



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

“ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE
LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA
RED CARRETERA NACIONAL”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

HUGO ARIEL MIRANDA SALAZAR

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. LUIS POMPOSO VIGUERAS MUÑOZ

MÉXICO, 2015





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias y Agradecimientos



Dedicatoria

A mi Madre, Gloria Salazar

Por todo su amor, valores, cariño, paciencia y apoyo incondicional que ni un solo día ha dejado de brindarme, aún en mis momentos más irreverentes y que sin todo ello no sería la persona que soy.

Me faltaría vida para agradecerte todo lo que has hecho por mí, pero espero con toda la fuerza de mí ser que con este trabajo pueda devolverte todos los esfuerzos que día a día realizaste por mí para que lograra superarme, y por la familia para estar siempre bien y unidos, solo me resta decirte con pena en mi corazón que ya es tiempo de descansar, de pensar en ti, ahora te toca disfrutar tu vida, nunca es tarde, lo lograste! Te Amo Ma!!

A mi Esposa, Paola Álvarez

Nunca he sido bueno para las palabras, y al tratarse de ti siempre faltarán, sólo puedo decirte con seguridad, que TE AMO y mi mayor felicidad es haberte encontrado, o mejor dicho que me encontraras a mí!, que sin ti todo se vendría abajo... eres mi cimentación perfecta!. Gracias por impulsarme a tener sueños y metas, por darme la seguridad de enfrentarme al mundo, y por ayudarme y darme las fuerzas para terminar este trabajo, a partir de ahora todas las preocupaciones han quedado atrás, y es tiempo de disfrutar, lo logramos!!

A mis suegros *Lulú y Lalo*, a mis cuñados *Magali y Luis*, a la *Abuela Lidia*, y a la *familia Valdez Álvarez* por todo, todo su apoyo, por recibirme en su familia desde el primer día y por darme la oportunidad de pertenecer a ella, siempre estaré en deuda y sin duda no hubiera sido posible terminar este ciclo sin su apoyo, y sus palabras de ánimo, GRACIAS!!

A mi Familia

Con cariño especial, *a mi padre, Bernardo Miranda*, por siempre preocuparte por mi hermana y por mí, por enseñarme lo importante que es la honestidad, la puntualidad y sobre todo la sencillez, el nunca olvidar de dónde venimos... quienes somos, y también que las cosas no se regalan, se ganan; sé que no eres una persona muy expresiva pero a tu forma y manera has sabido guiarnos por el buen camino, y el

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

día de hoy ha rendido frutos, esperando de igual forma que con mamá, pueda llenarte de orgullo al haber concluido este ciclo y a su vez con esto brindarte felicidad y paz en tu interior, te quiero muchísimo pa, siempre será así, y nada me gustaría más que verte siempre feliz y tranquilo, y por qué no, menos serio! Gracias viejo!!.

A mi hermana Mariana, por todo tu apoyo y por ser una inspiración a seguir para mí, por tu fortaleza que desde temprana edad nos demostraste, y por tu innato sentido de justicia e igualdad, si más personas fueran como tú otra cosa sería de este planeta, por tus palabras de cariño y abrazos, que aunque pocos, me han levantado el ánimo en varias ocasiones, y lo más importante, tú me orientaste a estudiar esta gran carrera, por lo cual siempre estaré agradecido, aprovechando, quiero agradecerte Beto, por todo lo que has hecho por ella, por amarla, cuidarla y querer a la familia.

A mi abuela Isabel, por estar siempre al pendiente de mi hermana, de mí y protegernos, motivándonos a estudiar y prepararnos, por nunca juzgarme y por quererme como a un hijo.

A mi Abuelo Francisco, como me hubiera gustado que estuvieras presente en este logro abuelo!, no dejaré de extrañarte y de llevarte en mis pensamientos y acciones, este ciclo terminado va por ti, gracias por seguir cuidando de la familia, por seguir uniéndonos.

A mi abuela Carolina, que aunque lejos, siempre valdrá la pena la espera para verte!, nos has demostrado que la distancia no tiene por qué ser un obstáculo, al menos nunca para la familia.

A todos los que conforman la familia *Miranda Cano*, la familia *Salazar Hernández*, a mi tío *Alberto*, mi tía *Cony*, mis primos *Ale* y *Charly* y a mi sobrino *Diego*, a todos, gracias por su amor y apoyo a lo largo de mis días, esto es por todos ustedes!.

Agradecimientos

A mis Amigos

Marco (Mix), Maw, Oscarín, Sergio (Serch), Andrés (Chino), Toño, Gus, Dan, Olsen, César, Hüge, es por ustedes que estudiar ICI se convirtió con el pasar de los semestres en mi verdadera pasión, por su apoyo incondicional, por todos los buenos momentos que pasamos a lo largo de este recorrido, les doy profundamente las

gracias, sobre todo, por su amistad incomparable, la cual me hizo sentir afortunado a lo largo de la carrera, y aún más al terminar y saber que, pese a nuestras diversas ocupaciones, seguimos manteniéndonos unidos, esperando siga siendo así, y que sin importar el paso del tiempo nos sigamos frecuentando y manteniendo unidos. Gracias por todos esos viernes pandilla y por lo que falta!

A Víctor (Bob), por tu amistad sincera que desde la secundaria ha perdurado sin importar el paso del tiempo, es la misma felicidad que siento por el término de este ciclo, la que tengo por saber que tú has logrado tanto en base a esfuerzo tras esfuerzo, y por el cual has salido adelante a través de todas las dificultades, gracias por todo tu apoyo y tus preocupaciones respecto a mi familia, mi esposa y hacia mí, te quiero mucho viejito!

A la UNAM

La máxima casa de estudios! Por permitirme lograr este sueño y llevar orgullosamente el nombre de la institución a cada paso; a mi Facultad y a todos los profesores de la carrera, por su conocimiento y por su dedicación para formar verdaderos profesionistas, dejando parte de sí en cada ciclo escolar.

También quiero agradecer al *Ingeniero Ulises Sánchez*, por todo el apoyo que me brindo desde el primer día que empecé a realizar mi servicio social, por su conocimiento, por sus atenciones y sobre todo por sus consejos y ayuda para desenvolverme profesionalmente, siempre estaré agradecido y en deuda con usted; a la empresa *GESYC S.A. de C.V.*, por todas las facilidades que me ha brindado para realizar este trabajo y por el aprendizaje que va en aumento, al *M. en I. Rubén Serratos* por todo el apoyo recibido, al *Ingeniero David Puente* por su gran ayuda y observaciones que me respaldaron durante este proceso, a todos los ingenieros que tuve la oportunidad de conocer y me ayudado en esta nueva etapa y en especial a la *Ingeniera Hilda Lamadrid* y al *Ingeniero Enrique Mendoza*, por todo su apoyo y confianza.

Finalmente, y no por menos importante, todo lo contrario, a mi director de Tesis el *M. en C. Luis Viguera*s, por su tiempo, consejos, apoyo y dedicación para lograr este trabajo, y que sin su ayuda y observaciones no hubiera sido posible; y a su vez *Ing. José Mario Ávalos*, al *M. en I. Martín Ortiz*, al *M. en I. Mario Sosa*, y al *M. en I. José Antonio Dimas*, por hacerme el gran honor de formar parte del jurado de síndicos y por sus valiosos comentarios y observaciones, los cuales fueron indispensables para concluir exitosamente esta Tesis.

*ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN
SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.*

A todas y cada una de las personas que fueron mencionadas, de corazón...

Gracias.





Índices



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Introducción	I
Justificación	3
Objetivo	4
Problemática	4
I. Antecedentes	5
1.1 Orígenes	6
1.2 Las Carreteras en México	6
1.3 Clasificación de las Carreteras	12
1.4 Por su Importancia	12
1.5 Carretera Tipo ET	12
1.6 Carretera Tipo A	12
1.7 Carretera Tipo B	13
1.8 Carretera Tipo C	14
1.9 Carretera Tipo D	14
1.10 Por su TDPA	16
1.11 Por su Velocidad	16
1.12 Numeración y Nomenclatura de la Red Federal de Carreteras	17
II. Tipos de Pavimentos	21
2.1 Introducción	22
2.2 Pavimentos Flexibles	24
2.3 Mezclas Asfálticas en Caliente	26
2.4 Mezclas Asfálticas en Frío	27
2.5 Mezclas Asfálticas por el Sistema de Riegos	29
2.6 Capas de Rodadura	30
2.7 Bases Estabilizadas	34
2.8 Pavimentos Rígidos	35
2.9 Losas de Concreto Hidráulico con Juntas	37
2.10 Losas de Concreto Hidráulico con Refuerzo Continuo	38
2.11 Losas de Concreto Hidráulico Presforzado	39

2.12	Pavimentos Semirrígidos	40
2.13	Factores para determinar la Construcción de un Pavimento	42
2.14	Rango del Tránsito Vehicular	42
2.15	Regionalización de la República Mexicana	44
2.16	Secciones Estructurales de Pavimentos	48
2.17	Trabajos de Conservación en Carreteras Libres de Peaje	51
2.18	Conservación Rutinaria	52
2.19	Conservación Periódica	53
2.20	Reconstrucción de Tramos	54
2.21	Reconstrucción de Puentes	54
2.22	Señalamiento	55
2.23	Atención a Puntos de Conflicto	55
2.24	Estrategias de Conservación Oportuna	56
2.25	Trabajos de Conservación en Autopistas de Cuota	60
2.26	Índice de Servicio Actual	64
2.27	Índice de Rugosidad Internacional	67
2.28	Resistencia a la Fricción	68
2.29	Profundidad de la Rodera	69
2.30	Nivel de Servicio	69

III. Índice de Perfil 72

3.1	Introducción	73
3.2	Índice Internacional de Rugosidad	75
3.3	Índice de Perfil (IP)	78
3.4	Objetivo de la Prueba	79
3.5	Equipo	79
3.6	Cálculo	80
3.7	Metodología para determinar el IP en el caso de la Construcción de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico	82
3.8	Índice de Perfil	82
3.9	Tramo de Prueba	82
3.10	Índice de perfil promedio diario	82
3.11	Parámetros de evaluación	85
3.12	Trabajos de corrección	85
3.13	Factores de estímulo o sanción	86
3.14	Metodología para determinar el IP en el caso de la Conservación de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico	90
3.15	Índice de Perfil	90
3.16	Tramo de Prueba	90
3.17	Índice de perfil promedio diario	90

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

3.18 Trabajos de corrección	90
3.19 Factores de estímulo o sanción	91
3.20 Parámetros de evaluación	92

IV. Coeficiente de Fricción **93**

4.1 Introducción	94
4.2 Fricción	95
4.3 Textura	95
4.4 Microtextura	96
4.5 Macrotextura	97
4.6 Megatextura	98
4.7 Determinación de la Textura	99
4.8 En pavimentos Flexibles	99
4.9 En pavimentos Rígidos	99
4.10 Coeficiente de Fricción (CF)	100
4.11 Tipos de CF	103
4.12 Coeficiente de Fricción Longitudinal	103
4.13 Coeficiente de Fricción Transversal	105
4.14 Objetivo de la Prueba	106
4.15 Equipo	106
4.16 Características del Equipo Utilizado	106
4.17 DFT	107
4.18 Recopilación de Datos Geográficos	108
4.19 Cálculo	109
4.20 Metodología para determinar el CF en el caso de la Construcción y Conservación de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico	109
4.21 Coeficiente de Fricción	110
4.22 Tramo de Prueba	110
4.23 Ejecución	111
4.24 Parámetros de evaluación	117
4.25 Trabajos de corrección	117

V. Retrorreflexión **119**

5.1 Introducción	120
5.2 Señalamiento Horizontal	121
5.3 Marcas en el Pavimento	122
5.4 Dispositivos de Seguridad Horizontales	124
5.5 Señalamiento Vertical	125

5.6	Señales Preventivas (SP)	126
5.7	Ubicación Longitudinal	126
5.8	Ubicación Lateral	127
5.9	Señales Bajas	127
5.10	Señales Elevadas	128
5.11	Color	129
5.12	Señales Restrictivas (SR)	131
5.13	Ubicación	131
5.14	Color	132
5.15	Señales Informativas (SI)	132
5.16	Señales Informativas de Identificación (SII)	133
5.17	Ubicación	133
5.18	Color	134
5.19	Señales Informativas de Destino (SID)	135
5.20	Señales Previas	135
5.21	Señales Diagramáticas	135
5.22	Señales Decisivas	135
5.23	Señales Confirmativas	135
5.24	Color	136
5.25	Señales Informativas de Recomendación (SIR)	136
5.26	Ubicación	136
5.27	Color	137
5.28	Señales de Información General (SIG)	138
5.29	Señales Turísticas y de Servicio (STS)	139
5.30	Ubicación	139
5.31	Color	139
5.32	Señales Diversas (OD)	140
5.33	Reflexión	141
5.34	Retrorreflexión	141
5.35	Flujo Luminoso (F)	143
5.36	Intensidad Luminosa (I)	144
5.37	Luminancia (L)	144
5.38	Iluminancia o Luminosidad Incidente (E)	144
5.39	Coeficiente de Intensidad Luminosa (R)	144
5.40	Retrorreflexión en el Señalamiento Horizontal	145
5.41	Objetivo de la Prueba	145
5.42	Equipo	145
5.43	Características del Equipo	146
5.44	Cálculo	147
	Metodología para determinar el Coeficiente de Reflexión en el caso del	
5.45	Señalamiento Horizontal en la Construcción y Conservación de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico	149

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

5.46	Tramo de prueba	150
5.47	Ejecución	150
5.48	Parámetros de evaluación	154
5.49	Trabajos de corrección	155
5.50	Retrorreflexión en el Señalamiento Vertical	155
5.51	Grado Ingeniería	155
5.52	Película Reflejante Tipo A	156
5.53	Película Reflejante Tipo B	157
5.54	Objetivo de la Prueba	157
5.55	Equipo	157
5.56	Características del Equipo	158
5.57	Cálculo	159
	Metodología para determinar el Coeficiente de Reflexión en el caso del	
5.58	Señalamiento Vertical en la Construcción y Conservación de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico	159
5.59	Tramo de prueba	160
5.60	Ejecución	160
5.61	Parámetros de evaluación	161
5.62	Trabajos de corrección	162

VI. Ejemplos de Aplicación 163

6.1	Introducción	164
6.2	Índice de Perfil	164
6.3	Metodología de Ejecución	166
6.4	Antes de Iniciar la Prueba	166
6.5	Durante la Prueba	166
6.6	Al terminar la Prueba	166
6.7	Cálculo	171
6.8	Análisis de Resultados	172
6.9	Informe: Determinación del Índice de Perfil	174
6.10	Coeficiente de Fricción	190
6.11	Informe Técnico: Medición del Coeficiente de Fricción	191
6.12	Retrorreflexión Horizontal	212
6.13	Informe de verificación del Señalamiento Horizontal	214
6.14	Retrorreflexión Vertical	224
6.15	Formatos requeridos para la Verificación del Señalamiento Vertical	227

Conclusiones y Recomendaciones 231

Bibliografía

234

Anexos

1	Marcas en el Pavimento y Dispositivos de Seguridad	238
2	Señales Preventivas	267
3	Señales Restrictivas	282
4	Señales Informativas	294
5	Certificación de Equipo Perfilógrafo Tipo California ante el IMT	320
6	Certificación de Equipo DFT ante el IMT	333
7	Certificación de Equipo Mu-Meter ante el IMT	346
8	Certificado de Calibración del Equipo Reflectómetro Horizontal	364
9	Certificado de Calibración del Equipo Reflectómetro Vertical	366

Índice de Imágenes



I. Antecedentes	5
1.1 Camino rural Atequiza - El Rodeo - La Capilla - Entronque carretera federal Guadalajara – Chapala.	8
1.2 Carretera México – Puebla, 1962.	9
1.3 Carretera México – Puebla, 2012.	10
1.4 Libramiento Arco Norte del Vale de México, hecha en casi su totalidad de Concreto Hidráulico.	11
1.5 Comparativa entre Autopista de Veracruz (Imagen Superior) y Vía Rápida en Tijuana (Imagen Inferior).	13
1.6 Vía Secundaria.	14
1.7 Comparativa entre Carretera Colectora en Ecuador (Imagen Superior), Carretera Local en Perú (Imagen Central) y Brecha en Nayarit (Imagen Inferior).	15
1.8 Tránsito en la entrada a la Caseta de cobro Tepotzotlán.	16
1.9 Rutas Longitudinales RCN, 2008.	18
1.10 Rutas Transversales RCN, 2008.	19
1.11 Principales corredores carreteros de la RCN, 2015.	20
II. Tipos de Pavimentos	21
2.1 Comparación entre la estructura típica de un pavimento flexible y uno rígido.	23
2.2 Tendido de Mezcla Asfáltica en Caliente usando entendedora Finisher.	27
2.3 Bacheo mediante Mezcla Asfáltica en Frío.	28
2.4 Aplicación de Mortero Asfáltico.	29
2.5 Aplicación sincronizada de Emulsión Asfáltica y Sello.	30
2.6 Compactación y Textura de Mezcla Asfáltica SMA.	31
2.7 Tendido y Acabado de carpeta CASAA.	32
2.8 Reducción del efecto Spray Back en carpetas Open Graded.	33
2.9 Base estabilizada con Emulsión Asfáltica.	35
2.10 Comparativa de distribución de esfuerzos entre Pavimentos Rígidos y Pavimentos Flexibles	36
2.11 Juntas Transversales y Longitudinales en el Pavimento Rígido.	37
2.12 Distribución de carga en Pasajuntas y colocación.	38
2.13 Libramiento Osiris – Morelos en Zacatecas, el cual implemento Losas de Concreto Hidráulico con Refuerzo Continuo en su construcción.	39

