

---

Saber y Hacer  
Revista de Ingeniería de la USIL  
Vol. 1, N° 1. Primer semestre 2014. pp. 77 - 83

---

Estado del arte de la ingeniería de pavimentos  
State of the Art of Pavement Engineering

Andrés Sotil<sup>1</sup>  
Universidad San Ignacio de Loyola

Recibido. 26.11.13  
Aprobado: 10.01.14

---

<sup>1</sup> Ingeniero, Bachelor of Science, Master of Science, Doctor Philosophiae P.E. en Ingeniería Civil - Arizona State University, enfocado en transportes, materiales y pavimentos. Profesor a tiempo parcial - USIL. Correo electrónico: andres.sotil@usil.edu.pe

## Resumen

Este artículo presenta la condición actual de las carreteras y el tráfico peruanos, conformados por un parque automotor en pleno crecimiento, sin renovación efectiva, y por un sistema carretero que crece lentamente y con diseños inadecuados importados de otras realidades, que no son suficientes para satisfacer la necesidad de vías en excelentes o buenas condiciones, por un largo tiempo y con un mínimo mantenimiento o rehabilitación a lo largo y ancho del país. Se ha empezado con esfuerzos individuales, pero no coordinados, tratando de importar los nuevos conocimientos adquiridos en Estados Unidos y en otros países, pero nos falta una entidad que nos guíe en el proceso. Este artículo propone cuatro acciones que deben implementarse para orientar el esfuerzo de la mejora de los caminos y pavimentos peruanos en la dirección correcta.

**Palabras claves:** Ingeniería de pavimentos, carreteras, parque automotor.

## Abstract

This article presents the current conditions of Peruvian roads and traffic, consisting of a continuously increasing vehicle fleet without an effective unit replacement, and of a road system that grows slowly and with inadequate design imported from other realities that are not enough to satisfy the need of excellent/good road conditions, that last a long period of time, with minimal maintenance or rehabilitation throughout the country. Initial individual efforts have been taken, but they are uncoordinated, trying to import the new knowledge from the US and other countries, but we are still in need of an entity that guides us through this process and effort. This article proposes four steps that have to be implemented to guide the effort of improving Peruvian roads and pavements in the right direction.

**Key words:** pavement engineering, roads, vehicle fleet.

## Introducción

Continuamente se observan carreteras rurales y/o calles urbanas que, poco tiempo después de haber sido inauguradas, presentan problemas (baches, grietas, hundimientos y otros daños). Esto se debe, entre otras causas, a malos diseños, malos materiales, mala ejecución de la obra, falta de control de calidad, mayor cantidad de tráfico y/o una combinación de los mismos. Este artículo cubrirá los distintos aspectos de los pavimentos en el Perú y precisará qué acciones deberían llevarse a cabo para orientar el esfuerzo de mejorarlos.

### I. Las carreteras y el tráfico en el Perú.

A partir de los años 90 se entendió en el Perú que es fundamental para el crecimiento

del país el tener vías de comunicación apropiadas que permitan un movimiento seguro, rápido y eficiente. Es así que se procedió con la reconstrucción de vías como la carretera Panamericana –que se encontraba en total estado de abandono–, la Carretera Central y otras vías de penetración del territorio nacional.

Sin embargo, para los años 2000 fue tal el crecimiento vehicular debido a la liberalización de la importación (incluyendo unidades con timón cambiado), que la frecuencia de accidentes aumentó de aproximadamente 50,000 por año en 1992 a más de 85,000 por año en 2009 (Policía Nacional del Perú, 2009). A pesar de que existían vías relativamente recuperadas (aunque con bajos niveles de mantenimiento), la demanda vehicular era tal que las condiciones del tránsito se volvieron y continúan estando muy inseguras. Más aún, la conversión de la fuente de energía de gasolina/petróleo a GLP o GNV ha permitido que vehículos antiguos –que en otras condiciones se hubieran vuelto inviables por su alto consumo de combustible– se mantengan en el mercado e incrementen el parque automotor.

Como solución a estos problemas, y ante las limitaciones que el Estado tiene para gestionar sus carreteras, se decidió empezar con la concesión de diversas rutas en todo el país, incluyendo vías como las panamericanas Norte y Sur, las carreteras IIRSA Norte y Sur y la Carretera Central, entre otras. El objetivo primordial de estas concesiones es recuperar el nivel de seguridad de las autopistas concesionadas mediante la atención continua de las mismas (incluyendo mantenerlas sin huecos, baches y/u otras fallas que afecten la seguridad del usuario) y aumentar su capacidad con la construcción de carriles adicionales o nuevos alineamientos que permitan tener mejores vías.

