UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

EFECTO DE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO, EN LA CAPACIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS MULTICARRILES

POR:

RAFAEL GALLEGOS LOPEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE:
MAESTRIA EN INGENIERIA DE TRANSITO

MAYO DE 1997

EFECTO DE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO, EN LA CAPACIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS MULTICARRILES

R.G.L.

TM
TE145
G3
c.1

1997

1080071208

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

EFECTO DE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO, EN LA CAPACIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS MULTICARRILES

POR:

RAFAEL GALLEGOS LOPEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE
MAESTRIA EN INGENIERIA DE TRANSITO

MAYO DE 1997

TM
TE145
T3

Biblioteca Central Magna
UANL
FONDO
TESIS
71208

B U Raúl Rangel Frías
UANL
FONDO
TESIS MAESTRIA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

EFECTO DE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO, EN LA CAPACIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS MULTICARRILES

Por:

RAFAEL GALLEGOS LOPEZ

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRIA EN INGENIERIA DE TRANSITO

Mayo de 1997

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

EFECTO DE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO, EN LA CAPACIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS MULTICARRILES

Aprobación de la Tesis:

Asesor de la Tesis:
ING. ANASTACIO VAZQUEZ VAZQUEZ

SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Secretario de Estudios de Postgrado:
ING. OSCAR MANUEL ROBLES SANCHEZ

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: ING. RAFAEL GALLEGOS LOPEZ

Tema de la tesis: EFECTO DE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO, EN LA CAPACIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS MULTICARRILES

Este documento certifica la corrección Definitiva del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:
(NINGUNA)

Nombre y firma de quien corrigió: ARQ. RAMON LONGORIA RAMIREZ

El Secretario de Postgrado: ING. OSCAR M. ROBLES SANCHEZ

SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Ciudad Universitaria, a 24 de Abril de 1997

CD UNIVERSITARIA APDO POSTAL No 58 Tels 76 39 70 6 52-49 69 52 13-67 EXT 202
Telex 0382089 U A N L me San Nicolás de los Garza N L Mexico

ING. OSCAR M. ROBLES SANCHEZ
Secretario de Estudios de Postgrado
de la Facultad de Ingeniería Civil
de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Estimado Ing. Robles:

Por medio de la presente solicito la tramitación correspondiente para sustentar mi examen de grado, ya que he concluido con la elaboración de mi tesis, la cual lleva por nombre: *"Efecto de las condiciones superficiales del pavimento, en la capacidad vial de las carreteras multicarriles"*.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo y agradecerle de antemano la atención que se me brinde a dicha solicitud.

A T E N T A M E N T E

ING. RAFAEL GALLEGOS LOPEZ

SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

OK
VoBo 24/04/97

San Nicolás de los Garza, N.L., Abril 24 de 1997.

ING. OSCAR M. ROBLES SANCHEZ
Secretario de Estudios de Postgrado
de la Facultad de Ingeniería Civil
de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Estimado Ing. Robles:

Por medio de esta presente me permito informar a usted, en calidad de Asesor de tesis, que el Ing. Rafael Gallegos López, pasante de la Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería de Tránsito, ha concluido con la tesis titulada: *"Efecto de las condiciones superficiales del pavimento, en la capacidad vial de las carreteras multicarriles"*, por lo que puede continuar con los trámites para su Examen de Grado, con los requisitos que exige el reglamento de exámenes de nuestra Universidad.

Agradezco de antemano las atenciones que se le brinde para la tramitación de dicho examen.

A T E N T A M E N T E

ING. ANASTACIO VAZQUEZ VAZQUEZ

FACULTAD DE INGENIERIA
SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
V.O.B.

San Nicolás de los Garza, N.L., Abril 24 de 1997.

RESUMEN

RAFAEL GALLEGOS LOPEZ

Fecha de obtención de Grado: ***Mayo de 1997***

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

Título de estudio: *EFECTO DE LAS CONDICIONES SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO, EN LA CAPACIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS MULTICARRILES*

Número de páginas: 245

Candidato para el Grado de Maestría en Ingeniería de Tránsito.

Area de Estudio: Capacidad Vial

Propósito y Método de Estudio: Para hacer más exacto el cálculo de la capacidad vial de algunas carreteras multicarriles, se realizó un estudio exploratorio que determinase la relación entre estas dos variables: las condiciones superficiales del pavimento y la capacidad vial. Se estableció una hipótesis inicial, se cuantificaron las situaciones de diversos escenarios y se efectuaron diversas mediciones, cuyos resultados recibieron tratamiento estadístico. Distintas verificaciones del procedimiento confirman la veracidad.

