

## CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABLAS	XVI
PRÓLOGO	XXI
CAPÍTULO 1	
<i>Introducción general a la conservación de carreteras</i>	2
1.1. Papel de los pavimentos en el actual sistema de transporte	3
1.2. Sobre la conservación de carreteras en Cuba y Latinoamérica	3
1.3. Explotación y conservación de carreteras	5
1.4. Influencia de la conservación en el sistema general de gestión	7
1.5. Sistemas de gestión para la conservación	8
1.6. Dos niveles de análisis	9
1.7. Recopilación de datos	10
1.8. Niveles de calidad de la información ( <i>Information Quality Levels, IQL</i> )	12
1.9. Datos de inventario	13
1.10. Métodos de referenciación	13
1.11. Definición de las secciones de control	14
1.12. Técnicas empleadas en la recopilación de información	16
EJERCITACIÓN	18
REFERENCIAS	20
ANEXO	
Características de los equipos de referenciación empleados en carreteras	21
CAPÍTULO 2	
<i>Deterioros en la carretera</i>	22
2.1. Introducción	23
2.2. Inspección visual	23
2.3. Catálogo de deterioros	23
2.4. Deterioros en la zona de dominio público	23
2.5. Deterioros en el pavimento	25
2.6. Pavimentos bituminosos	28
2.7. Deterioros importantes en pavimentos asfálticos	28
2.8. Pavimentos rígidos. Principales deterioros	30
2.9. Efectos del drenaje	34
2.10. Instrumental empleado para la inspección visual	34
2.11. Otros aspectos importantes que se deben considerar	35
EJERCITACIÓN	37
REFERENCIAS	38
ANEXO	
Método PCI. Pequeño catálogo para el trabajo de inspección de campo	39
CAPÍTULO 3	
<i>Algunos trabajos de conservación</i>	50
3.1. Generalidades	51
3.2. Materiales que comúnmente se emplean	51

3.3.	Técnicas de mantenimiento localizadas	55
3.4.	Trabajos de conservación en una extensión de carretera	57
3.5.	Jerarquía de los trabajos de conservación en pavimentos asfálticos	65
3.6.	Tipos y descripción general de los trabajos de mantenimiento en losas de hormigón	65
3.7.	Jerarquía de los trabajos de conservación en pavimentos de concreto	74
3.8.	Sobre los costos de los trabajos	77
	EJERCITACIÓN	77
	REFERENCIAS	78
	ANEXO 3.1	
	Sinopsis de algunos trabajos que se recomiendan para subsanar deterioros en pavimentos asfálticos	79
	ANEXO 3.2	
	Sobre los costos de los trabajos de conservación	90
	CAPÍTULO 4	
	<i>Índices de estado</i>	94
4.1.	Índices de estado globales y parciales	95
4.2.	Present Serviceability Index (PSI)	95
4.3.	Pavement Condition Index (PCI)	96
4.4.	El sistema PAVER y el PCI	102
4.5.	Cómo establecer la curva PCI vs. Tiempo	105
4.6.	Índices de servicio y estado por separado	107
4.7.	Sobre el índice de adecuación estructural ( <i>Structural Adequacy Index, SAI</i> )	108
	EJERCITACIÓN	109
	REFERENCIAS	110
	ANEXO 4.1	
	Ejemplo sobre la determinación del PCI en un tramo homogéneo	111
	ANEXO 4.2	
	Determinación del PCI a nivel de red	120
	CAPÍTULO 5	
	<i>Regularidad de la superficie del pavimento y su medida</i>	124
5.1.	Generalidades	125
5.2.	Auscultación de pavimentos	125
5.3.	Evaluación de pavimentos	125
5.4.	Introducción a la regularidad del pavimento	126
5.5.	Algunos elementos acerca del perfil	126
5.6.	Tipos de medidas basadas en el perfil de la carretera	127
5.7.	La regularidad en pavimentos aeroportuarios	135
5.8.	Otros indicadores del perfil	135
5.9.	Análisis espectral	138
5.10.	Número de rodabilidad	138
5.11.	Métodos, equipos y vehículos utilizados para la medición de la regularidad	139
5.12.	Métodos para la medición de la regularidad en unidades IRI	142
5.13.	Sobre la calibración de los equipos tipo respuesta	146
5.14.	Relación entre regularidad y servicialidad	147
5.15.	Medida de la regularidad empleando perfilógrafos	149
5.16.	Uso de la medición de regularidad en los programas de gestión	150
5.17.	Perfil transversal	151
	EJERCITACIÓN	151
	REFERENCIAS	153

