



GUÍA NCHRP 1-37 ROMPIENDO PARADIGMAS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Luego de cuarenta años aplicándose la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO¹, el National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) presentará a finales de este año la propuesta 1-37A; que de ser aceptada, significará un cambio que romperá paradigmas con relación a la metodología del diseño de pavimentos. Todo esto sin contemplar conceptos innovadores como Falla Funcional y Servicapacidad introducidos por AASHTO.

A pesar de las sucesivas revisiones y actualizaciones efectuadas a la Guía en los años 72, 86 y 93, varias razones han motivado el cambio que el NCHRP prepara desde 1999; siendo la principal causa argumentada el alto porcentaje de fondos destinados en los Estados Unidos para reconstruir, ampliar y mejorar los pavimentos existentes; sin embargo, detrás de esta explicación totalmente justificada, se aceptan dos realidades sustentadas en el origen del método: En primer lugar el carácter empírico del mismo, considerando extrapolaciones de condiciones de terreno, geográficas y ambientales; y el segundo, el cambio de la realidad presentada ante el crecimiento vertiginoso de las cargas actuantes.

Lo anterior se entiende recordando que el método a ser reemplazado fue el resultado del Experimento Vial AASHO² desarrollado a finales de los cincuenta en la ciudad de Ottawa, Illinois. Para llevarlo a cabo

- Guillermo Bonilla, Ing. Civil. MSc.

Facultad de Ingeniería. Universidad Católica Andrés Bello

¹ AASHTO: American Association of State Highway Transportation Officials).

² AASHO: American Association of State Highway Officials

se construyeron distintas pistas en seis circuitos viales con diferentes secciones que mantenían espesores iguales de pavimento asfáltico con un solo tipo de material de subrasante; una de las pistas se utilizó para evaluar el efecto del clima. Durante dos años se realizaron las mediciones de campo y posteriormente se inició el análisis de la información recogida (Corredor, 1998).

El método original de diseño correlacionaba la información obtenida de variables objetivas, como el daño presentado en el pavimento con subjetivas como la comodidad sentida por los usuarios; de esta manera se obtuvo la fórmula principal que relaciona la Capacidad de Servicio del Pavimento (Servicapacidad), el deterioro del mismo y las cargas acumuladas actuantes.

Los materiales que conforman el pavimento se integraron al diseño mediante números índices " a_i ", que al multiplicarse por el espesor respectivo lo convierten en aporte estructural; estos índices se obtuvieron con base a las condiciones del suelo, factores regionales y características de materiales. Como indican Yoder y Witczak -1975, los coeficientes de capas designados como a_1 , a_2 y a_3 para las capas superficial, bases y subbases, respectivamente resultaron de la relación empírica entre la capacidad estructural del pavimento y los espesores de capa, ver figura N°1.

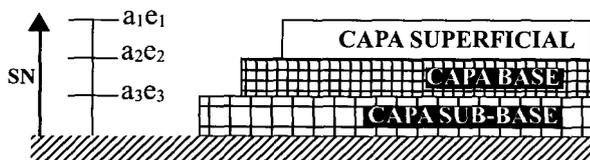


Fig. N° 1. Estructura del Pavimento

El Número Estructural —SN- del pavimento, representado en la figura por la flecha vertical a la izquierda, corresponde al aporte total necesario para que la subrasante sólo reciba el nivel de esfuerzos que pueda resistir, entonces cada capa del pavimento ofrecerá un aporte proporcional a su propio espesor, de manera que se cumpla:

$$SN \leq a_1e_1 + a_2e_2 + a_3e_3$$

Por otra parte, con relación a las cargas actuantes acumuladas, cabe destacar que éstas podían considerarse de dos formas: Efectos de Tráfico Fijo y

Efectos de Vehículo Fijo; el método de Efectos de Tráfico Fijo contemplaba un vehículo de diseño representativo ignorando el resto de las cargas, mientras que el de Efecto de Vehículo Fijo obligaba a determinar el daño de los vehículos en términos de número de repeticiones de cargas de un eje patrón, esta última fue la utilizada por AASHTO.

Con base a esto, el número de repeticiones de cargas respondía a una fórmula que relacionaba, entre otras, diferentes variables como el Número Estructural—SN-, la Servicapacidad final, las condiciones climáticas y las características del subsuelo; obligando a incorporar factores que de alguna manera consideraran estos aspectos para lograr generalizar el método. Por ejemplo, bajo este contexto, el subsuelo fue incorporado mediante un coeficiente arbitrario "S" (Yoder y Witczak, 1975, pág. 512).

