



La cimentación del futuro pavimento del proyecto Bajos de Chilamate - Vuelta Kooper, actualmente en construcción en la Zona Norte de Costa Rica, está compuesta principalmente por suelos derivados de cenizas volcánicas con altos contenidos de humedad natural. Fotografía: WVM.

LA MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

Ing. William Vargas Monge, Ph. D.

Profesor asociado, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica

Investigador y asesor técnico, LanammeUCR.

Introducción

La aplicación de principios de la Mecánica de Suelos en la Ingeniería de Pavimentos, ya sea en el análisis de cimentaciones de pavimentos, el diseño de pavimentos completos o su evaluación estructural en servicio, se ha quedado de alguna manera rezagada respecto del conocimiento acumulado mediante la investigación en más de medio siglo de desarrollo mundial de la Ingeniería Geotécnica. Esencialmente, el problema de un pavimento desde la perspectiva de la Mecánica de Suelos, es el mismo que se da en la interacción suelo-estructura, aunque los elementos particulares pueden ser relativamente desconocidos para un ingeniero especialista en cimentaciones de edificaciones.

Los requisitos del diseño de pavimentos son esencialmente dominados por las condiciones de servicio de la estructura, sin embargo, el comportamiento de los materiales está también influido fuertemente por las condiciones y los procedimientos constructivos. El problema de los pavimentos que atañe principalmente a la Mecánica de Suelos es la comprensión de cómo los suelos y materiales granulares responden a la carga repetida y la aplicación de ese conocimiento en el diseño, basados en un análisis teórico apropiado y una comprensión de los mecanismos de falla. Las características esfuerzo-deformación no lineales de los materiales geotécnicos son un rasgo particular del problema y tienen que ser atendidas en el diseño y la evaluación.

A pesar del avance en la Ingeniería Geotécnica, los métodos actuales de diseño de pavimentos son total o parcialmente empíricos y, a menudo, basados en el uso de la prueba de CBR (*California Bearing Ratio* o valor de soporte relativo), que fue abandonada en California hace unos sesenta años. Varias herramientas geotécnicas están disponibles en la actualidad para ayudar al ingeniero de pavimentos. Estas incluyen el análisis teórico, equipos de ensayo de laboratorio, pruebas de campo y ensayos a escala real con la instrumentación adecuada. Aunque el método más empleado históricamente es en esencia empírico, el desarrollo de enfoques basados mecanísticamente se perfila como el futuro de los métodos de diseño de pavimentos y se prevé una mayor integración de la Mecánica y la Dinámica de Suelos en ese proceso.

Aspectos básicos

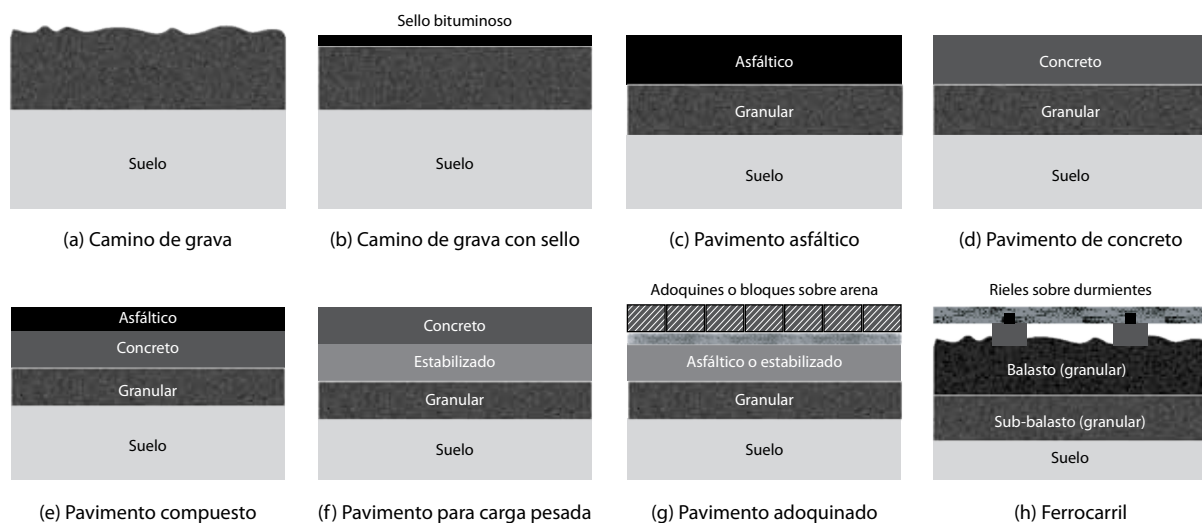
Los pavimentos son estructuras de Ingeniería Civil utilizadas para que los vehículos que operan con ruedas transiten de manera segura y económica. Hay una muy amplia gama de estructuras de pavimento dependiendo de la naturaleza de los vehículos que deben ser acomodados, las cargas de las ruedas implicadas y el número de cargas que se deberán soportar a lo largo de un período de tiempo dado.