Contribuciones y Conclusiones: La contribución más importante de esta tesis está dedicada a los ingenieros planificadores de infraestructura vial, quienes, en adelante fincarán sus decisiones sobre la capacidad vial de las carreteras multicarriles no solamente en la aplicación de las fórmulas del Manual de Capacidad Vial; sino que deberán de efectuar ciertos ajustes al cálculo, debidos a factores referentes al estado superficial del pavimento.

Firma del Asesor: _____

ING. ANASTACIO VAZQUEZ VAZQUEZ

SECRETARIA DE ESTUDIOS

AGRADECIMIENTO

A ***Dios****, principio y fin de todas las cosas.*

A la **Facultad de Ingeniería Civil**, *donde he aprendido, entre otras cosas, a quererla y a servir a mis semejantes.*

Al **Ing. Francisco Gámez Treviño**, *Director de esta Facultad, por su constante estimulo para la realización de esta tesis, su incondicional y valioso apoyo.*

Al **Ing. Anastacio Vázquez Vázquez**, *de quien he recibido un cúmulo de experiencias, pero sobre todo su gran amistad.*

Al personal del **Departamento de Estudios de Ingeniería de Tránsito** *del Instituto de Ingeniería Civil, por su colaboración y lealtad a toda prueba.*

Al **Ing. Oscar M. Robles Sánchez,** *Secretario de Estudios de Postgrado de esta Facultad, por su valioso apoyo.*

A **mi familia**, *que ha inspirado la fuerza moral que me sostiene.*

DEDICATORIA

A mi madre, Elvira López Aguilar principal artífice de mi formacion, que nunca ha escatimado esfuerzos para mi bien.

A mi esposa, Edith Amara Perzabal Cortez cuyo amor me ha moldeado.

A mis hijos, Estefanía y Rafael, anhelo y prenda de mi vida.

A mis tíos, de cuyo sabio vivir aprendí tanto.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo:		*Página:*
I.	**INTRODUCCION**	1
	Antecedentes	2
	Situación actual	2
	El problema, su importancia e implicaciones	3
II.	**OBJETIVOS**	4
III.	**HIPOTESIS**	5
IV.	**DEFINICION DE CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL**	6
IV.1.	Tipo de vías	6
IV.2.	Conceptos de capacidad y Nivel de servicio	7
IV.3.	Principios básicos sobre el flujo del tránsito	11
IV.4.	Características de la circulación continua	14
IV.5.	Características de la circulación discontinua	18
IV.6.	Factores que afectan la capacidad	23
IV.7.	Niveles de Análisis	28
V.	**DEFINICIONES DE CONCEPTOS SOBRE PAVIMENTOS**	31
V.1.	Pavimentos asfálticos (flexible)	31
V.2.	Pavimento rígido	31
V.3.	Indice internacional de rugosidad	33
VI.	**ANALISIS DE CAPACIDAD EN CARRETERAS MULTICARRILES**	37
VI.1.	Características, tipos de carreteras y flujo ideales	37
VI.2.	Ajustes de velocidad de flujo libre	42
VI.3.	Factores de volumen	46
VI.4.	El Método	47
VI.5.	Procedimientos de aplicación	60
VI.6.	Ejemplos	73
VII.	**DETERMINACION DE LA INFLUENCIA DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA CAPACIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS MULTICARRILES**	104
VII.1.	Estudios de Ingeniería de Tránsito	104
	a) Inventario	104
	b) Indice internacional de rugosidad	120
	c) Velocidad de punto	123
	d) Información Fotográfica	131

VII.2. Proceso de la información ---------- 147
VII.3. Análisis de la información ---------- 150
VII.4. Determinación de los factores de ajuste en función del estado superficial del pavimento ---------- 154
VIII. ANALISIS DE LA CAPACIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS MULTICARRILES TOMANDO EN CUENTA EL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ---------- 167
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ---------- 183
X. BIBLIOGRAFIA ---------- 185
XI. APENDICES ---------- 187
Apéndice A ---------- 188
Apéndice B ---------- 189

