



Mecánica de suelos
Aplicada a vías de transportes

Autor: Wilfredo Gutiérrez Lázares

© Derechos de autor registrados:
Empresa Editora Macro EIRL

© Derechos de edición, arte gráfico y diagramación reservados:
Empresa Editora Macro EIRL

Coordinación de edición:
Magaly Ramon Quiroz

Diseño de portada:
Rudy Herrera Torres

Corrección de estilo:
José Vásquez Espíritu

Diagramación:
Eduardo Siesquén Aquije

Edición a cargo de:
© Empresa Editora Macro EIRL
Av. Paseo de la República N.° 5613, Miraflores, Lima, Perú

☎ Teléfono: (511) 748 0560
✉ E-mail: proyectoeditorial@editorialmacro.com
🌐 Página web: www.editorialmacro.com

Primera edición: julio 2018
Tiraje: 2500 ejemplares

Impresión
Talleres gráficos de la Empresa Editora Macro EIRL
Jr. San Agustín N.° 612-624, Surquillo, Lima, Perú
Julio 2018

ISBN N.° 978-612-304-559-3
Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.° 2018-08246

Prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio o método, de este libro sin previa autorización de la Empresa Editora Macro EIRL.

Índice

Introducción.....	19
-------------------	----

Capítulo 1

Introducción a la mecánica de suelos aplicada a vías de transportes	25
1.1 Problemas en la ingeniería vial	29
1.2 Actitud del profesional	31
1.3 Actividades del investigador.....	33
1.3.1 Visión general de las metodologías	35
1.4 Generalidad de la red vial nacional.....	36

Capítulo 2

Filosofía de diseño y causas de falla.....	41
2.1 Condición y serviciabilidad del pavimento	44
2.2 Vida remanente y rehabilitación	45
2.3 Causas de degradación del pavimento.....	47

Capítulo 3

Parámetros para el diseño de pavimentos.....	49
3.1 Análisis de la composición del tráfico.....	52
3.1.1 Proyección de ejes equivalentes	52
3.1.2 Actualización de ejes equivalentes	53
3.2 Capacidad de soporte de la subrasante	55
3.2.1 Utilidad de la información de campo.....	56
3.2.2 Capacidad de soporte de diseño	57
3.2.3 Correlación entre el PDC y CBR.....	61
3.2.4 Correlación entre el CBR y Mr.....	65
3.2.5 Valor de diseño	69

3.3 Valores de influencia.....	70
3.3.1 Nivel de confianza	70
3.3.2 Probabilidad	70
3.3.3 Pérdida de servicio.....	70

Capítulo 4

Diseño de la estructura del pavimento	71
4.1 Método AASHTO.....	73
4.1.1 Desarrollo de la ecuación AASHTO	75
4.2 Transformación a capas de pavimento.....	79

Capítulo 5

Consideraciones para la rehabilitación de pavimentos.....	81
5.1 Análisis de rehabilitación de pavimentos	84
5.2 Modelación geotécnica.....	88
5.3 Factores de influencia.....	89
5.3.1 Altitud	90
5.3.2 Número estructural existente (SNe)	95
5.3.3 Fricción neumático - Superficie	96
5.4 Sectorización.....	96

Capítulo 6

Evaluación superficial	99
6.1 Metodología CONREVIAl.....	102
6.2 Índice de condición del pavimento (PCI)	103
6.2.1 Interpretación del PCI	110
6.3 Evaluación de superficie de pavimento - PASER.....	114
6.4 Propuesta del MTC	116
6.5 Determinación del IRI y el PSI.....	119

Capítulo 7

Evaluación estructural	123
7.1 Método de ensayos no destructivos.....	125
7.1.1 Deflectometría método empírico.....	128
7.1.2 Deflectometría método matemático	131

7.2 Análisis de los resultados	134
7.2.1 Método embérico.....	134
7.2.2 Método elástico	138
7.3 Deflexiones FWD y Viga Benkelman	140
7.4 Estrategias de refuerzo	141