2.14	Presforzado de losa mediante Tendones de Pretensado para vialidades de Concreto Hidráulico.	40
2.15	Diferencia entre el Blacktopping (Imagen Arriba, Carretera Federal 307 Cancún – Chetumal) y el Whitetopping (Imagen Abajo).	41
2.16	Regionalización de la República Mexicana según la Temperatura, Precipitación Pluvial y Terreno Natural.	45
2.17	Secciones Estructurales de Pavimentos para Carreteras Normales.	49
2.18	Secciones Estructurales de Pavimentos para Carreteras de Altas Especificaciones.	50
2.19	Trabajos de Conservación Rutinaria.	52
2.20	Trabajos de Conservación Periódica.	53
2.21	Bacheo Profundo para trabajos de Reconstrucción de Tramos.	54
2.22	Sustitución de Superestructura para trabajos de Reconstrucción de Puentes.	55
2.23	Relación de Costo – Deterioro en los Pavimentos de la RCN.	57
2.24	Elementos que conforman los estándares de desempeño solicitados por la SCT en los CPCC.	59
2.25	Distribución de la Red Operada por CAPUFE, 2014.	62
2.26	Trabajos de Mantenimiento en Autopistas operadas por CAPUFE.	63
2.27	Medición del IRI mediante un Perfilógrafo Laser.	68
2.28	Equipo CFT para determinar el Coeficiente de Fricción (Tipo Mu-Meter).	69
2.29	Niveles de Servicio en Carreteras.	71

III. Índice de Perfil **72**

3.1	Principales costos de operación de los vehículos.	74
3.2	Representación gráfica del modelo de Cuarto de Coche.	76
3.3	Diferencias en el modelo del Cuarto de Coche debido al estado superficial del Pavimento.	76
3.4	Tipos de Perfilógrafos.	79
3.5	Plantilla de medición.	81
3.6	Obtención del Índice de Perfil.	81

IV. Coeficiente de Fricción **93**

4.1	Comparativa entre los tipos de Textura.	96
4.2	Representación gráfica de la Microtextura.	97
4.3	Representación gráfica de la Macrotextura.	97
4.4	Escala de Macrotextura y Microtextura.	98
4.5	Compactación y acabado de carpeta asfáltica.	99
4.6	Colado y Texturizado del Concreto Hidráulico.	100
4.7	Representación Gráfica del Frenado de Emergencia.	102

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

4.8	Comparativa entre la distancia de frenado en relación a la velocidad y como varía dependiendo la condición de la carpeta.	103
4.9	Representación gráfica del Coeficiente de Fricción Longitudinal.	104
4.10	Representación gráfica del Coeficiente de Fricción Transversal.	105
4.11	Equipo DFT utilizado para determinar el CF.	107
4.12	Equipo GPS utilizado para recopilar Datos Geográficos durante la evaluación del CF.	108
4.13	Prueba del CF realizada con el Equipo DFT.	112
4.14	Ejemplo de Resumen de Valores obtenido durante la prueba del CF a cada 100 Metros.	113
4.15	Ejemplo de Carta Estadística resultante del Análisis de Resultados de la prueba de Coeficiente de Fricción a cada 100 Metros.	114
4.16	Ejemplo de Resumen de Valores obtenido durante la prueba del CF a cada 1000 Metros.	115
4.17	Ejemplo de Carta Estadística resultante del Análisis de Resultados de la prueba de Coeficiente de Fricción a cada 1000 Metros.	116

V. Retrorreflexión

119

5.1	Ejemplos de Señalamiento Horizontal, Marcas en el Pavimento.	123
5.2	Ejemplos de Señalamiento Horizontal, Dispositivos de Seguridad.	124
5.3	Ubicación Lateral de Señalamiento Vertical.	129
5.4	Ejemplos de Señales Preventivas.	130
5.5	Ubicación Lateral de Señales Restrictivas.	131
5.6	Ejemplos de Señales Restrictivas.	132
5.7	Ejemplos de Señales de Identificación (Imagen superior: Nomenclatura, Imagen inferior izquierda: De Ruta, Imagen inferior derecha: De Kilometraje).	134
5.8	Ejemplo de Señales Informativas de Destino.	136
5.9	Ejemplos de Señales Informativas de Recomendación.	137
5.10	Señales Especiales de Rampas para Frenado de Emergencia.	138
5.11	Ejemplo de Señales de Información General.	138
5.12	Ejemplo de Señales Turísticas y de Servicio.	139
5.13	Ejemplo de Señales Diversas (Imagen Izquierda: Indicador de Obstáculos, Imágenes Derecha: Señales de Mensaje Cambiable).	140
5.14	Representación Gráfica de la Retrorreflexión.	141
5.15	Fenómeno de Reflexión en una Película Reflejante con Microesferas.	142
5.16	Fenómeno de Reflexión en una Película Reflejante con Microprismas.	143
5.17	Equipo Reflectómetro para Medir el Coeficiente de Reflexión del Señalamiento Horizontal.	146
5.18	Impresión de Datos del Equipo Reflectómetro Horizontal.	148
5.19	Informe de Verificación del Señalamiento Horizontal (Parte correspondiente a la evaluación de la Retrorreflexión).	152

5.20	Evaluación de la Retrorreflexión en Marca M-2.3.	153
5.21	Señal Informativa de Servicio con Película Reflejante Grado Ingeniería.	156
5.22	Señal Informativa de Servicio con Película Reflejante Tipo A.	156
5.23	Señal Informativa de Servicio con Película Reflejante Tipo B.	157
5.24	Equipo Reflectómetro para Medir el Coeficiente de Reflexión del Señalamiento Vertical.	158
5.25	Representación Gráfica del Angulo de Observación formado en Señales Verticales.	162
5.26	Representación Gráfica del Angulo de Entrada formado en Señales Verticales.	162

VI. Ejemplos de Aplicación **163**

6.1	Perfilógrafo computarizado Tipo California de la marca Ames Engineering utilizado para determinar la Rugosidad del Pavimento.	165
6.2	Impresión del Perfil Longitudinal terminada la prueba de Índice de Perfil.	167
6.3	Partes que conforman la Impresión del Perfilograma correspondiente a la evaluación del Índice de Perfil.	168
6.4	Resumen final del IP por subtramos de 200 metros.	169
6.5	Configuración de Parámetros de entrada necesarios para la impresión del Perfil Longitudinal y el cálculo del IP.	170
6.6	Relación entre la Longitud de Filtro y el IP.	171
6.7	Ejemplo de Resumen de Valores obtenido durante la prueba de IP.	172
6.8	Ejemplo de Carta Estadística resultante del Análisis de Resultados de la prueba de Índice de Perfil.	173
6.9	Medición de la Retrorreflexión en Marca M-3.1, pintada sobre Carpeta Hidráulica.	212
6.10	Dosificación de Microesfera.	213
6.11	Medición de la Retrorreflexión en el Señalamiento Vertical.	225

Índice de Tablas



I. Antecedentes	5
1.1 Velocidad permitida dependiendo el tipo de Vía	17
II. Tipos de Pavimentos	21
2.1 Distribución del Tránsito en el carril de Diseño	44
2.2 Distribución del Tránsito en el carril de Diseño	44
2.3 Determinación de la Calificación particular según las condiciones del sitio	46
2.4 Aptitud de Suelos y Rocas en la República Mexicana.	47
2.5 Factores de Influencia.	48
2.6 Clasificación de la Región en función de la Calificación global.	48
2.7 Calificación de los elementos que conforman la autopista mediante el Índice de Servicio Actual (ISA).	65
2.8 Valor Relativo de los elementos a calificar que conforman la autopista.	65
2.9 Calificación Máxima para cada Elemento de la Autopista.	66
2.10 Calificación en base al estado físico de la Autopista.	66
2.11 Calificación en base al estado físico de la Autopista.	67
III. Índice de Perfil	72
3.1 Formato para determinar el índice de perfil promedio diario para el caso de Carpeta Asfáltica.	83
3.2 Formato para determinar el índice de perfil promedio diario para el caso de una carpeta de concreto hidráulico.	84
3.3 Parámetros de Evaluación de IP en el Caso de la Construcción de Carreteras.	85
3.4 Tabla para determinar los factores de estímulo o sanción.	87
3.5 Formato para determinar el cálculo del factor promedio de estímulo o sanción para el caso de carpeta de concreto hidráulico.	88
3.6 Formato para determinar el cálculo del factor promedio de estímulo o sanción para el caso de carpeta asfáltica.	89
3.7 Factores de estímulo o sanción para calcular la sanción por incumplimiento de calidad en la metodología de conservación.	91
3.8 Parámetros de Evaluación de IP en el Caso de la Conservación de Carreteras.	92

IV. Coeficiente de Fricción	93
4.1 Determinación del ciclo de frenado de emergencia.	101
4.2 Parámetros de Evaluación del CF en el caso de la Construcción y Conservación de Carreteras.	117
V. Retrorreflexión	119
5.1 Clasificación de Marcas y Dispositivos empleados en el Señalamiento Horizontal.	121
5.2 Clasificación Funcional del Señalamiento Vertical.	125
5.3 Ubicación Longitudinal de Señales Preventivas.	127
5.4 Coeficientes Mínimos de Reflexión de las Pinturas para el Señalamiento Horizontal.	154
5.5 Coeficientes Mínimos de Reflexión de las Películas Reflejantes para el Señalamiento Vertical.	161
VI. Ejemplos de Aplicación	163
6.1 Pruebas realizadas durante la evacuación de la Retrorreflexión del Señalamiento Vertical.	224

Introducción



Introducción

Las Vías Terrestres fueron, son y serán el medio de transporte más económico y viable para la mayoría del sector productivo del país, debido a esto y para seguir garantizando este desarrollo tanto económico, como de infraestructura del transporte, desde la década de los años 90 se crearon diversos programas para dar un mantenimiento gradual a toda la *red carretera nacional*, siendo en sus inicios programas piloto que han ido evolucionando hasta lograr mejorar de manera significativa la pésima condición en la que se encontraban muchos de los tramos de esta red, e inclusive, habilitando varios más con el uso de nuevas tecnologías, también logrando una nueva metodología para el caso de la construcción de nuevas carreteras y reconstrucción de las existentes, garantizando así su correcta ejecución, calidad, seguridad, economía y eficiencia.

A continuación se describirá brevemente el contenido de esta Tesis, siendo el objeto de estudio las mediciones realizadas a la condición superficial del pavimento, cuya finalidad es reforzar y garantizar la *seguridad carretera*, para su mayor comprensión, se ha decidido estructurarlo de la siguiente manera.

En el **capítulo I** se podrá apreciar cómo ha ido evolucionando desde sus orígenes hasta la actualidad la *Red Carretera Nacional*, así como sus clasificaciones dependiendo el tipo de camino y su respectiva numeración y nomenclatura, cuyo objetivo será el de facilitar el entendimiento por parte del lector al contenido de los capítulos posteriores de esta Tesis.

En el **capítulo II** se explican los tipos de pavimentos empleados en las carreteras federales y de cuota del país, así como los trabajos que se realizan para dar mantenimiento y conservar en buen estado a esta red de carreteras por parte de la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes (en adelante SCT)* para el caso de las carreteras federales libres de peaje, y de *Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (en adelante CAPUFE)* para el caso de las autopistas de cuota.

En los **capítulos III y IV** se describen los alcances de las pruebas de *Índice de Perfil* y *Coefficiente de Fricción*, así como su ejecución y el equipo requerido, los valores que se obtienen durante la medición y el cálculo de resultados para de esta manera determinar los parámetros que establecen la aceptabilidad del tramo evaluado y en base a esto los procedimientos a considerar en el caso de que la pruebas arrojen valores por debajo de la norma correspondiente.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

En el **capítulo V** se dan a conocer los diversos tipos de señalamientos que se utilizan en carreteras y autopistas, y que forman parte de los dispositivos de seguridad empleados para reducir el número de incidencias en las mismas, también se explica el procedimiento para realizar las mediciones correspondientes a dichos señalamientos, es decir la *Retroreflexión*, los equipos utilizados y como evaluar los resultados obtenidos en campo para así saber la condición de estos y por tanto su aceptabilidad ante la Normativa para la Infraestructura del Transporte (NIT) de la SCT.

En el **capítulo VI** referente a los *Ejemplos de Aplicación* se podrá apreciar a detalle la ejecución correspondiente a las tres mediciones mencionadas en los capítulos anteriores, así como los formatos empleados para la elaboración de los reportes e informes que se requieren en las diversas dependencias de gobierno y el sector privado para la entrega de resultados.

Justificación

Este trabajo fue pensado con la finalidad de ofrecer a quienes gusten por esta rama de la *Ingeniería Civil* llamada Vías Terrestres, una guía de consulta sintetizada en un solo material, en donde se podrá encontrar, información referente a las mediciones realizadas al pavimento, las cuales sirven para evaluar su condición superficial, así como también, las pruebas que se realizan a los señalamientos horizontal y vertical para determinar la calidad tanto de la pintura, como de las películas reflejantes que los conforman respectivamente.

Dado que dentro de nuestra formación como Ingenieros Civiles es muy difícil ver en alguna materia un tema dedicado al concepto de mediciones y la magnitud que estas representan, se busca con esta Tesis dar a conocer todo lo relacionado con estas tres mediciones, haciéndolo de manera comprensible para el lector, tratando de plasmar toda la información referente a cada una de las pruebas y sus respectivos equipos, y algo muy importante, se muestra cuáles son los parámetros de evaluación de cada prueba y cómo se deben interpretar para poder realizar el análisis de resultados correspondiente, esperando lograr con esto, que pueda ser tomado como un pequeño complemento dentro de su formación, ya que en el ámbito profesional, puede serle de gran utilidad si se pretende desempeñar ya sea en la ejecución o bien en la supervisión de vías terrestres, específicamente en carreteras, dado que será algo recurrente el realizar este tipo de evaluaciones, debido a que es en la actualidad y lo seguirá siendo a futuro, un tema de carácter importante a nivel federal, ya que al no contemplar estos índices durante el control de calidad de una

construcción o una conservación de carreteras, está de por medio la seguridad del usuario al transitar por estas vías.

Objetivo

Que el lector pueda conocer algunas de las mediciones más representativas e importantes enfocadas a la seguridad carretera y que se aplican a los pavimentos ya sean rígidos o flexibles en la etapa final de su construcción o conservación, así como también a los dispositivos de seguridad en carreteras (señalamientos horizontal y vertical), sabrá de su ejecución y de qué manera influyen para determinar y garantizar el buen funcionamiento del tramo o carretera por evaluar, todo esto claro está, vinculado con la NIT de la SCT.

Problemática

Tomó poco más de 80 años comunicar y unificar al país a través de las vías terrestres, logrando a su vez con esto el desarrollo que México necesitaba para fortalecer su economía y su conexión con el extranjero en sus fronteras norte y sur, desafortunadamente el auge de estas vías de comunicación con el paso del tiempo no tardo en apagarse, debido en gran parte a una incorrecta proyección a futuro al no prever el aumento impresionante de vehículos de transporte de carga y privado cuyo tránsito cotidiano afecto gravemente el estado estructural y superficial de estas carreteras, el cual puede apreciarse en la actualidad en la mayoría de los tramos de la red carretera nacional que presentan un notable deterioro y que repercuten directamente en la seguridad del usuario.

I

Antecedentes



Antecedentes

Si hablamos de Vías Terrestres, sabemos todo lo que ha representado para el país esta rama de la Ingeniería Civil en cuanto a desarrollo y forma de vida, se definen como el conjunto de obras enfocadas a la infraestructura del transporte ferroviario y carretero, que tienen la finalidad de trasladar personas, bienes y mercancía de manera segura y eficaz.

En la actualidad, el manejo de transporte de pasajeros y bienes se realiza prácticamente a través de la red carretera, beneficiando a su vez a todos los sectores económicos del país (agrícola, ganadero, industrial, comercial, turístico y energético), dejando al sistema Ferroviario trabajando en segundo plano, debido en parte a las facilidades que hoy en día se tienen para adquirir un vehículo automotor y todo lo que este ofrece (comodidad y rapidez).

Es por esta razón que se debe procurar una buena conservación de esta infraestructura para mejorar su estado físico, y a su vez, ampliarla para seguir enlazando al país, de ser así, se acortaran cada vez más los tiempos de recorrido, se incrementará la seguridad y la comodidad al transitar por carretera, generando ahorros y múltiples beneficios para los usuarios, dando como resultado efectos positivos en la economía y el bienestar social.

Orígenes

Las carreteras en México

Es de reconocerse la inmensa labor que se ha venido realizando desde la década de los años 20's para conectar mediante carreteras a todo el país en la llamada *reconstrucción nacional* posterior al rezago económico que se originó durante la etapa de la revolución.

En su primera fase se logró conectar a la capital de la república con todas las capitales estatales y con cada uno de los puertos marítimos así como la creación de rutas principales hacia los puntos fronterizos norte y sur.

Posteriormente en su segunda fase se enlazo a cada capital estatal entre sí generando con esto más rutas de traslado reduciendo costos y tiempos de desplazamiento.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

En su tercera etapa se integró a cada estado con sus principales ciudades y municipios facilitando e impulsando de esta manera el flujo económico el cual mostraba ya grandes avances para los años 70's.

Sin embargo a estas alturas todavía, no todo era desarrollo, a causa de la geografía tan caprichosa que caracteriza a México, en especial su orografía, que al contar con una gran cantidad de sierras y cadenas montañosas afectaban en primera instancia a muchísimas comunidades a través del país, las cuales se encontraban en un rezago total debido a que sus poblados tenían un acceso difícil o nulo en ocasiones (dependiendo de la región pues solo se podía acceder a ellos en temporada de secas) y debido a su desafortunada ubicación esto representaba un verdadero problema quedando así excluidos de este progreso, lo cual obligo a crear un *red rural* constituida por pequeños caminos alimentadores y rutas de penetración (mejor conocidos como caminos rurales y brechas) cuya finalidad era facilitar el acceso y conectar a estas localidades con su respectivo municipio.