## **II. Los pavimentos peruanos.**

El elemento fundamental de cualquier carretera es su pavimento, y tanto el Estado en las vías que aún mantiene (cerca de 230,000 kilómetros) como las concesiones (14,000 km al 2013, con proyección a 18,000 km al 2016) [Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público, OSITRAN, 2011; Perú21, 2012; Provías Nacional, 2011] necesitan dominar el tema de la ingeniería de pavimentos y sus materiales. Ante esta situación, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) elaboró el primer Manual de Suelos y Pavimentos, que se publicó a inicios del 2013 (MTC, 2013), y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) había hecho lo propio antes, en 2010 (MVCS, 2010).

Pese a que se trata de un esfuerzo importante, es primordial señalar que esos manuales vienen quedando cortos en alcance y no son suficientes para poder satisfacer la necesidad de vías en excelentes/buenas condiciones por periodos largos de tiempo,

con un requerimiento mínimo de mantenimiento/rehabilitación, debido a las condiciones exigentes de la geografía y los usos peruanos. Construir carreteras con pavimentos que deberán ser rehabilitados/reconstruidos en menos de cinco o 10 años es un desperdicio de recursos, materiales y tiempo que el Perú no puede darse el lujo de hacer.

Lamentablemente, el manual presentado utiliza métodos empíricos que se usaron en Estados Unidos en los años 30 y que hoy son considerados obsoletos por su muy limitado alcance. Más aún, el manual tiene como base el método norteamericano de la AASHTO de 1993 para el diseño estructural de los pavimentos (diseño de espesores). Este método es el resultado de correlaciones de campo observadas en Ottawa (Illinois) a finales de los 50 y a inicios de los 60, con camiones y tecnología de la época. Dicha información se extrapola y sus resultados se aplican indiscriminadamente en cualquier región del Perú.

Por otro lado, las mezclas asfálticas se diseñan siguiendo la metodología Marshall u otras similares, que en ningún momento son capaces de definir cuánta falla ese material es probable de soportar y generar después de un tiempo/tráfico dado. Incluso, estas metodologías de diseño de mezclas no tienen interacción alguna con la metodología de diseño de espesores.

Finalmente, los ligantes (asfaltos) utilizados en el Perú se clasifican, en su mayoría, bajo el sistema PEN, que se basa en ensayos de penetración que dan una idea de consistencia relativa entre una y otra mezcla, pero que no tiene una relación definida con propiedades fundamentales de los materiales –entre ellas, el esfuerzo y/o la deformación–, como sí lo tienen elementos civiles como columnas, vigas y losas, entre otros.

### **III. Nuevas tendencias en el área de pavimentos.**

Estas limitaciones fueron identificadas en los EE.UU. en 1984 y, entonces, se decidió cambiar dichos métodos por sistemas que se basaran en propiedades fundamentales de los materiales y que fueran capaces de interrelacionar el diseño de mezclas (materiales) con el de estructuras (espesores). Después de 24 años y millones de dólares gastados en investigación, pruebas de campo, medición de fallas y ensayos de materiales en laboratorio, la National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), entidad norteamericana que se dedica exclusivamente a fomentar y dirigir la investigación en el área de carreteras, presentó a la comunidad pavimentera de EE.UU. y del mundo, que esperaba ansiosa, la Mechanistic-Empiric Pavement Design Guide (MEPDG), que reemplazaría a la metodología actual del AASHTO (TRB, 2002).

La MEPDG fue elaborada por Eres Consultant Inc. (pavimentos rígidos) y por Arizona State University-ASU (pavimentos flexibles) bajo el liderazgo del doctor Michael Darter y

del doctor Matthew W. Witczak, respectivamente. Lo novedoso de este método AASHTO 2008 es que puede usar propiedades fundamentales de los materiales, condiciones de tráfico, clima y diversas configuración de espesores, así como ecuaciones basadas en la mecánica de los materiales, para calcular/predecir las fallas que se observarán en el campo. Considerando cuánto es la falla máxima, se puede determinar si el diseño de materiales y/o espesores es el apropiado o si se necesita cambiar una o más variables.

El gran problema de la MEPDG es el tiempo de cálculo que, dependiendo de la complejidad del problema y de la cantidad de datos disponibles, puede tomar entre 5 minutos y 4 horas por simulación. Es así que investigadores en ASU elaboraron una base de datos bastante amplia y compleja mediante simulaciones de la MEPDG (presoluciones) que puedan ser utilizadas para interpolar diversos escenarios, con tiempos de entre 1 y 3 minutos.