Capítulo 8

Rehabilitación y mantenimiento	145
8.1 Análisis de rehabilitación	149
8.1.1 Proceso para evaluación	149
8.1.2 Recolección de información.....	151
8.1.3 Interpretación de resultados	152
8.2 Comentarios del modelamiento geotécnico	156
8.3 Actividades a desarrollar	158

Capítulo 9

Aspectos medioambientales.....	161
9.1 Discusión.....	164
9.2 Realidad nacional.....	166
9.3 Medio físico.....	167
9.4 Estrategia metodológica.....	171
9.4.1 Alcance general.....	171
9.4.2 Propuesta de entregables.....	171
9.4.3 Articulación de actividades.....	172
Apéndice.....	173
Problemas propuestos.....	174
Bibliografía.....	188

Lista de tablas

Tabla 1.1 Analogía de componentes en estructuras vial y edificación.....	29
Tabla 1.2 Estructura de investigación	34
Tabla 1.3 Costo en dólares americanos por kilómetro de carretera asfáltica	36
Tabla 1.4 Longitud total y sistema nacional	37
Tabla 1.5 Densidad de la longitud de carreteras por departamentos	38
Tabla 1.6 PBI de algunos departamentos.....	40
Tabla 2.1 Frecuencia de evaluación del pavimento.....	45
Tabla 2.2 Causas de fallas de un pavimento.....	47
Tabla 3.1 Estimación de tráfico proyectado (N)	54
Tabla 3.2 Correlación entre el Mr y el CBR.....	66
Tabla 3.3 Relaciones aproximadas entre suelos y los valores de CBR.....	68
Tabla 3.4 Relaciones aproximadas entre suelos y los valores de Mr	68
Tabla 3.5 Valor de diseño de percentil	70
Tabla 4.1 Coeficientes de equivalencia de espesor.....	79
Tabla 5.1 Parámetros de diseño estructura GEO-PAV.....	88
Tabla 5.2 Características de las regiones naturales.	91
Tabla 5.3 Coeficientes de reducción por deterioro de carpeta asfáltica	95
Tabla 6.1 Catálogo de fallas para el método del PCI	108
Tabla 6.2 Causa principal de las fallas en la determinación del PCI	111
Tabla 6.3 Interpretación de los valores de PCI y la condición del pavimento.....	114
Tabla 6.4 Rangos para definir magnitud de fallas	117
Tabla 6.5 Catálogo gráfico de fallas en pavimentos	118
Tabla 6.6 Estado superficial en función al IRI.....	120
Tabla 7.1 Valor de “t” y probabilidad de ocurrencia de $D > D_c$	135
Tabla 7.2 Análisis combinado de los resultados de evaluación.....	136
Tabla 7.3 Valores recomendados para R	138
Tabla 7.4 Diseño por etapas según deflectometría ($r = 5\%$).....	142
Tabla 8.1 Niveles de prioridad para M&R.....	155



Capítulo

1



Introducción a la mecánica de suelos aplicada a vías de transportes



ABET	K	H
	90	10

Logros:

Comprende la secuencia lógica de afrontar cada uno de los capítulos del presente libro. Reconoce la importancia de la geotecnia en obras de ingeniería vial, identificándose con la especialidad de la mecánica de suelos.

TEMARIO:

- › *Problemas en la ingeniería vial*
- › *Actividades del investigador*
- › *Generalidad de la Red Vial Nacional*

INTRODUCCIÓN

El ingeniero geotécnico se forma por la experiencia de sus trabajos y realiza los ajustes necesarios a los diferentes procesos de evaluación existentes y que no necesariamente se ajustan a todas las realidades. Sin embargo, pasa inadvertido el reconocer al pavimento como una estructura de ingeniería, al emplear los suelos como elementos de construcción y no así el tradicional concreto armado. A su vez, esta estructura de pavimento debe descansar sobre un suelo de cimentación de características físicas, y mecánicas particulares y dependientes del trazo de la carretera en su conjunto.