Para tener una idea mucho más clara de lo anterior y cuánto se logró en materia de desarrollo carretero basta mencionar lo siguiente:

- ✓ Tan solo entre los años de 1925 y 1930 se lograron consolidar los primeros 600 kilómetros de esta *Red Nacional de Carreteras*.
- ✓ En 1940 incremento de manera significativa a los 10 mil kilómetros.
- ✓ Para 1950 ya se tenían construidos 25 mil kilómetros.
- ✓ Durante los siguientes 10 años se lograron construir 19 mil kilómetros dando un total de 44 mil kilómetros.
- ✓ Ya en 1970 se alcanzaban los 71 mil kilómetros de la RCN.

Cabe destacar que de estos 71 mil kilómetros menos del 2% eran caminos rurales, por lo mismo, el desarrollo de estos empezó a tomar un ritmo y forma acelerado, en gran parte por su bajo coste comparado con otro tipo de carreteras, (inclusive muchos de ellos en la actualidad se han convertido en verdaderas carreteras debido a su importante papel en el sector productor), como resultado en los primeros años de la década de los 90's se sobrepasaban ya los 235 mil kilómetros que conforman a esta red siendo 150 mil kilómetros caminos rurales, en la imagen 1.1 podremos apreciar como es un camino de tipo rural.



Imagen 1.1 Camino rural Atequiza - El Rodeo - La Capilla - Entronque carretera federal Guadalajara – Chapala.

Fuente: <http://www.1070noticias.com.mx/sct-invertira-300-mdp-en-conservacion-de-caminos-rurales-de-jalisco-2/>

Hasta ese momento, se avanzaba a pasos grandes en este sector, logrando muchos kilómetros en un tiempo relativamente corto, de pronto, esto se vio frenado de manera drástica por cuestiones financieras, en especial haciendo referencia a la gran crisis que azotó a México en los años de 1994-1995, durante esta etapa por obvias razones se le dio prioridad a otros sectores para tratar de salir a flote, dejando prácticamente abandonada a esta importante forma de comunicación, fue hasta entonces que comenzaron a salir a la luz graves problemas en la situación estructural de las carreteras a lo largo y ancho de esta red, provocando con esto un deterioro alarmante en muchos de los tramos que la conformaban y que repercutían directamente en la seguridad de los usuarios al transitar en carretera.

Motivos había muchos pero las problemáticas más destacables eran dos, la primera, la calidad de los materiales empleados en la construcción de las carreteras en ese entonces era tan mala que al día de hoy son prácticamente inaceptables, en especial para terracerías, pues abundaban terracerías muy arcillosas, que al presentar grandes variaciones en su contenido de agua las hacían muy deformables; la segunda, el cambio tan brusco y repentino en la evolución del

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

transporte que ocasionaba efectos de fatiga devastadores y deformaciones permanentes críticas al pavimento.

Como ejemplo, uno de los caminos más transitados en la república durante los 50's fue la carretera *México - Puebla*, presentaba un aforo de 4000 vehículos diarios, de los cuales 400 aproximadamente eran de carga, en ese entonces el transporte de carga más pesado a lo máximo era de solo 10 toneladas, para el año de 1995 el peso máximo de un camión de carga era de 70 toneladas y los aforos llegaban a ser de hasta 30 mil vehículos al día con alrededor de 40% de vehículos de carga, un aumento considerable.

Resumiendo lo anterior, en la década de los 50's los vehículos transmitían esfuerzos mínimos cuyo alcance vertical no pasaba de los 40 centímetros, en cambio en los 90's estos esfuerzos ocasionaban daños en hasta más de un metro de profundidad debido a las grandes cargas que se transmitían al pavimento.

En las imágenes siguientes (1.2 y 1.3) se muestra la transición de la carretera México – Puebla en 50 años.

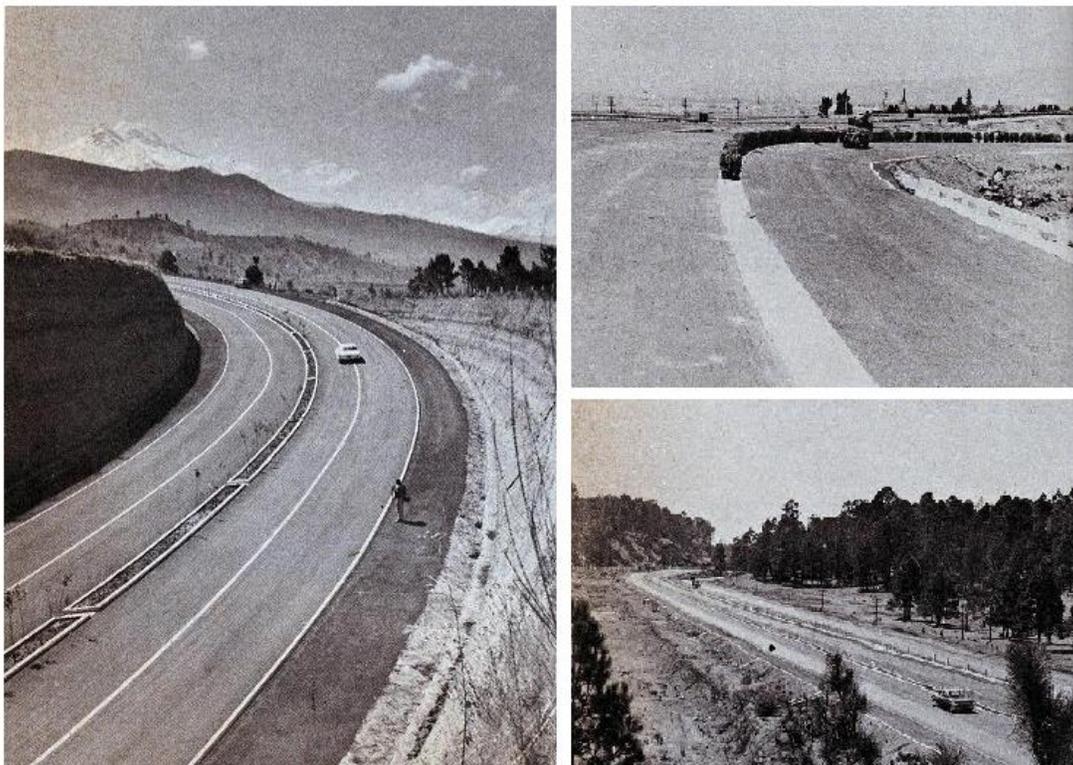


Imagen 1.2 Carretera México – Puebla, 1962.

Fuente: <https://www.facebook.com/NuestroAntiguoIxtapalucaChalco/posts/740111392748925>



Imagen 1.3 Carretera México – Puebla, 2012.

Fuente: <http://www.animalpolitico.com/2012/12/registra-autopista-mexico-puebla-el-mayor-aforo-vehicular/>

Un dato interesante es que hasta el momento todos los pavimentos en su mayoría eran *flexibles*, para darnos una idea, en el año 2009 la *Canacem (Cámara Nacional del Cemento)* informaba que al menos el 88% de la red carretera del país era de *asfalto* y que casi el 60% de esos tramos carreteros tienen más de 40 años de haber sido construidos, lo que implica que tanto los diseños como los materiales utilizados en ese entonces resultan obsoletos para el tránsito vehicular actual. También menciono que la capacidad de soporte de los pavimentos para carga pesada ha tenido un incremento del 50% respecto a lo previsto cuarenta años atrás, como se comentó justamente en lo anterior.

Por esta razón a partir de los años 90 se optó por empezar a emplear *concreto hidráulico* en algunos tramos de la RCN como lo fue el Libramiento Ticumán con poco más de 15 km en una calzada de dos carriles¹, trayendo con esto grandes avances y ventajas en su implementación respecto a la durabilidad y resistencia que ofrecía este tipo de *pavimentos rígidos* a comparación de los pavimentos flexibles.

En la imagen siguiente, se ilustra lo mencionado en lo anterior con uno de los proyectos carreteros más importantes del país, el Libramiento Arco Norte del Valle

¹ Revista Construcción y Tecnología en Concreto del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC) *Septiembre 2011*.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

de México, su importancia radica en ser una vía alterna que une el Golfo de México con el Océano Pacífico, atravesando así la parte central del país sin tener la necesidad de cruzar por la ciudad de México, para su construcción se empleó casi en su totalidad concreto hidráulico, y gracias a su tecnología avanzada en materia de control de tráfico es considerada la primera autopista inteligente del país.



Imagen 1.4 Libramiento Arco Norte del Valle de México, hecho en casi su totalidad de Concreto Hidráulico.

Fuente: Revista Ciencia y Tecnología, IMCYC, Nov 2010.

En la actualidad la cuarta etapa sigue corriendo desde los noventa hasta nuestros días, en donde se ha logrado aumentar y mejorar de manera significativa esta red carretera, para el año 2012 se contaba con una extensión de 377,660 km, de los cuales 49,652 km corresponden a la red de carreteras federales y de estas 40,752 km son carreteras libres de peaje, 83,982 km forman parte de las carreteras alimentadoras estatales, 169,429 km corresponden a la red rural y a su vez 74,596 km a brechas mejoradas.

Es importante mencionar que esto se ha logrado gracias a las nuevas metodologías de construcción y a diversos programas de mantenimiento y conservación que se crearon como consecuencia de lo comentado a lo largo de este capítulo y también en parte, gracias a la participación del sector privado, el cual sin lugar a dudas juega un papel muy importante en el progreso nacional, de esto se hablara en el capítulo siguiente.

Clasificación de las carreteras

La RCN está clasificada básicamente en función de su importancia como se comentó justo en lo anterior y que tanto tránsito circule por ella, es decir su *Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)*, se maneja por tres clasificaciones que van de lo general a lo particular, la primera de ellas se refiere a la transitabilidad, abarcando los caminos de tierra o terracerías, los caminos revestidos y los caminos pavimentados, la segunda es una clasificación administrativa, carreteras Federales, Estatales y Municipales, y por último una clasificación por tipo de camino la cual fue publicada en su primera vez en el año 1994 en el Diario Oficial de la Federación.

A continuación se mencionaran brevemente las clasificaciones por su importancia, TDPA y un factor que también es relevante, la velocidad.

Por su Importancia

Como ya se pudo apreciar, en la actualidad la red se conforma por Corredores Carreteros, la Red Básica Fuera de Corredores y la Red Secundaria, sin embargo, en el *Reglamento Sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal* se indica que aparte de su importancia por tipo de camino, en las carreteras también se debe considerar el tipo de transporte y el flujo vehicular que circule por ellas, clasificándose a su vez en tipo ET, A, B, C y D.

Carretera Tipo ET

Son aquellas que forman parte de los ejes de transporte que establezca la Secretaría, cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso, así como de otros que por interés general autorice la Secretaría, y que su tránsito se confine a este tipo de caminos. A su vez se subdividen en *Carretera de cuatro carriles, Eje de Transporte ET4 y Carretera de dos carriles, Eje de Transporte ET2*.

Carretera Tipo A

Son aquellas que por sus características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso, excepto aquellos vehículos que por sus dimensiones y peso sólo se permitan en las carreteras tipo ET. *A su vez se subdividen en Carretera de cuatro carriles A4 y Carretera de dos carriles A2*.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Carretera Tipo B

Son aquéllas que conforman la red primaria y que atendiendo a sus características geométricas y estructurales prestan un servicio de comunicación interestatal, además de vincular el tránsito. Son parte de corredores de transporte que unen centros de población importantes, generalmente de más de cincuenta mil habitantes, cuyas actividades generan o atraen viajes de largo itinerario (Ver imagen 1.5). A su vez, se subdividen en:

- ❖ **Autopistas (AP).** Carreteras de sentidos separados físicamente por una faja central o mediana, control total de acceso, dos o más carriles por sentido de circulación, *cuatro carriles B4, dos carriles B2.*
- ❖ **Vías rápidas (VR).** Carreteras de sentidos separados físicamente por una faja central o mediana, y que en relación con uno o varios de los demás elementos (control de acceso, número de carriles por sentido, etc.) no cumple con los estándares de las autopistas.



Imagen 1.5 Comparativa entre Autopista de Veracruz (Imagen Superior) y Vía Rápida en Tijuana (Imagen Inferior).

Fuente: Imagen 1: <http://lavozveracruzana.com/2013/09/07/liberan-caseta-de-la-autopista-veracruz-la-tinaja/>

Imagen 2: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1359775&page=17>

Carretera Tipo C

Red Secundaria; son carreteras que atendiendo a sus características prestan servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, estableciendo conexiones con poblaciones pequeñas y medianas con la red primaria. También es conocida como vía secundaria, tiene un sólo cuerpo, control parcial de acceso, un carril por sentido de circulación, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen.



Imagen 1.6 Vía Secundaria.

Fuente: <http://www.circulaseguro.com/mas-radares-moviles-para-las-vias-secundarias/>

Carretera Tipo D

Red alimentadora; son carreteras que atendiendo a sus características geométricas y estructurales principalmente prestan servicio dentro del ámbito municipal con longitudes relativamente cortas, estableciendo conexiones con la red secundaria (Ver imagen 1.7), a su vez se subdividen en:

- ❖ **Colectoras (C).** Carreteras de un sólo cuerpo, control parcial de acceso, un carril por sentido de circulación.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

- ❖ **Locales (L).** Carreteras de un sólo cuerpo, sin control de acceso, un carril por sentido de circulación.
- ❖ **Brechas (Br).** Carreteras de un sólo cuerpo, sin control de acceso, un carril de circulación.



Imagen 1.7 Comparativa entre Carretera Colectora en Ecuador (Imagen Superior), Carretera Local en Perú (Imagen Central) y Brecha en Nayarit (Imagen Inferior) ².

² **Imagen 1:** <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=721854&page=35>

Imagen 2: <http://www.noticiasperu-hoy.pe/pasco-construiran-carretera-vecinal-en-huachon>

Imagen 3: <http://www.amatlan.gob.mx/p-rehabilitacion-de-la-brecha-tepuzhuacan-23>

Por su TDPA

Uno de los factores necesarios a considerarse en todo diseño de carreteras es el volumen de tránsito que ésta tendrá a lo largo de su vida útil, mejor conocido como *Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)*.

Definido como el promedio aritmético del número de vehículos que circulan por un punto de una vialidad durante un año, se obtiene con el volumen total de vehículos que atraviesan una determinada sección de carretera en un período de tiempo determinado (este periodo debe ser mayor a un día y menor o igual a un año), dividido por el número de días de dicho período; esto puede ejemplificarse también a través de la siguiente imagen, en la cual se muestra como se determina el número de vehículos que ingresan a una determinada región del país al pasar por una caseta de cobro.



Imagen 1.8 Tránsito en la entrada a la Caseta de cobro Tepotzotlán.

Fuente: <http://amqueretaro.com/el-pais/2013/03/29/tienen-transito-fluido-salidas-del-df>

Por su velocidad

La velocidad es un elemento importante que será determinante para la seguridad del usuario durante su recorrido en carretera, es por esa razón que se debe prestar especial atención al respecto y respetar los límites propuestos para evitar en lo posible cualquier incidente al conducir, por esta razón existen rangos de velocidad dependiendo el tipo de camino para procurar lo anterior.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

A continuación se muestra en la Tabla 1.1 esta relación, y a su vez también el TDPA correspondiente.

Tabla 1.1 Velocidad permitida dependiendo el tipo de Vía.

Tipo de Camino	TDPA	Velocidad
Autopistas - AP	Más de 5 mil vehículos	80 a 110 km/h
Vías Rápidas - VR	3 mil a 5 mil vehículos	80 a 110 km/h
Arterias o Secundarias	1,500 a 3 mil vehículos	70 a 110 km/h
Colectoras - C	500 a 1,500 vehículos	60 a 100 km/h
Locales - L	100 a 500 vehículos	50 a 80 km/h
Brechas - Br	Hasta 100 vehículos	30 a 70 km/h

Es importante mencionar que el límite máximo al que hace referencia la tabla anterior es considerado para vehículos de uso privado, en el caso de los vehículos de carga y transporte de pasajeros la velocidad máxima por obvias razones será menor (aun cuando los señalamientos indiquen velocidades superiores), se recomienda si es de interés consultar estos valores en el Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal.

Numeración y Nomenclatura de la Red Federal de Carreteras

La razón por la cual se decidió mencionar dentro de este material este subtema y el anterior es porque resulta fundamental al trabajar en campo conocer cómo se maneja esta RCN, desde sus conceptos, para saber en qué tipo de camino nos encontramos, hasta su nomenclatura, para saber localizar y ubicarnos en algún tramo a evaluarse.

Desde el año de 1968 empezaron a numerarse las carreteras federales conforme se iban construyendo a lo largo del territorio nacional, muchas veces indiscriminadamente, ocasionando conflictos y confusión entre los usuarios, como ejemplo, basta mencionar que ya estando en el año 2008 se habían numerado 307 carreteras, de las cuales solo estaban registradas 132 en el catálogo de la *Dirección*

General de Conservación de Carreteras (DGCC), por otro lado en la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) solo existían 157 rutas registradas; de estas carreteras, el 26% presentaba una duplicidad entre ambos catálogos, mientras que en la DGCC la ruta *Ramal a Lagunas de Zempoala* tenía el número 106, para la DGST pertenecía a la ruta *Tres Marias – Sta. Martha*.

Por esta razón se empezó a trabajar en una nueva numeración y nomenclatura para todas las rutas existentes y las que habrían de construirse más adelante, con la primicia de ser claras y fáciles de interpretar por los usuarios.

Las *rutas longitudinales* (Ver imagen 1.9), se designaron con números nones, empezando por el oeste, es decir, 05, 15, 25, 35, 45, etc.



Imagen 1.9 Rutas Longitudinales RCN, 2008.

Fuente: Conservación de Carreteras Federales Libres de Peaje, Academia de Ingeniería de México.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

A las *rutas transversales* (Ver imagen 1.10) se les asignaron números pares, comenzando por el norte, quedando en 10, 20, 30, 40, etc. Estas unían el Golfo de México con el Océano Pacífico, formando a su vez por así decirlo cuadrículas ortogonales con las rutas longitudinales anteriormente mencionadas.