Razón del cambio de Paradigma

Durante el desarrollo de la Guía AASHTO 86, se reconoció que los procedimientos futuros deberían dejar de sustentarse en relaciones empíricas para basarse en principios Mecánicos; de hecho la Guía ASHTO 93 contiene un capítulo dedicado al tema. Además, Según McGhee, 1999, la razón fundamental para que original-mente no se considerara este tipo de método estaba en el nivel de avance de la computación; para la fecha no existían computadoras personales. De hecho, Burmis-ter en 1940 desarrolló las ecuaciones preliminares mediante métodos analíticos para la solución problemas de esfuerzos y deformaciones en suelos estableciendo tablas de aplicación. En este sentido, se entiende como Mecánico el uso de métodos analíticos para estimar esfuerzos, deformaciones y deflexiones que hacen racional el proceso de diseño.

Algunas de las debilidades actuales del método ASSHTO son:

- El método original no consideró la rehabilitación de pavimentos.
- Es difícil extrapolar los efectos de diferentes condiciones climáticas sobre el pavimento.
- Es difícil extrapolar los efectos de diferentes condiciones de subrasante
- No se utilizaron materiales estabilizados, que en la actualidad si se utilizan.
- La configuración por ejes y tipos de cauchos representativos de la época de los cincuenta está desincorporada en la actualidad.

- Materiales nuevos, métodos de ejecución y alternativas de drenajes no fueron consideradas en el experimento vial.
- Las cargas equivalentes aplicadas durante dos años de experimentación, actualmente son superadas en pocos meses de inaugurada una vía.
- Dos años de evaluación experimental no ofrecen información más acertada que pavimentos existentes con más de cuarenta años.

Filosofía que sustenta la Guía para Diseño de Pavimentos NCHRP

A pesar que la propuesta NCHRP intenta superar las limitaciones del método AASHTO, es razonable comprender que encuentre resistencia por parte de ingenieros y técnicos; por esta razón la filosofía de el NCHRP busca asegurar la aceptación de los usuarios y la validez del método, para lo cual se establecieron los siguientes principios:

- Será aplicada una vez validada tecnológicamente.
- Contará con versatilidad para aplicar localmente.
- Considerará el diseño de pavimentos nuevos como la rehabilitación.
- Los modelos matemáticos se basarán en métodos analíticos.
- La Guía estará acompañada de programas de computación accesibles y amigables.
- La Guía será totalmente amigable.

Cambios inmediatos que aplicará la nueva Guía

Con relación al aspecto general, se desarrolló un sistema jerárquico de tres niveles, donde cada proyecto encajará en uno único conforme su importancia, que estará determinada por diferentes factores como efectos económicos derivados de futuros daños del pavimento e información de tráfico, junto al conocimiento que se pueda tener de los materiales y métodos constructivos. El nivel N°1 representa el diseño que encaja propiamente dentro de la propuesta por contemplar la máxima exigencia; por otra parte, el N°3 es el menos conservador, necesitando menor información y exactitud.

Sobre las cargas actuantes, el principal efecto derivado de la aplicación de la nueva propuesta es la sustitución de Ejes Equivalentes por el concepto de

Espectro Total por Eje de Cargas; según el cual todo vehículo tiene su propio espectro de carga expresado en función de los diferentes ejes que contenga (Sencillos, dobles o triples).

Conforme a lo anterior, se contemplan tres niveles de procedimientos:

Nivel N°1: Procedimiento avanzado, deberá utilizarse en el diseño de corredores viales para tráfico pesado; la información de entrada requiere conteo y clasificación de vehículos pesados que utilizan la vía, incluyendo distribución direccional y por canal; Espectro de Carga específico del sitio. Ensayos de laboratorio más sofisticados como el Módulo dinámico de los materiales.

Nivel N°2: Para diseños de rutina, con información de conteos y clasificación direccional regional. Permitiendo estimaciones de tráfico para los Espectros de Carga y ensayos menos exigentes en materiales.

Nivel N°3: Procedimiento elemental o nivel más bajo de información, adecuado para vías que presenten mínimas consecuencias si el pavimento falla o bajos volúmenes de vehículos pesados. En este nivel se entiende que el diseñador no cuenta con información completa y carece del Espectro de Cargas.

Respecto a las hipótesis de fallas se mantienen los conceptos de Falla Estructural y Falla Funcional; la Falla Estructural se relaciona con el agotamiento del pavimento, reflejándose mediante grietas y deformaciones que indican la necesidad de realizar mantenimiento. La Falla Funcional está asociada con el nivel de comodidad que ofrece el pavimento al usuario, evaluado hasta la fecha según el Índice de Servi-capacidad Presente (PSI), que representa una medida empírica de las alteraciones del pavimento que afectan la comodidad del usuario durante el período de vida del pavimento; la propuesta contempla la sustitución del PSI por el indicador IRI -International Roughness Index,- que es una medida normalizada de la aspereza de una superficie; con la ventaja de presentar buena correlación con la Servicapacidad y ser consistente independientemente de la velocidad que mantenga el vehículo.