La Figura 1 muestra las secciones transversales de un número de diferentes tipos de pavimento que van desde caminos de tierra, grava o "lastre" que comúnmente se encuentran en zonas rurales o de poco desarrollo, hasta pavimentos flexibles asfálticos o rígidos de concreto utilizados para tránsito pesado en las autopistas. Las vías de ferrocarril son otro tipo especial

de pavimento en el que, el método de transmisión de la carga al suelo difiere al de un pavimento de carretera o aeropuerto, pero para el que los principios básicos de la Mecánica de Suelos se aplican igualmente.

La variedad de estructuras que se observa en la Figura 1 indica claramente que el ámbito de la Ingeniería de Pavimentos es bastante amplio. Un ingrediente esencial de esta disciplina es la Mecánica de Suelos ya que todas las estructuras están en contacto íntimo con el suelo y en la mayoría se combinan una o más capas de material granular no estabilizado. Además, un ingeniero de pavimentos "completo" tiene que entender los principios de la Mecánica de Asfaltos, de la tecnología del concreto y de la estabilización con agentes cementantes, así como las configuraciones estructurales más complejas, utilizadas en las pistas de aeropuertos o en las vías de ferrocarril. El ingeniero tiene que tratar con los efectos de las cargas de vehículos, ya sea de camiones, de aviones, de tráfico de terminales de contenedores o de material rodante ferroviario y con la influencia del medio ambiente en la estructura del pavimento, en particular, de la temperatura y el agua. El uso apropiado de geosintéticos es importante para el drenaje, la filtración, la separación de capas y el refuerzo también, así como los usos de otras técnicas de mejora del suelo tales como la estabilización. Cada vez más, la ocupación principal de esta profesión se está convirtiendo en la evaluación y mantenimiento de los pavimentos más que el diseño y la construcción de obras nuevas. La evaluación estructural y el diseño de tratamientos curativos son actividades en las que el papel de la Mecánica de Suelos, aunque no es tan significativo como en una construcción nueva, es de gran importancia y está en rápida expansión.

Figura 1. Secciones transversales de diversos tipos de pavimento. (Adaptado de Brown, 1996)



La Ingeniería Geotécnica o la Mecánica de Suelos no pretenden tener influencia o abarcar todos los aspectos de ingeniería de pavimentos, ni tienen un papel importante en todos ellos. Más bien, su papel se concentra en la cimentación del pavimento, lo que en términos generales se define como una o más capas de material granular compactado, no cementado, que se colocan sobre el suelo de la subrasante (Fig. 2).

Dado que la interacción entre la base y la capa de concreto o material bituminoso colocado sobre ella es fundamental para el diseño del pavimento y para los procedimientos de evaluación estructurales, se requiere del conocimiento de las propiedades de los materiales y de sus mecanismos de falla. Esto permite que la aplicación de los principios de la Mecánica de Suelos para la cimentación se ponga en su contexto correcto. Sin embargo, en la Ingeniería de Pavimentos, la construcción con materiales asfálticos domina la práctica y es, por lo tanto, el foco principal de atención. Además de ser el cimientado de los pavimentos, el suelo y otros materiales geotécnicos forman parte de la infraestructura vial y pueden estar inalterados en los cortes, o remodelados en los terraplenes. Estas obras son las que predominantemente se reconocen como "geotécnicas viales".