Imagen 1.10 Rutas Transversales RCN, 2008.

Fuente: *Conservación de Carreteras Federales Libres de Peaje, Academia de Ingeniería de México.*

El propósito de haber dejado una diferencia de 10 en 10 entre cada una de las rutas longitudinales y transversales, fue para que se pudieran incorporar fácilmente las nuevas carreteras que se habrían de construir a futuro.

Cuando alguna de las carreteras libres de peaje sea paralela a alguna de cuota, se diferenciarán por el color del fondo en el escudo, además de que para el caso de las autopistas de cuota se distinguirán por llevar una letra “D” al final de la numeración.

En el caso de las carreteras federales, se utilizarán números de tres dígitos para diferenciarlas, es decir, 100, 200, 300, etc., iniciando de norte a sur, esta numeración estará determinada según la zona en que se encuentren, la cual a su vez estará delimitada por las rutas transversales.

Dependiendo en que zona de numeración se encuentre una ruta se le asignará un número, siendo par para las carreteras transversales, e impar para las carreteras longitudinales.

Si una carretera llegara a iniciar en una zona y continuara a través de otra, se mantendrá el número asignado desde su origen a lo largo de toda la ruta.

En la siguiente imagen se pueden observar los 14 corredores carreteros que conforman en la actualidad la RCN, y también se puede apreciar la proyección del corredor carretero número 15, correspondiente al Corredor Del Pacífico, el cual se prevé estar listo para el año 2030 buscando así potenciar el uso de la costa por su riqueza en desarrollo turístico.

LOS 15 EJES TRONCALES

► El gobierno federal desarrollará un corredor carretero por donde se calcula transitarán diariamente más de 3 mil millones de pasajeros y más de 470 millones de toneladas de carga.



Imagen 1.11 Principales corredores carreteros de la RCN, 2014.

Fuente: http://www.milenio.com/negocios/ejes-troncales_MILIMA20140409_0029_1.jpg

II

Tipos de Pavimentos



Introducción

La Dirección General de Servicios Técnicos define al pavimento como “*la capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, que se construyen sobre las terracerías. Cada capa tiene la finalidad de soportar y transmitir a la capa inferior, las cargas del tránsito vehicular sin que cada una o todo el pavimento se deforme excesivamente para que no afecte el drenaje superficial, de manera que se garantice una superficie sin agrietamientos, cómoda y segura para el usuario*”.

Es decir, estos pavimentos, al ser la *superestructura* de los caminos o vialidades deben ser capaces de soportar los esfuerzos que producen las cargas dinámicas generadas por los vehículos al transitar por su superficie y disipar esta energía, de tal modo que al llegar a las capas inferiores la magnitud de estos esfuerzos sea menor a la resistencia de los materiales que las conforman, evitando así deformaciones e inclusive la falla.

Estas capas a su vez, deberán ser capaces de tolerar la acción impredecible e inconstante de la naturaleza, que últimamente es más notoria en la condición climática global, siendo los factores cada vez más constantes en nuestro país, la precipitación pluvial y las temperaturas extremas (frio y calor).

En lo referente a la funcionalidad de los pavimentos hay varias características con las que deben cumplir, para el caso que concierne a este material las más representativas son tres, las cuales se describen brevemente a continuación.

Regularidad Superficial, son aquellas deformaciones que presenta la superficie de rodadura a lo largo (longitudinalmente) y ancho (transversalmente) de su sección, que generan movimientos verticales en el vehículo que resultan incómodos para el usuario al transitar por carretera, los cuales pueden llegar a ocasionar la pérdida de control del mismo a velocidades altas en condiciones de pavimento seco, también se incrementan de manera drástica los *costos de operación* de los usuarios, y es más fácil que se presente la acumulación de agua en la superficie debido a estas *irregularidades* presentándose más incidentes en temporada de lluvias, por tanto, la condición superficial del pavimento deberá ser lo más plana posible, de este tema se hablara a detalle en el próximo capítulo.

Resistencia al Deslizamiento, la superficie del pavimento deberá cumplir con cierta textura que garantice el incremento del *coeficiente de fricción* logrando así una condición de manejo eficiente y seguro inclusive en presencia de lluvia, esto se podrá apreciar con mayor profundidad en el capítulo IV de esta Tesis.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Drenaje Superficial, para que una carretera pueda ser operable en condiciones de lluvia es necesario que cuente con un buen sistema de drenaje en su superficie, de esta forma se procurara su estabilidad, se logra mediante el encauce de las aguas hacia ambos lados del camino, a través del bombeo en secciones en tangente y al llegar a curvas con el peralte, desviando el escurrimiento hacia las cunetas llegando al desagüe del camino que a su vez intercepta las aguas provenientes de los taludes, además de esto es necesario como ya se mencionó en lo anterior contar con una regularidad superficial y una textura adecuadas, o de lo contrario se aumenta la posibilidad de presentarse el fenómeno del *hidroplaneo* al conducir, ocasionado por la acumulación de una lámina de agua a lo largo del cuerpo de la carretera que disminuye la fricción entre el neumático y el pavimento, además también se disminuye la visibilidad de los usuarios durante la precipitación al generarse un efecto de rocío al conducir a velocidades altas.

Resumiendo, de cumplirse lo anterior se podrá garantizar una superficie de rodamiento cómoda, segura y económica al usuario al transitarse, logrando a su vez minimizar el costo de su mantenimiento a lo largo de su vida de proyecto. En la actualidad el avance tecnológico ha permitido emplear nuevas tecnologías en lo referente a construcción de pavimentos desde los convencionales hasta los de las más altas especificaciones, sin embargo, la situación del país ha quedado un poco rezagada en cuanto a este avance, a continuación se podrán apreciar los tipos de pavimentos empleados a lo largo de la Red Carretera Nacional en la actualidad, los cuales se clasifican de acuerdo a su capa de rodadura, siendo flexibles aquellos que tienen una carpeta asfáltica en su superficie y rígidos aquellos que tienen una carpeta de concreto hidráulico, tal como se muestra en la figura siguiente.

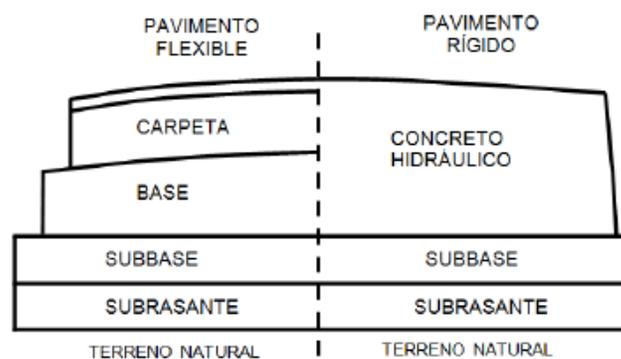


Figura 2.1 Comparación entre la estructura típica de un pavimento flexible y uno rígido.

Fuente: Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.

Pavimentos Flexibles

Su característica principal es la capacidad que tienen para resistir ciertos niveles de deformación elástica sin llegar a la falla o ruptura, por esta razón se les conoce como *flexibles*, es un pavimento relativamente económico, pero solo durante su etapa de construcción, pues presenta un costo inicial bajo que tiende a elevarse al requerir un mantenimiento constante a lo largo de su vida útil para mantenerse en una buena condición, este periodo de vida va de los 10 a los 15 años aproximadamente.

Como se pudo apreciar en la figura anterior, los pavimentos flexibles *convencionales* presentan en su capa superficial una *carpeta asfáltica*, la cual está elaborada de material pétreo y asfalto, es decir la *mezcla asfáltica*, además de una base, subbase y subrasante.

La SCT en su Normativa para la Infraestructura del Transporte contempla dentro de la *construcción* de carreteras, dos tipos de carpetas asfálticas, las primeras cuya elaboración es en caliente y las segundas elaboradas en frío, la diferencia principal es que en el caso de las *Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente* (N.CTR.CAR.1.04.006/14), estas requieren del calor como vehículo de incorporación entre los agregados y el cemento asfáltico para formar la mezcla asfáltica resultando en la carpeta, la temperatura es variable dependiendo del tipo de cemento asfáltico a utilizarse, es decir si es modificado o no, si es modificado el proveedor del material asfáltico deberá indicar las temperaturas adecuadas para el proceso de mezclado y compactación, en el caso de que sea un cemento asfáltico tradicional la temperatura mínima conveniente para el tendido se determinara mediante la curva *Viscosidad-Temperatura* del material asfáltico utilizado.

Para el segundo caso, es decir, las *Carpetas Asfálticas con Mezcla en Frío* (N.CTR.CAR.1.04.007/14), los agregados pétreos se incorporan a la mezcla gracias al cemento asfáltico en forma de emulsión, es decir una *emulsión asfáltica*, la cual requiere de agua y un agente emulsificante para conformar la mezcla, al ser el agua y el asfalto agentes inmiscibles entre si es necesario adicionar un agente emulsificante para estabilizar la mezcla durante su proceso, los emulsificantes son compuestos orgánicos y dependiendo de cuál sea el emulgente utilizado se le otorgara una polaridad a la emulsión pudiendo ser catiónica (+) o aniónica (-), las cuales también se clasifican de acuerdo a su rompimiento, en:

- ❖ Emulsiones de Rompimiento Rápido
- ❖ Emulsiones de Rompimiento Medio
- ❖ Emulsiones de Rompimiento Lento

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

- ❖ Emulsiones para Impregnación
- ❖ Emulsiones Súper Estables

Al usar emulsiones asfálticas es necesario tener control total durante el proceso de estabilidad. Para que el cemento asfáltico pueda adherirse al material pétreo y formar de esta forma la carpeta, se necesita desestabilizar la emulsión, es decir, es necesario romperla, el agua empieza una reacción química ocasionando que la carga eléctrica que tiene el material pétreo neutralice la carga de las partículas del cemento asfáltico en la emulsión lo cual permite que estas se puedan acercar entre sí para formar agregados de mayor tamaño, durante el proceso se va perdiendo agua al formarse pequeñas gotas en el interior del asfalto las cuales posteriormente son eliminadas al formarse la mezcla asfáltica.

En ambos casos las carpetas pueden contener cemento asfáltico *tradicional*, *modificado* (se le incorporan polímeros con la finalidad de hacer al asfalto menos susceptible al calor y otorgarle mayor elasticidad), o bien *multigrado* (modificado sin polímeros, conserva sus propiedades originales y a su vez le permite tener al asfalto un amplio rango de temperaturas) para la elaboración de la mezcla o emulsión dependiendo el caso.

Existen también asfaltos líquidos o rebajados, que forman parte de las emulsiones asfálticas, con la diferencia de que en lugar de agua contienen un fluidificante que puede ser aceite, bencina o queroseno, de igual forma estos se evaporan durante el proceso de curado de la mezcla asfáltica.

Estas carpetas, generalmente manejan espesores mayores de cuatro centímetros, por lo mismo son capaces de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores en la estructura del pavimento.

Por lo tanto, como se pudo apreciar de manera general en lo anterior, las carpetas asfálticas están prácticamente en función del tipo de mezcla asfáltica utilizada, y estas a su vez serán determinantes para la elección del tipo de pavimento a construirse, a continuación se describirán brevemente las mezclas asfálticas más empleadas para los trabajos de construcción, reconstrucción y conservación de carreteras requeridos por la SCT para pavimentos flexibles.

Mezclas Asfálticas en Caliente

La SCT clasifica a estas mezclas a su vez en tres tipos, dependiendo básicamente del tamaño nominal del agregado, lo cual determinara su aplicación.

Mezcla Asfáltica de Granulometría Densa

Es elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos bien graduados cuyo tamaño nominal va de 1½" a 3/8". Es utilizada por lo regular en la construcción de carpetas asfálticas para pavimentos nuevos cuando se requiere una alta resistencia estructural, es decir que el pavimento pueda soportar grandes cargas, o cuando se realizan renivelaciones y refuerzo de pavimentos ya existentes para su conservación.

Mezcla Asfáltica de Granulometría Abierta

De igual forma es elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos, requiere de un alto porcentaje de vacíos, por lo que la granulometría de los agregados debe ser uniforme, su tamaño nominal va de ½" a ¼"; se utilizan normalmente para formar capas de rodadura, por lo tanto no tienen ninguna función estructural, generalmente se construyen sobre una carpeta de granulometría densa (se hablara de estas carpetas en lo referente a conservación de pavimentos flexibles), la razón por la que se requiere un alto porcentaje de vacíos es para que el agua pueda fluir a través de ellos al ser desplazada por los neumáticos incrementando así la fricción con la superficie de rodadura, también gracias a esto se reduce la cantidad de agua que permanece sobre la carpeta durante la precipitación mejorando la visibilidad del señalamiento horizontal y afectando en menor manera el agua que se impulsa sobre los vehículos adyacentes, este tipo de mezclas no se deben colocar en aquellas zonas que sean susceptibles al congelamiento o que se presente una precipitación menor de 600 mm por año.

Mezcla Asfáltica de Granulometría Discontinua, Tipo SMA

Como las anteriores, también es elaborada con cemento asfáltico, pero en este tipo de mezclas los materiales pétreos presentan una granulometría discontinua cuyo tamaño nominal va de 3/4" a 3/8". Por sus propiedades pueden ser utilizadas como capas inferiores en carreteras cuyo tránsito es elevado, y al igual que las Mezclas Asfálticas de Granulometría Abierta, pueden utilizarse para formar la capa de rodadura de un pavimento, que además de cumplir con todas las características que

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

se mencionaron anteriormente, al tener una macrotextura elevada favorece a la reducción del ruido producido por los neumáticos al transitar por carretera.

Para ejemplificar lo anterior se muestra como se realiza el tendido de mezcla asfáltica en caliente a través de la siguiente imagen.



Imagen 2.2 Tendido de Mezcla Asfáltica en Caliente usando entendedora Finisher.

Fuente: <http://lazarushn.com/category/aditivos-para-concreto/aditivos-mejoradores-de-mezclas-asfalticas/>

Mezclas Asfálticas en Frío

Para este caso su elaboración está en función del tipo de emulsión o asfalto utilizado, de igual manera a continuación de muestra su clasificación.

Mezcla Asfáltica de Granulometría Densa

Es elaborada con emulsión asfáltica o asfalto rebajado y con materiales pétreos que presenten un tamaño nominal de entre 1½” a 3/8”. Son empleadas en la

construcción de carpetas asfálticas para nuevos pavimentos, los cuales no requieran una alta resistencia estructural, por lo tanto son utilizadas en casos donde la intensidad de tránsito es igual o menor a un millón de *ejes equivalentes*, y también pueden ser utilizadas en la conservación de carreteras para la reparación de baches, como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 2.3 Bacheo mediante Mezcla Asfáltica en Frío.

Fuente: <http://www.asfaltoenfriomx.com/>

Mortero Asfáltico

Generalmente es utilizado para la conservación carretera, es colocado sobre una base impregnada o una carpeta asfáltica sirviendo como capa de rodadura brindando una nueva textura al pavimento de esta manera (Ver imagen 2.4), regularmente su espesor va de 1 a 2 cm, su elaboración de igual forma es con emulsión asfáltica o asfalto rebajado, agua y arena con un tamaño máximo de 2.36 mm.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Imagen 2.4 Aplicación de Mortero Asfáltico.

Fuente: <http://www.zahori.com.mx/papasa.php>

Mezclas Asfálticas por el Sistema de Riegos

Se construyen mediante la aplicación de uno o dos riegos de material asfáltico (conocidas como riego de sello, ver imagen 2.5), intercalado con hasta tres capas sucesivas de material pétreo triturado con granulometría decreciente, debido a esto se clasifican en carpetas de uno, dos y tres riegos, pudiendo ser premezcladas o no (esto se logra mezclando previamente el material asfáltico y la capa de material pétreo con emulsión asfáltica) en su última capa en el caso de carpetas de dos o tres riegos y obviamente para las de un riego, se pueden utilizar tanto en la construcción como en la conservación de carreteras colocándose sobre una base impregnada o una carpeta asfáltica como capa de rodadura con la finalidad de proporcionar una textura que favorezca a la fricción y aumente su resistencia al pulimento.



Imagen 2.5 Aplicación sincronizada de Emulsión Asfáltica y Sello.

Fuente: <http://www.madesamexico.com/>

Capas de Rodadura

Son tratamientos superficiales empleados en los trabajos de conservación de carreteras por parte de la SCT para mantener en buen estado a los pavimentos de la red nacional, no tienen ninguna función estructural por lo tanto su espesor es menor de 4 cm, se colocan encima de un pavimento existente con la finalidad de mejorar sus características funcionales, otorgándole a su vez mayor resistencia al intemperismo.

El Riego de Sello (solo para capa de un riego) y el Mortero Asfáltico anteriormente definidos, son las capas de rodadura elaboradas en frío más usuales en México, a continuación se describirán de manera general las elaboradas en caliente.

Stone Mastic Asphalt (SMA)

Conformada por pétreos, con o sin asfalto modificado y por fibra de celulosa es colocada sobre carpetas asfálticas o de concreto hidráulico, proporcionando de esta manera una superficie de rodamiento uniforme, resistente al derrapamiento, bien drenada, cómoda y segura. A diferencia de las mezclas convencionales su contenido de asfalto es mayor reduciendo así su envejecimiento, debido a su gran cantidad de gruesos (TMN de 9.5 a 19mm), poca cantidad de medios y una elevada

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

cantidad de finos esta capa resiste fácilmente la formación de roderas, su construcción es rápida lo que facilita la pronta apertura al tránsito, en la imagen que se muestra a continuación, se puede observar como es el acabado de esta capa de rodadura.



Imagen 2.6 Compactación y Textura de Mezcla Asfáltica SMA.

