

Camineros, Mayo 2004

Entrevista al Dr. Mario S. Hoffman, quién desarrolló la metodología de análisis basada en el Modelo de Hogg y el concepto del Cuenco de Deflexiones en el que se basa la metodología AASHTO 1993 para el diseño de rehabilitación de pavimentos.

1. Dr. Hoffman, usted es reconocido por ser el creador del método de análisis de deflexiones a través del uso del modelo de Hogg; Cómo nace ese interés por tal emprendimiento?

En el año 1975 comencé mi maestría en el Technion y tuve la suerte de vincularme profesionalmente con el profesor G. Wiseman y el Dr. J. Uzan, que por esos tiempos habían desarrollado una metodología simple para la evaluación estructural de pavimentos basada en el modelo de Hertz. Este modelo representa una losa de espesor medio soportada por una subrasante de resortes caracterizada por su coeficiente "k". El atractivo de esta metodología es que se trata de un "modelo simple de 2 parámetros", ya que sólo basta conocer la longitud característica " l_0 " y el coeficiente del resorte "k" para definir al sistema. Los valores de 2 deflexiones en el cuenco representan 2 ecuaciones de las que se pueden extraer, por cálculo inverso, estos 2 parámetros.

Consecuentemente nace la inquietud de extender la metodología de Hertz para el caso de una losa de espesor medio soportada por una subrasante elástica caracterizada por su módulo de elasticidad, E, y su coeficiente de Poisson. μ . Hogg había resuelto las ecuaciones para el cálculo de la deflexión central bajo una carga uniforme circular por los años 30 del siglo pasado. Nuestra contribución fue ampliar la solución de Hogg para el cálculo de deflexiones en puntos distantes de la carga circular definiendo así el cuenco de deflexiones. Una vez que se conoce el cuenco de deflexiones teórico de Hogg, es posible determinar, por cálculo inverso, los 2 parámetros básicos del sistema: " l_0 " y "E" de la subrasante midiendo tan sólo 2 valores de deflexiones.

2. Hemos escuchado críticas respecto a que el modelo de Hogg idealiza a un pavimento como una capa rígida antes que a una flexible, por lo que su uso para la caracterización de pavimentos asfálticos no sería aplicable? Qué comentarios le merecen estas opiniones?

La capa rígida de Hogg no afecta mayormente a la caracterización de la subrasante. El modelo bicapa elástico de Burmister y el modelo de Hogg dan módulos de subrasante altamente comparables. Recientemente hemos propuesto utilizar el modelo de Hogg para evaluar el Número Estructural efectivo de pavimentos asfálticos (Structural Number de AASHTO) basado en la interpretación de cuencos de deflexiones medidos con el Deflectómetro de Impacto – Falling Weight Deflectometer (FWD). Para este efecto, se propone una corrección de los parámetros evaluados por el modelo para contrarrestar la "rigidez" de la capa superior de Hogg. El lector interesado en profundizar sobre el tema está invitado a leer el artículo "Direct Method for Evaluating Structural Needs of Flexible Pavements With Falling-Weight Deflectometer Deflections", publicado en el Transportation Research Record 1860, pp 41-47, TRB, Washington, DC, 2003.

3. En la década de los 80's se empezó a utilizar el modelo de Hogg para el análisis de deflexiones medidas con Viga Benkelman, en proyectos de evaluación de pavimentos. Cree usted que tal metodología tiene aún vigencia? Porqué.

Pienso que sí. Siempre conviene preguntarse cuáles son las alternativas y qué aportan estas. La medición directa de la relación de carga-deformación, aún tratándose de la anticuada viga Benkelman es de un valor inmenso para la

evaluación estructural del pavimento. Independientemente del modelo de análisis o el método de medición utilizados, se puede aceptar el esquema básico según el cual las deflexiones "altas", "medianas" o "bajas" guardan relación directa con pavimentos "fuertes", "medianos" o "débiles", respectivamente. El desarrollo de una base de datos de la red local, de naturaleza comparativa, basados en mediciones frecuentes con la viga Benkelman puede aportar la experiencia necesaria para acrecentar la confiabilidad en la metodología y aportar criterios prácticos de uso. De ser posible, hay que aspirar a la medición de cuencos de deflexiones con el deflectómetro de impacto, el cual se ha convertido internacionalmente en el método estándar.

