

# ASFÁLTICA

REVISTA TÉCNICA



*pavimentar es un arte*

- ☪ **Beneficios del uso de un asfalto modificado en mezclas asfálticas a través de el parámetro “Jnr” y fatiga**
- ☪ **Determinación del Índice Internacional de Fricción (IFI) en carreteras mexicanas con equipo Mu meter**





Pavimento de Larga Duración  
“Everpave”  
Autopista México-Puebla.



CONSOLIDANDO NUESTRA TRAYECTORIA,  
ABRIENDO NUEVOS CAMINOS.



**Ergon® Asfaltos  
México**

[www.ergonasfaltos.com](http://www.ergonasfaltos.com)

# VANGUARDIA TECNOLÓGICA. SERVICIO TÉCNICO DE ALTO NIVEL.



PRENSA TSR (NIVEL I), MARSHALL,  
SCB, CBR, TRIAXIAL



PRENSA SERVO-HIDRÁULICA 30 KN,  
MÓDULO DINÁMICO (NIVEL III)



4PB AUTÓNOMO SERVO-NEUMÁTICO,  
FATIGA (NIVEL IV)

NUESTRAS MARCAS

**MATEST**  
**PAVETEST**



Certificadas en ISO 9001  
Estricta conformidad  
Protocolo AMAAC,  
Normas AASHTO y ASTM

MATECH OF AMERICAS CORP.,  
S. DE R.L. DE C.V.

Lago Chapala Oriente #9,  
Col. Manantiales, San Pedro Cholula,  
C.P. 72760, Puebla, MEXICO

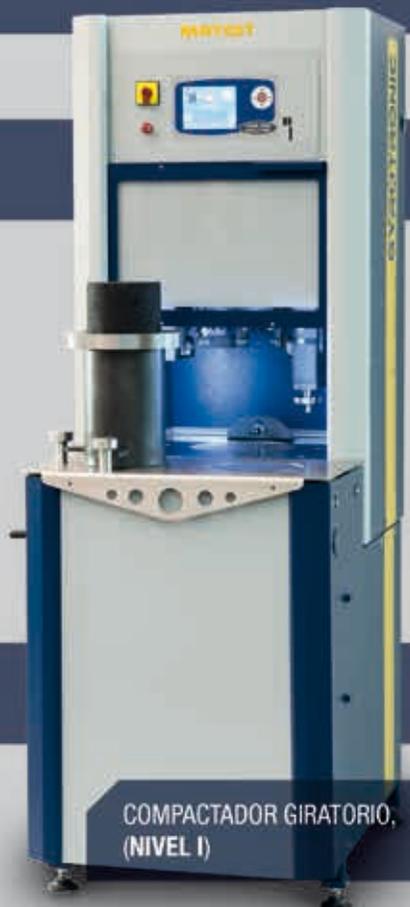
Tels. (+52) 22 25 03 46 53 / 54  
Mail. info@matech.mx  
www.matech.mx | www.matest.com  
www.pavetest.com | www.instrotek.com



RUEDA DE HAMBURGO,  
(NIVEL II)



Hamburg Wheel  
Tracker in USA



COMPACTADOR GIRATORIO,  
(NIVEL I)

# Sumario

---

## Presidente

Jorge Alarcón Ibarra

## Vicepresidentes

Víctor M. Cincire Romero Aburto

Juan Adrián Ramírez Aldaco

Benjamín Escudero Rivas

## Secretario

Hugo Bandala Vázquez

## Tesorero

Santiago Villanueva Martínez

## Vocales

Luis Enrique Ramírez Soto

Alejandro Díaz Cruz

Ricardo Buzo Romero

Javier Herrera de León

Jorge García Ascencio

Fernando Martín del Campo Aviña

Alejandro Mungaray Moctezuma

Luis Carlos Soto Moreno

## Comité de Vigilancia

Israel Sandoval Navarro

## Comisión de Honor

Roberto Garza Cabello

Ignacio Cremades Ibáñez

José Jorge López Urtusuástegui

## Director General

Jorge E. Cárdenas García

dirgral@amaac.org.mx

www.amaac.org.mx

## Diseño y formación

Lizbeth de Lucio



Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

- 4** Beneficios del uso de un asfalto modificado en mezclas asfálticas a través de el parámetro “Jnr” y fatiga
- 13** Determinación del Índice Internacional de Fricción (IFI) en carreteras mexicanas con equipo Mu meter
- 20** The collection of network level road condition data using an integrated traffic speed deflectometer – a paradigm shift in road asset management practice
- 32** Amor, paz y... asfalto
- 36** Las carreteras del mañana en la actualidad
- 39** Rehabilitación de la pista 05r-23l del Aeropuerto Internacional de la ciudad de Mexico “Benito Juárez” con geomallas de fibra de vidrio con recubrimiento elastomérico
- 46** Conocimientos, habilidades, aptitudes y valores para emprender con éxito

# Editorial

---

## *Pavimentar es un arte*

Este lema nació con la primera revista *AsfálticA* que lanzamos en julio de 2004, ya que siempre hemos considerado que al igual que un artista, debemos realizar nuestro mayor esfuerzo para que los pavimentos asfálticos se construyan con la mejor calidad, entregando toda nuestra capacidad como seres humanos y como técnicos.

La labor de la Asociación Mexicana del Asfalto pretende ser, a través de *AsfálticA*, un instrumento para que los avances en la tecnología, tanto en México como en el mundo, estén al alcance de socios, amigos y todos aquellos especialistas interesados en el ramo.

Al iniciar este año 2019, que consideramos será mejor que los años anteriores, hagamos una obra de arte para cumplir con nuestros deseos de tener un mejor país.

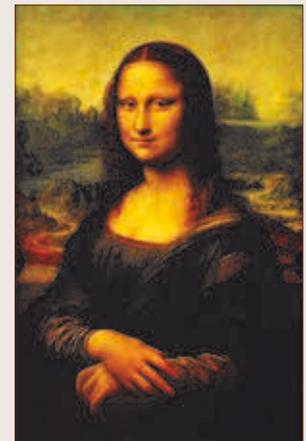
Nuestro quehacer profesional debe ser de entrega total, como lo hacen los verdaderos artistas, haciendo que nuestra actividad sea la que exige la ciudadanía y de esta manera recuperar la buena imagen de los pavimentos asfálticos.

AMAAC se encarga de brindar opciones, pero la decisión de actuar con profesionalismo, honestidad y responsabilidad queda en cada uno de nosotros. Así nuestra huella prevalecerá, como las obras de arte, por mucho tiempo, y podrá servir a las siguientes generaciones.

En nuestras manos descansa el presente y el futuro de la red de pavimentos flexibles. Los que proyectan, planifican, construyen y conservan las vialidades deben tener la visión y el valor que demanda la responsabilidad elegida: ser artistas especialistas en el proceso, manejo y empleo de los asfaltos.

Mis mejores deseos para este 2019.

**Jorge Alarcón Ibarra**  
*Presidente*  
*Undécimo Consejo Directivo*



“La Gioconda” (Mona Lisa)

*Leonardo Da Vinci (1452-1519)*

Retrato de Lisa Gherardini, esposa de Francisco del Giocondo. Pintado por Leonardo Da Vinci entre 1503 y 1507.

Mismo del que no se separó hasta su muerte. Se encuentra en el Museo del Louvre, de París.

*Ilustración sobre el original*  
*Por: Omar Maya V.*

# Beneficios del uso de un asfalto modificado en mezclas asfálticas a través de el parámetro “Jnr” y fatiga

---

Rey Omar Adame Hernández, Jorge Alarcón Ibarra,  
Israel Sandoval Navarro, Enrique Villa Huerta,  
Ignacio Cremades Ibáñez  
Lasfalto, Guadalajara, México  
omar.adame@lasfalto.com.mx

## Introducción

En los últimos años en México el uso de asfalto modificado ha tenido un incremento en la fabricación de mezclas asfálticas, uno de los principales objetivos ha sido desarrollar mezclas asfálticas que cuenten con un grado de desempeño superior a las fabricadas con asfalto convencional, además, que mejoren el comportamiento ante los principales mecanismos de falla de los pavimentos flexibles como son: fatiga y deformación permanente. Sin embargo, la práctica mexicana presentó algunos problemas en el uso de asfaltos con grados superiores (PG-64), esto debido al uso de malas prácticas como el envejecimiento acelerado en plantas de asfalto para la obtención y aprobación de lo especificado en el proyecto, asfaltos que resultan con un desempeño negativo en el corto plazo.

Las metodologías existentes para la caracterización de asfaltos que se han empleado a través del tiempo han determinado diferentes parámetros en el asfalto, inicialmente pruebas empíricas como penetración, reblandecimiento, recuperaciones elásticas, ductilidad, entre otras. Posteriormente surgieron pruebas y equipos más sofisticados como los viscosímetros rotacionales y reómetros de corte dinámico, esto con el objeto de evaluar el comportamiento del asfalto mediante pruebas reológicas que simulan el desempeño de un asfalto en campo.

El parámetro desarrollado en Estados Unidos  $G^*/sen$ , empleado actualmente en México para la caracterización de los asfaltos forma parte de la clasificación Grado PG desarrollada por la Administración Federal de Carreteras (FHWA) bajo el programa SHRP (*Strategic Highway Research Program*), ha evolucionado a “Jnr”, ya que se determinó que este parámetro evalúa de mejor manera la capacidad del asfalto de resistir la deformación permanente, además esta metodología simula el mecanismo de falla y proporciona una clasificación de los asfaltos por niveles de tráfico, así un asfalto será seleccionado dependiendo de las condiciones de tráfico y clima al que será sometido en campo.

La clasificación de asfaltos grado PG actualmente forma parte del protocolo AMAAC, metodología de diseño de mezclas asfálticas densas de alto desempeño, que en los últimos años ha ido tomando gran importancia. Además, se sabe que la metodología para clasificación de asfaltos por grado PG presenta una limitante que, asfaltos que cumplen con el grado PG pueden no presentar un buen desempeño en campo.

Para el caso de México es común ver licitaciones en las que se combinan dos tipos de especificación con la intención de garantizar el buen desempeño del asfalto y evitar el uso de “asfaltos endurecidos”, la especificación de grado PG N-CMT-4-05-004/08 y la especificación de asfalto tipo N-CMT-4-05-002/06, esta combinación de pruebas aumentan el costo de los análisis de los asfaltos al tener que llevar a cabo la prueba de ambas especificaciones. El nuevo parámetro propuesto para este fin es “Jnr” (*non recoverable creep compliance*), que es la deformación no recuperable (deformación permanente) generada mediante la aplicación de una unidad de esfuerzo en una prueba creep.

El uso de la metodología Jnr en conjunto con la clasificación de grado PG reducirá el número de pruebas a realizar, ofreciendo la siguiente información adicional sobre el asfalto:

- La capacidad elástica real.
- La deformación total acumulada después de ciclos repetidos.
- La dependencia del comportamiento a diferentes niveles de esfuerzo.
- La memoria elástica.
- La deformación permanente generada por unidad de esfuerzo.

## Metodología

En este trabajo se evalúan dos agregados, estos de diferente origen y por lo tanto diferentes características, con los que se fabricaron mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño protocolo AMAAC, usando: (1) asfalto convencional, (2) asfalto endurecido y (3) un asfalto modificado. Los asfaltos se caracterizaron con pruebas empíricas en base al grado de desempeño (PG), la prueba de MSCR (*Multi Stress Creep Recovery*) y el parámetro Jnr.

Las mezclas asfálticas compactadas se sometieron a la prueba de fatiga en 4 puntos y se determinó el número de repeticiones de carga que soportan, finalmente, se hizo un análisis costo beneficio sobre el uso de los diferentes tipos de asfalto vs número de repeticiones de carga.

## Caracterización del asfalto

Se utilizaron tres diferentes asfaltos que se clasifican con grados PG 64-16 y 76-16 según la clasificación Superpave:

1. Ekbé procedente de la Refinería de Salamanca Guanajuato (PG 64-16).
2. Ekbé endurecido con ácido Polifosfórico (PPA = ácido polifosfórico) (PG-76-16).
3. Ekbé modificado con terpolímero RET y ácido polifosfórico como catalizador (PG-76-16).

Para esto, se realizó un análisis empírico además de su determinación de grado PG a todas las muestras de asfalto, las cuales se incluyen en la tabla 1.

Los resultados del análisis empírico demuestran las diferencias existentes entre los diferentes asfaltos analizados, principalmente en las recuperaciones

**Tabla 1. Análisis empírico a los diferentes asfaltos y la determinación del grado de desempeño**

Prueba	Ekbé	Ekbé + PPA	Ekbé modificado con polímero RET + PPA
Penetración a 25 °C (1/10 mm)	51	45	43
Penetración a 4 °C (1/100 mm)	28	25	26
Reblandecimiento (°C)	50	58	63
Rec. Elástica por torsión 25 °C (%)	6	12	53
Resiliencia a 25 °C (%)	2	20	22
Viscosidad rotacional 135 °C (cP)	462	903	1,900
Pérdida de masa por calentamiento (%)	1,67	1,57	1,45
Penetración a 25 °C (1/10 mm)	15	15	20
Penetración a 4 °C (1/100 mm)	20	14	10
Recuperación elástica por ductilómetro 25 °C (%)	4	8	63
Viscosidad rotacional 135 °C (cP)	962	2,288	5,171
Punto de inflamación Cleveland °C	260	297	384
Viscosidad rotacional a 135 °C SC4-27 12 rpm (cP)	462	903	1,900
<b>Análisis al asfalto original</b>			
Módulo reológico de corte dinámico a 76 °C [ $G^*/\text{sen } \delta$ ] (KPa)	1,513 (64 °C)	1,302 (76 °C)	1,619 (76 °C)
Ángulo de fase ( $\delta$ ) a 76 °C (°)	84,23 (64 °C)	78,50 (76 °C)	63,76 (76 °C)
<b>Análisis del residuo de la película de la prueba de envejecimiento a presión PAV ASTM D 6521</b>			
Módulo reológico de corte dinámico a 34 °C [ $G^*/\text{sen } \delta$ ] (KPa)	3,625 (28 °C)	1,958	1,691
Rigidez en creep a -6 °C, 60s S (t), (MPa)	96,195	95,81	140,65
Valor m(t) a -6 °C, 60s,	0,335	0,330	0,307
Grado	PG 64-16	PG 76-16	PG 76-16

elásticas por torsión y ductilómetro. El asfalto modificado con polímero RET presenta una recuperación elástica alta con el Ekbé 64-16 y asfalto endurecido. Se determinó el grado de desempeño empleando el método SHRP-SUPERPAVE de acuerdo a la metodología AASHTO TP-5. La caracterización por grado PG demuestra las diferencias que existen entre asfaltos modificados con distintos polímeros, aun entre un mismo grado de desempeño, además una de las diferencias más importantes es el ángulo de fase. El asfalto modificado con polímero RET presenta el ángulo de fase más bajo, es decir, presenta un comportamiento más elástico que los demás asfaltos y mayor resistencia a la deformación. Posteriormente se realizó la prueba bajo la especificación para Jnr para dos niveles de esfuerzo (100 y 3,200 Pa), así

como su deformación máxima acumulada, determinando su valor de Jnr y por lo tanto el nivel de tráfico que será capaz de resistir la mezcla.

Los resultados de Jnr tienen una correlación directa con la deformación acumulada, por lo que menor valor de Jnr, menor es la deformación acumulada (Sandoval *et al*, 2007). El asfalto modificado con polímero RET resulta con los valores más bajos de Jnr y al incrementar el esfuerzo de 100 a 3200 no hay un efecto negativo en este parámetro, es decir, este asfalto tiene una gran capacidad de almacenar energía para recuperar las deformaciones y una estructura muy estable. Por otra parte, el asfalto endurecido tiene un buen comportamiento para Jnr y un aumento regular con el esfuerzo mayor (3200 Pa), aunque la respuesta elástica tiene una caída importante.

El nivel de tránsito para el cual el asfalto está preparado para desempeñarse de forma correcta se realizó para los tres asfaltos en estudio, los niveles de tráfico se establecen mediante el valor de Jnr que van para un tránsito estándar “S” con un valor de 2 a 4, apto para un tránsito menor a tres millones de ejes equivalentes de 8,2 ton.