Fuente. Imagen 1: <http://www.revistaconstrucciongt.com/2012/09/guatemala-innova-con-tecnologia.html>

Imagen 2: <https://www.tecnocarreteras.es/web/items/1/934/asefma-apoya-el-uso-de-mezclas-asfalticas-sma-mas-respetuosas-con-el-medio-ambiente>

Carpeta Asfáltica Superficial Altamente Adherida (CASAA)

Elaborada en base de agregados pétreos y cemento asfáltico modificado, es considerada como una capa de rodadura semipermeable, por esta razón elimina de forma relativamente rápida el agua de lluvia de su superficie, al igual que la anterior

proporciona una superficie de rodamiento uniforme, resistente al derrapamiento, bien drenada, cómoda y segura.

Antes de su construcción se debe de aplicar sobre la superficie a tratar un riego con emulsión modificada con polímeros para garantizar la impermeabilidad de dicha superficie y una óptima adherencia con la carpeta, también su construcción es rápida al igual que su apertura al tránsito, para ejemplificar esta capa de rodadura se muestra la siguiente imagen.



Imagen 2.7 Tendido y Acabado de carpeta CASAA.

Fuente. Presentación “Nuevos esquemas para la Conservación de Carreteras”, AMIVTAC.

Textura Abierta (Open Graded)

Está integrada por material pétreo, pudiendo contener asfalto modificado o no, como su nombre lo indica es de granulometría abierta y bajo contenido de finos, el tamaño

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

nominal de los agregados va de 6.3 a 12.5 mm, de igual forma proporciona una superficie de rodamiento uniforme, resistente al derrapamiento, bien drenada, cómoda y segura, y es recomendable su implementación en zonas donde la precipitación pluvial promedio anual sea mayor a 800 mm (Ver imagen 2.8).

Generalmente se construyen sobre pavimentos con mezclas asfálticas impermeables, cuya carpeta no presenta fallas como agrietamientos ni roderas, la manera en la que el agua sea eliminada de la superficie de una forma rápida estará en función del bombeo transversal que está presente.



Imagen 2.8 Reducción del efecto *Spray Back* en carpetas Open Graded.

Fuente: <http://www.app.com/story/news/traffic/2014/10/22/parkway-roads-better-rain/17736261/>

Gracias a los registros que se han llevado a cabo por la SCT sobre el comportamiento de estas tres capas de rodadura se ha estimado de manera general

su periodo de vida útil, resultando en 7 años para la capa SMA, 4 años para la CASAA y 3 años para la de Textura Abierta.

La manera de seleccionar estas capas queda completamente en función de los aspectos económicos y funcionales dado que como se comentó al principio no tienen ningún aporte estructural, los elementos que se consideran en el aspecto funcional son el rango de tránsito, la velocidad de proyecto y la vida útil de la carretera, así como la precipitación pluvial que presente la zona en la que se encuentra.

Bases Estabilizadas

Una base es la capa de materiales conformada por suelos seleccionados, cuya construcción se realiza antes de una carpeta ya sea asfáltica o hidráulica o bien de una capa de rodadura, dentro de las funciones estructurales se encuentran transmitir las cargas de los vehículos de forma decreciente a la capa inferior, drenar el agua y evitar la ascensión capilar, su implementación en la mayoría de los casos está limitada por el aspecto económico. También hay bases hidráulicas, las cuales utilizan agua como material base para su compactación.

Es común que durante la construcción de una base el material empleado no es lo suficientemente resistente para soportar las cargas que se han proyectado para el flujo vehicular, por esta razón es necesario modificarlas agregando químicos al suelo para modificar su resistencia o calidad, a estas bases se les llaman modificadas o estabilizadas.

En México las bases que se manejan comúnmente son 5, que se describen a continuación:

- ❖ **Modificadas con cemento hidráulico.** Se incorpora al suelo que formara la base, de 3 a 4% en masa de cemento hidráulico para modificar su plasticidad.
- ❖ **Estabilizadas con cemento hidráulico.** Se le incorpora al suelo que formara la base, de 6 a 10% en masa de cemento hidráulico para aumentar la resistencia a la compresión simple determinada a los 7 días de edad.
- ❖ **Estabilizadas con asfalto.** Se agrega al suelo que formara la base, de 3 a 4% en masa de cemento asfáltico para mejorar su comportamiento mecánico y disminuir la plasticidad, el asfalto se deberá agregar en forma de emulsión (Ver imagen 2.9).

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

- ❖ **Asfáltica.** También conocida como Base Negra, se añade al suelo que integra la base, de 4 a 5% en masa de cemento asfáltico para formar una capa de concreto asfáltico magro, el asfalto se puede añadir en caliente o en frío.
- ❖ **Concreto Hidráulico Magro o de Baja Resistencia.** Se agrega al suelo que formara la capa, cemento hidráulico necesario para obtener una resistencia a la compresión simple a los 28 días de edad de 150 kg/cm² a 200 kg/cm².



Imagen 2.9 Base estabilizada con Emulsión Asfáltica.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=S6b9roy6r9U>

Pavimentos Rígidos

La principal característica de los pavimentos rígidos es que están formados de una losa de concreto hidráulico que tiene la función de brindar características tanto estructurales como funcionales al pavimento; se les denomina *rígidos* debido a la gran rigidez que tiene la losa, y que por su gran sección permite recibir de mejor manera las cargas ejercidas por los vehículos distribuyéndolas en un área mucho

mayor que en el caso de los pavimentos flexibles (Veri figura 2.10), por lo tanto los esfuerzos que son transmitidos a las terracerías son de una magnitud muy baja.

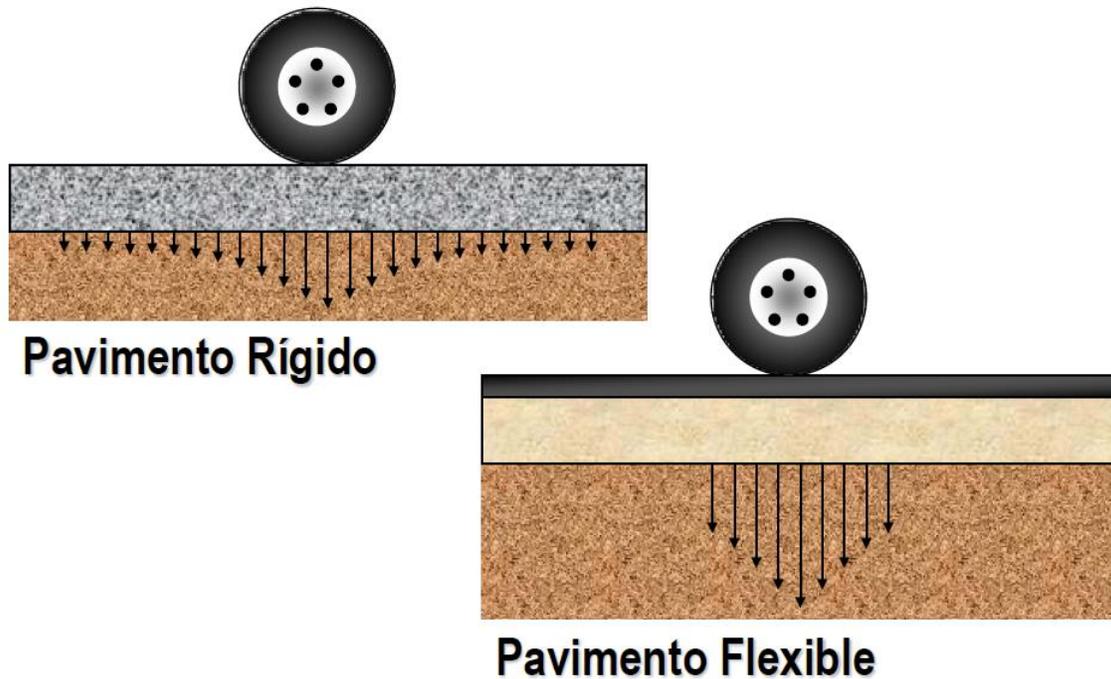


Figura 2.10 Comparativa de distribución de esfuerzos entre Pavimentos Rígidos y Pavimentos Flexibles.

Fuente. Los Pavimentos: Definición, tipos e importancia, CANACEM.

El costo inicial durante su construcción es más elevado comparándolo con un pavimento flexible pero el mantenimiento que requerirá a lo largo de su vida útil es realmente mínimo, un pavimento flexible ocupara reparaciones anuales siendo generalmente bacheos y recarpeteos constantes cada 5 años aproximadamente, mientras tanto un pavimento rígido solo requiere de un mantenimiento de sello de grietas y la sustitución del sello en las juntas de las losas cada 5 años, su durabilidad es de 25 años pudiendo llegar a los 40 con un buen mantenimiento.

De igual forma la capacidad estructural de la carpeta de concreto hidráulico está en función del tipo de losa que se pretenda construir, a continuación se describirán brevemente los tres tipos de losas que se emplean en la construcción, reconstrucción y conservación de carreteras de la red nacional.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Losas de Concreto Hidráulico con Juntas

Una vez elaborado el concreto hidráulico a base de una mezcla de agregados pétreos, cemento Portland y agua, se procederá con el respectivo colado, vibrado, texturizado y curado de las losas, posteriormente se procederá a elaborar las juntas longitudinales y transversales a lo largo de su sección (Ver imagen 2.11), con una relación de hasta 1/1.25, de tal forma que su geometría sea cuadrada o quasi-cuadrada, aserrando primero las juntas transversales (de contracción) e inmediatamente después las longitudinales, estas juntas deberán contener una tira de relleno preformada no adherente y serán selladas con material sellador, son necesarias para evitar la fisuración de la losa y la formación de grietas por contracción cuando el concreto ha endurecido por completo.

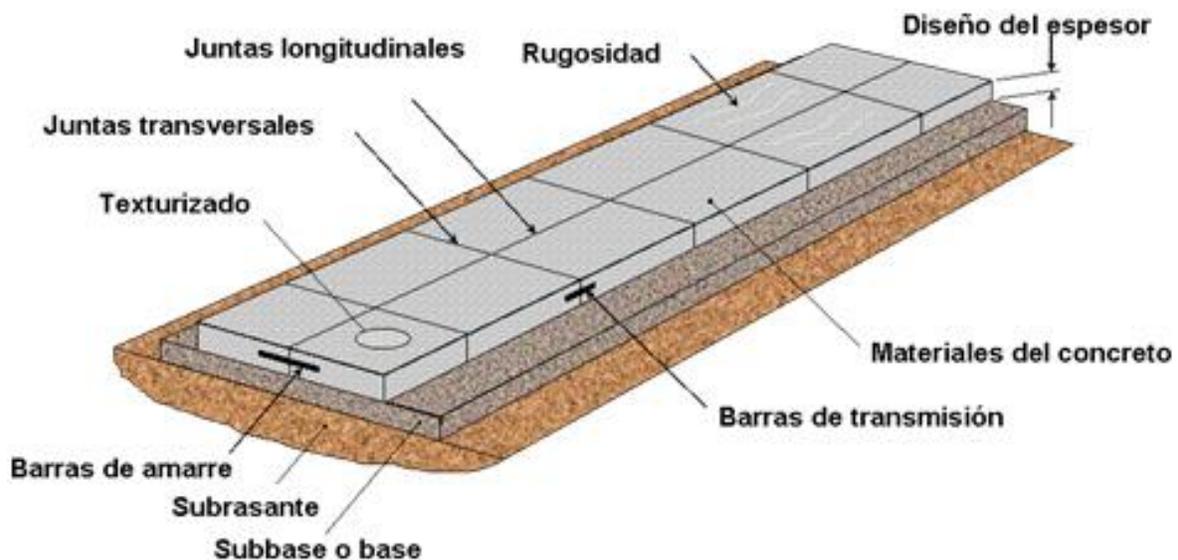


Figura 2.11 Juntas Transversales y Longitudinales en el Pavimento Rígido.

Fuente: <http://www.duravia.com.pe/category/conoce-el-pavimento/>

Este tipo de losas puede llevar *pasajuntas* (Ver imagen 2.12), las cuales serán colocadas antes del colado de la carpeta de concreto hidráulico y a la misma distancia donde serán aserradas las juntas transversales de contracción, a manera que coincidan cuando sea terminado el trabajo, estas pasajuntas ayudan a distribuir los esfuerzos producidos por los neumáticos entre las losas adyacentes que conforman la carpeta reduciendo de esta manera las deflexiones en las juntas evitando fallas como el agrietamiento.

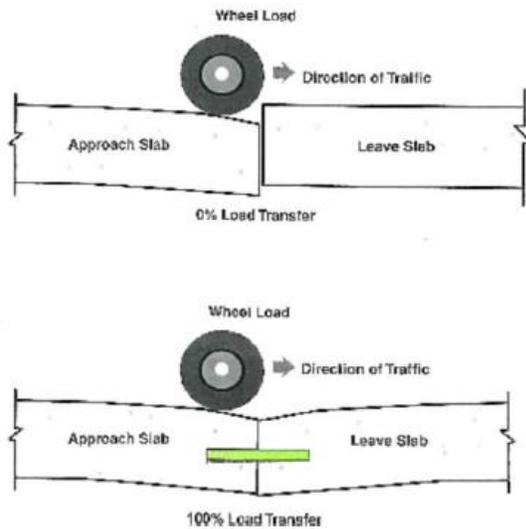


Imagen 2.12 Distribución de carga en Pasajuntas y colocación.

Fuente: <http://pasajuntas.com/Resources/FICHATECNICA.pdf>

En el caso de las barras de amarre se colocaran a lo largo de las juntas longitudinales antes del colado con la finalidad de amarrar dos losas y así mantenerlas unidas asegurando que la carga sea transferida a través de la junta, la SCT en su inciso G.7.3 referente a Pasajuntas y Barras de Amarre en la norma N.CTR.CAR.1.04.009/06 establece que deberán ser corrugadas y en una longitud de 45 cm antes y después de una junta transversal no se colocaran barras de amarre.

Losas de Concreto Hidráulico con Refuerzo Continuo

De igual forma antes del colado de la carpeta se procederá con la colocación del refuerzo continuo, será acero de refuerzo, como varillas de acero o mallas electrosoldadas prefabricadas colocadas longitudinalmente de forma continua con la finalidad de resistir los esfuerzos de tensión (Imagen 2.13), en este tipo de losas es común la aparición de grietas transversales en espaciamentos cortos, pero estas se mantienen unidas por medio del acero de refuerzo, asegurando de esta manera que queden cerradas totalmente.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Imagen 2.13 Libramiento Osiris – Morelos en Zacatecas, el cual implemento Losas de Concreto Hidráulico con Refuerzo Continuo en su construcción.

Fuente: <http://www.slideshare.net/ICABlog/deacero>

Losas de Concreto Hidráulico Presforzado

Se conforman de secciones de concreto hidráulico simple, las cuales mediante un sistema de Pretensado o Postensado son sujetas a compresión, al igual que las anteriores el acero de refuerzo (que actuará de manera pasiva) y la colocación de los tendones o torones de pretensado (Ver imagen 2.14) será antes del colado de la carpeta, este sistema de Presforzado permite que el concreto se comprima a un valor superior a las tensiones que se producen en él, como la retracción por fraguado o las cargas del tránsito, evitando así la aparición de grietas o fisuras y

reduciendo considerablemente a su vez el espesor de la losa y el número de juntas transversales.

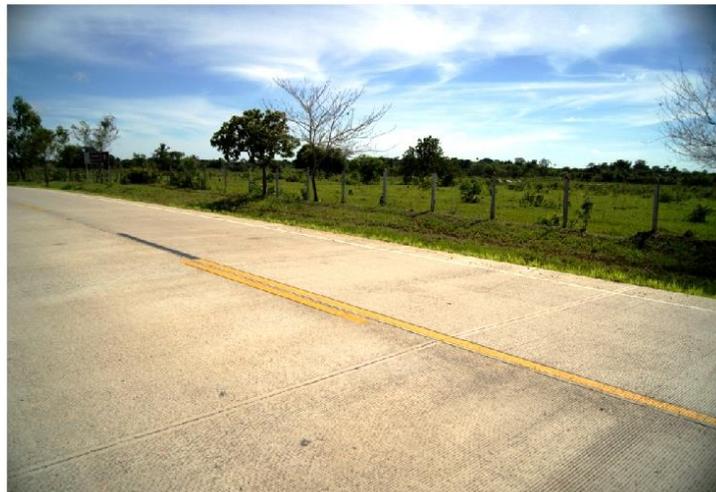


Imagen 2.14 Presforzado de losa mediante Tendones de Pretensado para vialidades de Concreto Hidráulico.

Fuente: <http://blog.360gradosenconcreto.com/postensado-en-pavimentos-y-pisos-industriales/>

Pavimentos Semirrígidos

Este tipo de pavimentos son una combinación de los dos pavimentos vistos anteriormente, es decir un pavimento flexible y uno rígido, usualmente la capa más flexible se superpone a la capa rígida por cuestiones estructurales, estos son

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

llamados *Blacktopping*, también se da el caso de pavimentos flexibles que son reforzados mediante losas de concreto hidráulico, a estos se les llama *Whitetopping*, e inclusive también se llegan a implementar pavimentos cuya base se estabilizo con ligante hidráulico, es decir una base hidráulica y en su superficie presenta mezcla asfáltica, en la siguiente imagen se podrá apreciar la diferencia entre estos dos tipos de pavimentos semirrígidos.



Imagen 2.15 Diferencia entre el Blacktopping (Imagen Arriba, Carretera Federal 307 Cancún – Chetumal) y el Whitetopping (Imagen Abajo).

Fuente. Imagen 1: <http://theakumalian.com/Archives/2009/75march.shtml>

Imagen 2: <http://www.imcyc.com/revistacyt/feb11/pavimentos.htm>

Factores para determinar la Construcción de un Pavimento

Complementando lo anterior, de manera general, se mencionara en función de que factores se puede determinar el tipo de pavimento que podrá emplearse en la construcción, conservación y rehabilitación de carreteras en el país, haciendo referencia al *Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana* de la DGST que lo define como una guía rápida de consulta para la realización de estudios y proyectos de pavimentos nuevos y la rehabilitación de los existentes, esto solamente con la finalidad de integrarlo como un pequeño complemento a lo visto en lo anterior, por lo tanto si se requiere conocer más a fondo sobre su implementación se invita a su consulta.