Perspectiva histórica

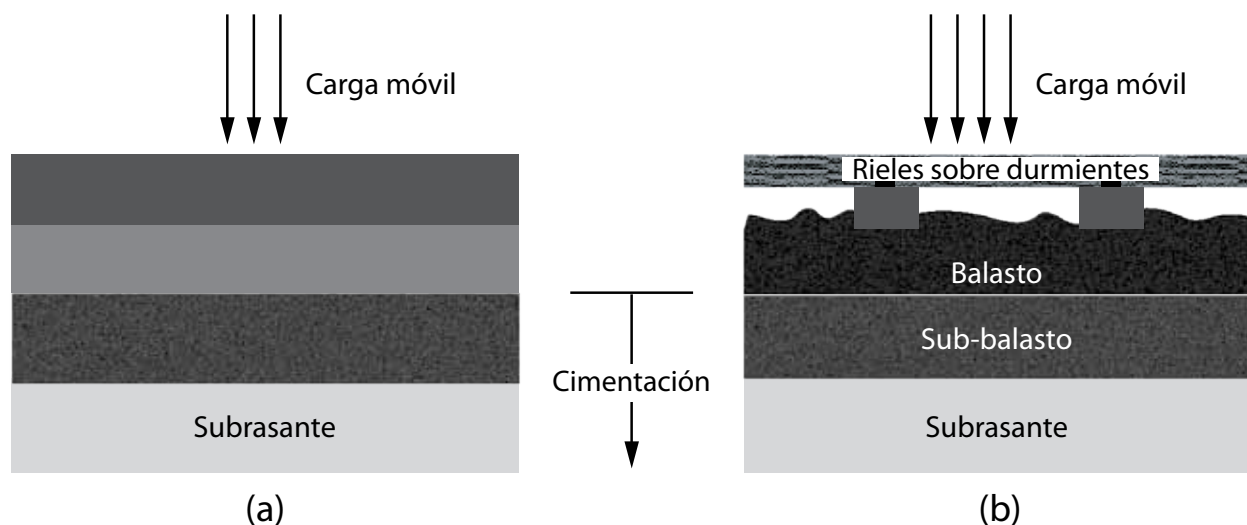
Aunque los métodos de diseño y procedimientos aplicados en Ingeniería de Pavimentos varían un poco en todo el mundo, las características esenciales de la práctica actual son bastante comunes. El diseño actual de pavimentos tiene como antecedente una práctica esencialmente empírica que evolucionó por sí misma en la primera mitad del siglo XX. La investigación científica y técnica se realiza desde mediados de 1950 y ha logrado extender los conocimientos actuales hasta un nivel de teoría "mecánica" aplicable al diseño.

Los aspectos más relevantes de la práctica de la Ingeniería de Pavimentos que tienen relación con la Mecánica de Suelos son la filosofía de diseño, los fundamentos del análisis teórico, la evaluación y modelación de las propiedades de los materiales, la realización de pruebas de laboratorio, de campo, y de experimentos a escala reducida y natural.

Un estudio de las principales fuentes de información (artículos de revistas y conferencias) sobre avances en los últimos treinta años demuestra claramente que la Mecánica de Suelos para Pavimentos se ha convertido en una parte muy pequeña de la Ingeniería Geotécnica. Por otra parte, la investigación sobre pavimentos ha crecido en forma independiente y se ha concentrado cada vez más en los problemas asociados con el uso de las mezclas asfálticas o bituminosas. Aunque se han realizado importantes trabajos de investigación sobre los suelos y materiales granulares para pavimentos, éstos en general no han sido publicados o discutidos en las revistas más serias o en las conferencias de Mecánica de Suelos más importantes.

Es importante reconocer que el trasfondo de la práctica usada para la caracterización de subrasantes en el diseño de pavimentos fue desarrollado a partir de orígenes esencialmente diferentes a las de Terzaghi, Skempton, Roscoe y los otros pioneros de la Mecánica de Suelos moderna. Aunque los pavimentos y los ingenieros existen desde hace siglos, los primeros procedimientos de ingeniería para análisis de suelos y diseño de pavimentos se generaron y adoptaron principalmente después de la Segunda Guerra Mundial, por parte de las agencias federales de los Estados Unidos (Davis, 1949). Esta etapa inicial fue seguida por un amplio programa de investigación sobre las condiciones de humedad en subrasantes, que se inspiró en la Física de Suelos de la Agronomía (Pedología) y no en la disciplina emergente de la Mecánica de Suelos. Croney y Coleman (1948) argumentaron

Figura 2. Definición de cimentación de un pavimento (a) de una carretera y (b) de un ferrocarril. (Adaptado de Brown, 1996)



que, dado que las cimentaciones (subrasantes) estaban por encima del nivel freático, las condiciones del agua son similares a los de interés para los agrónomos.