4. En EEUU el uso de la viga Benkelman prácticamente ya no existe, a pesar de ser el país donde se creó tal equipo. Sin embargo en Latinoamérica el uso de la viga aún persiste en muchos países, a pesar del espacio que está cobrando el empleo del deflectómetro de impacto (Falling Weight Deflectometer). Sin embargo los costos de esta nueva tecnología impiden su difusión masiva, por lo que es posible que la viga Benkelman seguirá siendo aún el equipo de mayor uso por algunos años más. ¿Qué recomendaciones daría usted a los usuarios del deflectómetro Benkelman a fin de optimizar los resultados en la evaluación de pavimentos? Respecto a las mediciones? Respecto de las metodologías?

Esta es una pregunta compleja y parte de la respuesta ha sido dada en la pregunta anterior. El desarrollo tecnológico de los últimos 25 años coincide en señalar al FWD como el equipo más adecuado para la evaluación estructural y el diseño de refuerzos de pavimentos rígidos y flexibles. Los beneficios que se obtienen de la medición sistemática de cuencos de deflexiones a nivel de red nacional, red local o proyecto específico sobrepasan holgadamente los costos de adquisición o operación de un FWD. De manera que la cuestión de costos del equipo no debe evaluarse en forma absoluta sino en forma relativa. Mientras tanto, pienso que el uso de la viga Benkelman, la observación, comparación y graficado de las deflexiones medidas, y la interpretación de los resultados por medio de un esquema similar al modelo de Hogg, representan un aprovechamiento adecuado de estos datos.

5. ¿Cuál es su posición respecto de la vigencia de los métodos empíricos para el análisis de deflexiones?

Los métodos empíricos son un mal necesario. El problema con ellos es cuando se constituyen en la única opción de análisis y se abusa de la creencia que sus resultados son infalibles y adecuados para cualquier eventualidad. Deben usarse solamente como un complemento del análisis, reconociendo sus limitaciones.

6. ¿Cuál es su opinión respecto de la desconfianza que aún en nuestros días inspiran el uso de metodologías racionales para el análisis de deflexiones? ¿A qué cree que se deba esto?

Pienso que tiene que ver con las obvias limitaciones que tienen los modelos racionales o mecánicos vigentes en representar el complejo comportamiento de las capas de pavimento y los suelos de subrasante. La pretensión que materiales viscosos, inelásticos, no lineales, discontinuos, heterogéneos, etc. obedezcan a los lineamientos de la teoría de capas elásticas, lineales, homogéneas e isotrópicas limita con la desfachatez. Por otro lado, y este es posiblemente el quid del dilema, no hay nada mejor, por lo menos, por ahora.

7. Usted es un gran referente en el tema de los pavimentos y sus estudios son la base de las metodologías de diseño como AASHTO 1993, conjuntamente con el Dr. Marshall Thompson de la Universidad de Illinois. ¿Cuál es su expectativa respecto del nuevo método de diseño que ha sido anunciado por dicha entidad? ¿Cree usted que la innovación teórica podrá

reemplazar al importante componente experimental que es necesario para validar y calibrar con la realidad a todo método de diseño?

Esta pregunta es muy interesante y su enunciado encierra parte de la respuesta. El esfuerzo y dinero invertidos en el desarrollo del método "AASHTO 2002" (no publicado aún en el 2004) demuestran la avidez existente en USA por encasillar el diseño de pavimentos dentro de un esquema racional, mecanístico, computarizado. Yo pienso que la contribución del nuevo método tiene sus limitaciones por las siguientes razones.