Cabe mencionar que existen más factores que influyen en esta determinación y los cuales podría decirse que ya forman parte de las clasificaciones que requiere un proyecto geométrico de carreteras integral, para el caso de esta Tesis, estos factores no se abordaran puesto que no forman parte de los temas de interés a este material.

Rango del Tránsito Vehicular

Para determinarlo es necesario conocer el aforo del tránsito vehicular que se pretende proyectar, el cual está en función de la sumatoria de los *ejes sencillos equivalentes* de 8.2 Toneladas, se considera eje sencillo a aquel eje que está formado por cuatro llantas las cuales presentan una presión de contacto de 5.8 kg/cm² y cuya carga estándar es de 8.2 Ton.

Tránsito Vehicular de Diseño

El tránsito vehicular de diseño se refiere al tránsito que se proyecta a futuro a lo largo de la vida útil de la carretera, este se calculara en base al último TDPA registrado para el caso de las carreteras existentes, para el caso de las nuevas carreteras se utilizara el TDPA previsto en su proyección.

Mediante la siguiente ecuación se podrá calcular el Transito de Diseño proyectado a futuro.

$$TD = TDPA_{actual} \times CT$$

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Donde:

TD = Tránsito de Diseño

$TDPA_{actual}$ = Último dato registrado del TDPA

CT = Coeficiente de acumulación del tránsito, cuya fórmula es $= 365 \left[\frac{(1+TC)^n - 1}{TC} \right]$

n = Horizonte de proyecto³

TC = Tasa de Crecimiento, en decimales

Ejes sencillos equivalentes de 8.2 T (ΣEE)

Se calcula considerando coeficientes de daño (los cuales están en función de la profundidad), se obtienen con la relación de los esfuerzos generados por el eje analizado respecto a los esfuerzos generados por un eje estándar de 8.2 T, como se puede apreciar a continuación:

$$\Sigma EE = (TD) \times (Cd) \times (CD) \times (Ci)$$

Donde:

ΣEE = Suma de los ejes sencillos equivalentes de 8.2 T, esperados en el horizonte de proyecto.

TD = Tránsito de diseño

Cd = Coeficiente de daño (en función del tipo de vehículo)

CD = Coeficiente de distribución por carril, en decimales, (el cual está en función de lo indicado en la tabla 2.1)

Ci = Coeficiente de distribución direccional

Este último coeficiente, es decir el Ci , se refiere al sentido de circulación del tránsito donde fluye el mayor porcentaje de vehículos, en este catálogo se recomienda un valor de 0.5, pudiendo variar de 0.3 a 0.7.

³ El horizonte de proyecto considerado en el catálogo para todos los tipos de pavimentos es de 20 años.

Tabla 2.1 Distribución del Tránsito en el carril de Diseño

Coeficiente de distribución por carril (CD)	
Número de carriles en cada sentido	Porcentaje en el carril de proyecto
1	100
2	80-100
3	60-80
4 ó más	50-75

Fuente: *Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.*

Una vez que se calculó la sumatoria de ejes sencillos equivalentes, se podrá conocer en que rango de tránsito se encuentra la carretera que se está estudiando con ayuda de la tabla 2.2, la cual está en función del TDPA típico que circula por las carreteras de la red nacional.

Tabla 2.2 Distribución del Tránsito en el carril de Diseño

Rangos de tránsito en función de ejes sencillos equivalentes (ΣEE)				
$\Sigma EE1$	$\Sigma EE2$	$\Sigma EE3$	$\Sigma EE4$	$\Sigma EE5$
$\leq 10,000,000$	$>10,000,000 - \leq 20,000,000$	$>20,000,000 - \leq 40,000,000$	$>40,000,000 - \leq 80,000,000$	$> 80,000,000$

Fuente: *Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.*

Regionalización de la República Mexicana

Dentro del catálogo, a través de las Unidades Generales de Servicios Técnicos que conforman todos los centros SCT del país y con ayuda del Sistema Meteorológico Nacional se llevó a cabo una regionalización de la República Mexicana, cuya finalidad es conocer las condiciones climáticas y de terreno natural que más favorecen a la construcción de un pavimento dependiendo la región en la que se encuentre en el país, para esta regionalización se tomaron en cuenta los siguientes tres parámetros:

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

- ❖ Tipo de Terreno Natural
- ❖ Precipitación Pluvial Máxima (PPm)
- ❖ Temperatura Máxima y Mínima ($T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$)

Al contar con la información correspondiente a cada uno de los parámetros anteriores, se elaboró un mapa de la República Mexicana donde se clasificaron cinco regiones (R), las cuales se denominaron R1, R2, R3, R4 y R5.

En la figura siguiente se podrá apreciar de mejor manera esta regionalización en la cual R1 corresponde a una condición climática y de terreno natural más favorable para el comportamiento del pavimento, mientras que para R5 hace referencia a las condiciones más adversas, R2, R3 y R4 corresponden a condiciones intermedias entre estas dos.

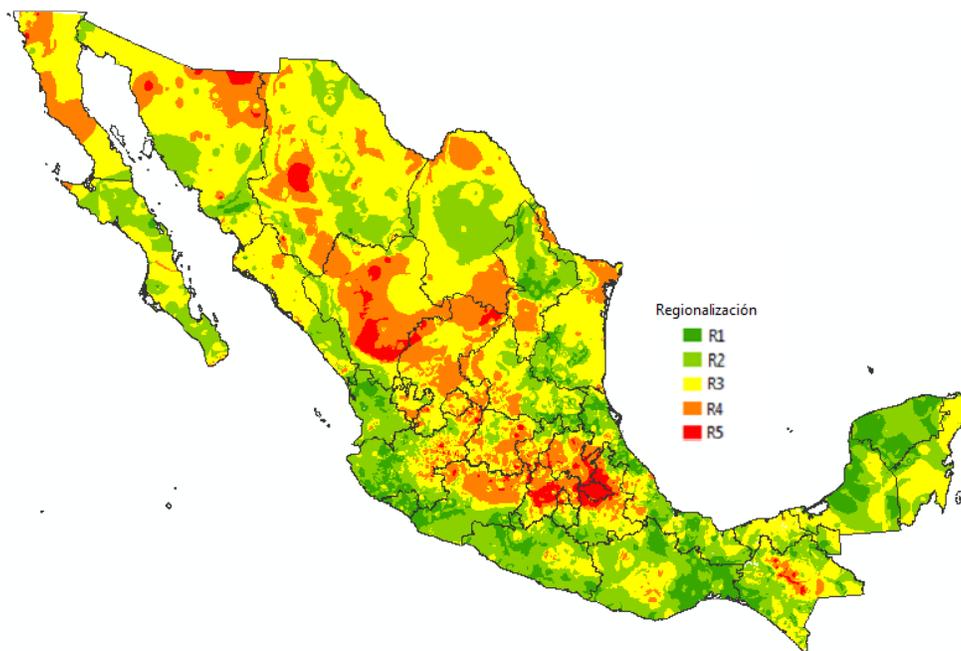


Figura 2.16 Regionalización de la República Mexicana según la temperatura, precipitación pluvial y terreno natural.

Fuente: Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.

Determinación de la Región donde se construirá el Pavimento

Esta determinación es útil de igual manera para un pavimento que existe y requiere de alguna conservación, ya sea en este caso o bien que se vaya a construir uno

nuevo se requiere obtener un factor denominado *Calificación global (Cg)*, que a su vez está en función de la *Calificación particular (Cp)*, esta se asigna a las temperaturas máximas y mínimas, a la precipitación pluvial y al tipo de terreno natural correspondiente al área en donde se hará la conservación o construcción del pavimento, se deberá considerar lo siguiente para cada caso:

- ❖ Temperatura máxima del día más caluroso, $T_{\text{máx}}$
- ❖ Temperatura mínima del día más frío, $T_{\text{mín}}$
- ❖ Precipitación pluvial máxima del día más lluvioso (PPm)
- ❖ Clasificación del terreno natural en rocas y suelos, para estos últimos se utilizó el *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)*

Ya una vez teniendo estos valores, se procederá a obtener la calificación particular para cada parámetro, esto se realizara con ayuda de la tabla 2.3, esta C_p se mide en una escala de 0 a 100, donde 0 es la condición más desfavorable y 100 la más favorable para el comportamiento de un pavimento.

Tabla 2.3 Determinación de la Calificación particular según las condiciones del sitio.

Parámetro	Valor máximo	Valor mínimo	Calificación particular (Cp)
Temperatura máxima, °C	50.0	36.2	0
	36.1	34.0	25
	33.9	32.0	50
	31.9	29.3	75
	29.2	10.0	100
Temperatura mínima, °C	2.2	-14.0	0
	6.7	2.3	25
	11.3	6.8	50
	15.8	11.4	75
	27	15.9	100
Precipitación pluvial máxima, mm	550.0	213.7	0
	213.6	158.1	25
	158.0	111.1	50
	111.0	66.3	75
	66.2	0.0	100
Clasificación de suelos y rocas (ver tabla 4)	Aptitud Muy baja		0
	Aptitud Baja		25
	Aptitud Media		50
	Aptitud Alta		75
	Aptitud Muy alta		100

Fuente: Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.

En la siguiente tabla podrá observarse como se determinó la *aptitud* en el caso del terreno natural, la cual fue considerada en base a la capacidad que presentaban los

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

materiales para soportar los esfuerzos que se ejercían sobre ellos sin presentar deformaciones excesivas y sin llegar al colapso por resistencia al esfuerzo cortante.

Tabla 2.4 Aptitud de Suelos y Rocas en la República Mexicana.

No.	SUCS	Descripción	Aptitud
1	OH	Limos o arcillas orgánicas de alta plasticidad	Muy Baja
2	OL	Limos o arcillas orgánicas de baja plasticidad	Muy Baja
3	CH	Arcilla de alta plasticidad	Baja
4	CL	Arcilla de baja plasticidad	Media
5	MH	Limo de alta plasticidad	Baja
6	ML	Limo de baja plasticidad	Media
7	SC	Arena arcillosa	Alta
8	SM	Arena limosa	Muy Alta
9	SP	Arena mal graduada	Alta
10	GC	Grava arcillosa	Muy Alta
11	GM	Grava limosa	Muy Alta
12	GP	Grava mal graduada	Muy Alta
13	-	Rocas	Muy Alta

Fuente: Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.

Para el caso de la C_p en el caso de las temperaturas y la precipitación pluvial, los valores máximo y mínimo se obtuvieron con los registros de las estaciones climatologías del país.

Ya determinadas las calificaciones particulares de cada parámetro es necesario determinar la *Calificación por influencia* (C_i), esta calificación representa el impacto que tiene cada parámetro en el comportamiento del pavimento, la cual se obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$C_i = C_p \times F_i$$

Donde:

C_i = Calificación por influencia

C_p = Calificación particular

F_i = Factor de influencia, en decimales

Este Factor de influencia fue asignado de manera empírica al considerarse que cada parámetro (temperatura, precipitación y tipo de terreno natural) presenta cierto grado de influencia en el comportamiento del pavimento, en la tabla siguiente se puede apreciar los factores de influencia correspondientes a cada uno de los parámetros mencionados anteriormente.

Tabla 2.5 Factores de Influencia.

Parámetro	Factor de Influencia (Fi)
Temperatura mínima	15%
Temperatura máxima	30%
Precipitación pluvial máxima	20%
Terreno natural	35%

Fuente: Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.

Por lo tanto ya es posible calcular la Calificación global, la cual se obtiene con la sumatoria de cada una de estas calificaciones por influencia, como se aprecia a continuación.

$$C_g = \Sigma C_i$$

Por último, esta Calificación global deberá dividirse en 5 intervalos, de 20 a 100, asociando cada uno de ellos con su respectiva región, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 2.6 Clasificación de la Región en función de la Calificación global.

Calificación Global	Clasificación de la región
80 a 100	R1
60 a 79.9	R2
40 a 59.9	R3
20 a 39.9	R4
0 a 19.9	R5

Fuente: Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.

Secciones Estructurales de Pavimentos

En base a lo calculado en los dos subtemas anteriores (tránsito de proyecto y la región donde se ubicara el pavimento), podemos seleccionar las secciones estructurales de pavimentos dependiendo el tipo de carretera que se pretenda construir, seleccionando la más conveniente en cuanto a costo y disponibilidad de materiales a utilizarse, en las figuras siguientes se podrán apreciar los tipos de

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

secciones estructurales que están en función de la sumatoria de ejes equivalentes y el tipo de región.

Figura 2.17 Secciones Estructurales de Pavimentos para Carreteras Normales.

ΣEE	SECCIONES ESTRUCTURALES DE PAVIMENTOS				
	REGIÓN (R)				
	R1	R2	R3	R4	R5
$\leq 10'000,000$					
$> 10'000,000$ a $\leq 20'000,000$					
$> 20'000,000$ a $\leq 40'000,000$					
$> 40'000,000$ a $\leq 80'000,000$					
$> 80'000,000$					

Nota: Los espesores están en cm y las secciones no están a escala.

- Carpeta asfáltica Concreto hidráulico Subbase Base hidráulica
- Base estabilizada con asfalto Base estabilizada con cemento hidráulico Base modificada con cemento hidráulico

ΣEE = Sumatoria de ejes equivalentes R_n = Tipo de región

Fuente: Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.

Figura 2.18 Secciones Estructurales de Pavimentos para Carreteras de Altas Especificaciones.

ΣEE	SECCIONES ESTRUCTURALES DE PAVIMENTOS				
	REGIÓN (R)				
	R1	R2	R3	R4	R5
$\leq 10'000,000$					
$> 10'000,000$ a $\leq 20'000,000$					
$> 20'000,000$ a $\leq 40'000,000$					
$> 40'000,000$ a $\leq 80'000,000$					
$> 80'000,000$					

Nota: Los espesores están en cm y las secciones no están a escala.

- Carpeta asfáltica Concreto hidráulico Subbase Base hidráulica
- Base estabilizada con asfalto Base estabilizada con cemento hidráulico Base modificada con cemento hidráulico

ΣEE = Sumatoria de ejes equivalentes R_n = Tipo de región

Fuente: Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentos para las Carreteras de la República Mexicana de la DGST, SCT.

Para el caso de las bases estabilizadas con cemento hidráulico en el catálogo se hace la recomendación de considerar un espesor como mínimo de 25 cm, fundamentándose en las malas experiencias que se han tenido en otros países al manejarse espesores inferiores.

Trabajos de Conservación en Carreteras Libres de Peaje

Como se ha venido mencionando en lo anterior, la importancia de tener pavimentos con una estructura y superficie en un estado óptimo será determinante para la seguridad y comodidad de las personas que viajen por carretera, durante mucho tiempo la falta de atención oportuna al sector carretero ocasiono un grave deterioro a la RCN, lo cual repercutió en costos de reparación muy elevados y sobrecostos de operación aún mayores al anterior, afectando directamente en los tiempos de recorrido y la economía de los usuarios, así, desde los años 90's surgió una nueva metodología de conservación de carreteras por parte de la SCT, especialmente orientada a las carreteras federales libres de peaje que al no tener un ingreso generado por un peaje, se mantienen operables con recursos federales, donde año con año se lograron desarrollar subprogramas que hasta la fecha tienen la finalidad de preservar el estado físico de toda la red de carreteras federales libres de cuota del país, logrando con esto una evolución en la filosofía de construcción que se tenía hasta el momento, entendiendo que se requiere de un proceso permanente de conservación y mantenimiento para garantizar lo anterior.

Puesto que el tránsito de vehículos y el daño que ocasionan las cargas de los mismos a los pavimentos de esta red se mantendrá creciente, en la actualidad se pretende invertir un poco más en las capas inferiores al momento de su construcción, manejando secciones por así decirlo robustas, puesto que la experiencia en estos casos a dejando como enseñanza que un pavimento que presenta fallas en lo profundo de su sección estructural cuesta muchísimo dinero para su reconstrucción, y dejando para la conservación solamente su superficie, implementando bases estabilizadas y capas de rodadura que como se apreció en lo visto anteriormente ofrecen una solución práctica y de bajo costo que pueden ser preservadas en buen estado con inversiones destinadas a su *conservación*, donde comparado con el costo anterior será relativamente mínimo.

A continuación se podrá apreciar brevemente cuales son los trabajos de conservación más representativos y su finalidad.

Conservación Rutinaria

Son los trabajos que se realizan cotidianamente en la red con la finalidad de mantener las condiciones originales de circulación y seguridad de la carretera, como son: limpieza de cunetas y contracunetas, corrección de grietas, bacheo, amacizamiento y corrección de taludes, reparación de obras de drenaje superficial, pintura y señalamiento, logrando con esto detectar a tiempo deterioros naturales de carácter menor corrigiéndolos a su vez oportunamente, algunos de estos trabajos se ejemplifican en la imagen siguiente.



Imagen 2.19 Trabajos de Conservación Rutinaria.

Fuente: *Presentación, Conservación de Carreteras, Evolución de los Trabajos de Conservación, DGCC, SCT 2012.*

Conservación Periódica

Esta conservación considera trabajos que deben realizarse en una primera parte para corregir deterioros que vayan transformándose en mayores evitando a toda

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

costa una conservación correctiva la cual siempre generara sobrecostos de operación inútiles y excesivos, y en ese sentido adaptar la vía en caso de que vaya presentando un crecimiento de tránsito mayor al esperado, ya sea en número, peso o importancia, seguirá manteniendo aun así el nivel de servicio considerado como adecuado al inicio de sus operaciones, estas acciones se consideran dentro de un periodo de mediano plazo, manteniendo la calidad de la superficie de rodadura con una vida útil de 3 a 6 años, los trabajos principales que se llevan a cabo son recuperaciones de pavimento y carpeta; riego de sello; fresado, nivelación y construcción de carpeta; nivelación construcción de carpeta y/o riego de sello; nivelación y estabilizaciones con asfaltos o cemento portland, de igual forma en la imagen que se muestra a continuación se ejemplifican algunos de estos trabajos.