ANEXO 5.1		
Cálculo de la media móvil		155
ANEXO 5.2		
Tabla de coeficientes para el cálculo del <i>IRI</i>		156
ANEXO 5.3		
Cálculo del <i>IRI</i> utilizando Excel		157
ANEXO 5.4		
Sobre el Merlin		159
ANEXO 5.5		
Cálculo de la regularidad partiendo de las mediciones de la desviación de la cuerda media hechas con regla de 3 m		163
ANEXO 5.6		
Sobre los perfilógrafos		165
CAPÍTULO 6		
	<i>Textura del pavimento y su relación con la fricción</i>	168
6.1.	Introducción	169
6.2.	Clasificación de los diferentes tipos de textura de acuerdo con la longitud de onda que se configura en la superficie del pavimento	169
6.3.	Formas de medir la textura. Procedimientos que hoy se emplean	172
6.4.	Remedios para solucionar problemas de textura	177
	<i>EJERCITACIÓN</i>	178
	<i>REFERENCIAS</i>	180
	<i>ANEXO</i>	
	Cálculo de la profundidad de textura. Prueba de la mancha de arena	181
CAPÍTULO 7		
	<i>Fricción del pavimento</i>	182
7.1.	Introducción	183
7.2.	Factores que afectan la fricción y el hidroneo	183
7.3.	Métodos de medición de la fricción	187
7.4.	Frecuencia y ubicación de las mediciones	189
7.5.	El experimento <i>IFI</i>	190
7.6.	Uso de los datos de resistencia al deslizamiento. Forma de predecirla	193
7.7.	Sobre la estandarización de las condiciones de las pruebas y de los estadígrafos que se le asocian	196
	<i>EJERCITACIÓN</i>	197
	<i>REFERENCIAS</i>	198
	<i>ANEXO 7.1</i>	
	Tablas de interés para estimar el <i>IFI</i>	199
	<i>ANEXO 7.2</i>	
	Seguridad del pavimento a partir de las medidas de fricción	201
CAPÍTULO 8		
	<i>Características de los estudios para evaluar la capacidad estructural de los pavimentos</i>	204
8.1.	Consideraciones básicas	205
8.2.	Evaluación a nivel de red y a nivel de proyecto	205
8.3.	Sobre las actividades que debe comprender la evaluación estructural a nivel de proyecto	205
8.4.	Trabajos con el cono de penetración	209
8.5.	Ensayos no destructivos para determinar características estructurales en los pavimentos (deflexiones)	212
8.6.	Empleo de las pruebas no destructivas dentro de la gestión de pavimentos	219

8.7.	Diseño del trabajo de campo para el empleo de las técnicas no destructivas	220
	<i>EJERCITACIÓN</i>	223
	<i>REFERENCIAS</i>	225
<b>CAPÍTULO 9</b>		
	<i>Deflexión del pavimento. Formas de medirla y utilidad</i>	226
9.1.	Deflexión elástica recuperada	227
9.2.	La viga Benkelman	227
9.3.	Umrales de deflexiones medidas con la viga Benkelman	237
9.4.	Uso del FWD	238
9.5.	Localización y frecuencia de las mediciones	240
9.6.	Aplicaciones del deflectómetro de impacto	242
9.7.	Cuenca de deflexiones característico	243
9.8.	Corrección por temperatura	246
9.9.	Definición de tramos homogéneos empleando los valores de deflexión medidos con FWD	249
9.10.	Correspondencia de los valores de deflexión central con características del pavimento apreciadas mediante otros parámetros	250
9.11.	Sobre el uso de los resultados de ensayos no destructivos en pavimentos rígidos	250
9.12.	Tipos de análisis empleados actualmente para pavimentos de hormigón	250
9.13.	Cálculo de $k$ y módulo elástico de las capas rígidas	251
9.14.	Ejemplo de cálculo	256
9.15.	Utilidad del valor $k$ y de los módulos en la evaluación de pavimentos rígidos	257
	<i>REFERENCIAS</i>	259
	<i>ANEXO 9.1</i>	
	Equipamiento y procedimiento para las mediciones con la viga Benkelman	261
	<i>ANEXO 9.2</i>	
	Trabajo con el bulbo de deflexiones	266
<b>CAPÍTULO 10</b>		
	<i>Diseño del refuerzo. Métodos empíricos</i>	270
10.1.	Introducción	271
10.2.	Métodos de dimensionamiento del refuerzo	271
10.3.	Tramificación	272
10.4.	Estudio de tráfico	273
10.5.	Diseño del refuerzo asfáltico mediante el método de equivalencia de capas	274
10.6.	Métodos basados en deflexiones	275
10.7.	Método de la deflexión máxima del Instituto del Asfalto	275
10.8.	Refuerzo sobre pavimento de hormigón	278
10.9.	Algunas recomendaciones para la ejecución del refuerzo sobre pavimento rígido	283
	<i>EJERCITACIÓN</i>	286
	<i>REFERENCIAS</i>	287
	<i>ANEXO 10.1</i>	
	Cálculo de refuerzo y vida residual del pavimento empleando el método de equivalencia de capas	288
	<i>ANEXO 10.2</i>	
	Ejemplo de aplicación del procedimiento de la deflexión máxima del Instituto del Asfalto	291
	<i>ANEXO 10.3</i>	
	Elementos para el diseño de pavimentos rígidos. Método empírico de la Armada para cálculo del refuerzo con hormigón masivo	293
	<i>ANEXO 10.4</i>	
	Sobre la determinación del módulo de reacción $k$	297

