Delta x} \right)^2}$
Varianza de pendiente de seis puntos (SV_{6pts})	$SV_{6pts} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{h_{i+3} - 9*h_{i+2} + 45*h_{i+1} - 45*h_{i-1} + 9*h_{i-2} - h_{i-3}}{60*\Delta x} \right)^2}$



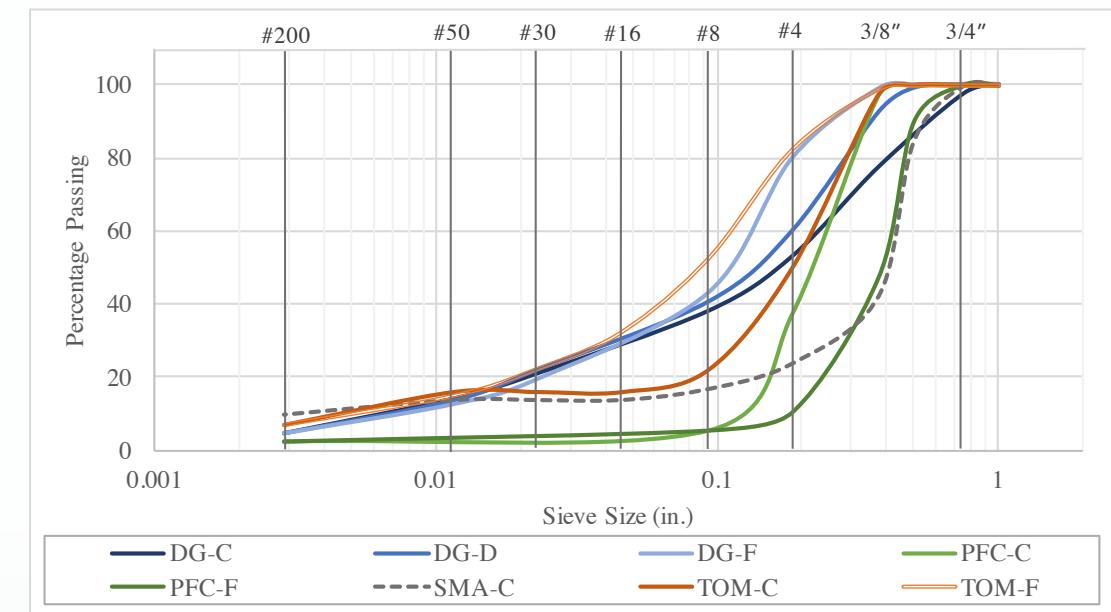
Recolección de datos

- Se seleccionaron secciones con un rango amplio de coeficientes de fricción y textura
- La muestra total consta de 36 mediciones
- Se midieron 3 diferentes replicas separadas por 15 m
- Las medidas del LLS se obtuvieron en la misma área cubierta por el CTM