La inversión tan importante en estudios de las condiciones del agua subterránea debajo de las superficies selladas por pavimentos continuó durante unos 15 años, al parecer, al margen de los acontecimientos paralelos en Mecánica de Suelos. Las dos disciplinas se conocieron en la Conferencia sobre Presión de Poro y Succión en Suelos de 1960, en la que fue evidente que las diferencias de definiciones, de los parámetros usados y de la filosofía del diseño, habían avanzado hasta el punto en que la reducción de la brecha era una cuestión no trivial (Cooling et al., 1961). La aplicación del principio de *esfuerzo efectivo* era el problema central.

Otras ramas de la Mecánica de Suelos que tienen algo en común con pavimentos incluyen a la Ingeniería Sísmica, la ingeniería de cimentaciones *off-shore* y el diseño de cimentaciones de máquinas. En todos los casos, el tema común es la carga repetida o cíclica. Es importante señalar que el profesor Harry Seed, que tanto contribuyó a la comprensión de la Mecánica de Suelos en el marco de cargas sísmicas, comenzó su interés por la carga repetida con el problema del pavimento (Seed et al., 1955). De hecho, el término “módulo resiliente”, que será tema de otro artículo, fue sugerido por Seed.

Aspectos esenciales

Aparte del desarrollo independiente de investigación de la subrasante, los requisitos de Mecánica de Suelos para la ingeniería de pavimentos difieren significativamente de los de importancia en otras aplicaciones geotécnicas. Las diferencias esenciales pueden resumirse de la siguiente manera:

- a) El suelo y los materiales granulares de pavimentos se ubican usualmente por encima del nivel freático, pero por debajo de una superficie sellada, aunque esta no inhibe completamente la entrada de agua. Por lo

tanto, en la estructura y especialmente en el suelo de subrasante se pueden presentar condiciones saturadas y no saturadas.

- b) Los suelos y materiales granulares de los pavimentos en operación son sometidos a un gran número de aplicaciones de carga con niveles de esfuerzos muy por debajo de su resistencia al corte.
- c) Cuando los pavimentos están sin terminar, el tránsito de la construcción aplica directamente a los materiales de las capas granulares esfuerzos mucho mayores que durante la operación, aunque el número de aplicaciones de carga es menor.
- d) En una sola aplicación de carga de una rueda en movimiento, una estructura de pavimento responde de una manera esencialmente *resiliente*. Sin embargo, bajo el efecto de las cargas repetidas los materiales pueden acumular deformaciones plásticas no recuperables (permanentes) y viscosas. Esto permite separar el análisis teórico de los pavimentos en dos partes en lugar de aplicar un solo análisis (elasto-plástico o elasto-visco-plástico) como es común para los problemas de carga monotónica en ingeniería geotécnica.

Propiedades de los suelos: diferencias y concordancias

En virtud de la complejidad del comportamiento mecánico de los materiales que componen la estructura de un pavimento, es necesario conocer un conjunto amplio de propiedades y contar con herramientas adecuadas para su evaluación, así como para el análisis y diseño. Las propiedades de suelos y agregados estudiadas comúnmente en Mecánica de Suelos y los ensayos de materiales más usados desde los inicios de la Ingeniería de Pavimentos se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades y ensayos de los suelos de mayor uso en Ingeniería de Pavimentos. Fuente: Adaptado de FHWA, 2005.