Estas investigaciones –iniciadas en el año 2004 con programas en MS Excel– han concluido con la presentación del Quality-Related Specification Software (QRSS), que es capaz de proveer resultados basados en la MEPDG, relacionando por primera vez ensayos de laboratorio de materiales asfálticos, como el módulo complejo dinámico,  $E^*$  (versión viscoelástica del módulo de Young), que sustentan el uso de ligantes con clasificación Superpave (basada en propiedades de viscosidad y comportamiento, reemplazante de métodos como el PEN, usado en Perú) con el diseño de espesores y penalidades/premios por mala/buena construcción en base a las fallas predichas (Sotil, 2005; Fugro Consultants, 2011).

Actualmente, tanto el MEPDG como el QRSS están siendo evaluados por los departamentos de transportación de los estados norteamericanos, que vienen acumulando los datos necesarios para hacer uso completo de las guías. Estos datos incluyen realizar ensayos, medir el tráfico y las fallas para calibrar regionalmente las ecuaciones mecanísticas-empíricas.

#### **IV. Conclusión: El camino ideal para los pavimentos peruanos.**

En el Perú se ha presentado la MEPDG o AASHTO 2008 y, de manera irresponsable, algunas instituciones e ingenieros crean cursos que ofrecen enseñar la guía MEPDG y sus fundamentos. Sin embargo, mientras no se tengan los datos necesarios para su uso y no se enseñen los conceptos básicos de manera profunda y con valor de título de ingeniería, maestría y doctorado, los cursos serán similares a enseñar MS Excel y decir que alguien ya puede ser contador porque le han enseñado a hacer tablas y gráficas.

En base a las experiencias norteamericanas y de otros países (Brasil, Costa Rica, Colombia, Argentina, entre otros) es necesario:

- 1) Que en el Perú se cree una entidad que dirija la política de investigación en el área de transportes y carreteras, similar a la NCHRP norteamericana.
- 2) Esta NCHRP peruana debe convocar al MTC, al Colegio de Ingenieros del Perú (CIP), a gobiernos regionales y locales, a universidades, a contratistas y a alumnos para armar la estructura que sustente el crecimiento en esta rama de la ingeniería a punta de investigaciones serias y de largo plazo, no mediante cursos de dos o tres días que no tienen valor real ni ingenieril.
- 3) Una de las investigaciones debe estar orientada a la implementación de la MEPDG y la QRSS, o programas mecanísticos-empíricos similares, que requieren datos que nos van a demandar entre 15 y 20 años para recolectar y validar. Finalmente, estos métodos nos alejarán de los métodos actuales, empíricos y extrapolados, como son el ensayo CBR, el Marshall, el AASHTO 93 y ligantes tipo PEN.
- 4) Tanto los manuales del MTC como el del MVCS deben ser mejorados paulatinamente, incluyendo de a pocos las nuevas tecnologías que las investigaciones de la NCHRP peruana implementen y estandarizando metodologías, normativas y técnicas a aplicarse en todo el país.

Toda esta información nos permitirá tener métodos de diseño que logren extender la vida de los pavimentos nuevos y rehabilitados –que serán usados por el Estado y las concesiones– y harán posible que las vías de nuestro país sostengan, de manera eficiente, segura y rápida, la gran demanda vehicular existente y futura.

## Referencias

- Fugro Consultants, Inc. y Arizona State University (2011). *NCHRP Report 704. A Performance-Related Specification for Hot-Mixed Asphalt*. Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2010). *Norma Técnica de Edificaciones (NTE) CE.010 Pavimentos Urbanos*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- OSITRAN (2011). Nota de Prensa N° 40: Carreteras concesionadas representan el 35% de la red vial nacional. *Oficina de Relaciones Institucionales*. Revisado el 20 de setiembre, 2013; disponible en <http://www.ositran.gob.pe/RepositorioAPS/0/0/not/notadeprensa40b/Notadeprensa40.pdf>.
- Perú21 (2012). *El MTC impulsará concesiones viales por US\$3,000 millones hasta el 2016*. Revisado el 20 de setiembre, 2013; disponible en <http://peru21.pe/2012/07/05/economia/mtc-impulsara-concesiones-viales-us3000-millones-hasta-2016-2031828>.
- Policía Nacional del Perú (2009). *Anuario PNP 2009*. Revisado el 23 de setiembre, 2013; disponible en <http://www.pnp.gob.pe/documentos/PNP/index.swf>.
- Provías Nacional (2011). *Proyecto Perú 2011*. Revisado el 22 de setiembre, 2013; disponible en [www.proviasnac.gob.pe](http://www.proviasnac.gob.pe).
- Sotil, A. (2005). *Use of the Dynamic Modulus  $E^*$  Test as Permanent Deformation Performance Criteria for Asphalt Pavement Systems* (Dissertation de Doctorado). Arizona State University, Tempe AZ.
- TRB - Transportation Research Board (2002). *Guide for Mechanistic Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures*. Washington D.C.: National Cooperative Highway Research Program.