LISTA DE TABLAS

Nº.		Página:
1.	Distintas vías y su eficiencia	10
2.	Descripción de los niveles de servicio	48
VI.1.	Criterio del nivel de servicio para carreteras multicarriles	98
VI.2.	Ajuste por tipo de faja separadora	99
VI.3.	Ajuste por ancho de carril	99
VI.4.	Ajuste por obstáculos laterales	99
VI.5.	Ajuste por densidad de puntos de acceso	100
VI.6.	Número de puntos de acceso según el nivel de desarrollo esperado	100
VI.7.	Vehículos ligeros equivalentes en un tramo de carretera multicarril	100
VI.8.	Vehículos ligeros equivalentes para autobuses y camiones en pendientes ascendentes (E_T)	101
VI.9.	Vehículos ligeros equivalentes para vehículos recreativos en pendientes ascendentes (E_R)	102
VI.10.	Vehículos ligeros equivalentes para vehículos pesados (camiones) en pendiente descendentes (E_T)	102
VI.11.	Flujo vehicular por carril según el nivel de servicio, usado para el análisis de planeación (Proyecto)	103
VII.1.	Deflexiones transversales sobre el pavimento	121
VII.2.	Tratamiento estadístico para obtener el IIR	122
VII.3.	Desviaciones normales de velocidad de punto, para la determinación del tamaño de la muestra	128
VII.4.	Constante correspondiente al nivel de confiabilidad	128
VII.5.	Cálculos para determinar el IIR (m/km)	149
VII.6.	El IIR como factor de menor velocidad	158
VIII.1.	Resultado del ejemplo 1	172
VIII.2.	Resultado del ejemplo 2	180

LISTA DE FIGURAS

Nº.		Página:
IV.1.	Relaciones entre velocidad, flujo y densidad	16
IV.2.	Condiciones en la interrupción del tránsito	20
V.1.	Capas de un pavimento flexible típico	32
V.2.	Capas que forman un pavimento rígido	32
V.3.	Escala del Indice Internacional de Rugosidad	34
V.4.	Equivalencias entre la escala de Indice Internacional de Rugosidad y las desviaciones	36
VI.1.	Relación Flujo-Velocidad en Carreteras Multicarriles	40
VI.2.	Relación Flujo-Densidad en Carreteras Multicarriles	40
VI.3.	Curvas Flujo-Velocidad para criterio de niveles de servicio	48
VI.4.	Ejemplo usando la gráfica con curvas Flujo-Velocidad	59
VI.5.	Hoja de trabajo, Análisis operacional y diseño	69
VI.6.	Hoja de trabajo, Análisis de planeación	71
VI.7.A.	Solución del cálculo Nº 1	76
VI.7.B.	Solución del cálculo Nº 1 (Segmento general)	77
VI.8.A.	Solución del cálculo Nº 1 (Segmento con pendiente)	78
VI.8.B.	Gráfica de la figura anterior	79
VI.9.A.	Solución del cálculo Nº 2 (Segmento en nivel)	82
VI.9.B.	Gráfica del cálculo anterior	83
VI.10.A.	Solución del cálculo Nº 2 (Segmento con pendiente)	84
VI.10.B.	Gráfica del cálculo anterior	85
VI.11.A.	Ilustración de la solución del cálculo Nº 3	87
VI.11.B.	Gráfica del cálculo anterior	88
VI.12.A.	Solución del cálculo Nº 4	92
VI.12.B.	Gráfica del cálculo Nº 4	93
VI.13.	Solución del cálculo Nº 5	97

Contínua...

Nº. Página:

VII.1. Localización de carretera Monterrey-Linares ---------- 107
VII.2. Dimensiones de carretera Monterrey-Linares ---------- 108
VII.3. Dimensiones de carretera Monterrey-Linares ---------- 109
VII.4. Localización de carretera Monterrey-Reynosa ---------- 110
VII.5. Dimensiones de carretera Monterrey-Reynosa ---------- 11
VII.6. Dimensiones de carretera Monterrey-Reynosa (libre) --- 112
VII.7. Localización general de varias carreteras ---------- 113
VII.8. Dimensiones de carretera Monterrey-Nuevo Laredo ------- 114
VII.9. Dimensiones de carretera Monterrey-Colombia ---------- 115
VII.10. Dimensiones de carretera Monterrey-Cadereyta (cuota) ----- 116
VII.11. Dimensiones de carretera Monterrey-Cadereyta (cuota) ----- 117
VII.12. Localización de la carretera Monterrey-Villa de García ----- 118
VII.13. Dimensiones de carretera Monterrey-Villa de García ------ 119
VII.14. Forma impresa para anotar observaciones de velocidad de punto, efectuados con pistola radar ---------- 129
VII.15. Forma impresa para anotar otras observaciones de velocidad de punto ---------- 130
VII.16. Fotografías de pavimento en buenas condiciones --------- 132
VII.17. Capa asfáltica en buen estado ---------- 133
VII.18. Recarpeteo de uno de los carriles de circulación -------- 134
VII.19. Comienza a notarse el desgaste de capa asfáltica ---- 135
VII.20. Carretera Monterrey-Reynosa, Km.15+000 ---------- 136
VII.21. Deterioro en capa asfáltica ---------- 137
VII.22. Dos sentidos de carretera Monterrey-Laredo ------- 138
VII.23. Desgaste en carretera Monterrey-Laredo, Km. 14 --------- 139
VII.24. Ambos sentidos de la carretera Monterrey-Colombia ------- 140
VII.25. Deterioro en carretera Monterrey-Colombia -- ---------- 141
VII.26. Excelencia de la autopista Monterrey Cadereyta 142
VII.27. Buen estado de la autopista Monterrey-Cadereyta ----- --- 143
VII.28. Fotos de la carretera Monterrey-Villa de García ---------- 144
VII.29. Deflexiones en el pavimento, carretera de lámina anterior -- 145
VII.30. Deterioro en carretera Monterrey-Villa de García --------- 146