Valores de 1 a 2 para un nivel de tránsito pesado “H”, y un tránsito de 3 a 10 millones de ejes equivalentes.

Un nivel muy pesado “V” entre 0,5 y 1 para un tránsito de 10 a 30 millones de ejes equivalentes y finalmente para niveles extremos “E” valores de Jnr menores a 0,5 y asfaltos que serán capaces de soportar intensidades de tráfico mayores a 30 millones de ejes equivalentes.

Como se observa en la Tabla 2, al modificar un asfalto convencional las propiedades que se pueden

llegar a alcanzar a favor de una mejor calidad del mismo son muchas. Sin embargo, la prueba de desempeño del asfalto Grado PG resulta limitada para diferenciar algunos asfaltos modificados y su capacidad de almacenar energía para recuperar las deformaciones, el parámetro Jnr nos arroja información importante y más precisa de la capacidad de desempeño de cada asfalto bajo la acción del tránsito. En la Tabla 2 es evidente la diferencia que existe entre dos asfaltos clasificados mediante PG con la misma nomenclatura de 72 -16 (para este caso), pero con una capacidad de desempeño de más de 30 millones de ejes equivalentes para un asfalto modificado con polímero RET, mientras que para el asfalto endurecido apenas una capacidad de 3 a 10 millones de ejes equivalentes.

**Tabla 2. Respuesta elástica en creep repetido, a 100 y 3200 Pa, valores de Jnr y niveles de tráfico para los que el asfalto será capaz de soportar**

Tipo de asfalto	Temp. de prueba	% $\epsilon_r$ a 100 Pa	% $\epsilon_r$ a 3200 Pa	Rdif (100 Pa-3200 Pa)	Jnr 3200	Grado	Intensidad de tráfico (ESAL'S)
Ekbé	64	9	8	1	1,001	PG 64-16 H	>3 < 10 millones
Ekbé + PPA	76	37	7	30	1,053	PG 76- 16 H	>3 < 10 millones
Ekbé modificado con polímero RET + PPA	76	75	72	3	0,237	PG 76-16 E	>30 millones

## Caracterización del agregado y diseño de las mezclas

Respecto a los agregados, se analizaron dos agregados representativos para México, Andesita y el Basalto, los cuales fueron tomados de dos bancos de

materiales ubicados en la ciudad de Morelia, Michoacán y en la ciudad de Tonalá, Jalisco, respectivamente. La caracterización básica correspondiente al primer nivel del protocolo AMAAC se realizó con la intención de conocer las propiedades básicas de los agregados, los resultados se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Caracterización del agregado**

Prueba	Resultados			Prueba	Resultados		
	Basalto	Andesita	Normativa		Basalto	Andesita	Normativa
	Grava				Arena		
Partículas alargadas	1,60%	5,62%	15% máx.	Equivalente de arena	70	46	50 min.
Partículas lajeadas	0,34%	1,77%	15% máx.	Densidad	2,6	2,53	N/A
Densidad	2,66	2,62	N/A	Absorción	2,04	3,39	N/A
Desgaste de los Ángeles	10%	17%		Azul de metileno	11 ml/g	36 ml/g	15 ml/g máx.
Absorción	1,28	2,37	N/A	Angularidad	40,72	36	40 min.

Con el objetivo de contar con el menor número de variables entre los dos agregados y que las condiciones de comparación de propiedades como mezcla fueran lo más parecidas posibles se adoptó una granulometría para ambos agregados la cual se muestra en la curva granulométrica de la Figura 1.

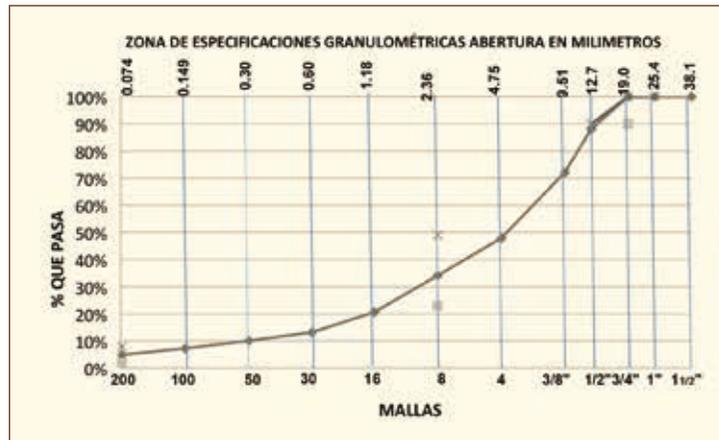


Figura 1. Curva granulométrica adoptada para el proyecto, en la que se representa, en el eje de las ordenadas el número de malla y en las abscisas el porcentaje de material retenido, además de los límites granulométricos.

El diseño de la mezcla asfáltica densa se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos por el Protocolo “Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño” PA-MA-001/2013 y cuenta con las características descritas en la Tabla 4. La intención con la que se diseñaron las mezclas es tener la menor cantidad de variables entre ellas, por lo tanto, el porcentaje de asfalto efectivo es igual entre mezclas.

Tabla 4. Características principales de la mezcla compactada		
Característica volumétrica	Material	
	Basalto Guadalajara	Andesita Morelia
Porcentaje de vacíos de la mezcla (%)	4,60%	3,85%
Porcentaje de asfalto efectivo (%)	6,15	6,15
Contenido óptimo de asfalto (%)	6,2	6,2

### Prueba de fatiga de mezclas asfálticas

La fatiga es uno de los criterios de deterioro considerados para el diseño de pavimentos asfálticos y es posible evaluarla a través de ensayos de laboratorio. Para este trabajo se analizó la prueba a fatiga en cuatro puntos a diferentes niveles de deformación, con el objetivo de evaluar el efecto de los diferentes asfaltos y agregados en esta prueba.

La prueba a fatiga se realizó bajo deformación controlada ( $\mu$ -strain o micro-deformaciones) las cuales son: 750, 650 y 550  $\mu$ -strain, para una frecuencia de

10 Hertz (Hz), y a una temperatura constante de 20 °C con 120 minutos previos de acondicionamiento (muestras por triplicado para cada micro deformación y variable). el criterio de falla usado fue el “criterio clásico” en el que la probeta se considera en ruptura si su módulo llega a la mitad de su valor inicial medido en el ciclo cincuenta de carga bajo las mismas condiciones de ensayo (misma temperatura y frecuencia). La vida útil  $N_f$  es entonces el numero de ciclos correspondientes a un módulo de rigidez igual a la mitad de su módulo inicial.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las pruebas de fatiga, dichas pruebas fueron realizadas en laboratorio de Lasfalto S. de R. L.

<b>Tabla 5. Número de repeticiones de carga para cada tipo de mezcla y micro-deformación</b>			
Tipo de Mezcla	Número de repeticiones de carga		
	750 $\mu$ -strain	650 $\mu$ -strain	550 $\mu$ -strain
Asfalto convencional + andesita	42,584	67,394	157,406
Asfalto convencional + PPA + andesita	85,402	221,697	297,774
Asfalto convencional modificado con polímero RET + PPA + andesita	180,337	297,127	618,975
Asfalto convencional + basalto	58,816	91,500	219,707
Asfalto convencional + PPA + basalto	94,176	190,363	311,754
Asfalto convencional modificado con polímero RET + PPA + basalto	262,492	327,883	739,637

Inicialmente, por parte de los agregados, la importancia de usar un material que cumpla con todas las recomendaciones de una normativa o especificación, para este caso hablamos de las recomendaciones protocolo AMAAC para agregados pétreos. Las mezclas que fueron fabricadas con andesita comparadas con las fabricadas con basalto presentan un número de repeticiones de carga muy inferior, con respecto a las condiciones de prueba, el número de repeticiones de carga con un asfalto convencional esta alrededor de las cuarenta mil repeticiones, lo que significa que aun teniendo un agregado de mala calidad el uso de asfalto modificado aumenta el desempeño de la mezcla (más de 4 veces el número de repeticiones inicial).

Sin embargo, si en la mezcla se emplea un asfalto modificado con terpolímero RET y un basalto (material que cumple con todas las recomendaciones para agregados), el número de repeticiones aumenta hasta más de doscientos sesenta mil repeticiones, seis veces mas que la mezcla con andesita y asfalto convencional y 4,5 veces más que la mezcla con basalto y asfalto convencional.

De igual manera para las microdeformaciones inferiores la tendencia es muy similar, el uso de asfalto modificado aumenta notoriamente el número de repeticiones de carga. Además, es importante mencionar la importancia de tener agregados y asfaltos que cumplan con todos los estándares establecidos para la fabricación de mezclas ya que el número de repeticiones de carga se puede llegar a elevar hasta 6 veces usando un asfalto modificado en comparación de un asfalto convencional, de acuerdo con este trabajo.

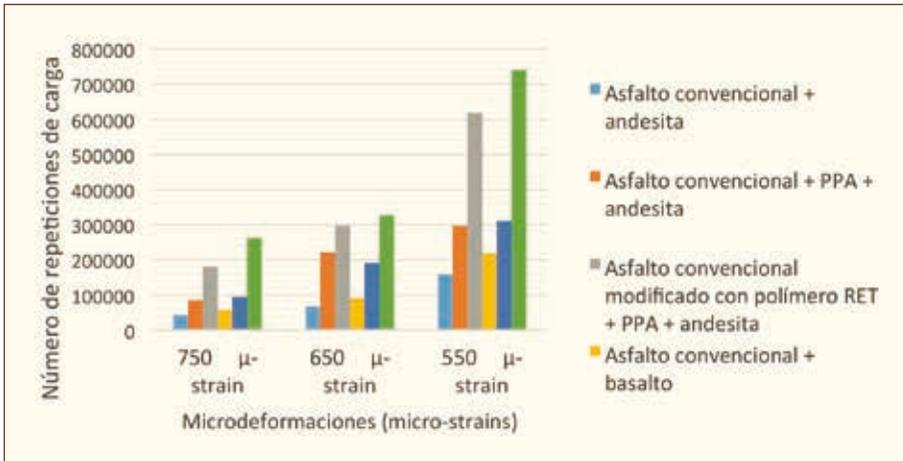


Figura 2. Imagen en la que se grafica número de repeticiones vs nivel de esfuerzo (micro-strains), y en la que es posible ver el efecto de los esfuerzos en una mezcla, además es posible ver la influencia del aumento en el número de repeticiones cuando se usa un asfalto modificado con terpolímero RET.

### Análisis de costos de las secciones de pavimentos adoptadas.

El objetivo de este apartado es conocer el impacto económico de cada una de las capas dentro de la estructura del pavimento, en especial el costo del agregado y asfalto en la capa de rodadura debido a que es probable que algunas inversiones pequeñas resulten en grandes beneficios.

Para este análisis se toma en cuenta el costo de fabricación de mezcla asfáltica con diferentes agregados y diferentes tipos de asfaltos. A continuación, se observa el costo para cada tipo de mezcla, en la cual se toma en cuenta el costo de los materiales como son: agregados, asfalto, polímero, ácido polifosfórico, y se asume un costo de producción para cada tipo de mezcla.



Figura 3. Costo por tonelada de mezcla asfáltica, análisis en el que se consultaron costos de los materiales y se asumieron costos de producción basados en el mercado actual, por lo que los costos son aproximados y no representan un costo fijo de algún proveedor de mezcla asfáltica.

Te compartimos nuestros medios de contacto:



55 4500 0117



@AMAACmx

01(55) 5606 7862 | [amaac.org.mx](http://amaac.org.mx)

#EligeAsfalto



Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

De acuerdo a este análisis en el que se indica que haciendo una inversión de aproximadamente el 12% del valor inicial de la mezcla se obtiene una mezcla con asfalto modificado con un desempeño superior, de acuerdo a este análisis, cuando se modifica un asfalto con terpolímero RET el valor de Jnr y grado PG que alcanza es un 76-16 E, es decir, que es capaz de soportar un tránsito de más de 30 millones de ejes equivalentes. Por otra parte, también es evidente que, aunque la andesita en este caso es un material que no cumple con los parámetros del protocolo AMAAC el uso del asfalto modificado incrementa su desempeño de esta mezcla que la compone este tipo de agregado.

## Conclusiones

El parámetro “Jnr” presenta una tendencia en los resultados muy similar a los obtenidos en las leyes de fatiga. A pesar de ser una prueba propia del asfalto, el panorama que nos ofrece a partir de sus resultados es de mucha utilidad para poder tener una idea clara de lo que el asfalto puede llegar a soportar.

El uso de agregados de buena y mala calidad es de vital importancia, de acuerdo con este estudio el usar un material de buena calidad puede ser hasta cuatro veces mejor en vida a fatiga que un agregado de mala calidad. También es evidente que el uso de asfaltos modificados incrementa la vida a fatiga de las mezclas más de tres veces, objetivo que no se lograría si se combina con un asfalto convencional.

Los parámetros de Jnr y fatiga en cuatro puntos presentaron una misma tendencia en cuanto a resultados, en los que se ponen de manifiesto los efectos del uso de agregados y asfaltos de diferente calidad. 

## ¿Quieres profundizar?

- <sup>[1]</sup> Huang, Y. Pavement Analysis and Design (2a ed.). University of Kentucky: prentice Hall.
- <sup>[2]</sup> McGennis, R. Shuler, S. Bahia, H. (1994). Antecedentes de los métodos de ensayo de ligantes asfálticos de Superpave (1a ed.). Lexington KY: Asphalt Institute.
- <sup>[3]</sup> McGennis, R. Anderson, M. Kennedy, T. Solaimanian, M. (1994). Antecedentes del diseño y análisis de mezclas asfálticas de Superpave (1a ed.). Lexington KY: Asphalt Institute.
- <sup>[4]</sup> Sandoval I., Cremades I., “Determinación del grado de desempeño del asfalto usando como parámetro de especificación la viscosidad a corte cero”, IV Congreso Mexicano del Asfalto, Agosto 2005.
- <sup>[5]</sup> Sandoval I. Cremades I., “Caracterización de asfaltos mediante creep repetido multiesfuerzo en reómetro de corte dinámico”. V Congreso Mexicano del Asfalto, Agosto 2007.
- <sup>[6]</sup> American association of state highway and transportation officials (AASHTO). T350 “Standard method of test for multiple stress creep recovery (MSCR) test of asphalt binder using a dynamic shear rheometer (DSR)”, Washington DC, USA, 2014.
- <sup>[7]</sup> Federal Highway Administration (FHWA HIF 11 038). “The multiple stress creep recovery (MSCR) procedure”, Office of pavement technology, Abril 2011.
- <sup>[8]</sup> M. Flores, H. Alamila, P. Anguas, E. Garcia. Determinación de la resistencia a la fatiga en mezclas asfálticas. Instituto Mexicano del Transporte.
- <sup>[9]</sup> Recomendación, Diseño de mezclas de granulometría densa de alto desempeño. PA-MA-001/2008 (AMAAC, 2008).

☎ 462 623 1370

@ [ventas@asfaltos.mx](mailto:ventas@asfaltos.mx)

📍 Paseo de la Altiplanicie #11  
Torre Wolken, 3er Piso Int.C  
Villas de Irapuato, Irapuato,  
Guanajuato, México. C.P. 36670

*Combustibles alternos*

*Asfaltos*

*Emulsiones*

## MISIÓN

Ofrecer a nuestros clientes certidumbre en el suministro, confianza en la entrega y calidad en los productos asfálticos y combustibles que requiere el mercado de la construcción de pavimentos y la industria en general de nuestro país

- Intercambiadores de calor
- Calentadores de aceite térmico
- Tuberías y forros térmicos
- Proyectos llave en mano
- Tanques fijos y móviles para almacenar asfalto
- Silos para almacenamiento de mezclas asfálticas
- Plantas para fabricación de Asfaltos modificados
- Plantas para fabricación de emulsiones



Somos una empresa líder en México en la aplicación de Diseño y Tecnología para la fabricación de equipos especializados para la industria del asfalto y sus derivados. Innovamos constantemente para estar a la vanguardia con altos estándares de calidad.