Sobre los materiales a utilizar en la construcción de pavimentos, se consideran tres niveles de caracterización según el grado de tecnología y calidad de laboratorios con que se cuente; entendiéndose que el Nivel N°1 al ser más exigente requiere de la caracterización de los materiales conforme a su origen y uso; para pavimentos asfálticos se exige el Módulo

Dinámico, los de concreto requieren del Módulo Elástico; los materiales de bases, subbases y la subrasante, el Módulo Resiliente; todos obtenidos mediante la ejecución de ensayos; el Nivel N°2 permite estimar los parámetros de caracterización y el Nivel N°3 acepta que la información no puede ser obtenida. La tabla N°1 resume lo expuesto.

Exigencia	Medido	Estimado	Omisión
Materiales/ Nivel	1	1	1
Concreto Asfáltico	Modulo Dinámico	Modulo Dinámico	Modulo Dinámico
Concreto	Modulo Elástico	Modulo Elástico	Modulo Elástico
Materiales Estabilizados	Módulos	Módulos	Módulos
Materiales Granulares	Módulo Resiliente	Módulo Resiliente	Módulo Resiliente
Subrasante	Módulo Resiliente	Módulo Resiliente	Módulo Resiliente

Tabla N°1. Caracterización de materiales

Resultados esperados con la aplicación de la nueva Guía.

El objetivo a mediano y largo plazo es disminuir la inversión en gastos de rehabilitación de pavimentos, por lo que la Guía NCHRP tiene como finalidad disminuir las fallas prematuras de pavimentos antes de cumplido el período de diseño, conforme se observa en la figura N° 2.

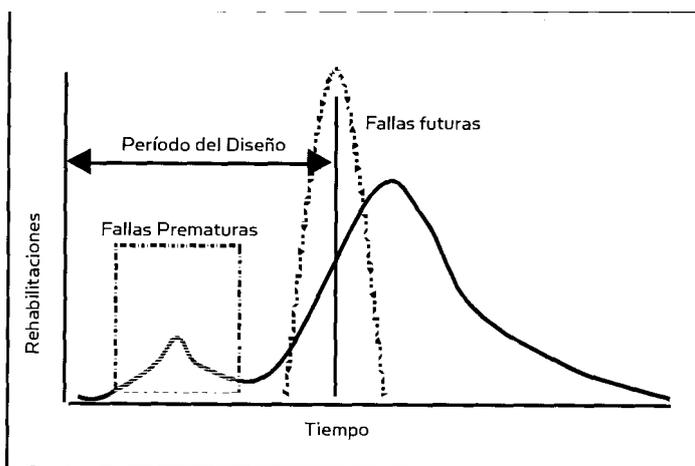


Figura N°2. Comportamiento del pavimento
(Fuente: McGhee, 1999)

La línea de trazo grueso representa en función del tiempo el comportamiento de pavimentos rehabilitados, donde las fallas prematuras equivalen a un porcentaje importante. A pesar que parte del trazo se concentra cerca del Período de diseño, existe un grado de dispersión apreciable debido a las razones expuestas; la curva punteada corresponde al estado deseado de fallas futuras que deberán concentrarse hacia el final del Período de Diseño, lo que se espera alcanzar mediante la aplicación de métodos Mecánicos con base a los Niveles citados.

Para terminar, es importante destacar que independientemente del grado de tecnología que se alcance, las variables a considerar dentro del diseño de pavimentos son muchas, y no todas están bien conocidas; por esta razón la palabra "Empírico" se mantendrá durante largo plazo. Entonces, deberá esperarse suficiente tiempo para observar los resultados de la aplicación propuesta.

Bibliografía

- Corredor, Gustavo. Apuntes de Pavimentos Vol. III. Editorial Lola Fuenmayor. 1998
- Mc. Ghee, K.H.. Sumary of the prposed 2002 Pavement Design Guide. NCHRP. Project 1-37⁴. 1999
- Montejo Alfonso; Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Segunda Edición. Ed. Universidad Católica de Colombia.1998
- Yoder, E. J. y Witczak, M. W.. Principles of Pavement Design. Ed. John Willey & Sons, Inc. 1975.
- Guide for the Design of Pavement Structures. AASHTO.1993