<b>CAPÍTULO 11</b>		
	<i>Diseño del refuerzo. Método analítico</i>	300
11.1.	Método analítico	301
11.2.	Cálculo inverso	302
11.3.	Un ejemplo de aplicación del programa BAKFAA para el cálculo inverso	305
11.4.	Cálculo del refuerzo de pavimentos flexibles mediante el procedimiento AASHTO 1993	308
11.5.	Un modelo de dos capas para el cálculo del refuerzo	310
11.6.	Cálculo del refuerzo haciendo uso de la Norma Cubana de Diseño	313
11.7.	Método YONAPAVE	316
11.8.	Modelo elaborado cuando se utiliza la viga Benkelman	321
11.9.	Sobre otros usos del cuenco de deflexiones	325
11.10.	Sobre los datos registrados y la valoración de las soluciones	329
11.11.	Elementos a considerar para la ejecución de los trabajos de refuerzo	329
	<i>EJERCITACIÓN</i>	329
	<i>REFERENCIAS</i>	331
	<b>ANEXO 11.1</b>	
	Ilustración de las ventanas de BAKFAA antes y después de la corrida	334
	<b>ANEXO 11.2</b>	
	Sobre el módulo de resiliencia <i>MR</i> a utilizar en la ecuación de diseño de la AASHTO 1993	337
	<b>ANEXO 11.3</b>	
	Sobre los coeficientes estructurales para su utilización en la evaluación de pavimentos flexibles	343
 <b>CAPÍTULO 12</b>		
	<i>Sistemas de gestión para la conservación de carreteras</i>	346
12.1.	Introducción	347
12.2.	Un proceso más avanzado de ayuda a las decisiones	351
12.3.	Teoría general en que se sustentan los sistemas modernos de gestión de pavimentos	351
12.4.	Sistema de Gestión de Pavimentos	353
12.5.	Análisis a nivel de red	353
12.6.	Gestión a nivel de proyecto	370
12.7.	Establecimiento de los niveles de intervención o límites de calidad	376
12.8.	Sobre los modelos de predicción del estado del pavimento	377
12.9.	Técnicas para desarrollar modelos de predicción	378
12.10.	Sobre el análisis económico en los sistemas de gestión de carreteras. Método costo-beneficio	380
12.11.	Aplicación de técnicas multicriterios	390
12.12.	Programación de trabajos a corto plazo	392
	<i>EJERCITACIÓN</i>	395
	<i>REFERENCIAS</i>	400
	<b>ANEXO 12.1</b>	
	Utilización de técnicas de la programación matemática	402
	<b>ANEXO 12.2</b>	
	Ejemplos de aplicación del procedimiento costo-efectividad	410
	<b>ANEXO 12.3</b>	
	Sobre el método incremental	420
	<b>ANEXO 12.4</b>	
	Aplicación de técnica multiobjetivos a un caso ejemplo	423