- a) El esfuerzo invertido en "mejorar" la caracterización del comportamiento de muestras de materiales en el laboratorio – que constituye una parte importante del nuevo método – no necesariamente aporta al entendimiento de la compleja relación de estos materiales entre sí, colocados en capas de diferentes espesores, con el transcurso del tiempo y el consiguiente cambio de propiedades mecánicas, reológicas etc.
- b) La definición y cuantificación de lo que constituye "falla" en los pavimentos sigue siendo problemática. Consecuentemente, el desarrollo de lo que se suele llamar "funciones de transferencia" (transfer functions) que relacionan entre el comportamiento temprano del material y el desarrollo de "fallas" en función de la carga, el tiempo, la temperatura, etc. siguen siendo algo vagas y nebulosas. En otras palabras, sigue pendiente la cuantificación apropiada de los objetivos del diseño en términos de tipo, severidad y cantidad de fallas que aparecerán en nuestro pavimento después de un tiempo pre-determinado. Además, sigue vigente el uso de los postulados elástico-lineales aplicados a la mecánica del continuo, y lamentablemente, nuestros materiales son discretos y discontinuos.
- c) Sigue poniéndose énfasis en el diseño basado en cargas de tráfico que conllevan a fisuramiento de fatiga (fatigue cracking) y deformaciones en las huellas de tráfico (rutting). Se mantiene un tanto difuso o indirecto el tratamiento de otras fallas que no dependen directamente del tráfico, como envejecimiento y oxidación de asfaltos, suelos expansivos, suelos blandos, fallas térmicas, fallas de humedad, fallas de construcción etc.
- d) La adopción de los nuevos equipos de ensayos de materiales en el laboratorio es muy costosa, de aprendizaje laborioso y de utilidad que sólo el tiempo dirá. En esto, el nuevo método de diseño de AASHTO sigue con la línea de SHRP y el método Superpave para mezclas asfálticas.

En este caso también hay que preguntarse hay algo mejor? La respuesta en este caso tampoco es fácil o única. Hay que tomar de cada esquema lo mejor y adaptarlo de la mejor manera posible a las condiciones y limitaciones del medio local en que uno opera.

8. Cuál es el futuro en el tema de evaluación estructural y diseño de pavimentos? No cree que el tema de los costos de las nuevas tecnologías las aleja cada mas de la mayoría de países de Latinoamérica, creándose una brecha con los países industrializados?

Pienso que ciertos elementos de esta pregunta ya han sido tratados en respuestas anteriores. Hay que reconocer que la evaluación estructural y el diseño de refuerzos de pavimentos existentes, que se deterioran más rápidamente de lo esperado, constituyen una rama vial importante, necesaria e irremplazable. De aquí se deduce que la adopción de métodos y equipos adecuados es sumamente importante, y el futuro es ahora.

Con respecto a los costos, propongo el siguiente razonamiento: Hoy por hoy es posible cubrir en unos 30 minutos la medición de cuencos de deflexiones con el FWD

en 1 km-carril de carretera cada 50 m (20 puntos/km). ¿Qué otro método permite una cobertura más densa, de la respuesta estructural del pavimento bajo una carga real (de 6 á 8 toneladas), similar a la carga vehicular pesada, en menos tiempo y a un costo más bajo? Si bien el costo depende de las condiciones y precios locales, se puede estimar el costo de la medición antedicha en unos 150 dólares, o seguramente menos. Postular la dificultad de incorporar equipos modernos de evaluación estructural de pavimentos en base a limitaciones económicas, guarda cierta relación (salvando las obvias diferencias) con plantear limitaciones similares a la incorporación de métodos y equipos modernos de diagnóstico médico como el scan electrónico, el ultrasonido, etc. Hay que pensar en los beneficios, no sólo en los costos.

9. Cómo discípulo del Dr. Wiseman, cabeza visible de aquel grupo notable de investigadores del Technion de Israel en la década de los 70-80's, cual cree que fue el aporte mas notable de este científico para el desarrollo del tema de los pavimentos?

El reconocimiento que hay una cantidad limitada de información útil que puede derivarse del tratamiento racional-analítico de pavimentos. De ahí que hay que mantener estos esquemas en un nivel simple, lógico y práctico.

10. Que mensaje daría usted a los jóvenes estudiantes que buscan que aprender y a los jóvenes profesionales que buscan un espacio en el mundo laboral competitivo de hoy?

Pienso que es importante ser curioso. También pienso que no debemos creer todo lo que nos cuentan y no debemos aceptar esquemas metodológicos hasta que no los comprendemos completamente, en especial sus supuestos y limitaciones. La ingeniería vial necesita gente joven con ideas nuevas y frescas, con una gran creatividad. Pienso que los desafíos que nos deparan la ingeniería vial en general, y el tema de diseño y evaluación estructural en particular, son altamente estimulantes. Admito que no soy del todo objetivo al decir esto, pero sí, muy sincero.