Tel. (52) 462-623-1390

[ventas@tanquesyremolques.mx](mailto:ventas@tanquesyremolques.mx)

Paseo de la Altiplanicie 11, Torre Wolken  
3-C Irapuato, Guanajuato C.P. 36670

[www.tanquesyremolques.mx](http://www.tanquesyremolques.mx)

# Determinación del Índice Internacional de Fricción (IFI) en carreteras mexicanas con equipo Mu meter

María Guadalupe López Domínguez,  
Investigadora del Grupo de Mecánica Geomateriales,  
glopez@imt.mx

Alfonso Pérez Salazar,  
Líder del Grupo de Mecánica de Geomateriales  
aperez@imt.mx

Paul Garnica Anguas,  
Director de Investigación en Infraestructura,  
pgarnica@imt.mx

## Introducción

Actualmente la determinación de la fricción en la superficie de un pavimento, es uno de los parámetros de mayor importancia en la auscultación de carreteras; esto, principalmente debido a que el coeficiente de fricción (CF) se liga de manera indirecta a la seguridad de los usuarios en la carretera. La superficie de rodamiento de un camino debe proporcionar un adecuado nivel de fricción en la interfaz llanta-pavimento para reducir el deslizamiento de los vehículos en operación, inclusive en condiciones adversas como lo es en pavimento mojado. Así, el coeficiente de fricción nos indica la resistencia al deslizamiento de un cuerpo contra otro o una superficie, en base a una fuerza normal aplicada; el CF es adimensional y generalmente va en un rango de 0 a 1. Se está discutiendo en México los umbrales para la evaluación sobre los valores directos de CF y algunos otros parámetros de desempeño funcional y estructural (Tabla 1), que ayuden a establecer la condición general integral de un pavimento, y sean útiles en la definición de acciones de conservación y mantenimiento para la gestión de carreteras.

**Tabla 1. Umbrales indicadores de desempeño funcional y estructural para pavimentos flexibles**

Parámetro	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
IRI (m/km)	< 1,50	1,5 – 3,0	> 3,0
Profundidad de Rodera	< 7	7 - 15	> 15
Deflexión (mm)	< 400	400 - 600	> 600
Coefficiente de Fricción	> 0,6	0,4 – 0,6	> 600
Macrotextura (mm)	> 0,9	0,75 – 0,90	< 0,75

La Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en México, busca incorporar en sus programas de auscultación de la evaluación de la red carretera federal, el cálculo del Índice

Internacional de Fricción (IFI) con base a las mediciones de coeficiente de fricción para evaluar los 60 131 kilómetros de la red carretera federal del país, conforme a este modelo.

Desde hace varios años, se han empleado distintos equipos y metodologías en todo el mundo para calcular la fricción de las carreteras, con la inherente variabilidad en los parámetros entregados por cada uno de ellos. La Asociación Mundial de Carreteras realizó en 1995 un experimento [1] para comparar y armonizar los valores de macrotextura del pavimento y su resistencia al deslizamiento. Con el fin de establecer correlaciones entre los distintos métodos y equipos usados en aquel entonces. El resultado de estos trabajos fue el Índice Internacional de Fricción (IFI). El IFI es un indicador consistente en un número de fricción (F60) y una constante de Velocidad (Sp) y se reporta como IFI (F60, Sp). Una vez que el IFI es determinado, se puede calcular el Coeficiente de Fricción a cualquier velocidad (S).

Actualmente en México el equipo más empleado para determinar el coeficiente de fricción de un pavimento es el equipo Mu meter, sin embargo, este equipo que no fue armonizado en el experimento de la PIARC, por lo que no se cuenta con los parámetros de ajuste al modelo IFI [2]. Debido a lo anterior, se realizó el experimento de la PIARC, pero ahora para definir dichos parámetros propios del Mu meter, tomando como referencia al péndulo británico y círculo de arena, que sí participaron en la armonización realizada por la PIARC para obtener el IFI.

Las parámetros a medir fueron: macrotextura (círculo de arena) y fricción (péndulo británico y equipo Mu meter), las mediciones se realizaron de manera sucesiva con la finalidad de garantizar que los datos fueron tomados en las mismas condiciones del camino.

## Índice Internacional de Fricción

De acuerdo con la metodología de PIARC,<sup>[1]</sup> para la obtención del Índice Internacional de Fricción (IFI),<sup>[3]</sup> se define la constante de referencia de la velocidad (Sp) a partir de los valores de textura (Tx) obtenidos para cada tramo de prueba, usando Tx en milímetros.

$$S_p = a + bTx \quad (1)$$

Como la Tx fue determinada a través de círculo de arena, de la Tabla 24 del documento PIARC se tiene  $a = -11,59$  y  $b = 113,63$ ; de aquí que  $S_p = -11,59 + (113,63) Tx$ . Ya calculado Sp, se define FR60, siendo el valor ajustado de la fricción de cualquier velocidad S a 60 km/h.

$$FR60 = FRS \times e^{(S-60)/Sp} \quad (2)$$

En la fórmula (2) FRS es el coeficiente de fricción determinado con péndulo británico, Sp es la constante de referencia de la velocidad en función de la textura, y S es la velocidad de medición del coeficiente de fricción en este caso 10 km/h para péndulo británico. Una vez definido el valor de FR60 para cada tramo evaluado se procede a determinar la curva maestra del IFI para cada tramo con la expresión (3).

$$F60 = A + B \times FR60 \quad (3)$$

En la expresión (3) F60 representa el valor de la fricción del modelo IFI a 60 km/h, A y B son constantes del modelo para llevar el valor de fricción a 60 km/h de cualquier equipo participante en la armonización, al valor del internacionalmente aceptado del IFI y FR60 es el valor de la fricción a 60 km/h con el equipo de medición. En este caso, para el péndulo británico,  $A = 0,078$  y  $B = 0,01071$ , de acuerdo con el documento PIARC. Al ajustar las curvas de Coeficiente de fricción-velocidad obtenidas por Mu meter a las curvas obtenidas con péndulo británico, se pueden determinar los parámetros de ajuste para obtener la curva maestra coeficiente de fricción velocidad.

## Tramos de prueba

De inicio, se definen diferentes tramos rectos de pavimento flexible (carpeta asfáltica) con un abanico de valores representativos del coeficiente de fricción y macrotextura de la Red Carretera Federal Mexicana. Los tramos de estudio se sitúan en 4 diferentes estados de México (Querétaro, Nuevo León, Hidalgo y Tabasco). La selección se realizó en conjunto con la Dirección General de Servicios Técnicos; los tramos de prueba presentan diferentes valores de macrotextura y de fricción, asegurando una muestra representativa de las heterogéneas condiciones de distintas regiones del país. Para Querétaro los tramos evalua-

dos se localizan en el municipio de Pedro Escobedo, para el caso del estado de Nuevo León, los tramos se encuentran en los municipios de Monterrey, Cadereyta Jiménez, Montemorelos y Allende. En el estado de Tabasco los municipios involucrados fueron Centro, Cárdenas y Comalcalco, y en Hidalgo a los municipios de Pachuca de Soto y Tulancingo de Bravo. En la Figura 1 se muestran los estados y algunos de los municipios mencionados. Todos los tramos constan de 200 metros de longitud y se consideran homogéneos.

## Obtención de parámetros para el cálculo del IFI

El objetivo de este proyecto fue definir los parámetros de ajuste A y B que mejor satisfagan la relación coeficiente de fricción-velocidad en función de la macrotextura, los cuales constituyen el modelo para el IFI, para lo que se determinaron los valores de macrotextura con el método de círculo de arena y los de fricción con el péndulo británico. Una vez obtenidos estos valores de referencia, se calculan las curvas de IFI para cada tramo, utilizando los coeficientes establecidos en la metodología emanada del experimento PIARC para el círculo de arena y el péndulo británico. A la par, se determinan los valores de coeficiente de fricción con equipo Mu-meter del cual no se presenta armonización en el experimento PIARC y, por ende, no presentan coeficientes A y B de ajuste.



Figura 1. Estados donde se ubican los tramos de estudio.

## Determinación de la macrotextura con círculo de arena

Para la determinación de la macrotextura con círculo de arena se utilizó la metodología establecida en la normativa ASTM E-965,<sup>[4]</sup> misma que establece la utilización de microesferas de vidrio para tal fin, las esferas deben cumplir con un 90% de redondez de acuerdo con la norma ASTM D1155<sup>[5]</sup> y contar con una distribución granulométrica en la que al menos el 90% del material, en masa pase la malla núm. 60 y se retenga en la malla núm. 80 (Figura 2).

La media aritmética de los valores individuales de la profundidad en la macrotextura se considera la media de la profundidad de la macrotextura para la superficie de un pavimento ensayado. De acuerdo con el procedimiento anterior, se calculó la profundidad media de la macrotextura (4), donde MTD es la profundidad media de la macrotextura de un pavimento, en mm; V es el volumen de la muestra, en mm<sup>3</sup> y D es la media del diámetro del área cubierta por el material, en mm.

$$MTD = \frac{4V}{\pi D^2} \quad (4)$$



Figura 2. Método de círculo de arena para determinar macrotextura.

### **Determinación de coeficiente de fricción con péndulo británico.**

La determinación de la fricción en el pavimento con este equipo fue de acuerdo a la ASTM E 303-93;<sup>[6]</sup> cuando se determina CF con péndulo es importante asegurarse que la superficie de ensayo en campo esté libre de partículas sueltas para reducir interferencias en la prueba. Se realizaron cinco mediciones de fricción con el péndulo en cada uno de los veinte puntos distribuidos a lo largo de la rodera externa de cada tramo de prueba (Figura 3). Los puntos de medición coinciden con los puntos en donde se midió la macrotextura.



Figura 3. Método de péndulo británico para determinar fricción.

### **Determinación de coeficiente de fricción con Mu meter**

Las pruebas se realizaron sobre la rodera derecha del carril de tránsito y con las condiciones de operación del equipo acuerdo a la norma ASTM E 670-94.<sup>[7]</sup> En el desarrollo de la prueba se llevó el equipo a la velocidad de 75 km/h aplicando el agua a 0,5 mm segundos antes del inicio del tramo; manteniendo flujo y velocidad durante la prueba. Las determinaciones se realizan por cuadruplicado en el mismo sentido.





Figura 4. Equipo Mu meter para determinar fricción.

## Obtención de las curvas maestras del IFI

Tanto el péndulo británico y el círculo de arena para determinar coeficiente de fricción y macrotextura, respectivamente, fueron metodologías armonizadas en el experimento PIARC, se procedió a obtener las curvas maestras de fricción-velocidad, de acuerdo con dicha metodología.

### Péndulo Británico y Círculo de Arena

Primeramente, y de acuerdo con el procedimiento, se procedió a la definición de  $S_p$  a partir de los valores de textura ( $T_x$ ) en mm, obtenidos para cada tramo de prueba, con la ecuación (1).

En este caso para círculo de arena se obtiene de la Tabla 24, página 136, línea 5 (MTD) del documento PIARC,  $a = -11,5981$  y  $b = 113,63246$ . Una vez determinado el valor de  $S_p$  se procedió a determinar el valor de la fricción de cada tramo a 60 km/h (FR60), lo anterior a partir de los datos obtenidos con péndulo británico, considerando una velocidad media de medición ( $S$ ) de 10 km/h para este equipo, y para la expresión (2) definida por la metodología adoptada para el IFI.

En la ecuación (2) anterior FR60 es el valor ajustado de la fricción de cualquier velocidad  $S$  a 60 km/h; FRS es el coeficiente de fricción determinado con péndulo británico,  $S_p$  es la constante de referencia de la velocidad en función de la macrotextura y  $S$  es la velocidad de medición del coeficiente de fricción en este caso 10 km/h para péndulo británico.

Una vez definido el valor de FR60 para cada tramo evaluado se procedió a determinar la curva maestra del IFI para cada tramo con la expresión (3).

En el que F60 representa el valor de la fricción del modelo IFI a 60 km/h,  $A$  y  $B$  son constantes del modelo para llevar el valor de fricción a 60 km/h de cualquier equipo participante en la armonización, al valor del internacionalmente aceptado del IFI; FR60 es valor de la fricción a 60 km/h con el equipo de medición. En este caso, para el péndulo británico  $A = 0.07784$  y  $B = 0.00709$ , de acuerdo con el documento PIARC. Y sustituyendo para cada valor de FR60, es posible obtener la curva maestra del IFI, en donde se relaciona el coeficiente de fricción a cualquier velocidad y cuyo patrón de variación depende de la macrotextura del pavimento evaluado.

### Mu meter y círculo de arena

Haciendo uso de los valores de  $S_p$  obtenidos dado que la macrotextura se obtuvo con círculo de arena, se procede a determinar los valores de FR60 para cada tramo de prueba evaluado con Mu meter, aplicando la misma fórmula sólo que en este caso la velocidad corresponde a:

$$V_{Mu\ Meter} = \sin(75^\circ)(75\ km/h) = 9.7895\ km/h$$

Una vez que se cuenta con los valores de fricción a 60 km/h para el equipo, se proceden a determinar las gráficas de fricción-velocidad en el formato de IFI, para, en este caso el mu meter. Es importante mencionar que todavía en este punto no corresponden a las curvas maestras del modelo del IFI, sino que éstas deberán ajustarse a las obtenidas en el apartado correspondiente para cada tramo de prueba, cuyos coeficientes de ajuste corresponderán a los parámetros  $A$  y  $B$  del modelo IFI buscados. A partir de los datos obtenidos para CF con la curva maestra y con equipo Mu meter se obtiene la relación que se presenta en la Tabla 2 y en la gráfica de la Figura 5; nótese que los coeficientes de la recta de ajuste, corresponden a los valores de  $A$  y  $B$  buscados.

Aplicando los valores  $A$  y  $B$  obtenidos, a las curvas obtenidas para FR60 con Mu meter, y se obtienen las gráficas CF vs velocidad de medición de la fricción curva maestra obtenida a partir de péndulo británico y Mu meter. En la Figura 6 observamos la

**Tabla 2. Resultados S, FR60 y F60 para péndulo británico y Mu meter**

Núm.	Tramo	Sp	FR60 Péndulo	F60 Péndulo	FR60 Mu meter
1	Querétaro 1	71,4	35,73	0,3312	0,3117
2	Querétaro 2	103,2	46,81	0,4097	0,3872
3	Querétaro 3	147,5	47,74	0,4163	0,4696
4	Querétaro 4	39,5	12,71	0,1679	0,0702
5	Querétaro 5	102	26,95	0,2689	0,1589
6	Querétaro 6	82,7	32,78	0,3130	0,2452
7	Querétaro 7	89,5	32,61	0,3090	0,274
8	Querétaro 8	103,2	33,88	0,3180	0,2151
9	Querétaro 9	132,7	37,05	0,3405	0,274
10	Nuevo Leon 1	85	34,15	0,3312	0,1717
11	Nuevo León 2	113,4	30,31	0,4097	0,1477
12	Nuevo León 3	32,7	8,87	0,4163	0,0366
13	Nuevo León 4	75,9	24,58	0,679	0,129
14	Nuevo León 5	21,4	3,54	0,2689	0,0152
15	Tabasco 1	110	35,1	0,3267	0,2471
16	Tabasco 2	79,3	39,07	0,3549	0,2814
17	Tabasco 3	64,5	26,5	0,2657	0,1516
18	Tabasco 4	136,1	35,05	0,3263	0,242
19	Tabasco 5	40,7	14,86	0,1832	0,0698
20	Hidalgo 1	73,6	30,47	0,2939	0,2579
21	Hidalgo 2	128,2	48,13	0,4191	0,3447
22	Hidalgo 3	38,4	16,43	0,1943	0,1515
23	Hidalgo 4	124,8	48,69	0,4231	0,3544
24	Hidalgo 5	41,8	14,18	0,1784	0,0602

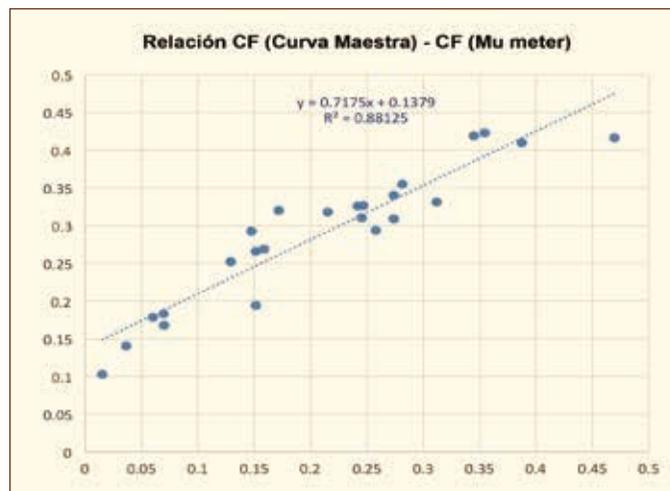


Figura 5. Relación entre los valores de CF para Mu meter contra curva maestra.