Propiedades / Ensayos	Designación AASHTO	Aplicación	Usos principales en Ingeniería de Pavimentos
Contenido de humedad	T 265	Frecuente	Verificación de humedad de compactación
Gravedad específica	T 100	Frecuente	Cálculos de densidad y razón de vacíos. Identificación de los posibles componentes mineralógicos de suelos y agregados
Densidad in situ	T 191	Frecuente	Verificación de densidad de materiales compactados
Granulometría	T 88	Frecuente	Clasificación de suelos y aceptación de agregados
Límites de consistencia	T 89, T 90	Frecuente	Clasificación de suelos y aceptación de materiales de relleno / subrasante.
Compactación o densidad remoldeada (Proctor estándar y modificado)	T 99, T 180, T 224	Frecuente	Obtención de parámetros contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima de compactación.
Valor Relativo de Soporte o California Bearing Ratio	T 190, T 193, T 292, T 294	Frecuente	Obtención del valor de CBR en los materiales de base, sub-base y sub-rasante.
Permeabilidad	T 215	Moderado	Evaluación de materiales estructurales y de subdrenajes
Compresión inconfina	T 208	Limitado	Evaluación de la resistencia a la compresión simple o uniaxial.
Corte Directo	T 236	Limitado	Evaluación del ángulo de fricción de suelos y materiales, especialmente arenosos.
Compresión triaxial	T 296, T 297	Limitado	Evaluación de la resistencia de los suelos finos y gruesos.
Consolidación	T 216	Limitado	Evaluación del potencial de asentamientos de suelos finos.

Con respecto al uso de los parámetros y ensayos listados en el Cuadro 1, se pueden agregar los siguientes comentarios:

- El ensayo de laboratorio de contenido de humedad con horno de calor es poco práctico para su uso en la verificación de humedad de compactación en el campo, ya que requiere de 24 horas, por lo que ha sido sustituido por otros como el horno de microondas (AASHTO T 255, ASTM D 4643). Estos tienen limitaciones que deben ser tomadas en cuenta y verificadas.
- En los suelos de origen piroclástico (cenizas volcánicas) de nuestro país se ha identificado la presencia de partículas de minerales arcillosos “amorfos” o de corto alcance como la alófana y la halloysita, que incluyen moléculas de H₂O en su estructura. En consecuencia, el secado con temperaturas superiores a 100 °C tiene consecuencias irreversibles en el comportamiento del material y no se debe aplicar a las muestras de los ensayos de granulometría por sedimentación (vía húmeda), gravedad específica y límites de consistencia. Adicionalmente, el contenido de humedad, los límites de consistencia y la humedad óptima de compactación se deben evaluar con procedimientos específicos que permitan diferenciar esta del agua vadosa (en los poros del suelo). Las normas de ASTM a la fecha han establecido excepciones solo en los ensayos de gravedad específica y límites de consistencia. La forma actual más sencilla de reconocer el problema es realizar el conjunto de ensayos con el material seco al aire y seco al horno, observando si se producen diferencias significativas en el comportamiento.
- Los ensayos de densidad in situ basados en medición de volumen desplazado han sido sustituidos por la medición con base en radiación (densímetros nucleares, ensayo AASHTO T310). Estos deben ser calibrados y recibir mantenimiento con frecuencia adecuada para dar resultados confiables y por razones de seguridad.
- La clasificación adecuada de los materiales geotécnicos es esencial para definir su posible uso en Ingeniería de Pavimentos. El principal uso de estos materiales es el de cimentación, es decir, servir como sub-base o subrasante. En Mecánica de Suelos se favorece el uso del Sistema Unificado de Clasificación (UCS) mientras que en Ingeniería de Pavimentos se prefiere el de AASHTO, que tiene un número menor de clases o tipos. Para clasificar un material, los ensayos de granulometría y límites de consistencia son suficientes pero no para entender y predecir mejor el posible comportamiento y problemática. Se pueden identificar algunos problemas específicos: los suelos arenosos licuables con base en la granulometría, los limos “colapsables” y los suelos arcillosos expansivos con base en los límites de consistencia.
- Desde la perspectiva de la Mecánica de Suelos, los valores obtenidos en el ensayo de compactación de

laboratorio son solamente dos propiedades físicas (contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima) significativas, pero no las más importantes. Sin embargo, en la Ingeniería de Pavimentos se convirtieron en la referencia principal de las especificaciones técnicas para la verificación de los efectos de la compactación en el campo. Existe poca integración en la práctica de la investigación de los efectos de la compactación y de los cambios posteriores de humedad o grado de saturación sobre las propiedades de mayor importancia e interés desde la perspectiva de la Mecánica de Suelos, tales como la resistencia, la rigidez y la permeabilidad. Como confirmación de la importancia dentro de la Ingeniería Geotécnica, en la actualidad existe un gran número y variedad de ensayos para la evaluación de esas propiedades in situ, según los tipos de obra y las aplicaciones involucradas. Las técnicas abarcan desde la generación y el registro de la propagación de ondas elásticas hasta la penetración.