Continua...

Nº. *Página:*

VII.31. Gráfica de la relación:Velocidad-Superficie pavimentada --- 151
VII.32. Otra gráfica Velocidad-Superficie pavimentada ---------- 153
VII.33. Gráfica de reducción de la velocidad por el estado superficial del pavimento ---------- 155
VII.34. Gráfica de reducción de la velocidad por efecto del estado superficial del pavimento ---------- 157
VII.35. Fotos de pavimentos con diferentes grados de nivel de servicio ---------- 159
VII.36. Otras fotos de pavimentos con diferentes grados de nivel de servicio ---------- 160
VII.37. Otras fotos de pavimentos con diferentes grados de nivel de servicio ---------- 161
VII.38. Fotos de pavimentos con diverso índice de rugosidad ------ 162
VII.39. Fotos de dos distintas calidades de pavimento ---------- 163
VII.40. Dos diferentes calidades de superficies pavimentadas ------ 164
VII.41. Pavimentos con diferentes niveles de servicio ---------- 165
VII.42. Forma impresa para registrar datos de un análisis operacional --- 166

VIII.1.A. Forma para registrar datos de análisis operacional y diseño, ejemplo 1 ---------- 170
VIII.1.B. Gráfica del análisis operacional, ejemplo 1 ---------- 171
VIII.2A. Forma para registrar datos de análisis operacional utilizando Fp, ejemplo 1 ---------- 173
VIII.2.B. Gráfica del análisis operacional, utilizando Fp, ejemplo 1 --- 174
VIII.3.A. Forma para registrar datos de análisis operacional y diseño, ejemplo 2 ---------- 178
VIII.3.B. Gráfica del análisis operacional ejemplo 2 ---------- 179
VIII.4.A. Forma para registrar datos de análisis operacional utilizando Fp, ejemplo 2 ---------- 181
VIII.4.B. Gráfica del análisis operacional utilizando Fp, ejemplo 2 ---- 182

LISTA DE SIMBOLOS

D Densidad (veh/mill).
FD Proporción del tránsito en la hora de máxima demanda en el sentido de máxima demanda.
DMR 95 Percentil de las desviaciones máximas.
E *(En estadística)* Error permitido en la estimación.
ER Equivalencia de vehículos ligeros.
ET Equivalencia de vehículos ligeros.
FA Ajuste por puntos de acceso.
FFS Velocidad en flujo libre estimada (mph) .
fHV Factor de ajuste para vehículos pesados.
FLC Ajuste por obstáculos laterales.
FLW Ajuste por el ancho de carriles.
Fm Ajuste por faja separadora.
FMZ Ajuste por ancho de carril y el FLC.
Fp Ajuste por estado superficial del pavimento.
IIR Estado superficial del pavimento (m/km).
K Porción de TPDA que ocurren en el sentido de máxima demanda.
K *(En estadística)* Constante correspondiente al nivel de confiabilidad deseado.
LCI Distancia lateral de la orilla izquierda (en pies).
LCr Distancia lateral de la orilla derecha (en pies).
MSF Valor de flujo de servicio máximo.
N Número de carriles.
N *(En estadística)* Tamaño mínimo de la muestra.
PFH Factor horario de máxima demanda.
PT Porcentaje de camiones + porcentaje de autobuses.
S Velocidad global de flujo (mill/h).
S *(En estadística)* Desviación normal de la muestra.
TLC Distancia lateral total (en pies).
TPDA Tránsito promedio diario anual.
V Volumen (número de vehículos que pasan por un punto o sección de la vía en 1 hora).
Vol. Valor de flujo (veh/h).
Vel. *(En estadística)* Constante correspondiente a la velocidad estadística deseada.
Vhm Volumen horario (horario de máxima demanda).
VHP Volumen horario de proyecto direccional.
Vp Valor de flujo de servicio en vl/h/carr.