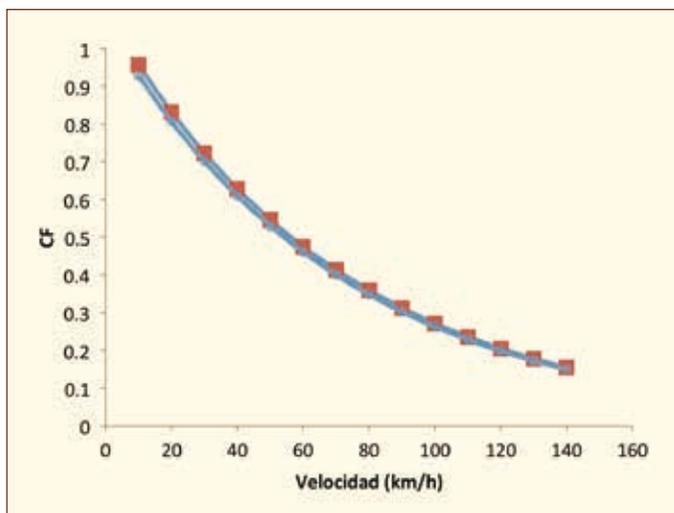


Figura 6. Curva maestra (péndulo) y curva (Mu meter) aplicando A y B obtenidos.

relación entre una curva obtenido con equipo péndulo británico y una obtenida aplicando los parámetros de ajuste obtenidos para el equipo Mu meter. En dicha gráfica, puede observarse una buena aproximación entre las dos curvas.

A partir de las curvas de coeficiente de fricción contra velocidad de medición (formato IFI) obtenidas ahora con Mu meter, para los mismos tramos de prueba, se realizó el ajuste de dichas curvas con las maestras obtenidas con equipos participantes con el experimento. Una vez realizado lo anterior, se está en posibilidades de definir los coeficientes A y B de ajuste para mu meter al modelo PIARC, en este caso,  $A = 0,1379$  y  $B = 0,7175$ , mismos que pueden aplicarse a las mediciones de fricción determinados con Mu meter en nuestra red de carreteras, para obtener el Índice de Fricción Internacional tal como se indica en la literatura.

## Conclusiones

Se presenta una metodología para establecer el modelo del IFI a partir de un equipo para el cual no se contaba con parámetros de ajuste reportados en el experimento de armonización realizado por PIARC; estableciéndose los parámetros de ajuste al modelo del IFI para la red carretera de México.

Se determinaron curvas maestras para veinticuatro tramos de prueba con carpeta de pavimento flexible y diferentes características de fricción y macrotextura; lo anterior a partir de mediciones de fricción con péndulo británico y de macrotextura con círculo de arena. Y a partir de las curvas de coeficiente de fricción contra velocidad de medición (formato IFI) obtenidas con mu meter, se realizó el ajuste de las curvas con las maestras obtenidas con equipos participantes con el experimento.

Se definieron los coeficientes A y B de ajuste para mu meter al modelo PIARC, en este caso,  $A = 0,1379$  y  $B = 0,7175$ , mismos que pueden aplicarse a las mediciones de fricción determinados con Mu meter para obtener el Índice de Fricción Internacional.

Al aplicar estos factores a cada uno de los tramos, se observó buena concordancia de las curvas maestras obtenidas con mu meter y péndulo de fricción.

## ¿Quieres profundizar?

- [1] PIARC (1995) *Experimento Internacional AIPCR de comparación y armonización de las medidas de textura y resistencia al deslizamiento*, Comité Técnico PIARC de Características Superficiales C.1. Publicación AIPCR- 01-04.T-1995.
- [2] López, V D.B., Garnica A. P. (2002). *Consideraciones para la aplicación del Índice de Fricción Internacional en carreteras de México*, P.T. 170, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.
- [3] ASTM E1960-07 (2015). *Standard Practice for Calculating International Friction Index of a Pavement Surface*. ASTM International, West Conshohocken, PA. EEUU.
- [4] ASTM E 965-15 (2015). *Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique*. ASTM International, West Conshohocken, PA. EEUU.
- [5] ASTM D1155-10 (2015). *Standard Test Method for Roundness of Glass Spheres*. ASTM International, West Conshohocken, PA. EEUU.
- [6] ASTM E 303-93 (2013). *Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester*. ASTM International, West Conshohocken, PA. EEUU.
- [7] ASTM E 670-09 (2015). *Standard Test Method for Testing Side Force Friction on Paved Surfaces Using the Mu-Meter*. ASTM International, West Conshohocken, PA. EEUU.

# The collection of network level road condition data using an integrated traffic speed deflectometer – a paradigm shift in road asset management practice\*

---

Yeshveer Balaram  
Operational Manager - Asset Management,  
Simon Tetley  
Group Manager - Pavement/Materials Engineering Division,  
VNA Consulting (Pty) Ltd  
\* Solicitud del autor: no traducción

## Introduction

Road authorities are responsible for the planning, design, construction and maintenance of their road networks. For a road authority to successfully manage its road network, it needs to know its condition (Wix and Whitehead 2015). Given that the condition data is the key component used in Road Asset Management Systems (RAMS), enabling decision makers to generate advanced road maintenance strategies, the accuracy of this data is intrinsically critical in the identification of optimal cost beneficial strategies.

RAMS adopts a systematic approach which begins with the planning and undertaking of road condition assessments. In the past decade, South Africa has seen a gradual shift from manual methods, to semi-automated methods of data acquisition. Road authorities have embraced the use of non-destructive survey vehicles which collect, inter alia, functional and structural road condition data.

Amongst these are Road Surface Profilers (Figure 1) which use lasers to collect functional parameters such as riding quality (in terms of the international roughness index, or IRI), wheel path rutting and macrotexture at traffic speeds. Profilers are often integrated with imaging systems which creates a digital record of the road, later used to “post” rate the road visual condition (as per the TMH9 visual assessment manual) and determine a Visual Condition Index (VCI).



Figure 1. Example of a Digital Road Surface Profiler with an integrated imaging system.

It is clear that the recording of digital images has numerous advantages. The method is, however, also associated with an element of subjectivity, in that the visual data still needs to be assessed and condition rated – this from automated photographs as opposed to being physically assessed on site. Should an actual measurement of pavement strength / stiffness also be required as part of the road condition data set, the Falling Weight Deflectometer (FWD) is the standard device used to collect this information. Whilst the measurement of surface deflections / pavement response using the FWD is a tried and tested method, the process is slow as measurements can only be made while the vehicle is stationary. This requires detailed planning in terms of traffic control before the testing starts and, even with the best planning, congestion is almost inevitable, with associated safety risks to motorists and the FWD operators, particularly on roads which experience high traffic speeds.

Subsequent to the data collection process is data analysis. The deflection, profile and visual condition data must be spatially aligned, and to some degree combined, before it can be entered into a RAMS. Whilst this “semi-automated” methodology and integration of data is considered to be a significant improvement on the use of pure field derived visual assessment information, the process of vetting and merging various data sets can potentially create misaligned data resulting in incorrect future maintenance strategies.

The latest available data collection device is the Traffic Speed Deflectometer (TSD) which is designed and built by Greenwood Engineering A/S. In May 2016, VNA Consulting (Pty) Ltd took delivery of the

tenth TSD worldwide. The TSD measures pavement deflections at speeds between 40km/h and 80km/h. It includes an automated crack detector, which identifies and quantifies surface cracks and potholes, thereby removing the need to manually rate these distresses. All systems are integrated into a single user interface thus streamlining data analysis.

## The Traffic Speed Deflectometer

In recent years, various researchers and road agencies have focused on developing high speed deflection measurement devices (Muller and Roberts, 2013). The TSD is a standard articulated truck which contains the various measurement components and systems attached to the rear trailer (Figure 2). Inside the trailer are seven Doppler lasers which are installed on a rigid frame located ahead of the loaded left rear wheel. The load consists of lead ballast mounted under the trailer. The rear axle load measures 9t which corresponds to the current South African design load standards.

In addition, several systems from the Australian Road Research Board (ARRB) group’s “Hawkeye”-suite of technology have been integrated within the TSD, including automated crack detection, roughness and texture lasers, pavement and asset cameras, and geometry tracking.

Behind the left rear wheel is a high resolution (20,000 pulses per revolution) distance measurement instrument (DMI). This, along with a differentially corrected GPS receiver mounted within the trailer, are interlinked to all the data collection systems ensuring precise distance and spatial positioning measurement.

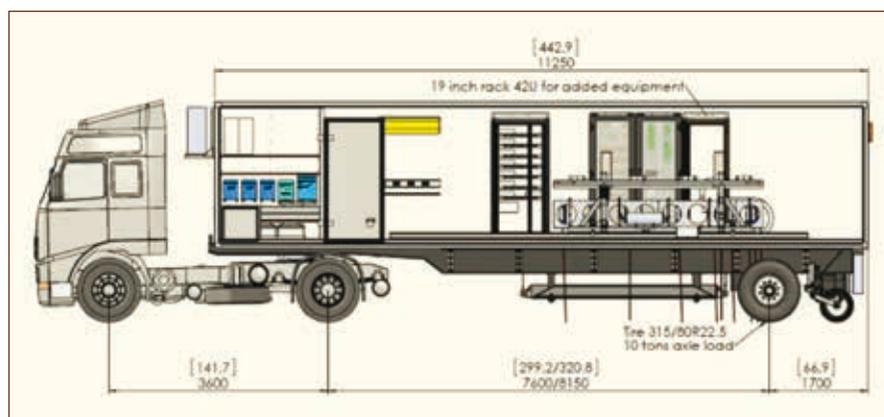


Figure 2. Schematic of the ARRB TSD showing ballast loads and internals of trailer.



Figure 3. The vna TSD during validation exercises

## Measurement systems

### *Pavement Deflection*

Bearing capacity measurements are an essential “tool” in the identification of the optimal road rehabilitation design strategy at both a project level and also for input into network level rehabilitation / maintenance planning models. These are traditionally undertaken by a FWD, which, as already mentioned, is a slow process as deflections can only be measured whilst the vehicle is stationary. Another limitation is the relatively low amount of data produced, typically 10 measurement points per kilometer which usually take around 90 seconds per point or

approximately 5 km/h. The TSD is capable of operating at traffic speeds, with a data rate up to 1050 pulses per second.

Instead of measuring absolute deflections as is the case with the FWD, the TSD uses a series of Doppler-shift laser sensors mounted on a rigid beam within the trailer. The sensors are positioned at 100, 200, 300, 600, 900 and 1500 mm ahead of the rear axle. The beam is servo controlled to keep the sensors focused at a constant distance to the road surface. A reference laser is mounted at 3500 mm ahead of the rear axle where it is assumed that the pavement is unaffected by the axle load.



(a)



(b)

Figure 4. The beam which houses the Doppler laser sensors.

The sensors are mounted on the beam at an angle of approximately 2 degrees, thus splitting the velocity of the deforming surface into a vertical and horizontal component as the load is applied. The horizontal velocity is calculated by the DMI. The deflection slope is then calculated by dividing the vertical velocity by the driving (horizontal) velocity (Krarup *et al*, 2006) as depicted in Figure 5 below.

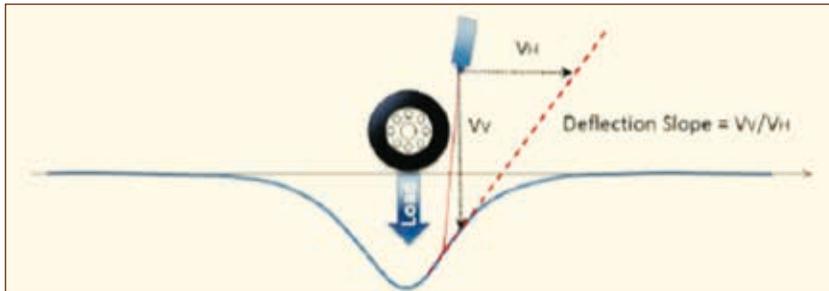


Figure 5. Calculation of deflection slope measurement.

The deflection profile of the road surface can then be determined either by curve fitting and numerical integration or by fitting pavement or empirical models to these measurements (Muller, 2015). More detailed information describing TSD deflection bowl predictions can be found in Muller and Roberts (2013).

During the commissioning of this TSD in South Africa, a 5 km trial section located on Provincial road P24, in KwaZulu-Natal, was selected to undertake the acceptance/validation testing. In terms of visual condition, the first two kilometres (km 15 to km 17) of the trial section consisted of a moderate to severely distressed, and aged, pavement. The following three kilometres (km 17 to km 20) was rehabilitated in 2013 and was found to be in a good visual condition.

The FWD tested the road at 50 m intervals in the outer wheel path, a total of 100 points over the 5 km section. This testing took approximately 90 minutes and involved liaison with traffic authorities and the organisation of traffic accommodation facilities. In contrast, the TSD collected continuous measurements, approximately 200 000 individual readings over the same section, which was later averaged to 50 m intervals. As the TSD measures the deflection at normal road speed, there was no interruption to normal traffic flows. The maximum deflection results are presented in Figure 6.

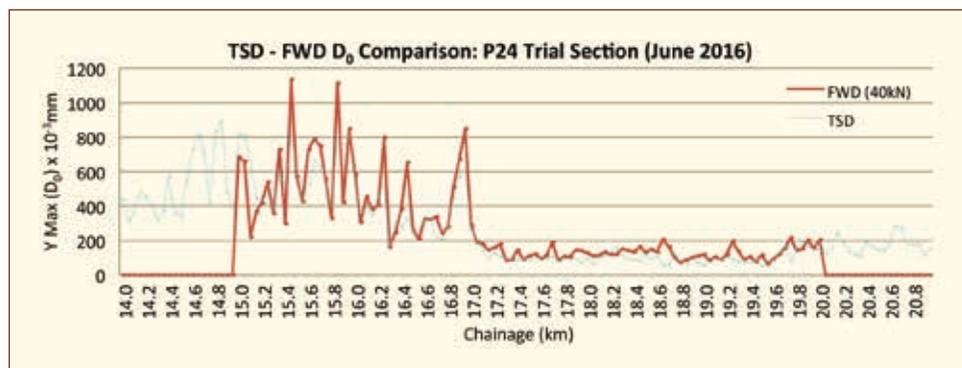


Figure 6. Comparison between TSD and FWD on P24, KZN.



# XXCILA

CONGRESO IBERO LATINOAMERICANO DEL ASFALTO  
MÉXICO 2019



Asociación Mexicana  
del Asfalto A.C.

## RETOS Y OPORTUNIDADES EN EL MUNDO DEL ASFALTO

GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO

TEMÁTICA

**2019**  
**25-29 de noviembre**

- Materiales asfálticos ● Materiales pétreos
- Mezclas asfálticas a baja temperatura ● Proyecto estructural de pavimentos
- Construcción y conservación de pavimentos ● Ecoeficiencia en la pavimentación
- Mezclas asfálticas en caliente ● Gestión de activos

Inscríbete al XX CILA a través de la página [xxcila.mx](http://xxcila.mx)  
y aprovecha los descuentos por pago anticipado.