Imagen 2.20 Trabajos de Conservación Periódica.

Fuente: Presentación, Conservación de Carreteras, Evolución de los Trabajos de Conservación, DGCC, SCT 2012.

Reconstrucción de Tramos

Por lo general estos trabajos buscan restituir las características originales de un tramo o carretera buscando con esto darles una vida útil mayor a 10 años. Siendo las más relevantes la colocación y/o sustitución de alcantarillas, muros de contención, construcción de subdrenajes y terraplenes, bacheo profundo (Imagen 2.21), recuperaciones y renivelaciones de carpetas, así como la colocación de carpetas asfálticas o hidráulicas.



Imagen 2.21 Bacheo Profundo para trabajos de Reconstrucción de Tramos.

Fuente: Presentación, Conservación de Carreteras, Evolución de los Trabajos de Conservación, DGCC, SCT 2012.

Reconstrucción de Puentes

Estos trabajos son realizados para reforzar las estructuras y que con esto puedan soportar el paso de las cargas a través de ellos, este tipo de trabajos abarcan el reforzamiento de la superestructura y la subestructura, sustitución de la superestructura (Ver Imagen 2.22), cambio de juntas de dilatación, cambio de apoyos, protección contra socavación y aplicación transversal.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Imagen 2.22 Sustitución de Superestructura para trabajos de Reconstrucción de Puentes.

Fuente: Presentación, Conservación de Carreteras, Evolución de los Trabajos de Conservación, DGCC, SCT 2012.

Señalamiento

Son trabajos enfocados al señalamiento horizontal y vertical buscando mantener la seguridad de los usuarios con el paso del tiempo, sobretodo en situaciones adversas como la lluvia o la noche, en el capítulo V se podrá apreciar a detalle todo lo relacionado a este tema y las mediciones que se emplean para determinar su aceptación ante la SCT.

Atención a Puntos de Conflicto

Se realizan acciones con la finalidad de reducir la incidencia de accidentes en zonas donde se han reportado en promedio cuatro accidentes o más por año siendo en su mayoría fatales, la DGCC considera que las circunstancias que generan estos incidentes son el entorno, el conductor, el vehículo y el camino, donde en términos

generales estos accidentes son imputables en un 89% a los conductores, 2% al peatón o pasajero, 3% al camino y 1% a los agentes naturales, como parte de estas acciones están la instalación de señalamiento y dispositivos de seguridad, corrección del alineamiento horizontal, corrección de la sobreelevación, ampliación de curvas y de la sección transversal del camino, es decir de la corona, construcción de retornos así como de PSV (paso superior vehicular) y PIV (paso inferior vehicular), mejoramiento de la superficie de rodamiento, de la pintura y la iluminación.

Estrategias de Conservación Oportuna

Desde principios de este milenio los presupuestos destinados al sector se han orientado en su mayoría a la conservación rutinaria y periódica con el claro objetivo de mejorar el estado de la red, en el año de 1994 la RCN presentaba un estado superficial insatisfactorio en su mayoría, es decir un 57%, el 43% restante era bueno y aceptable, gracias a esto para el año 2011 su estado físico mejoro aumentando a un 81% en estado bueno y aceptable y reduciendo a 19% los tramos con calidad insatisfactoria.

Es por esto que se siguió trabajando en esta misma línea, logrando estrategias de conservación cada vez más eficientes, logrando buenos resultados a medida de lo posible, hablando específicamente de los recursos destinados a estas operaciones que eran variables e insuficientes en la mayoría de los casos, es por esto que una vez conocidos los factores que afectan principalmente en el deterioro de los pavimentos (la acción del tránsito y los agentes climatológicos), se prosiguió a clasificar a estos pavimentos en tres estados superficiales, para con esto saber qué tipo de medidas se deberían tomar para cada uno de ellos.

Quedando en una clasificación del *estado del camino*, que se describe a continuación:

- ❖ **Bueno.** Muestra un deterioro lento y apenas es visible por el usuario, su conservación apenas es mínima.
- ❖ **Satisfactorio.** Es una etapa donde se requiere atención de forma urgente para evitar en tiempo un deterioro rápido de la superficie.
- ❖ **No Satisfactorio.** El deterioro de la superficie ocurre de manera acelerada, por lo tanto su descomposición total es rápida.

En otras palabras, cuando un camino está en buen estado, los trabajos de conservación son muy sencillos y por lo tanto resulta una inversión de bajo costo, a medida que el deterioro va avanzando la conservación se torna más complicada y

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

el costo de las reparaciones se eleva de manera significativa, por esta razón la SCT recalca la importancia de no permitir que la condición superficial de los pavimentos se llegue a deteriorar más allá de la condición satisfactoria, en la figura siguiente se puede apreciar de mejor manera lo anterior.

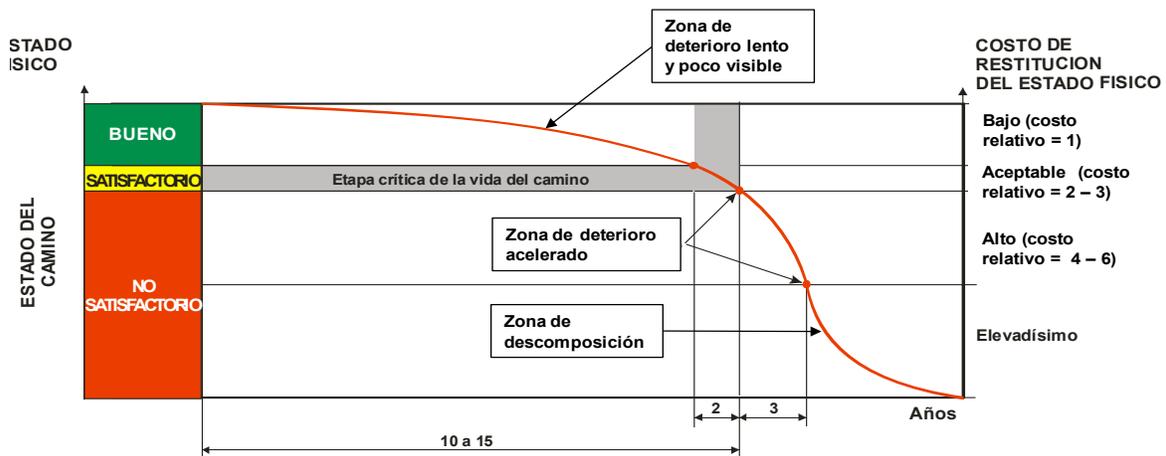


Figura 2.23 Relación de Costo – Deterioro en los Pavimentos de la RCN.

Fuente: Presentación, “Nuevos esquemas para la Conservación de Carreteras”, DGCC, SCT.

Como resultado se logró la creación de diversos tipos de programas de conservación piloto, los cuales buscaban garantizar en base a los presupuestos de conservación mantener a la red en un estado *satisfactorio*, esto se lograría dando mayor énfasis al rango *no satisfactorio*, para que a futuro fuera más fácil trabajar sobre el rango medio y de esta forma avanzar en esta clasificación al siguiente nivel, es decir el estado superficial bueno.

En su primera etapa se implementaron los *Programas Plurianuales de Conservación Rutinaria de Tramos y Puentes*, estos no eran más que contratos independientes que se concesionaban mediante licitación a contratistas o constructoras, las cuales se encargarían de dar mantenimiento por un periodo definido de años a la RCN en el caso de la conservación de tramos y lo mismo para el caso de la conservación de puentes.

Al empezar a arrojar resultados positivos, relativamente a buen costo, se decidió implementar en el año 2003 con ayuda del Banco Mundial, el *Proyecto Piloto de Mantenimiento Integral* (PROPIMI), de igual forma era un contrato plurianual en el cual se incluían todas las actividades necesarias para conservar en un estado satisfactorio toda la infraestructura de la red carretera federal libre de peaje

(Conservación Rutinaria, Conservación Periódica, Reconstrucción de Tramos y Rehabilitación de Puentes, adicionando Servicios de Vialidad y Gestión de los Trabajos, es decir Programación, Seguimiento, Evaluación e Inventario), para este proyecto se seleccionó la ruta 57 perteneciente a la carretera *Querétaro – San Luis Potosí*, la cual abarcaba a los estados de Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí a través de sus 237.6 km de longitud total.

Este proyecto resulto exitoso, logró mejorar de manera significativa el estado superficial de la ruta y todo lo que conlleva a su estado de operación y serviciabilidad presentando un estado físico bueno y satisfactorio, en parte gracias a la contratación global de todas las actividades, lo cual ahorro recursos y trámites, en lugar de licitar, contratar, supervisar y finiquitar cada una de las actividades de manera independiente, todo se hizo a través de un solo contrato, de esta forma logró consolidarse, dejando de ser un piloto, transformándose en un contrato denominado *Programa de Mantenimiento Integral (PROMAI)*, que siguiendo el mismo esquema estuvo operando desde el 2007 hasta el año 2012, comprobando que no existe ninguna problemática al manejar plurianualidad en los contratos, optimizando de manera integral la administración de los recursos.

A partir de ese año y en base a las experiencias y resultados obtenidos con los programas anteriores se crearon los *Contratos Plurianuales de Conservación de Carreteras (CPC)*, los cuales se proyectaron a un plazo de contratación de 10 años, este esquema se ha diseñado para llevar a los pavimentos de la RCN al rango de bueno, ya se comentó que los resultados del PROMAI ya arrojaban valores de bueno y satisfactorio, pero en este caso se busca que permanezcan permanentemente en el nivel más alto, es decir bueno, buscando con esto elevar el nivel de servicio para los usuarios y mantener bajos los Costos de Operación Vehicular (COV).

Es por esta razón que se empezaron a implementar nuevas exigencias por parte de la SCT basadas en estándares internacionales de desempeño en pavimentos, las cuales hacen referencia a las mediciones enfocadas a evaluar la condición superficial de un pavimento, es decir, su rugosidad, las roderas y la fricción, estas al estar dentro de los parámetros aceptables garantizan la seguridad, un buen nivel de servicio y bajos COV, por obvias razones era necesario realizarlas tanto en la construcción como en la conservación de carreteras para lograrlo.

Entre los objetivos que se pretenden alcanzar con este tipo de contratos destacan los siguientes:

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

- ❖ Mejorar el servicio que hasta el momento se había proporcionado a los usuarios en programas o fases anteriores.
- ❖ Modernizar la forma en que se gestionaba la red de carreteras federales.
- ❖ Servir como precedente para la introducción de nuevos métodos, productos y tecnologías aplicables a la conservación de carreteras.
- ❖ Promover y a su vez incentivar el desarrollo de empresas nacionales especializadas en la conservación de estructura vial.
- ❖ Incluir para efectos de pago un nuevo sistema por cumplimiento de estándares de desempeño.

En la figura siguiente se muestran los elementos considerados en este sistema de estándares de desempeño.

Corona (IRI, roderas, resistencia al deslizamiento, baches)
Terracerías (derrumbes, deslaves y recargue de taludes)
Drenaje (obras menores, complementarias)
Señalamiento y dispositivos de seguridad (vertical, horizontal, defensas y barreras)
Puentes y estructuras (elementos metálicos y de concreto, drenes, apoyos y juntas, cauces)
Funcionalidad del derecho de vía (desmonte y limpieza)
Servicios de vialidad (comunicaciones, atención de incidencias)

Figura 2.24 Elementos que conforman los estándares de desempeño solicitados por la SCT en los CPCC.

Fuente: *Presentación, “Nuevos esquemas para la Conservación de Carreteras”, DGCC, SCT.*

Cabe mencionar que en todos los programas que se han descrito hasta el momento y como se ha venido mencionando desde el capítulo anterior, la iniciativa privada ha jugado un papel determinante en este desarrollo carretero, en estos contratos sus servicios son financiados por la administración pública para que se pueda llevar a cabo la gestión integral del activo carretero, sin embargo existe un modelo de contrato llamado *Proyectos de Prestación de Servicios (PPS)*, donde de nueva cuenta su papel es de suma importancia, puesto que este sector privado desde un principio es el que presta servicios de apoyo al gobierno para que este a su vez le sea posible brindar un servicio público, es decir, mediante un previo contrato el concesionario tendrá el derecho exclusivo de prestar sus servicios durante un

periodo de 15 a 30 años, este contrato establece la asociación entre la SCT y la empresa privada para diseñar, financiar, construir, modernizar, conservar y operar la carretera en concesión, esto se ve compensado mediante pagos periódicos trimestrales, los cuales se determinan en base a niveles de desempeño previamente establecidos por el organismo, hasta el momento se han regido bajo este tipo de contratos 7 concesiones para conservación y mantenimiento de algunas de las carreteras de la red carretera federal libre de peaje, siendo el último contrato celebrado en el año 2010, con una vigencia de 20 años para la carretera *Mitla - Entronque Tehuantepec II*, en el estado de Oaxaca.

Un dato importante es que este tipo de contratos se están ejecutando en su mayoría por concesionarias que generalmente se encargan del mantenimiento y conservación de las autopistas de cuota del país operadas por CAPUFE, sin embargo, las carreteras seleccionadas para la conservación seguirán operando como vías libres de peaje.

Trabajos de Conservación en Autopistas de Cuota

Como se acaba de comentar, la entidad encargada de administrar y mantener en condiciones operables las autopistas de cuota del país es CAPUFE, que desde el año de 1949 bajo el nombre de Constructora del Sur, fue la encargada de construir, operar y administrar la primera carretera de cuota de altas especificaciones en el país, la autopista *México – Cuernavaca*, posteriormente le fue asignada la vía *Amacuzac – Iguala*, transformándose así en el año de 1956 en *Caminos Federales de Ingresos*, la cual través de los años fue adquiriendo la asignación de nuevas funciones debido a la necesidad que de igual forma, se llevara la administración de todos los puentes de cuota del país, por tal motivo para 1959 se convirtió en *Caminos y Puentes Federales de Ingresos*, por otro lado, debido a que se necesitaba enlazar mediante transporte marítimo lugares donde no era factible la construcción de puentes para asegurar la continuidad del tránsito en las carreteras, empezaron a brindar servicio de transbordadores, que para el año de 1979 con una flota de 11 de estos cubrían ya nueve rutas, contribuyendo de esta forma a la transitabilidad total por el territorio nacional, también fue necesario adquirir equipos especiales para fortalecer las labores de construcción, de igual forma se le encargo la adquisición, alquiler y administración de los mismos, con la finalidad de facilitar su uso a dependencias, organismos, empresas y particulares para efecto de lograr su total aprovechamiento y la reducción de los costos de construcción, finalmente, fue necesario para seguir garantizando las labores de mantenimiento, rehabilitación y conservación, adquirir plantas industriales de emulsiones asfálticas, aditivos y

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

pintura para su producción y venta, por lo anterior, en el año de 1963 por decreto presidencial se determina su asignación como organismo público federal descentralizado denominado *Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos*, tal como lo conocemos hoy en día.

En la actualidad⁴, administra una infraestructura de autopistas de cuota con una extensión total de 3,870.246 km, conformadas por 43 autopistas, 18 puentes nacionales y 17 internacionales, correspondientes al 45% de la red federal de autopistas de cuota y el 75% de la red nacional de puentes de cuota respectivamente.

Para una mayor comprensión al contenido que en seguida se presentará, cabe mencionar que las características en las cuales se rige el repetido organismo para determinar el tipo de camino así como su nomenclatura se basan en lo siguiente, en el caso de las autopistas (A), son vías que constan de 2 cuerpos, generalmente el cuerpo A en el sentido del cadenamamiento y el cuerpo B el sentido de regreso, separados mediante una barrera denominada *barrera central*, que son un conjunto de estructuras de concreto simple adyacentes entre sí, colocadas en la mitad de la autopista, delimitando el carril de alta velocidad en su rodada interna, con la finalidad de proteger al usuario de los vehículos que transitan en sentido opuesto. Los caminos directos (CD) son aquellos que solo constan de un solo cuerpo, es decir que cuenta con dos carriles, uno por sentido de circulación. Para el caso de los puentes su nomenclatura es (PN) para puentes nacionales y (PI) para los internacionales.

A continuación se describirá brevemente las redes carreteras que actualmente están operadas por Capufe.

- ❖ **Red Propia.** Está conformada por dos caminos directos, cuya longitud total es de 76.710 km, y por 30 puentes, siendo 16 PN y 14 PI. Estos caminos y puentes le fueron concesionados por el gobierno federal a través de la SCT para su operación, conservación, mantenimiento y explotación.
- ❖ **Red Contratada.** Consta de 3 caminos, una autopista y dos caminos directos, cuya longitud total es de 141.210 km, así como de 1 PN y 1 PI. Estas autopistas, caminos y puentes fueron concesionados a terceros por el

⁴ Datos empleados en base a la última información disponible para el usuario referente a los meses de Octubre y Noviembre 2014.

Fuente: <http://www.capufe.gob.mx/portal/wwwCapufe/Transparencia/Focalizada/RedOperadaPorCapufe.pdf>

gobierno federal a través de la SCT o de gobiernos estatales para su operación, conservación, mantenimiento y explotación, en este caso Capufe es contratado por los concesionarios para brindar los servicios de operación y mantenimiento.

- ❖ **La Red FNI (Fondo Nacional de Infraestructura).** Esta red está integrada por 38 caminos con una longitud total de 3,652.326 km, siendo 26 autopistas y 12 caminos directos, así como de 3 puentes, 1 PN y 2 PI. Estas autopistas, caminos y puentes fueron concesionados por el gobierno federal al *Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)* a través de la SCT para su operación, conservación, mantenimiento y explotación, en donde de igual forma Capufe está contratado para la respectiva operación y mantenimiento de esta red.

En la imagen siguiente se puede apreciar cómo está conformada la red operada por Capufe a lo largo del territorio nacional.