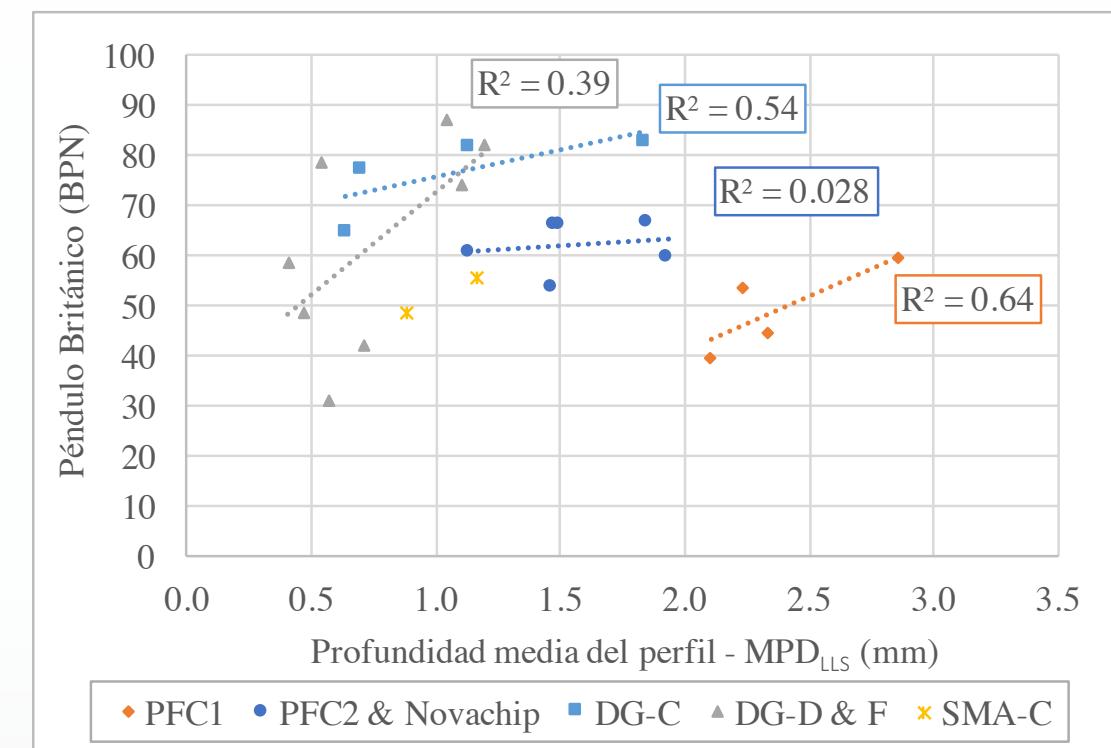
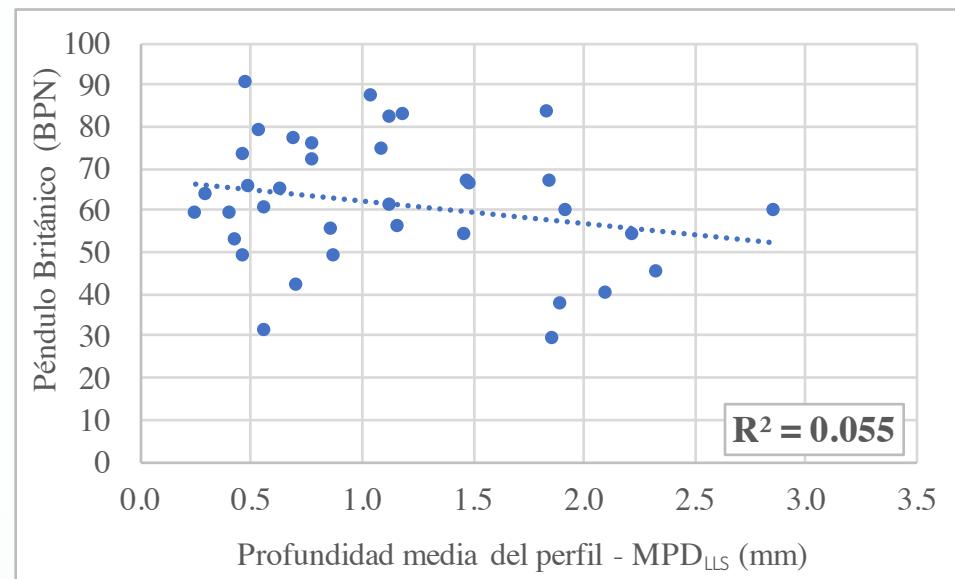