Cuotas	Antes el 25 de mayo de 2019	Antes del 24 de agosto de 2019	Antes del 26 de octubre de 2019	A partir del 26 de octubre de 2019
SOCIOS	US\$500.00	US\$550.00	US\$600.00	US\$700.00
NO SOCIOS	US\$600.00	US\$660.00	US\$750.00	US\$900.00
AUTORES*	US\$450.00	US\$450.00***	***	***
ESTUDIANTES**	US\$225.00	US\$250.00	US\$275.00	US\$300.00
ACOMPAÑANTES	US\$250.00	US\$280.00	US\$320.00	US\$375.00

\* Pago especial a autores (uno por trabajo)

\*\* Estudiantes de licenciatura con credencial vigente

\*\*\* La fecha máxima para la inscripción de autores y confirmación de su asistencia será el 24 de septiembre de 2019



Expo-ASFALTO 2019

[xxcila.mx](http://xxcila.mx)



CILA

CONGRESO IBERO LATINOAMERICANO DEL ASFALTO



@AMAACmx  
 @CILA2019  
 +52 (55) 4500 0117  
 +52 (55) 5606 7962

# Expo-ASFALTO 2019

**CONJUNTO DE ARTES ESCÉNICAS**  
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

## PLANO

**MAQUINARIA**  
**US\$150.00 m<sup>2</sup>**

### DATOS BANCARIOS

MONEDA: DÓLAR AMERICANO (USD)

BANCO CITIBANAMEX  
 ASOCIACIÓN MEXICANA DEL ASFALTO, A.C.  
 CUENTA CLABE 002180054195710690  
 NÚMERO 05419571069  
 SUCURSAL 0541 - PERISUR  
 CÓDIGO SWIFT BNMXXMM  
 PAÍS MÉXICO  
 CIUDAD DE MÉXICO

MONEDA: PESO MEXICANO (MXN)

BANCO CITIBANAMEX  
 ASOCIACIÓN MEXICANA DEL ASFALTO, A.C.  
 CUENTA CLABE 002180054186124978  
 NÚMERO 05418612497  
 SUCURSAL 0541 - PERISUR



PATROCINADOR llave en mano	US\$ 3,200.00
3 x 2 m	US\$ 3,000.00
3 x 3 m	US\$ 4,000.00

6 x 2 m	US\$ 5,500.00
6 x 4 m	US\$10,000.00
6 X 6 m	US\$ 16,000.00

toda la Información la obtendrás en: [xxcila.mx](http://xxcila.mx)

Both the TSD and FWD results were found to be similar in shape and magnitude, and clearly indicate the change in bearing capacity from the point where the pavement had been rehabilitated in 2013.

In fact, the TSD has proved to work well at detecting differences in the bearing capacity levels of pavements at the network level in many countries worldwide. This is confirmed in various papers including Baltzer *et al.* (2010) which describes the continuous bearing capacity measurements of 18 000 km of the Australian road network in 5 months.

Due to certain limitations, which are discussed later in this Paper, it is not envisaged that the TSD will completely replace the FWD. For network level investigations, the TSD is a more feasible solution for a number of reasons including its high measuring capacity and comparative safety, which lead to reduced operational costs. However, the FWD remains a more attractive option for project level investigations where it is more cost effective and, *inter alia*, more flexible in its operation in that it can measure at varying target loads (40kN or 50kN) and at specific points as required by the pavement engineer.

### Automated Crack Detection

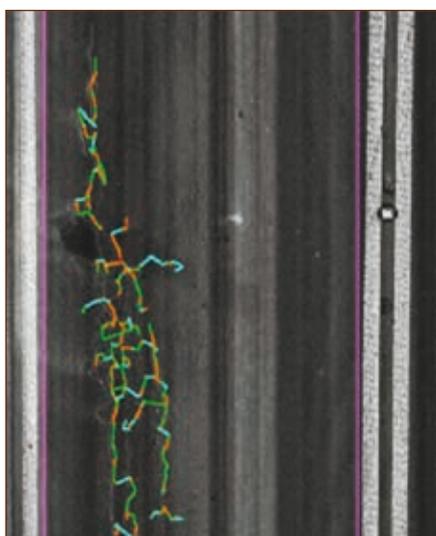
In addition to deflection measurement capabilities, the TSD is integrated with a 3D Automated Crack Detection (ACD) system. The system, developed by Pavemetrics in the USA, employs high resolution optics



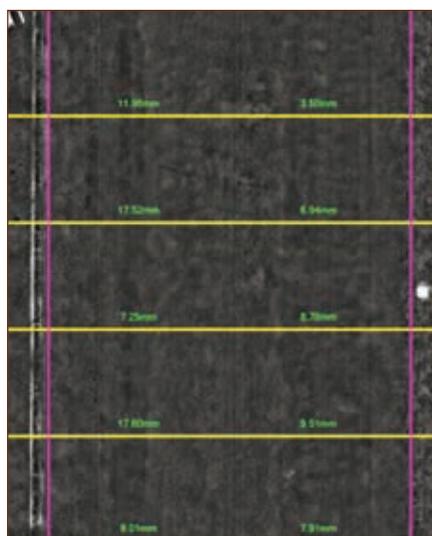
Figure 7. The ACD system installed at the rear of the trailer measures 4000 points (combined) across the lane. It also houses the rear facing asset cameras.

which acquires a 3D profile of the road surface up to a width of 4 m. It automatically detects and analyses cracks (greater than 1mm), surface ravelling, ruts and potholes. Algorithms built into the system are capable of categorising the type of cracks, such as longitudinal or crocodile, and measure such thereby eliminating the need to manually rate and quantify these distresses. It has proven to be advantageous in identifying previously sealed cracks which have since opened and are difficult to identify by eye.

Unlike previous generation surface profilers, which usually rely on lasers mounted in the wheel paths to measure rutting, the 4m wide laser spread of the ACD caters for any erratic movement by the driver, ensuring that the maximum rut depth is always measured.



(8a)



(8b)

Figure 8. Examples of crack detection (left) and rut measurements (right) from the ACD. The different colours on the left illustrate varying severity of the cracks. (Image on the right has been digitally enhanced for illustration purposes).

## Additional Systems

The rationale behind the importation of this TSD to South Africa is to offer the various Road Authorities a fully integrated “one stop shop” solution to network data collection needs. In addition to the bearing capacity measurements and the ACD systems, the TSD is able to measure surface profiles and road geometry, as well as record continuous digital images.

**Profiles.** The TSD is equipped with a Class 1 Digital Laser Profiler that measures the longitudinal profile, roughness (IRI) and macrotexture (MPD) using two laser sensors with built in accelerometers installed in each wheel path.

**Geometry.** In conjunction to the differentially corrected GPS, the system houses a Gipsi-Trac unit that uses a microprocessor linked to a gyroscope, accelerometer and the DMI, to calculate the vehicle position. This becomes beneficial when surveying in remote areas, such as tunnels or mountainous regions, where GPS coverage is limited. In addition, road geometry features such as longitudinal grade, cross slope and horizontal alignment are calculated.

**Imaging.** Images provide a permanent record of the road at the time of measurement. A video acquisitions system records continuous video images at the front and rear of the vehicle. In all, there are five cameras – three facing forward arranged in a panoramic setup (with a range of approximately 150 degrees) and two facing rearward (beneficial for when surveying directly toward the sun). Images enable the identification and measurement of pavement characteristics such as lane widths and roadside assets such as guardrails, signage and even the soffits of overhead structures.

## Data analysis

It has long been established that the quality of data affects the integrity of any RAMS. Asset Management Systems are only as good as the data that is entered into it. One of the challenges that RAMS managers face is analysing extremely large volumes of data. Also, data which is collected from various sources must be vetted for spatial consistency. Whilst assigning unique indexing keys and spatial referencing assists the process, data managers still spend a lot of time and effort ensuring that the quality of the data is valid for input into the RAMS.

Even with stringent quality checks, together with “exception reporting” the potential for errors still exist and, ideally, the processing of data from the time of collection to entry into the RAMS should be as short, streamlined and automated as possible.

The convenience of the integrated system eliminates the need to combine the various datasets manually. The Hawkeye toolkit enables post analysis by integrating all collected data into a single user interface. All data is geo-referenced and time-stamped. In a single window, the user can view multiple images of the road (from the various camera positions), profiles, deflections, geometry and mapping information. The advantage of having the information integrated is that, as the images are accessed, either forwards or backwards, the associated data is automatically displayed for that particular section of road.

Provided that the TSD has been calibrated correctly, the user can use the software to measure parameters such as lane widths and guardrail heights. Also the co-ordinates of roadside assets such as road signs can be logged. The data is usually exported in a ‘comma separated value’ (.csv) format which can easily be imported into most RAMS and GIS platforms.



Figure 9. Screenshot of the Hawkeye processing toolkit with multiple windows displaying the integration of the several systems.

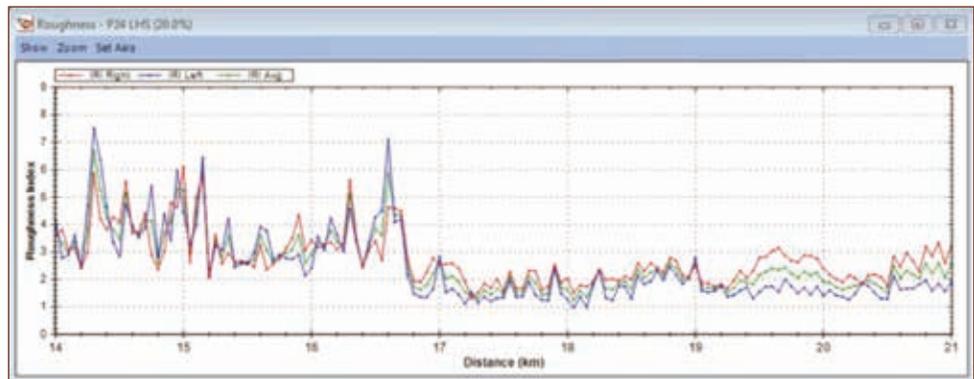


Figure 10. Screenshot of IRI measurements from trial sections measured in KZN 2016. Note correlation between IRI and deflection measurements illustrated in Figure 6.

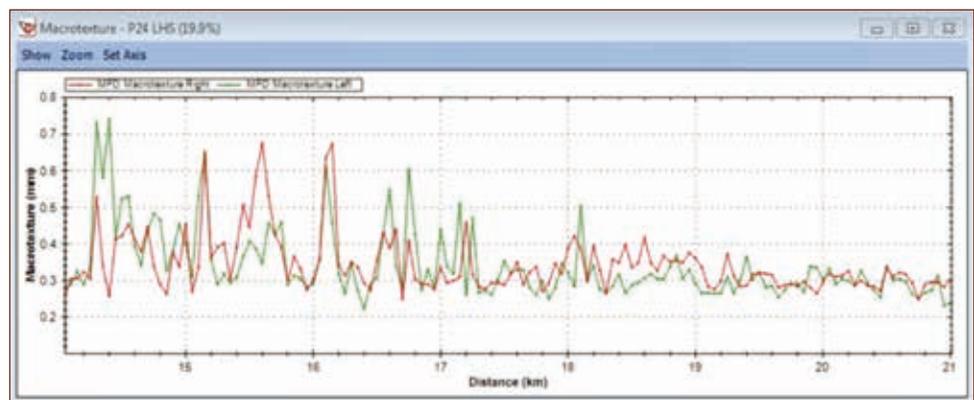


Figure 11. Screenshot of MPD texture measurements on P24 trial section.

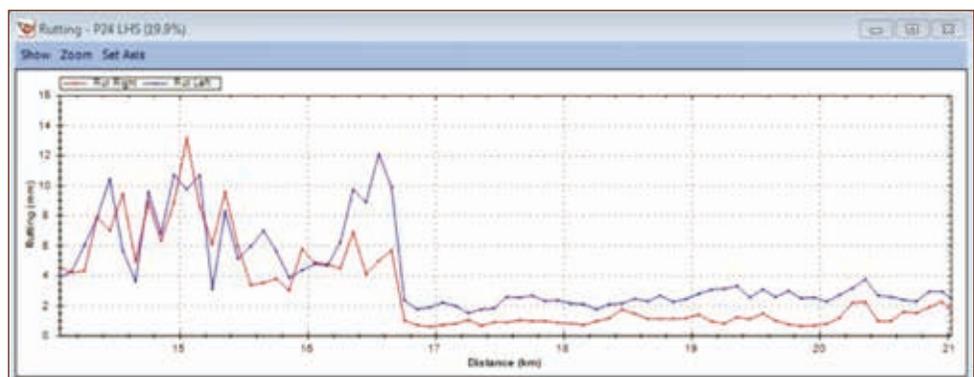


Figure 12. Screenshot of Rut measurements at the trial section – good correlation between rut depth and IRI / deflection measurements.





Figure 13. Example of forward facing asset cameras depicting measurement capabilities.

## Benefits for network level assessments

The TSD has a high measuring capacity, with production rates up to 635km/day (Baltzer *et al.* 2010), this compared with an output of approximately 30-50 km a day using a conventional FWD. Data acquisition is carried out at traffic speed between 40km/h and 80km/h and therefore results in increased operator and road user safety as conventional traffic control, which often creates congestion and confusion, is rendered unnecessary.

The TSD:

- Measures bearing capacity in terms of structural stiffness,
- Automatically detects, identifies and classifies cracking.
- Automatically detects other defects such as potholes/failures and surface ravelling
- Measures roughness (IRI), texture (MPD) and rut depth,
- Creates a digital record of the road
- Measures grade, crossfall, horizontal and vertical curvature.

The collection of the above data is undertaken in a single pass which results in considerable costs savings on even a relatively small road network. Fur-

thermore, there is added flexibility in survey planning as network assessments can be undertaken in shorter time frames due to the speed at which the data is collected.

Additional benefits are:

- All of the data is analysed in a single software application.
- There is a good comparison to the FWD when deflection velocities are analysed using the Muller-Roberts method. Furthermore, the results from various studies have shown the TSD to have a high degree of repeatability.
- The integration of all the collected data into a single user interface enables good data management practice as potential errors that could occur when working with various individual data sets are minimised or eliminated.
- The outputs can easily be exported directly into most RAMS software which significantly mitigates the loss of data integrity from manual data manipulation.
- The ACD is able to detect, categorise and quantify cracks, rutting and potholes. The automated approach removes the subjectivity associated with visually identifying and rating pavement distresses.

- Images create a permanent record of the pavement condition at the time of measurement, which can be reviewed at any time. The geometry data can be used to identify potential dangerous sections of the road.

The above information is obviously extremely beneficial during individual project level rehabilitation investigation as well.

## Challenges and limitations

Due to the operational limits of some components, the TSD has a minimum operating speed of 40km/h. Additionally, the viscoelastic properties of flexible pavements were found to produce misrepresented deflection measurements at lower speeds. Gaps in reported data can be expected near traffic signals or traffic calming measures where the speeds are expected to be below 40km/h.

Another limiting factor is the size of the truck, which makes manoeuvrability on lower order roads difficult. The TSD is thus limited to operate predominantly on provincial and national routes in South Africa.

Very shiny new asphalt surfaces have been known to give problems, as the laser light is not reflected back but scattered from the surface. This notwithstanding, it is presumed that a new asphalt surface (and any underlying structure) will have been appropriately designed and, therefore, anomalies in the measurement of such surfaces will not be of consequence. It is worth mentioning that the TSD does not measure on unpaved roads (Baltzer *et al.* 2010).

The Doppler sensors require substantial warm up time before measurement. However instead of waiting for the sensors to reach optimum temperature, the TSD is equipped with a timer which can be programmed to automatically start-up the system in advance of any planned measurements.

A useful addition that is presently being investigated is the integration of ground penetrating radar (GPR) technology which non-destructively measures pavement layer thickness, thereby offering a more complete package.

## Conclusions

The TSD, whilst being a comparatively new methodology for the collection / analysis of road pavement data (since 2005), has been proven worldwide to be a reliable and accurate alternative to previously established methods of such data acquisition.

The system can improve the accuracy of data measurement and reduce subsequent misinterpretation errors, this whilst undertaking the data gathering at a significantly reduced risk to both road users and the operating team.

The TSD offers a “one stop shop” solution to network data collection requirements. Apart from measuring pavement bearing capacity, the TSD also collects essential complimentary road condition data required for input into RAMS modelling – only ground penetrating radar is currently not included, though this will be a function going forward.