- El CBR es el parámetro de mayor uso histórico para representar el *comportamiento* de la subrasante en el diseño de pavimentos. Sin embargo, por ser un valor relativo, debería tener más uso como *indicador* que como propiedad mecánica. Por lo tanto, el diseño basado en CBR es categóricamente empírico. En el fundamento y en el procedimiento del ensayo de CBR está implícita la comparación de rigideces del material y un estándar, aunque otros aspectos o limitaciones del mismo impiden una adecuada interpretación mecánica. El CBR y los procedimientos de diseño empírico basados en este parámetro están siendo progresivamente sustituidos por el módulo resiliente (MR) y el diseño “*mecánico*”, es decir, basado en propiedades mecánicas que representen comportamientos reales. Este tema será tratado en otro artículo, por su importancia y alcances.
- Aunque Seed y algunos otros autores de mucho peso en la Mecánica de Suelos han sugerido el uso cuidadoso del ensayo de compresión confinada para obtener valores de módulo elástico, con el cual el resiliente guarda estrecha relación, su uso en la Ingeniería de Pavimentos se ha limitado al estudio de las mejoras de resistencia en los materiales estabilizados con cemento y cal.

La realidad nacional

El Laboratorio de Materiales, del cual procede el actual Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme) fue fundado en 1951, como parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica. El Laboratorio fue creado para atender no solamente las necesidades académicas, sino para la realización de ensayos de materiales y determinación de la calidad de la construcción de obras de infraestructura importantes de la época, tales como el Aeropuerto El Coco (actualmente, Aeropuerto Internacional Juan Santamaría).

En su inicio, los ensayos de suelos y de pavimentos fueron ejecutados en un mismo laboratorio y por el mismo personal, sin delimitar ni diferenciar las áreas y en cooperación con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), así como otras instituciones públicas importantes del país.

Con el paso del tiempo y el progreso hacia las disciplinas cada vez más especializadas de la Ingeniería Civil, en las décadas de 1960 y 1970, se produjo la diferenciación y separación de las áreas en Mecánica de Suelos y Pavimentos, dentro del Laboratorio de Materiales y el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Civil también. En forma paralela, la relación de colaboración con el MOPT fue reduciéndose y de esta manera, en la década de 1980, el Laboratorio de Pavimentos atendía fundamentalmente las necesidades de docencia e investigación de la Escuela de Ingeniería Civil. La pérdida de personal técnico y de la capacidad de ejecución de proyectos por administración del MOPT de esa década se reflejó en el abandono y el mal estado de las carreteras durante la década de 1990.

El papel del Laboratorio de Materiales (LanammeUCR) siempre ha sido fundamental para la evolución de la práctica ingeniería de pavimentos en el país. Las primeras etapas del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), a finales de la década de 1990 e inicios de la de 2000, identificaron claramente la necesidad de investigación del comportamiento de los materiales estructurales en el campo y el laboratorio, así como de capacitación en el diseño como una forma de incidir en el mejoramiento del desempeño de los pavimentos. Durante la década de 2000 se logró consolidar el liderazgo de PITRA en investigación y capacitación, lo que unido a su acción fiscalizadora ha impactado positivamente la calidad de los *pavimentos*. Sin embargo, al finalizar la década de 2000 e iniciar la de 2010, aun persisten errores y deficiencias en la práctica de la ingeniería de pavimentos. Adicionalmente, el mal estado y la consecuente vulnerabilidad de otros *componentes viales* como los puentes, las obras de drenaje (alcantarillas, cunetas, subdrenajes) y las obras geotécnicas (taludes de corte, rellenos, muros de retención) revelan que estos no han recibido la misma atención en la inversión pública.

El mal estado de los pavimentos in situ y la vulnerabilidad geotécnica de la infraestructura vial nacional son la consecuencia de estructuras inadecuadas en diseño o construcción, pero además frecuentemente se asocian con la presencia de humedad excesiva y materiales cuyo comportamiento es sub-normal. En muchos casos observados,

el drenaje no estaba presente o había dejado de funcionar y el problema ha degenerado en algún tipo de falla. Aún no se han realizado investigaciones profundas sobre los verdaderos problemas de la Mecánica de Suelos en cuestión. Sin embargo, es evidente la necesidad de comprender y modelar mejor el comportamiento de las cimentaciones de pavimentos para evitar tener que reemplazarlas completamente. La Mecánica de Suelos ofrece actualmente los conocimientos y las herramientas para hacer las cimentaciones capaces de servir continuamente bajo pavimentos rehabilitados y evitar tener que reconstruirlos periódicamente, así como optimizar el diseño de futuros proyectos.