Recolección de datos

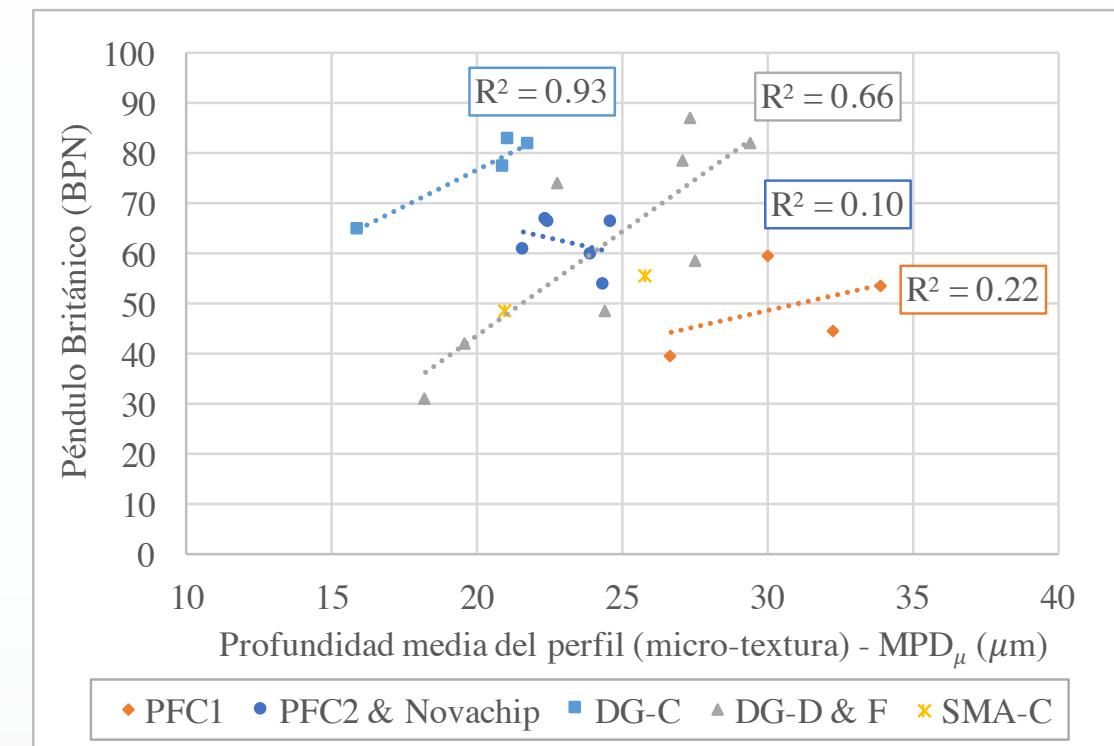
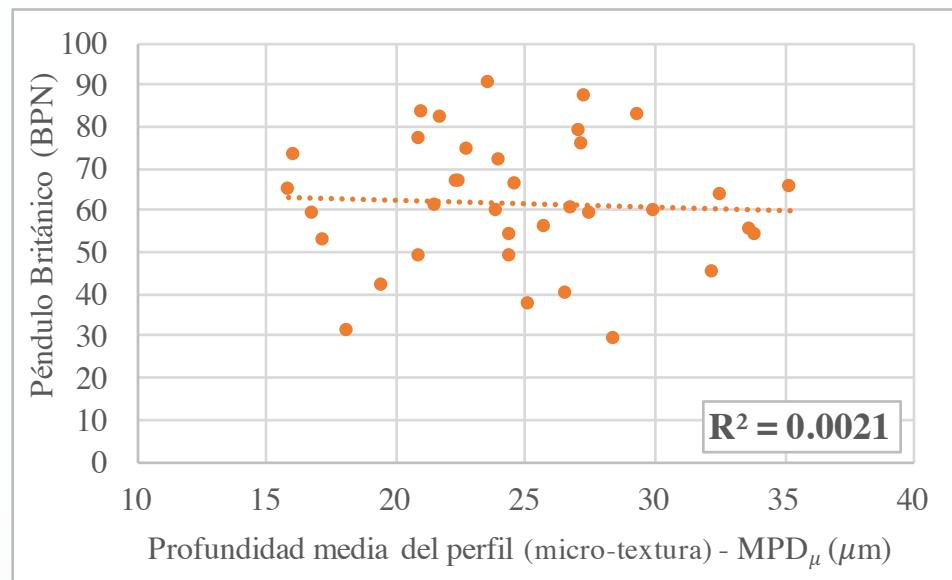
- Graduación densa (DG) tipo C, D y F
- Mezcla porosa (PFC)
- Novachip
- Matriz asfáltica con piedra (SMA) tipo C
- Fog seal
- Aceras de concreto



Modelos de fricción en función de la textura



Modelos de fricción en función de la textura



Modelos de fricción en función de la textura



El análisis propuesto incluye el uso de regresión lineal multiple (RLM) para modelar la fricción utilizando información de textura y tipo de superficie

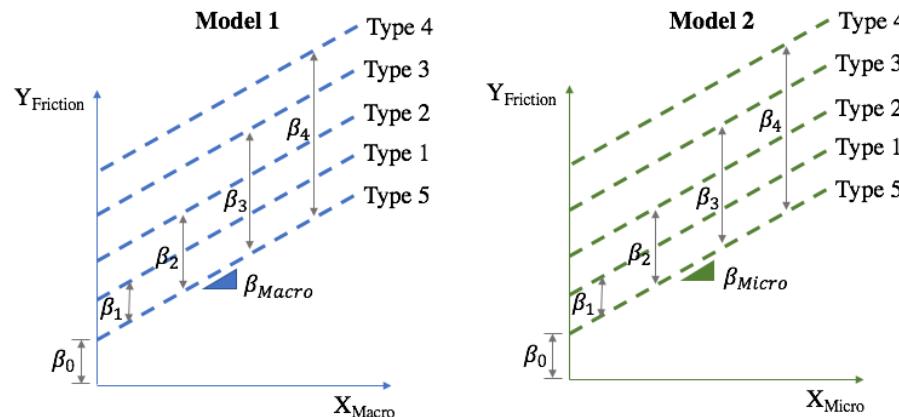
Modelo 1:

$$Y_{Fr} = \beta_0 + \beta_{Macro}X_{Macro} + \beta_1X_{Tipo\ 1} + \beta_2X_{Tipo\ 2} + \beta_3X_{Tipo\ 3} + \beta_4X_{Tipo\ 4} \quad (1)$$