The data is collectively analysed in a single easy-to-use software application which not only reduces analysis time, but also mitigates the possibility of errors in the output information.

The information produced by the TSD is primarily aimed for input to automated Road Asset Management Systems and, hence, the optimisation of network level road maintenance planning. Notwithstanding, the data can, and is, utilised on a project level basis to assist in the refinement of rehabilitation designs.

Given size and speed constraints, the use of the TSD is limited to the open road (provincial, national and major urban arterials) However, given that the replacement value of these roads account for the vast majority of the entire South African paved road network, this is not considered to be a negative factor and, as the title of this Paper suggests, the TSD should be seen as a paradigm shift in the future management of South Africa's road network assets.

## Acknowledgements

The authors would like to thank the KwaZulu-Natal Department of Transport for allowing the acceptance testing of the TSD to be undertaken on Provincial Road P24. 

## Do you want to delve?

Baltzer S, Pratt D, Weligamage J, Adamsen J & Hildebrand G 2010. Continuous Bearing Capacity Profile of 18,000 km Australian Road Network in 5 months. 24<sup>th</sup> ARRB conference – Building on 50 years of road and transport research, 1-11, Melbourne, Australia.

Krarup J, Ramsussen S, Aagaard L & Hjorth PG. 22<sup>nd</sup> ARRB conference, Canberra, Australia, 2006. Output from the Greenwood Traffic Speed Deflectometer, 1-10.

Muller WB 2015. A comparison of TSD, FWD and GPR field measurements. International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering, 1-10, Brisbane, Australia.

Muller WB & Roberts J 2012. Revised approach to assessing traffic speed deflectometer data and field validation of deflection bowl predictions. International Journal of Pavement Engineering: 14, 4, 388-402, Queensland, Australia.

Rasmussen S, Aagaard L, Baltzer S & Krarup J 2008. A comparison of two years of network level measurements with the Traffic Speed Deflectometer. Transport Research Arena Europe, 1-8, Ljubljana.

Rasmussen S, Krarup JA, Hildebrand G 2002. Non-contact Deflection Measurement at High Speed. Proceedings of the Sixth International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, 53-60, Lisbon, Portugal.

Seyfi M, Rawat R, Weligamage J & Nayak R 2013. A data analytics case study assessing factors affecting pavement deflection values. International Journal Business Intelligence and Data Mining: 8, 3, 199-226.

Simonin JM, Lievre D, Rasmussen S & Hildebrand G 2002. Assessment of the Danish High Speed Deflectograph in France, 1-10.

Weligamage J, Piyatrapoomi N & Gunapala L 2006. Traffic Speed Deflectometer – Queensland Trial, 1-12.

Wix R & Whitehead D 2015. Innovations in Pavement Condition Management in New Zealand using Strength Information from Traffic Speed Deflectometer Data, 1-9.

<https://www.nzta.govt.nz/media-releases/state-of-the-art-new-technology-to-make-new-zealands-roads-safer>



El Consejo de Redacción de la Revista Carreteras, reunido en Madrid, el lunes 10 de diciembre de 2018, en su condición de Jurado del I Concurso de Relato Corto «Cuentos de la Carretera» de la Revista Carreteras, y conforme a lo establecido en las Bases de la convocatoria, acuerda: Conceder el Primer Premio al trabajo titulado “Por la Rumorosa al Centinela”, del que es autor Carlos Alberto Bárcenas Cano, estudiante de Ingeniería Civil en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Querétaro (México), el cual orgullosamente reproducimos.

## Por “La Rumorosa” al “Centinela”

Carlos Alberto Bárcenas Cano



▲ Representación animada de la entrada al Mictlán.

Mucho se habla de las leyendas mexicanas, yo vengo a relatar una más. La famosa carretera que va de Mexicali a Tecate, ciudades del estado de Baja California tiene un tramo que pasa un peculiar pueblo, “La rumorosa”, esta carretera es una de las más peligrosas de México por sus curvas que suben y bajan la sierra con un promedio de 28 accidentes al mes y solo ella es testigo de acontecimientos especiales que pasan todos los años en cierto día, el 2 de noviembre, fecha en que los antepasados mexicanos regresan al mundo de los vivos desde el Mictlán, inframundo azteca.

Corría el año 2002, la gente temía recorrer el asfalto de la rumorosa, debido a la inseguridad que rodea a mi querido México, que de no ser por ella, atravesar este territorio sería un placer para los ojos de cualquiera. En ese tiempo años atrás se escuchaba de varias desapariciones, lo extraño era que nunca se encontraron cuerpos,

sólo una nota con el nombre del desaparecido en las cuevas cercanas en las que los antepasados de esa región vivían y donde aún quedan sus pinturas de la vida cotidiana, estos raros y desafortunados acontecimientos ocurren desde la construcción de la carretera hasta la fecha en el día de muertos de todos los años. Dio la casualidad de que un gran empresario tenía la necesidad de enviar un cargamento antes de esa fecha y mi jefe, el Señor Hernán Fernández me eligió a mí por mi experiencia recorriendo esa ruta, el Patrón fue claro conmigo cuando dijo:

—Con cuidado Javier, saldrás el 31 de octubre al mediodía de Ensenada, tomarás la mitad del cargamento en Tijuana, esperarás un día mientras llega la otra mitad de San Diego y te lanzas cuanto antes a Mexicali, si te agarra la noche, no pases el tramo de la rumorosa porque estas fechas no podemos confiarlos.

A lo que yo contesté:

—No se preocupe Señor Hernán yo no sé por qué le tienen tanto miedo a ese tramo si sólo hay que pasarlo con cuidado y al pasito. Además, tengo buen tiempo para llegar a Mexicali antes de que anochezca el día primero de noviembre.

—Yo confío en tu habilidad Javier, pero ve con cuidado porque ya sabes lo que dice la gente, por algo se ganó el apodo de “La rumorosa”.

Con estas palabras el Don Hernán Fernández se despidió y me dio un bono extra, parecía muy preocupado, pero me dijo que nadie se había atrevido a llevar el cargamento y era necesario

para que la producción de la fábrica más importante de Mexicali pudiera seguir trabajando y le quedaría una muy buena comisión si lo llevaba. Así pues, motivado y confiado me subí al tráiler y salí rumbo a Tecate.

La imponente sierra embellecía el camino y el poco tránsito, característico de esas fechas, me daba tranquilidad y la confianza de que llegaría a tiempo, aunque los operadores se tardaran en subir el cargamento, ya que por el peso de los metales que debía llevar sería muy difícil distribuir la carga y acomodarla correctamente.



▲ Carretera Federal núm. 2. Baja California, México.

El viaje a Tecate fue perfecto, el tráiler se sentía en muy buenas condiciones, los frenos funcionaban a la perfección y el motor se escuchaba como nuevo.

Fui recibido por Don Fausto Pinto el encargado de la mercancía, un señor de edad avanzada de raíces indígenas por su manera de pronunciar las palabras, pero eso sí de aspecto fuerte y considerado muy inteligente por sus trabajadores, podía notar en sus ojos algo de miedo, pero continuó con el trabajo apresurando con llamadas a los proveedores de San Diego para que a primera hora la otra mitad del cargamento estuviera en Tecate.

Cuando terminaron de cargar la primera mitad, el señor Pinto me advirtió:

—Descansa bien muchacho, te espera un camino difícil, aunque ya conoces las curvas siempre hay algo nuevo en esa carretera, sobre todo para estas fechas, ten por seguro que el camino estará vacío, así que prepárate bien y lleva todo lo que necesites para que no te haga falta ayuda y lo más importante, no confíes en nada de lo que veas, lleva siempre los ojos en el asfalto sin pararte por ninguna razón, los espíritus sólo están esperando a que se abran las puertas del Mictlán y el puente de cempoalxóchitl esté listo para poder regresar a ver a sus seres queridos, pero también hay espíritus que quieren venir a buscar más almas para poder dar tributo a los Dioses por sus malos actos en la vida.

A lo que yo contesté

—No se apure Don Fausto iré con mucha precaución.

Pero en realidad pensaba que el viejo estaba loco, a quién se le ocurriría estar diciendo esas viejas historias del Mictlán, del puente, de las almas y todos esos mitos de los aztecas si a mí ni la famosa llorona me daba miedo menos las palabras de un viejo amargado, aunque también agradecía que se preocupara por mi seguridad y por apresurar a los proveedores de San Diego.

Así pues, la mañana siguiente llegó el cargamento a tiempo y en lo que se acomodó dieron las dos de la tarde, me comí unos tacos de cochinita pibil y me dispuse a partir.

El camino parecía igual a las otras veces sólo que completamente sólo, los miedosos no querían trabajar y yo me iba a ganar una muy buena lana, con mis canciones de Vicente Fernández y mi café de olla iba bien despierto y estaba seguro de que nada me podía sorprender, pero por si las dudas tenía mi 45 y una varilla bien afilada porque ya antes me había topado con asaltantes.

Iba bien tendido por la carretera Federal número 2, pasando el rancho "El Chaparral" a unos kilómetros del tramo de la rumorosa, comenzó a cerrarse el cielo y pasó de estar despejado y soleado a ser un camino con poca visibilidad. Temía que comenzara la lluvia y tuviera que bajar la velocidad y me cayera la noche. Tal parece que mis pensamientos invocaron la lluvia, justo antes de entrar a la parte peligrosa de las curvas de la sierra se soltó el agua con toda su fuerza y hasta granizo cayó. Mis limpiaparabrisas estaban al máximo, aun así, la visibilidad era casi nula por lo

que tuve que reducir la velocidad mucho recordando lo que dijo Don Fausto de no pararme por ningún motivo.

Todo parecía ir bien a pesar del clima cuando de pronto sentí que el tráiler se iba de lado y se prendió el foco que indicaba una llanta pinchada. Con un poco de miedo me orillé y bajé a cambiarla, lo que no me llevó tanto tiempo gracias a mi experiencia, solamente me retrasó porque terminé empapado y temblando del frío. Después de cambiarme la ropa y calentarme un poco seguí la marcha.

Al pasar por el mirador del kilómetro 57 supe que aún me faltaba poco más de la tercera parte del camino y debía apurarme porque en dos horas y media se pondría el Sol.



▲ *Mirador de la Sierra, Km 57, Tramo "La rumorosa", Baja California, México.*

Pasó alrededor de media hora y por la orilla de la carretera noté que una persona iba caminando desesperada, al acercarme más vi que era una

señora de edad avanzada y mis principios no me dejaron pasar desapercibido en un lugar tan peligroso. Me paré y le dije que se subiera, ella muy agradecida subió apresurada y me percaté de que llevaba un ramo de flores de cempoalxóchitl, por lo que le pregunté:

—¿A dónde va señora? Está muy peligroso para que ande sola, le pasó seguramente lo mismo de que veía el día muy bonito y nos agarró el agua.

A lo que ella solo me contestó con voz temblorosa:

—Al panteón del Centinela ahí a la entrada de Mexicali, gracias joven.

Le ofrecí una chamarra seca y continuamos el camino, no quise hacer muchas preguntas porque la veía muy cansada. Al cabo de otra media hora vi que estaba pasando por un mirador muy parecido al anterior y por lo que recordaba, el anterior era el único mirador que había, esta vez a pesar de la niebla alcancé a ver unas luces, no le di importancia y seguí.

La señora se quedó profundamente dormida al poco tiempo. Cayó la noche y volví a pasar un mirador, el miedo se apoderó de mí al voltear y ver la silueta de la señora con una vela en las manos parada en el mirador, asustado volteé a mi lado y sólo había una nota que decía "Javier Alejandro Valdez Ramírez 1982-2002". Lo que pasó después no tiene importancia porque es un ciclo en el que ahora yo busco alguien que me lleve al panteón del Centinela.



*Panteón del Centinela, Mexicali, Baja California, México. ▶*



# Una nueva era en plantas de asfalto móviles

## CIBER iNOVA SERIES



iNOVA 2000 (200 t/h)



iNOVA 1502 (150 t/h)



iNOVA 1500 (150 t/h)



iNOVA 1000 (100 t/h)

## Incomparable en movilidad y productividad.



Alta capacidad de producción en menos movilidades



Mejor eficiencia en el consumo de combustible



Alto rendimiento en mezclas especiales



Exclusivo y fácil sistema de control · Easy Control®



Robustez, durabilidad y bajo costo de mantenimiento

[www.ciber.com.br](http://www.ciber.com.br)  [ciberoficial](#)

### LA INNOVACIÓN ES LA MEJOR DEFINICIÓN PARA LAS PLANTAS DE ASFALTO CIBER SERIE iNOVA.

Las plantas de asfalto se adaptaban a las características de los materiales y proyectos, pero con productividad variable y proporcional a los mismos. Con las nuevas tecnologías aplicadas en la línea de plantas CIBER Serie iNOVA, la productividad máxima es una constante, independiente de los materiales y proyectos, la calidad se alcanza de acuerdo con los parámetros establecidos en cada operación. Esta ruptura de paradigma abre un gama de oportunidades para que se produzca más, con mayor calidad, menor impacto ambiental y menor costo.

# Las carreteras del mañana en la actualidad

Kristina Smith  
Revista *World Highways*

*Un evento inaugural de la industria europea del asfalto instó a los asistentes a mirar hacia el futuro.*

**¿Q**ué aspecto tendrán las carreteras en el futuro?

¿Serán los carriles más angostos?

¿Se cobrará a los vehículos el derecho a circular en las carreteras?

¿Recopilarán datos?

¿Serán de auto-limpieza y descontaminantes?

Todos estos cuestionamientos y otros puntos más fueron reflexionados en la conferencia de dos días en Berlín titulada: “Preparando la industria del asfalto para el futuro”. Fue el primer evento del Euroasphalt & Eurobitume (E&E) y puso un tono diferente a sus congresos técnicos establecidos que se llevan a cabo cada cuatro años.

“Estamos viendo muchos cambios en el mercado y el ambiente de trabajo,” dijo Siobhan Mckelvey, presidente de Eurobitume y director del comité organizador del evento. “Y necesitamos estar más abiertos y conectados con una gran parte de nuestra audiencia”.

Existen dos grandes e interdependientes retos para la industria del asfalto europeo. El sector debe entender y trabajar con las oportunidades y riesgos que la era digital presenta, mientras se atraen a nuevos talentos.

“Estamos enfrentando una gran revolución,” dijo Guillaume Bastien, director comercial y de desarrollo de negocios de Colas Europe, quien habló en la conferencia acerca de las tecnologías emergentes que podrían tener impacto en las carreteras. “No existe otra forma que la de ir con la información y nuevas tecnologías y hacerlo tan pronto como sea posible.” La alternativa, Bastien advirtió, fue para los nuevos participantes que entren y se lleven parte del ya pequeño margen de la industria.

## Menos propietarios de carros

Una de las dificultades en prepararse para el futuro es que nadie sabe cómo será éste. Bastien puntualizó que los fabricantes de vehículos están avanzando sin involucrarse, o interesarse en la industria del asfalto. Como resultado, los investigadores de carreteras están contemplando una de situaciones de “que pasa si...”.

Nicolas Hat Miere, subdirector general de IFFS-TAR, el French Institute of Science and Technology



for Transport, Development and Networks, habló del programa I-Street el cual será de más de €15 millones de euros invertidos en unas series de proyectos de demostración en Nantes, Toulouse, Lyon y Champs-sur-Marne. Las materias bajo investigación incluyen caminos más ecológicos, carreteras instrumentadas y conectadas, carreteras prefabricadas y desmontables y nuevos señalamientos.

A pesar de la incertidumbre, una tendencia se predice ampliamente: la propiedad de carro disminuirá, Arash Khojinian, jefe de equipo de materiales de pavimento en Highways England en el Reino Unido, comentó, “Estamos avanzando hacia la propiedad cero”.

Existen implicaciones para un futuro donde la gente pague el uso del vehículo cuando se requiera, en vez de tener uno permanentemente. Gergely Raccuja, un consultor estratégico de Amey Consulting UK, quien se describe como un “filósofo político” presentó su propuesta de como las carreteras deberían financiarse en el futuro.