Conclusión

Actualmente, se comienza a revelar la importancia de estudiar los efectos de la humedad y el drenaje en todos los materiales y obras viales. En el futuro, las teorías y métodos de diseño de la ingeniería geotécnica y la ingeniería hidráulica estarán reconocidos e integrados como parte esencial de la práctica de la ingeniería de obras viales. Desde la perspectiva de la ingeniería geotécnica, se deberán aplicar los principios de la Mecánica de Suelos para resolver el problema de los pavimentos con el objetivo general de mejorar los métodos de diseño y de evaluación estructural. La labor de mezclar las teorías de la Mecánica de Asfaltos y la de Mecánica de Suelos debe ser un tema central, al igual que la evaluación de métodos de prueba simplificados para ayudar a la aplicación en la práctica. El énfasis debe estar en las propiedades de resistencia y rigidez, caracterizada por la deformación permanente y módulo resiliente. Los modelos de comportamiento deben involucrar respuesta viscosa.

Hasta la fecha, la Mecánica de Suelos ha sido una parte poco visible de la Ingeniería de Pavimentos. Sin embargo, los desarrollos teóricos y prácticos en la disciplina tales como el método de elementos finitos, la teoría de estado crítico, el estudio y la comprensión del comportamiento dinámico de los suelos (Ingeniería Sísmica) y en especial el de los suelos no saturados se han aplicado y son aplicables en la Ingeniería de Pavimentos. Una mirada hacia adelante sugiere que una mayor investigación para mejorar el conocimiento del estado de esfuerzos efectivos por debajo de los pavimentos y de la aplicación del trabajo teórico reciente sobre los suelos no saturados podría constituir la base para mejorar la Ingeniería de Pavimentos en el futuro.

Referencias Bibliográficas

1. Brown, S. F., 1996. **Soil mechanics in pavement engineering**. *Géotechnique* 46, No. 3, 383 – 426.
2. Cooling, L.F. et al., 1961. **Discussion on Session E: Roads and Runways and Agriculture** in *Pore pressure and suction in soils*, London, UK. Butterworth, 143-151. Citado por Brown, 1996.
3. Croney, D & Coleman, J.D., 1948. **Soil thermodynamics applied to the movement of moisture in road foundations**, *Proc. 7th Int. Conf. Appl. Mech.*, London, UK. 3, 163-177. Citado por Brown, 1996.
4. Davis, E.H., 1949. **The California Bearing Ratio method for the design of flexible roads and runways**, *Géotechnique*, 1, London, UK. No. 4, 249-263. Citado por Brown, 1996.
5. Federal Highway Administration (FHWA), 2005. *Federal Lands Highway Project Development and Design Manual*. En: www.wfl.fhwa.dot.gov/design/manual/.
6. Seed, H.B., Chan, C.K. & Monismith, C.L. 1955. **Effects of repeated loading on the strength and deformation of compacted clay**, *Proc. High. Res. Board*, 34, Washington, USA. 541-558. Citado por Brown, 1996.

Programa de Infraestructura del Transporte - PITRA

Ing. Luis Guillermo Loría, PhD.
Coordinador General

Ing. Fabián Elizondo
Subcoordinador

Unidades

Unidad de Auditoría Técnica

Ing. Jenny Chaverri, MScE.
Coordinadora

Unidad de Materiales y Pavimentos

Ing. José Pablo Aguiar, PhD.
Coordinador

Unidad de Evaluación de la Red Vial

Ing. Roy Barrantes
Coordinador

Unidad de Gestión Municipal

Ing. Jaime Allen, MSc.
Coordinador

Unidad de Desarrollo y Actualización de Especificaciones Técnicas

Ing. Jorge Arturo Castro
Coordinador

Unidad de Puentes

Ing. Rolando Castillo, PhD.
Coordinador

Unidad de Seguridad Vial y Transporte

Ing. Diana Jiménez, MSc., MBA
Coordinadora