Modelo 2:

$$Y_{Fr} = \beta_0 + \beta_{Micro}X_{Micro} + \beta_1X_{Tipo\ 1} + \beta_2X_{Tipo\ 2} + \beta_3X_{Tipo\ 3} + \beta_4X_{Tipo\ 4} \quad (2)$$

Modelo 3: $Y_{Fr} = \beta_0 + \beta_{Macro}X_{Macro} + \beta_{Micro}X_{Micro} + \beta_1X_{Tipo\ 1} + \beta_2X_{Tipo\ 2} + \beta_3X_{Tipo\ 3} + \beta_4X_{Tipo\ 4}$ (3)



- Tipo 1: mezcla porosa 2 y Novachip (PFC_2)
- Tipo 2: matriz asfáltica con piedra tipo C (SMA-C)
- Tipo 3: graduación densa tipo C (DG-C)
- Tipo 4: graduación densa tipos D y F (DG-D&F)
- Tipo 5: mezcla porosa 1 (PFC_1)



Modelos de fricción en función de la textura

- Nivel de significancia
 $\alpha = 0.05$
- BPN – Ensayo del péndulo británico
- GN – Micro-GripTester

Y_{Fr}	Modelo	MPD		RMS		R_a
		β_{Macro}	β_{Micro}	β_{Macro}	β_{Micro}	β_{Macro}
BPN	1	t-estád	2.53		1.56	
		p-val	0.021		0.136	
		R^2_{aju}	0.357	0.232	0.255	
	2	t-estád		4.40	4.54	4.57
		t-estád	0.000	0.000		
		p-val	0.579	0.593	0.596	
	3	R^2_{aju}	2.14	4.00	1.26	4.26
		p-valor	0.047	0.001	0.223	0.001
		R^2_{aju}	0.649	0.606	0.623	
GN	1	t-estád	1.68		0.69	
		p-valor	0.111		0.498	
		R^2_{aju}	0.339	0.250	0.257	
	2	t-estád		3.47	3.64	3.65
		p-valor	0.003	0.002		
		R^2_{aju}	0.549	0.567	0.567	
	3	t-estád	1.01	2.99	0.09	3.42
		p-valor	0.326	0.009	0.933	0.004
		R^2_{aju}	0.549	0.540	0.542	



Modelos de fricción en función de la textura

Ensayo de fricción dinámica (DFT)

Velocidades:

- 20 mph (DFT20)
- 40 mph (DFT40)
- 60 mph (DFT60)

Y_{Fr}	Modelo	MPD		RMS		R_a
		β_{Macro}	β_{Micro}	β_{Macro}	β_{Micro}	β_{Macro}
DFT20	1	t-estád	2.61		1.61	1.72
		p-valor	0.018		0.126	0.103
		R^2_{aju}		0.728	0.672	0.678
	2	t-estád		3.48		3.56
		p-valor		0.003		0.002
		R^2_{aju}		0.776	0.777	0.780
	3	t-estád	3.03	2.14	1.28	3.23
		p-valor	0.008	0.047	0.218	0.005
		R^2_{aju}		0.813	0.785	0.791
DFT40	1	t-estád	2.89		1.78	1.89
		p-valor	0.010		0.092	0.074
		R^2_{aju}		0.682	0.604	0.696
	2	t-estád		4.40		4.52
		p-valor		0.000		0.000
		R^2_{aju}		0.775	0.782	0.784
	3	t-estád	2.62	4.10	1.57	4.28
		p-valor	0.018	0.001	0.135	0.001
		R^2_{aju}		0.830	0.798	0.805
DFT60	1	t-estád	2.80		1.71	1.84
		p-valor	0.012		0.104	0.082
		R^2_{aju}		0.613	0.523	0.533
	2	t-estád		4.35		4.50
		p-valor		0.000		0.000
		R^2_{aju}		0.729	0.739	0.741
	3	t-estád	2.48	4.01	1.47	4.25
		p-valor	0.024	0.001	0.159	0.001
		R^2_{aju}		0.790	0.755	0.763



Conclusiones



- No existe una única relación entre fricción y textura, la relación entre ambas propiedades es importante, pero varía de un tipo de superficie a otra
- Es importante incluir información sobre el tipo de superficie al modelar la fricción
- El parámetro más apropiado para caracterizar la textura utilizada en los modelos de fricción fue la profundidad media del perfil (MPD)



Conclusiones



- El análisis de la fricción del BPT mostró que los modelos se vieron afectados por ambos componentes macro y micro textura
- La predicción de la fricción del BPT y el DFT mejoró significativamente cuando se incorporaron las medidas de ambos componentes de la textura: macro y micro



Gracias

¿Preguntas o comentarios?

nzuniga@utexas.edu

prozzi@mail.utexas.edu