Raccuja, quien ganó el premio 2017 *Wolston Economic Prize* con su idea, “Mejores Millas” sugiere que el impuesto debería aplicarse a los vehículos individuales y reflejar la distancia que cada vehículo recorra. Precio/distancia dependerán del peso y los contaminantes de un vehículo.

“Con vehículos compartidos, puede haber mucho menos vehículos recorriendo más millas, entonces es importante que pongamos atención en éso y que reinvertamos bajo ésa base,” Raccuja también señaló que, con un interruptor para vehículos eléctricos e híbridos, los impuestos exigidos en combustible se reducirán.

El plan de Raccuja, llevado a cabo con la asociación automovilística *RAC Foundation*, considera a las compañías de seguro de cobranza de impuesto como representantes del gobierno. Las distancias mensuales serían cobrables por medio de telemática o auto-reportadas o podrían ser cobradas anualmente cuando un MOT se lleve a cabo. Mejores Millas también requiere que el dinero de los impuestos cobrados sea reservado para reparación de carreteras. “Deberá garantizarse que una parte de mis impuestos será reinvertida en mantenimiento de carretera”, dijo Raccuja.

Raccuja estuvo hablando en una sección de la conferencia donde se trataba de las soluciones financieras de carreteras, junto con Thomas Bayerl, quien dirige al equipo de la deuda de infraestructura en la parte de

gestión de activos del asegurador Munich Re. Bayerl dijo en la conferencia lo atractivo que es el sector de infraestructura para las compañías aseguradoras.

“Nos gusta el financiamiento del proyecto de infraestructura porque nos proporciona flujos de caja estables y predecibles,” el dijo. “Los inversionistas institucionales todavía son bastante nuevos en este aspecto. Lo que nosotros tratamos de hacer es trabajar en sociedad con los participantes de mercado para desarrollar más nuestra cartera y hacer que nuestros pasivos concuerden mejor”.

En la sesión de sustentabilidad, la conferencia fue sustentada por un investigador de transporte acerca de la reducción del dióxido de carbono producido por vehículos de carga. Tim Breemersch, jefe de investigación de Transport & Mobility Leuven en Bélgica, explicó que el problema debe ser abordado en múltiples frentes simultáneamente; mejorando la eficiencia de la energía, con mejores aerodinámicas, menos resistencia al rodamiento, mejor tecnología híbrida y de electrificación y una logística mejorada.

Bjarne Schmidt, un jefe de consultoría de Teknologisk Intitut en Dinamarca habló sobre la investigación en curso para mejorar la resistencia de rodamiento de pavimentos, incluyendo la investigación de formas más efectivas de medir la resistencia al rodamiento.

Mats Wendel, estratega de innovación de Peab Asphalt de Suecia habló del cambio de combustible en las plantas de asfalto para reducir las huellas de carbono en las carreteras. Wendel señaló que aunque al usar RAP se reducían las huellas de carbono de una carretera, una forma más efectiva es cambiar un combustible de la planta de asfalto. Peab ha transformado sus plantas productoras de asfalto de tal manera que pueden utilizar bio-aceite de base vegetal. Con el gobierno sueco que ofrece subsidios significativos de inversión para la investigación de reducción de carbono, otros contratistas han estado también probando combustibles renovables para la producción de asfalto, dijo Wendel.

Mientras tanto, la industria puede también esperar más leyes europeas dirigidas a proteger la salud de los trabajadores. Steven Van de Broeck, jefe del control responsable y de la cadena logística del European Chemical Industry Council dijo en las sesiones: “Durante los dos años pasados hemos visto algunas propuestas legislativas poniendo límites a

los trabajadores para las exposiciones carcinogénicas.” Agregó que los Estados Unidos tenían una lista de 50 sustancias carcinogénicas que se querían resolver antes del 2020 para establecer límites de exposición ocupacional. (OELS).

Reinhold Ruhl, presidente del German Bitumen Forum, habló acerca de los retos para establecer un programa de revisiones médicas a los trabajadores de carretera, que el foro está llevando a cabo para hacer un OELS razonable. Cosmin Patrascu del INRS, del *French National Research and Safety Institute for the Prevention of Occupational Accidents and Diseases* habló sobre un proyecto para crear normas relacionadas a la inhalación de humos provenientes de las mezclas asfálticas y del contacto con la piel.

David Giles, representante de Eurobitume UK, habló acerca de un esquema que ha estado circulando desde 2003 donde los conductores de camiones cisterna de asfalto reportan accidentes o problemas con el almacenamiento del asfalto y el equipo dispensador. Por medio del análisis de datos, Eurobitume y Mineral Products Association han podido proporcionar capacitación y guía para reducir accidentes.

Leopold Tzeuton, gerente general de ATPH, la French Association for Prevention in Hydrocarbon Transport presentó el seguimiento de la capacitación de su organización para los conductores de camiones cisterna, la única en Europa.

## ¿Porqué no estamos innovando?

Una sesión difícil mirando hacia el tema de la nueva tecnología y preguntando el por qué la industria de construcción de carreteras no la está adoptando con más prontitud. Hubo unas cuantas razones diferentes propuestas por varios oradores.

Rudi Buil-Wasser. Jefe de sección de los pavimentos asfálticos en el *Germany's Federal Highway Research Institute* habló desde la perspectiva del cliente. El enfatizó los retos de la tecnología debido a la propensión de riesgos de los clientes y a una cultura donde las fallas no son aceptadas y el entorno de un precio de ganancia más bajo.

Sergei Miller, investigador de asfalto en TU-Twente de los Países Bajos, dijo que la industria tiene el conocimiento y las herramientas necesarias para mejorar la calidad, asegurando la homogeneidad de la temperatura y la consistencia de la compactación.

“La industria del asfalto opera principalmente basándose en condición y práctica,” él dijo. “Eso es bastante peligroso en términos de bloqueo de innovación.” Miller comentó que visita muchos lugares de construcción y a menudo observa que la tecnología como sistemas de compactación inteligentes están desconectadas.

Sin embargo, la tecnología allí esta. Miller cree que los contratistas inteligentes pueden beneficiarse a partir de las soluciones existentes tales como las cámaras infrarrojas que les permitirían realizar un mejor trabajo. “Los sistemas existentes van a retar a los fabricantes de maquinas,” el advirtió.

Knut Johannsen, Jefe de Material *Prufungs Anstalt at Eurovia Services* en Alemania, culpó los grandes paquetes como los que se manejan bajo acuerdos PPP, por una falta de innovación. “Normalmente es muy conservador lo que nosotros hacemos en los proyectos PPP. La idea de introducir nueva tecnología en los proyectos PPP no funcionó realmente.” Johannsen propuso que la investigación sea realizada en forma diferente, con pruebas en proyectos en vivo para agilizar el desarrollo de la nueva tecnología. “Cuando quieres introducir la innovación en los mercados, empiezas con proyectos más pequeños para que muchas compañías puedan “brincar al tren,”. “La investigación tiene que renovarse. Tiene que existir un diseño de pensamiento en la investigación. La investigación que estamos haciendo en este momento es muy conservadora.”

Otra barrera para innovarse es la demografía de la industria de carreteras. Como la industria de la construcción en general, las empresas constructoras de carreteras y los proveedores en Europa y en todo el mundo se están esforzando por atraer nuevos talentos, con muchas personas jóvenes que estén siendo llevadas a industrias de alta tecnología.

Como atraer a nuevo personal presenta otro reto. La conferencia es parte de la estrategia de E&E, porque está dirigida a ayudar a la industria a comunicar el valor que trae a la sociedad y al ambiente, en lugar de solo concentrarse en los asuntos técnicos y de investigación.

Como lo demostró la presentación de Gergeley Raccuja —él se graduó en 2015— la gente más joven viene con ideas alternativas. El reto para los participantes establecidos es estar abiertos a nuevas ideas, preferiblemente a derribarlos inmediatamente.



# Rehabilitación de la pista 05R-23L del Aeropuerto Internacional de la ciudad de Mexico “Benito Juárez” con geomallas de fibra de vidrio con recubrimiento elastomérico

Ing. Lizeth Vergara Farias  
Gerente de Infraestructura, TDM México,  
M.I. Andrés Melo Duque  
Gerente Técnico, TDM Colombia  
M.I. Erick Sánchez-Barrales Mendieta  
Ingeniero Regional México, Tensar International Corporation,  
Ing. Oscar Saúl Corona Galindo  
Director de Construcción, Concretos Asfálticos Tecámac

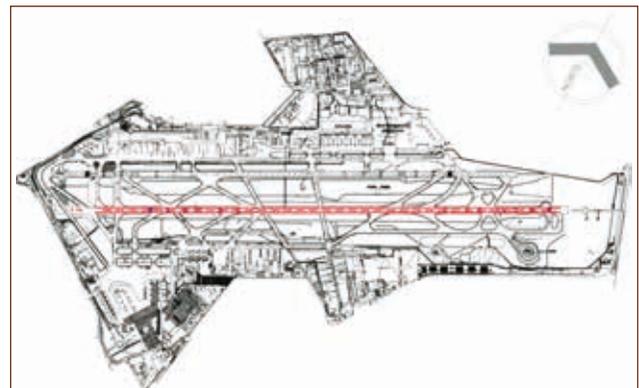
México se ha consolidado como uno de los centros financieros y culturales más importantes del continente americano y del mundo al recibir distinguidos reconocimientos como “Destino Turístico #1 para viajar en 2016”, por el New York Times, y como “Capital Mundial del Diseño 2018” por el Consejo Internacional de Sociedades de Diseño Industrial (ICSID, por sus siglas en inglés).

Derivado de lo anterior la Ciudad de México tiene la necesidad de recibir en el Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México a más de 90000 pasajeros en un día común y conectar más de 100 destinos en tres continentes. En el 2017 el aeropuerto atendió a más de 44 millones de pasajeros.

Con este intenso flujo las pistas son sometidas a grandes esfuerzos que le provocan daños considerables, además recordando que está construido sobre un lago a base de chinampas es un suelo muy blando e inestable por lo que las pistas sufren deformaciones diferenciales, debido a esto la superficie de rodamiento tiene que ser una estructura flexible, es decir, una carpeta asfáltica.



El AICM cuenta con 2 Aeropistas.



La pista 05R-23L que es la que rehabilitó y además es la pista principal.



El largo de la pista es de 4000 m, su ancho de 45 m, y tiene sistemas de ayuda visuales para el aterrizaje.

Inicialmente el AICM únicamente solicitó el cambio de la carpeta asfáltica a través del procedimiento de corte y reposición de esta en un espesor de 10 a 12 cm, así como previo a esto, un bacheo profundo en las zonas que sea necesario, y en esta ocasión ha solicitado el análisis con Geomallas de Fibra de Vidrio para reforzar estos mantenimientos y disminuir espesores asfálticos.

En este mantenimiento 2017 el AICM solicitó realizar el corte y reposición de la carpeta asfáltica en un espesor de 8 cm, que es un espesor menor a los años anteriores, a lo largo de los 4 km y en un ancho de 24 metros (equivalente a el área central de la pista), ya que es la zona que más daño presentó, y un punto muy importante y restrictivo fue el horario de trabajo, ya que solo se contaban con cinco horas en la madrugada, ya que el aeropuerto se encuentra en operación, al mismo tiempo solicitó la colocación de una geomalla de fibra de vidrio con las siguientes características.

Tipo de malla	Características	Valor
Geomalla de fibra de vidrio	Abertura de la malla	40 x 40 mm
	Gramage (Gr/m <sup>2</sup> )	520
	Resistencia a la ruptura (KN/m)	120
	Resistencia a la tracción	
	Longitudinal	120 kN/m
	Transversal	120 kN/m
	Deformación a la ruptura (%)	
	Longitudinal	3 ± 0.5
	Transversal	3 ± 0.5
	Ensayo de corte	>12 Kn
	Tolerancias	+/- 10%
	Resistencia a la temperatura para la fibra de vidrio	>500 °C

Además del costo de la malla revestida en bitumen, al momento de la ejecución se presentaron las siguientes condiciones:

- El área de traslape longitudinal que recomienda el fabricante es de 20 cm, es decir, que el área efectiva es de 1,3 metros, esto se traduce en mayor consumo de material.
- No tiene adherencia con la superficie, por lo que es muy fácil que se mueva o se levante.

- Al momento del contacto con el asfalto caliente, se observó que la malla se arrugaba, como si se quemará, incluso con el paso de los camiones y del equipo de colocación de la mezcla asfáltica, con el tránsito propio para la colocación de la mezcla asfáltica llegó a romper la malla colocada, provocando observaciones por parte de la supervisión y, por consiguiente, parar la actividad para retrabajar o colocar algún tramo de refuerzo.



*Daños observados en la malla con revestimiento BITUMINOSO.*



*Colocación de la Geomalla de Fibra de Vidrio con revestimiento BITUMINOSO.*

Después de estos problemas en la primera instalación y las dificultades presentadas se decidió evaluar otro tipo de malla de fibra de vidrio, ya que la magnitud del proyecto lo ameritaba, la geomalla de fibra de vidrio con recubrimiento elastomérico fue la que se evaluó para tan importante proyecto. La geomalla elegida resultó ser GlasGrid 8511, que es la GlasGrid basic100 color blanco.

Las características de la geomalla GlasGrid 8511 son:

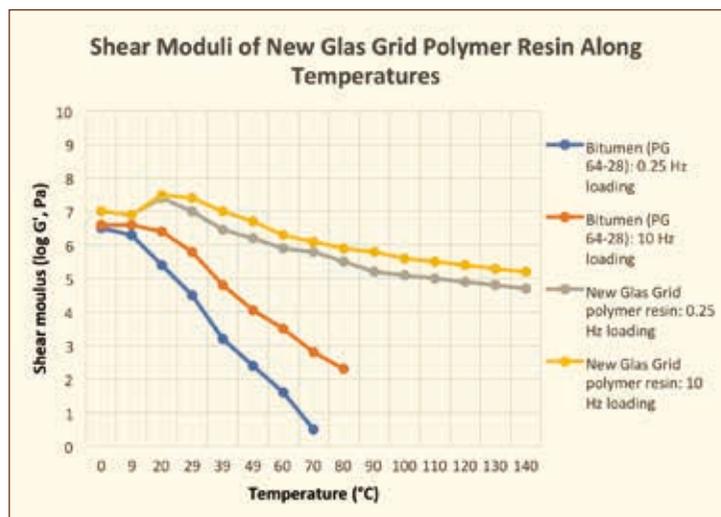
Property	Metric	Imperial	Test Method
Tensile Strength (Md x XD) (Ultimate)	100 x 100 kN /m	571 x 571 lbs/in	ASTM D6637 EN-ISO 10319
Tensile Elongation (Ultimate)	<3%	<3%	ASTM D6637 EN-ISO 10319
Tensile Resistance @ 2% Strain	80 x 80 kN/m	456 X 456 lbs/in	ASTM D6637 EN-ISO 10319
Young's Modulus E	73,000 MPa	10.6 x 106 psi	
Mass per Unit Area	405 g/m <sup>2</sup>	12.0 oz/yd <sup>2</sup>	ASTM D5261 ISO 9864
Melting Point Coating	>232 °C	>450 °F	ASTM D276/EN-ISO 3146
Melting Point Glass	>820 °C	>1508 °F	ASTM C338
Roll Length	100 m	328 ft	
Roll Width	1,5 m	5ft	
Roll Area	150 m <sup>2</sup>	179 yd <sup>2</sup>	
Adhesive Backing	Pressure sensitive		
Grid Size (Center to Center of Strand)	25 x 25 mm	1.0 x 1.0 in	
Material	Fiberglass reinforcement with modified polymer coating and pressure-sensitive adhesive backing		

Se adjunta información técnica donde se compara el desempeño entre geomallas de fibra de vidrio con recubrimiento de bitumen y de polímero.

La industria de pavimentos ha determinado que los riegos de liga de tipo bituminoso son inferiores a los riegos de liga con polímeros modificados. Líderes de esta industria han demostrado que hay muchos riegos de liga bituminosos que no pueden proveer el módulo al corte necesario para asegurar la unión entre dos capas de asfalto.