La integración de los conceptos de la mecánica de suelos aplicada a las vías de transporte, propicia los tratados en geotecnia vial, permitiendo identificar problemas, analizarlos y establecer recomendaciones de actividades no tradicionales, adecuadas a las condiciones del entorno donde se desarrolla la obra.

Los suelos, siendo los materiales de obra más antiguos y de comportamiento complejo en la ingeniería, requieren de comprensión profunda de sus características físicas y mecánicas, que permitan articular etapas como el manejo de métodos rutinarios de análisis y diseño, con los trabajos de construcción y rehabilitación de carreteras.

Por lo general, la información recopilada en campo, para el diseño de pavimentos, es procesada empleando metodologías foráneas que no necesariamente se ajustan a la realidad. Por ello, demanda un arduo trabajo para que el manejo racional de la información culmine en recomendaciones coherentes que eviten gastos adicionales a los previstos para la construcción o rehabilitación de la carretera. La sostenibilidad del diseño dependerá del modelamiento estructural empleado para el pavimento, basado en la continua innovación de las metodologías empleadas, que en algún momento culmine con un proyecto de norma peruana de diseño de pavimentos para diferentes regiones del Perú.

Además de la falta de enfoque del método de diseño empleado frente a la realidad, para nuestro territorio no es lo mismo diseñar una carretera en la costa, que en la altiplanicie o en la zona de selva. En esta última zona, la red vial es exigua frente a las de otras regiones y los suelos en cada una de ellas son totalmente diferentes, al punto que en zonas de selva se necesitaría de ensayos de resistencia al esfuerzo cortante y hasta de consolidación, para medir

resistencia y deformación respectivamente. Por ello, es importante sensibilizar al lector a la comprensión de la mecánica de suelos y a las transmisiones de cargas de la estructura del pavimento, así como su interacción particular.

Por otro lado, se ha optado por desarrollar los trabajos, considerando especialmente a los pavimentos flexibles, debido al reflejo y sensibilidad que presentan frente a los problemas que se suscitan en los suelos de subrasante. Las características de los materiales de subrasante definen la capacidad de soporte que determina la estructura del pavimento. A menores resistencias, mayores son los paquetes estructurales de los pavimentos y, por el contrario, a mayor resistencia de los materiales de subrasante o suelo de cimentación, menores serán los paquetes estructurales. Por lo general, la capa de rodadura descansa en dos capas muy similares, definidas como base granular y subbase. La primera está formada por piedra chancada y la segunda por material al menos zarandeado. La Figura 1.1 compara dos estructuras de pavimentos, en la cual el pavimento rígido puede obviar la capa de base, mientras que el pavimento flexible mantiene todas las capas requeridas. Además, el pavimento rígido presenta la resistencia suficiente para dar transitabilidad aun se apoye en tres puntos, haciéndolo imperceptible a los problemas de subrasante.

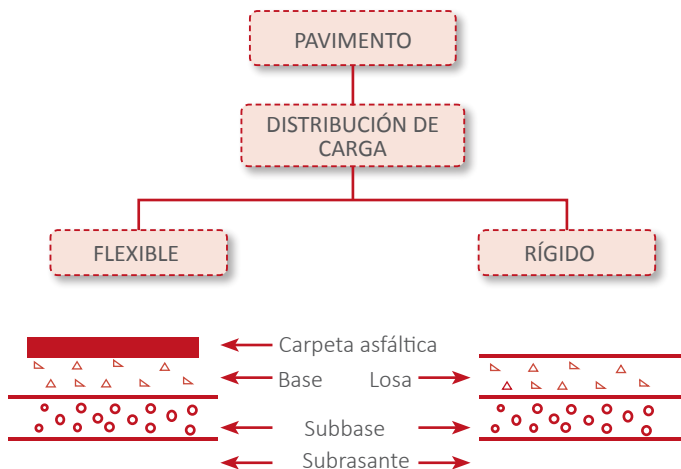


Figura 1.1 Capas requeridas para diferentes estructuras de pavimentos

Fuente: El autor.