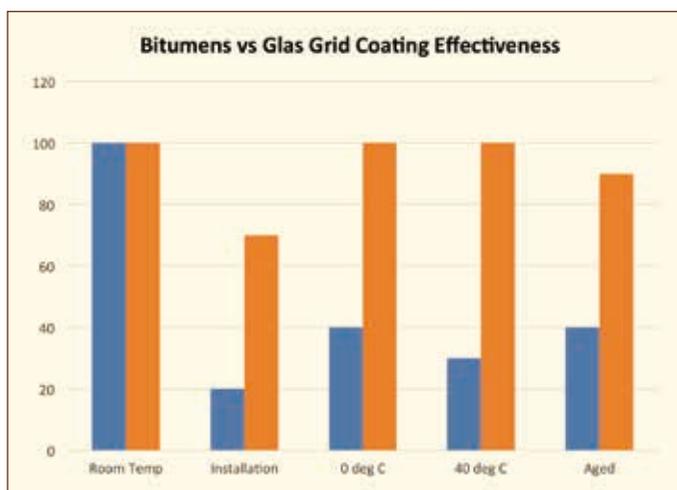
El revestimiento puede verse desde dos puntos de vista, uno como componente estructural y el otro de protección. Las propiedades físicas y mecánicas promedio de las mallas son afectadas fundamentalmente por la composición del material de revestimiento. La maximización de la resistencia a tensión combinada provista por cada fibra de vidrio es afectada por el módulo al corte del revestimiento. Si a las fibras se les permite el deslizamiento relativo entre sí, entonces la resistencia última a tensión no podrá desarrollarse. Revestimientos bituminosos no proveen el nivel de beneficios a las fibras de vidrio que puede proveer un revestimiento polímero elastómero.

La gráfica más abajo muestra que hay una significativa diferencia entre un revestimiento bituminoso y el revestimiento polímero elastómero de GlasGrid. El módulo al corte del bitumen cae significativamente cuando se está a una temperatura de pavimento típica de verano, mientras que el módulo al corte de nuestro revestimiento polímero elastómero se mantiene relativamente estable a través de los rangos de temperaturas de pavimentos que podemos encontrar en México.



La geomalla inicial cuenta con recubrimiento de bitumen y reporta en su ficha técnica una resistencia a la tensión de 120 KN x 120 KN. La geomalla GlasGrid 8511 cuenta con recubrimiento de polímero y tiene una resistencia a la tensión última de 100 KN x 100 KN.

Como se puede ver en la gráfica siguiente, durante la instalación que es cuando estas geomallas de fibra de vidrio están expuestas al mayor daño debido a la temperatura del asfalto. Las geomallas recubiertas por bitumen pierden hasta el 80% de su resistencia mientras que las geomallas recubiertas por polímero que pierden un 30% de su resistencia.



Por lo que si comparamos una geomalla de fibra de vidrio con recubrimiento de bitumen de 120 KN con una geomalla de fibra de vidrio con recubrimiento de polímero de 100 KN tenemos un mejor desempeño de ésta última.

**Table 1. Propiedades malla fibra vidrio rehabilitación Pista 5R-A1CM**

Propiedades	Método	Unidades	GlasGrid 8511®	QuiniRoad 120B
Resistencia última a la tensión laboratorio MD X TD (MARV)	ASTM D6637/ EN ISO 10319	kN/m	>100 x 100	120 x 120
Resistencia a la tensión al 2% deformación MD X TD (MARV)	ASTM D6637/ EN ISO 10319	kN/m	>80 x 80	NO REPORTA
Elongación última a la tensión (MARV)	ASTM D6637/ EN ISO 10319	%	<=3	<=3
Tipo material	NA	-	Polímero elastomérico	Bitumen (betún oxidado)
Revestimiento				
Punto de fusión	ASTM D279	°C	>232	NO REPORTA
Punto de fusión fibra de vidrio	ASTM C338	°C	>832	>500
Factor de reducción de la resistencia del revestimiento por instalación (MARV)		%	>=70	>=20
Resistencia a la tensión luego de la instalación (MARV)	Prueba interna	kN/m	>70 x 70	24 x 24
Apertura de la malla de centro a centro	NA	mm	25 x 25	40 x 40
Porcentaje de área abierta	ASTM D4751-16	%	>=50	NO REPORTA

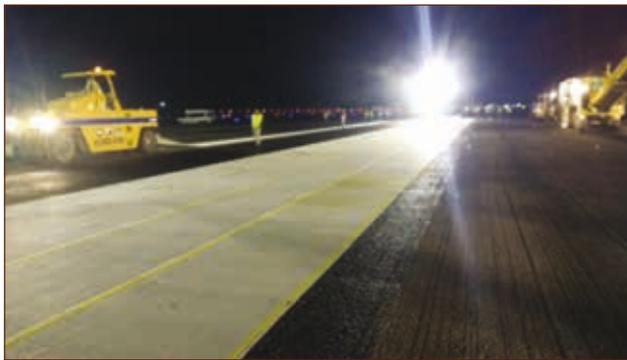
¿Tienes un artículo técnico?

...envíalo a [dirgral@amaac.org.mx](mailto:dirgral@amaac.org.mx) y podrá ser publicado en

**ASFÁLTICA**  
REVISTA TÉCNICA

## Comparativa de ambas mallas para determinar Resistencia a la tensión después de la instalación

Como podemos observar la resistencia a la tensión luego de instalación es mayor en la geomalla GlasGrid 8511, por lo que se optó por continuar con esta malla en el proyecto, y debido a la hora en la que se realizaban los trabajos se decidió por el color Blanco GlasGrid BASIC100, que tiene la misma resistencia que la del color oscuro pero que para trabajos nocturnos es superior en visibilidad.



Fotos de la instalación en AICM de GGBASIC100.

Se encontraron también otras bondades al momento de la instalación:

- GlasGrid BASIC100 cuenta con un adhesivo que al momento de su colocación se pega a la superficie y no se mueve, por lo que se ocupa menos personal para su colocación.
- El traslape longitudinal es de únicamente 5 cm, es decir, tiene un área efectiva de trabajo de 12% mayor (1.45 metros), esto se traduce en menor consumo de material.
- El revestimiento de polímero elastomérico le da una mayor resistencia al material por lo que no se quema, no se arruga y no se rompe al contacto con la mezcla asfáltica caliente.
- Lo anterior se traduce en mejores rendimientos de colocación.

Una de las grandes aportaciones que se tuvieron en la obra fue la presencia de Greg Lyon de TENSAR, que es la persona que ha instalado esta geomalla GlasGrid BASIC100 en los Aeropuertos de Dubái, Nueva York y otros importantes aeropuertos y que dio la guía y supervisión al correcto procedimiento de Instalación, resultando un proyecto exitoso y en miras a replicarse este 2018. ☺



En la foto: ing. Lizeth Vergara, MI Erick Sánchez-Barrales, ing. Greg Lyons, ing. Óscar Corona, en la instalación nocturna de GGBASIC100.



# Segundo periodo de inscripción 2019



## Del 1 al 14 de marzo

Más información: [tecnico3@amaac.org.mx](mailto:tecnico3@amaac.org.mx)  
01(55) 5606 7962



**VISE**

EL  
**MUNDO** QUE  
**IMAGINAS**



comunicacion@vise.com.mx | (477) 215 9000 www.vise.com.mx

# Conocimientos, habilidades, aptitudes y valores para emprender con éxito

## Competencias de gestión empresarial

### **Administración del riesgo**

Siempre debe uno de analizar los pros y contras de las decisiones que toma la dirección y/o la de los colaboradores con:

- Las actividades del negocio.
- Los clientes.
- Los proveedores.

Hacer el diagnóstico con mucho cuidado, ya que los tres factores van de la mano.

Ejemplo: *El cliente desea un tiempo de entrega especial (más corto).*

*Se debe analizar con la línea de producción: ¿qué tanto afecta al programa actual?*

*Se debe analizar con los proveedores: si los insumos podemos tenerlos en el tiempo requerido.*

### **Administración por objetivos**

Siempre es importante relacionar los proyectos por prioridad, sin dejar de cubrir ninguno de ellos.

*Hay proyectos cuyo objetivo es a largo plazo y que sólo importan al control y estadística para la empresa: Contar con una base de datos confiable y clasificada por ventas, consumos, etc. Esta actividad puede esperar, en caso*

*de tener un proyecto con resultados más inmediatos.*

### **Ejecución diligente**

El dinamismo y entusiasmo nunca debe de perderse.

### **Influencia y negociación**

Siempre debe de estar dispuesto a negociar, en beneficio de todas las partes. *Ganar–Ganar.*

### **Organización empresarial e interinstitucional**

La organización empresarial siempre será dinámica y debe estar atenta de la competencia, buscando en la mayoría de los casos, comunicación con ellos para lograr objetivos comunes. *Normalmente se realiza a través de asociaciones, colegios, cámaras, etc.*

### **Planeación y desarrollo de estrategias**

La planeación es una actividad constante, la cual debe uno revisar permanentemente, ya que las situaciones cambian de un día a otro.

### **Vinculación y coordinación de objetivos**

La búsqueda de objetivos comunes con personas o negocios relacionados o similares es indispensable para el fortalecimiento del negocio.



## Competencias directivas y gerenciales

### **Administración y desarrollo del talento**

Es de suma importancia conocer las capacidades de nuestro personal para ubicarlos en el lugar apropiado para aprovechar su máxima capacidad, aunado a una capacitación permanente.

### **Aprendizaje organizacional**

Los métodos y procedimientos que se utilizan, deben ser revisados permanentemente, ya que diariamente se tienen experiencias que nos obligan a actualizar nuestros procesos. Mejora continua.

### **Creación y dirección de equipos de alto rendimiento**

Siempre hay proyectos especiales, donde es importante integrar el per-

sonal técnico y humano que realice estas funciones con la eficiencia y eficacia requerida.

### **Desarrollo humanista y social**

Lo más importante de una empresa es el material humano. Nuestro personal debe tener la mejor calidad de vida. *Debemos de preocuparnos porque tenga resuelto su poder adquisitivo, un ambiente laboral agradable, buscando su beneficio social.*

### **Implementación y desarrollo de relaciones públicas productivas**

Las relaciones públicas y humanas es la base del éxito de cualquier empresa. Todo tu personal es lo más importante, todos tus clientes son lo más importante. Todos tus prospectos, son lo más importante. Todo ser humano es lo más importante. *Como tu tratas es como tu quieres que te traten.*

### **Inteligencia financiera**

Se debe tener la capacidad para hacer la mejor inversión. *El buen manejo del flujo financiero, te dará certidumbre para el futuro.*

### **Liderazgo**

El empresario debe ser líder. Debe tener la capacidad para motivar al personal, coordinar las actividades, así como fomentar la comunicación entre sus integrantes. *Debe buscar que todo el personal de su empresa traiga la camiseta puesta.*

### **Visión empresarial**

Se debe tener la capacidad para proyectar el presente y el futuro a corto, mediano y largo plazo, de acuerdo con la capacidad de la empresa (actual y a futuro).



## **Competencia de personalidad**

### **Autogestión holística**

Conocimiento pleno de sus capacidades para coordinar sus responsabilidades.

### **Autogestión camaleónica (adaptación al cambio)**

La adaptación permanente a los cambios ya sea de su empresa o de los escenarios que se presenten, es una cualidad imprescindible.

Se debe contar con la habilidad necesaria para recordar las experiencias obtenidas, para modificar el comportamiento en beneficio de sus intereses personales y de su empresa.

### **Fortaleza mental**

Dominio absoluto de sus sentimientos.

### **Iniciativa**

Siempre debe buscar innovaciones que ayuden a la mejora continua.

### **Inteligencia emocional**

Mente fría y pies en la tierra.

### **Manejo de crisis y resiliencia**

Capacidad humana de asumir con flexibilidad situaciones límite y sobreponerse a ellas.

### **Pensamiento creativo**

Generar nuevas propuestas

### **Psicología del poder**

Capacidad para comprender procesos y conductas asociadas a situaciones de poder.

### **Responsabilidad social y generación del bien común**

Generar proyectos con beneficio del bien común.

### **Imagen empresarial**

La imagen empresarial es un espejo de la imagen personal y de sus colaboradores.

## **Competencia técnica**

### **Comunicación escrita**

Es muy importante la expresión sencilla y que se indique claramente la idea deseada.

### **Comunicación verbal**

Es muy importante la expresión sencilla y que se indique claramente la idea deseada, tomando en cuenta las características del interlocutor.

### **Conocimiento del producto y del negocio**

Se debe conocer plenamente el producto o servicio que se oferta y de las actividades principales del negocio.

### **Derecho empresarial**

Conocer la normativa correspondiente al giro empresarial.



**Desarrollo de criterios y estándares de calidad**

Conocer e implantar estándares de calidad, así como definir los criterios con base a las políticas generales de la empresa.

**Desarrollo de fuentes de financiamiento institucional**

Identificar y encontrar fuentes de financiamiento que se adecuen a las necesidades de la empresa.

**Desarrollo y penetración de mercados**

Conocer el mercado deseado y la forma de atenderlo.

**Desarrollo de productos**

Definir el concepto de producto, desarrollar el proceso, elaborar pruebas, proyectar el lanzamiento y planear el crecimiento en el mercado.

**Desarrollo de tecnología**

Conocer las innovaciones tecnológicas nacionales y extranjeras relacionadas con su actividad y buscar su adaptación, si así se requiere a sus productos.

**Generación de alternativas sustentables**

Definir procesos empresariales que fomenten el equilibrio con el medio ambiente.

**Generación de riqueza**

Mantener una solvencia conveniente, que permita un crecimiento adecuado a los intereses personales.

**Generación y desarrollo de ventajas competitivas**

La identificación de elementos de la empresa que nos permita potencializarlos para ampliar el mercado.

**Inferencia estadística**

Contar con información estadística de la industria, nacional e internacional, que permita obtener conclusiones acertadas para la mejora continua.

**Manejo de información contable**

Se debe conocer o generar la información contable necesaria para el cumplimiento de las obligaciones fiscales.




La apuesta **segura**  
por el líder en  
equipos de ensayos  
de pavimentos



EMS TECH  
Electromechanical  
Servoactivation  
Technology



Verdadera **Innovación**,  
Asesoramiento experto,  
Soporte Técnico

[www.controls.com.mx](http://www.controls.com.mx)

La más amplia gama de equipos **Protocolo AMAAC** Niveles I, II, III y IV

T (+52 55) 5532 0799 - 5532 0722

Desde **1995**  
estamos presentes  
en **México**

EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A. DE C.V.

Avenida de la Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda - Atizapán de Zaragoza - Estado de México, C.P. 52959

[info@controls.com.mx](mailto:info@controls.com.mx)

# GMC

- GRUPO MULTISERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN -

TRABAJAMOS CON LA CONVICCIÓN DE  
**MEJORAR A NUESTRO  
MÉXICO**

## VÍAS TERRESTRES

- ASFALTOS, EMULSIONES Y MODIFICADOS
- ADITIVOS PARA ASFALTO Y COLORANTES
- ESTABILIZADOR IÓNICO DE SUELOS
- LABORATORIO NIV.II AMAAC
- RENTA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS PARA RIEGOS



## ENERGÍA

- DIÉSEL, COMBUSTIBLE ALTERNO Y COMBUSTÓLEO
- TRANSPORTE ESPECIALIZADO
- PROYECTOS FOTOVOLTAICOS Y DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



## MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN

- PINTURAS E IMPERMEABILIZANTES
- ESMALTES Y EPÓXICOS
- SUPERFICIES DEPORTIVAS
- SELLADORES PARA PAVIMENTOS, GRIETAS Y BACHES



ASFALTOS NACIONALES E IMPORTADOS  
DE NORTE A SUR DE MÉXICO.

[www.gmarca.com](http://www.gmarca.com)

**CAT 018007171800**

BOLUCIONE  
ASFALTICA

HELLOS

VIAL

Novocoast

petrien

DOCTOR  
BACH

DRAVELOCK

SEALOFLEX

OMNIR

SMEDT

LUZSOL

PENETRA

TOPSEAL

ULTRALINK

BITUELASTIC