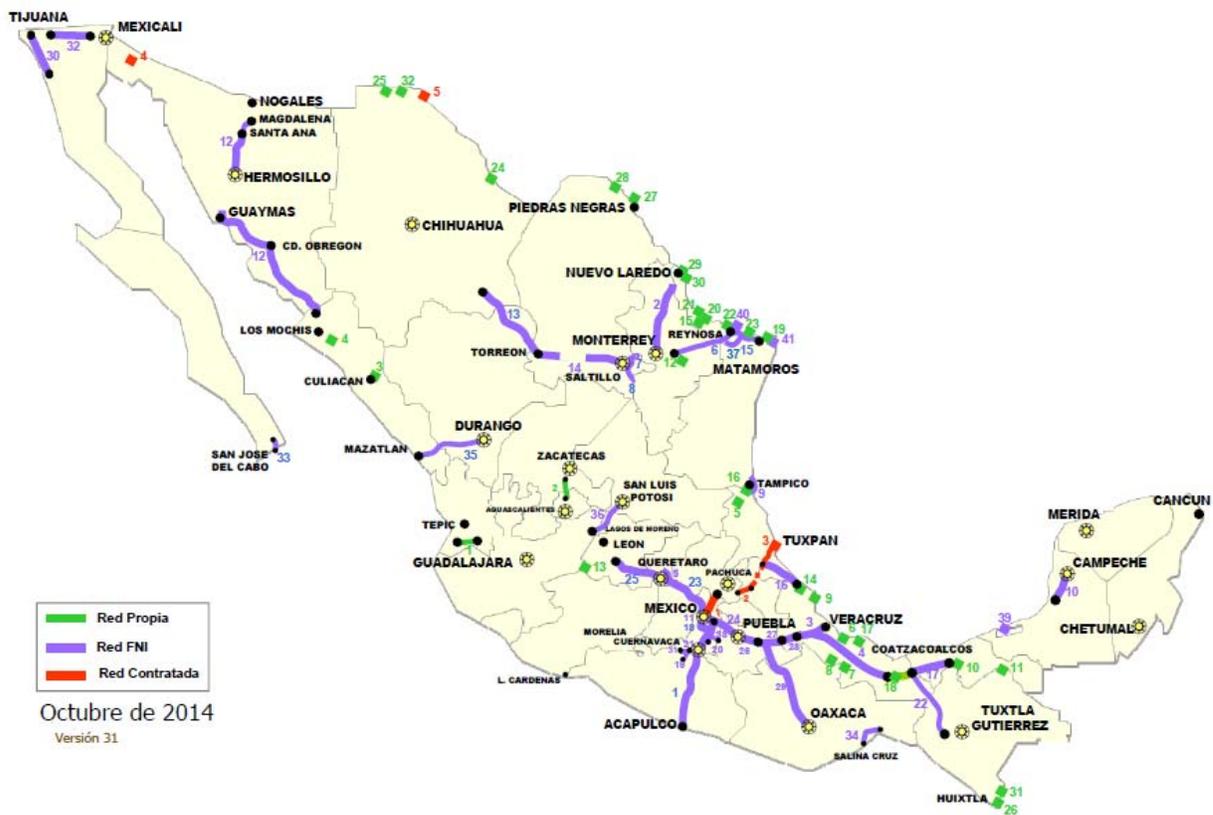


Imagen 2.25 Distribución de la Red Operada por CAPUFE, 2014.

Fuente: <http://www.capufe.gob.mx/portal/wwwCapufe/Transparencia/Focalizada/RedOperadaPorCapufe.pdf>

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

La manera en que se llevan a cabo los trabajos de conservación y mantenimiento de estas autopistas, es prácticamente igual a los que se realizan en las carreteras federales libres de cuota del país como se pudo apreciar en lo anterior, ya que en ambas redes o sistemas carreteros, fueron empleados los mismos tipos de pavimentos desde su construcción, este tipo de trabajos se pueden apreciar con mejor detalle con ayuda de la siguiente imagen.



Imagen 2.26 Trabajos de Mantenimiento en Autopistas operadas por CAPUFE.

Fuente: Informe Anual CAPUFE, 2013.

Sin embargo, actualmente en México y en el particular caso de las autopistas de cuota operadas por Capufe, es necesario para el organismo saber cuál es la calidad ofrecida en toda su infraestructura por cada una de estas autopistas al usuario, esto se logra mediante la evaluación de cinco parámetros, los cuales se describen a continuación.

Índice de Servicio Actual

En México, para evaluar el estado físico de la red de autopistas de cuota se utiliza el *Índice de Servicio Actual* (ISA), a través de este índice es posible determinar el grado de seguridad y comodidad que el usuario percibe al transitar por la vía a la velocidad de operación permitida, tomando en cuenta todos los elementos que la conforman.

La metodología utilizada para llevar a cabo esta evaluación se realiza mediante una escala que va de 0 a 500, en donde el usuario, a través de un valuator, calificará cada uno de los elementos que conforman la autopista (Corona, Derecho de Vía, Drenaje, Señalamientos Horizontal y Vertical), en donde el valor mínimo aceptable es de 400 puntos para un tramo de 10 km-sentido, de no ser así la concesionaria se hará acreedora a una sanción mensual, e inclusive podrá revocarse la concesión en caso de presentarse hasta tres calificaciones semestrales consecutivas con 340 puntos o menos.

Para entender mejor este sistema de calificación, a continuación se describirá brevemente su proceso de cálculo.

En primer lugar se deberán calificar los elementos que conforman la autopista, esto en base a la notación de las deficiencias detectadas por el usuario al transitar por la vía, en una condición que va de 0 a 5, donde 0 es pésimo y 5 excelente (Tabla 2.7), como ejemplo, para el caso de la *corona* pueden ser contempladas grietas, fisuras, asentamientos o deformaciones que llegue a presentar el camino; para el caso del *derecho de vía*, se calificará en base al riesgo que su utilización represente al tránsito, el estado de las zonas laterales y los cercados, o bien la abundancia de vegetación; en lo correspondiente al *drenaje* se tomarán en cuenta deficiencias que llegaran a presentar cunetas, contracunetas, alcantarillas, bordillos, lavaderos o en su pendiente transversal (bombeo), finalmente para los *señalamientos* (vertical y horizontal), las deficiencias generalmente están ligadas a que estos sean ilegibles, estén en mal estado, que no sean visibles o bien inexistentes.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Tabla 2.7 Calificación de los elementos que conforman la autopista mediante el Índice de Servicio Actual (ISA).

Calificación ISA	Condición del Elemento conformante de la Autopista
5	Muy Bueno/Excelente
4	Bueno
3	Regular
2	Malo
1	Muy Malo
0	Pésimo

Fuente: Prácticas para evaluar la calidad de infraestructura carretera de cuota, IMT, 2011.

Estos elementos a su vez se subdividen en dos grupos, el primero está formado por aquellos elementos que tienen relación con el *cuerpo* de la autopista, es decir, la corona, el drenaje y el derecho de vía; el segundo se refiere al *señalamiento*, horizontal y vertical, a su vez cada uno de estos elementos se le ha asignado un valor relativo en base a su importancia en la función de proporcionar un servicio eficiente al usuario, de igual forma cada agrupación tendrá un valor relativo en base a la influencia o importancia que este tenga para la calificación total, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 2.8 Valor Relativo de los elementos a calificar que conforman la autopista.

Elemento por Calificar	Valor Relativo
Del Cuerpo	
Corona	50
Drenaje	30
Derecho de Vía	20
Suma	100
Del Señalamiento	
Vertical	60
Horizontal	40
Suma	100
Influencia para la Calificación Total	
Del Cuerpo	0.8
Del Señalamiento	0.2
Suma	1

Fuente: Prácticas para evaluar la calidad de infraestructura carretera de cuota, IMT, 2011.

Para determinar la calificación máxima para cada elemento basta con multiplicar la calificación otorgada por el usuario durante la evaluación por su valor relativo correspondiente, como se puede apreciar a continuación.

Tabla 2.9 Calificación Máxima para cada Elemento de la Autopista.

Del Cuerpo		
Corona	(5x50)	250
Drenaje	(5x30)	150
Derecho de Vía	(5x20)	100
Máxima Calificación del Cuerpo	Suma	500
Del Señalamiento		
Vertical	(5x60)	300
Horizontal	(5x40)	200
Máxima Calificación del Señalamiento	Suma	500

Fuente: Prácticas para evaluar la calidad de infraestructura carretera de cuota, IMT, 2011.

Para saber la calificación de una determinada sección de la autopista, solamente se requiere multiplicar la calificación de cada elemento (0 a 5) por su respectivo valor relativo, y a su vez por su valor de influencia correspondiente, esta operación se realizará para cada grupo (Cuerpo y Señalamiento), al tener sus respectivos valores, se sumaran y la cantidad resultante comprenderá de 0 a 500.

Ya una vez establecido esto podemos conocer la calificación de una autopista, solamente hay que multiplicar la calificación de cada sección evaluada por su respectiva longitud de km (que si recordamos, una sección estará comprendida de 10 km), los resultados se sumaran para finalmente dividirse entre la longitud total del conjunto de secciones de la autopista calificada, para conocer el resultado de esta calificación, mediante la siguiente tabla se puede determinar en qué estado físico se encuentra esta autopista.

Tabla 2.10 Calificación en base al estado físico de la Autopista.

Calificación (Puntos)	Estado Físico
De 0 hasta 250	Malo
Mayor de 250 hasta 350	Regular
Mayor de 350 hasta 500	Bueno

Fuente: Prácticas para evaluar la calidad de infraestructura carretera de cuota, IMT, 2011.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Índice de Rugosidad Internacional

Este índice, mejor conocido como IRI, es un parámetro de referencia para determinar la rugosidad de un camino, obtenida mediante la evaluación de la calidad de la superficie de rodadura, el valor mínimo aceptable en este caso es de 2.81 m/km por km-carril.

En México, el IRI es el método utilizado para conocer el estado superficial de las autopistas de la red carretera, los parámetros que nos indican su estado físico están en función del criterio utilizado en el *Sistema de Administración de Pavimentos HDM-4*, en la tabla siguiente se puede apreciar esta clasificación.

Tabla 2.11 Calificación en base al estado físico de la Autopista.

IRI (m/km)	Estado Físico
Menor a 3	Bueno
Mayor a 3 y Menor de 5	Aceptable
Mayor de 5	Deficiente

Fuente: *Prácticas para evaluar la calidad de infraestructura carretera de cuota, IMT, 2011.*

De igual forma para garantizar el buen estado superficial de la autopista, la concesionaria se someterá a inspecciones semestrales, si el valor de IRI sobrepasa los 2.81 m/km por km-carril se hará acreedor a una multa mensual, o bien de llegar a acumular tres calificaciones semestrales consecutivas con un valor de IRI mayor a 5 m/km, le será revocada la concesión de la autopista.

En la imagen siguiente podrá apreciarse como se puede obtener el IRI mediante un perfilógrafo laser, este equipo es de gran utilidad al evaluarse tramos largos de una carretera o autopista, siendo utilizado generalmente para conocer el estado superficial de estas, ubicando de esta manera las secciones donde se requiere algún tipo de mantenimiento en la superficie de rodadura, una vez realizado dicho mantenimiento y dada la proporción del tramo, puede ser utilizado un perfilógrafo tipo california para determinar si dicha corrección está dentro de los parámetros aceptables.

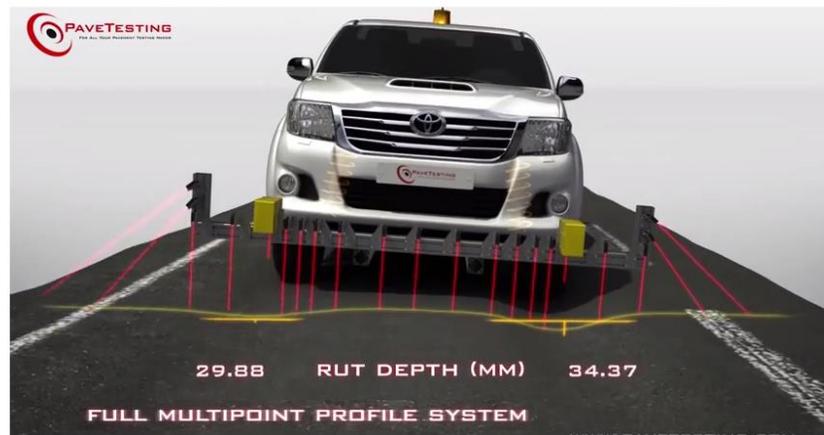


Imagen 2.27 Medición del IRI mediante un Perfilógrafo Laser.

Fuente: <http://www.pavetesting.com/high-speed-profilometer>

Resistencia a la Fricción

La importancia de este parámetro radica en garantizar mediante una evaluación al pavimento, que la superficie de rodamiento presente condiciones seguras a los usuarios, ya sea en pavimento seco, o en un pavimento mojado debido a fenómenos como la lluvia, este valor no deberá de ser menor a 0.6 para considerarse aceptable.

En México, generalmente se utiliza el equipo *Mu-Meter* para determinar el coeficiente de fricción (CF) en la RCN (Ver imagen 2.28), simulando mediante una película de agua las condiciones de un pavimento mojado, si al realizar la evaluación al pavimento de la autopista llegase a presentar un CF menor a 0.6, la concesionaria estará obligada a corregir la superficie, esta evaluación se realizara cada año con alguno de los equipos que determinen este coeficiente y que al igual que el personal estén aprobados por la SCT.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Imagen 2.28 Equipo CFT para determinar el Coeficiente de Fricción (Tipo Mu-Meter).

Fuente: <http://www.pavetesting.com/pave-cft>

Profundidad de la Rodera

Una rodera es la deformación que sufre el pavimento debido a la rodada constante de los neumáticos, que ocasionan una huella en el mismo por causa del tránsito, el valor mínimo aceptable que debe presentarse en la superficie del pavimento es de 10 mm por tramos de 20 m-carril.

Como en las anteriores, la concesionaria deberá de someterse a inspecciones dos veces al año, sin embargo, en este caso eso aplica si la autopista presenta un pavimento flexible en su superestructura, si el valor es más alto que el valor mínimo aceptable se hará acreedora a una sanción mensual, y si se presentara el caso de que obtuvieran tres calificaciones semestrales consecutivas con una profundidad de rodera mayor a 20 mm, inmediatamente le será revocada la concesión.

Nivel de Servicio

Es una medida cualitativa que determina la capacidad máxima de vehículos que circulan por una autopista en un periodo de una hora. Durante este tiempo el usuario puede llegar a experimentar ciertas condiciones de circulación, las cuales están delimitadas por 6 niveles, cada uno clasificado por una letra, A, B, C, D, E y F; donde A es el mejor nivel de servicio y F el más inconveniente.

Los factores que se consideran para determinar esta clasificación son generalmente la velocidad, las interrupciones que generan un movimiento pausado del tránsito, la libertad de manejo, la comodidad, el tiempo de recorrido y los costos de operación.

A continuación se describirá brevemente de que constan estos 6 niveles de servicio, los cuales se ejemplifican en la imagen 2.29.

- ❖ **A.** Las condiciones de circulación por la vía son libres y fluidas, es decir, la velocidad de operación puede elegirla libremente el conductor y si llegase a alcanzar a un vehículo que circula a velocidad menor, podrá adelantarlo sin sufrir alguna demora en su recorrido.
- ❖ **B.** Las condiciones de circulación son estables a alta velocidad. En este nivel se ve afectada ligeramente la velocidad de los vehículos que transitan más rápido, debido a que hay una mayor presencia de otros vehículos en la vía, lo cual puede llegar a ocasionar pequeñas demoras en ciertos tramos, pero sin llegar a formarse filas o hileras de vehículos.
- ❖ **C.** Las condiciones de circulación se consideran estables. Tanto la velocidad como la libertad de manejo se encuentran más reducidas en este nivel, se empiezan a formar acumulamientos y por lo tanto es más tardado adelantarse, es más notoria la formación de pequeñas filas vehiculares sin llegar a ser constantes a lo largo del camino.
- ❖ **D.** Las condiciones de circulación ya se consideran inestables. La velocidad es reducida, y debe regularse constantemente a causa de los vehículos precedentes, lo cual dificulta las maniobras para realizar adelantamientos, debido a esto la formación de hileras vehiculares es constante.
- ❖ **E.** Este nivel define la capacidad de una carretera. Presenta velocidades reducidas en general para todos los vehículos (40 – 50 km/hr), debido a que las filas vehiculares se distribuyen casi en todo lo largo y ancho de la vía es muy difícil realizar adelantamientos.
- ❖ **F.** Las condiciones de circulación se realizan de una manera forzada. La formación de filas vehiculares abarca prácticamente todo el cuerpo de la vía, por lo mismo el avance es casi nulo, y cuando se presenta se realiza acelerando y frenando sucesivamente.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



NIVEL DE SERVICIO A



NIVEL DE SERVICIO B



NIVEL DE SERVICIO C



NIVEL DE SERVICIO D



NIVEL DE SERVICIO E



NIVEL DE SERVICIO F

Imagen 2.29 Niveles de Servicio en Carreteras.

Fuente: http://www.otraformadeconducir.com/cas/df_04.htm

III

Índice de Perfil



Introducción

Mediante la Topografía podemos conocer las particularidades geométricas de una superficie, ya sea en su forma natural originada por el paso del tiempo o en su forma artificial creada por el hombre, una de estas particularidades es la *rugosidad*, con la cual podemos describir el grado de “irregularidad” de tales superficies (Hinojosa-Reyes, 2001).

Siendo el caso de una carretera es necesario recalcar la importancia de evaluar su condición superficial, es decir su rugosidad y su resistencia a la fricción (de la cual hablaremos en el capítulo siguiente), estas dos características son fundamentales y las más importantes para conocer la calidad superficial de un pavimento y el estado en que se encuentra, este último factor reflejará que tan seguro es para el usuario transitar por el tramo o carretera a evaluarse.

Algo de igual importancia como lo es la seguridad y que también afecta al usuario son los COV, de los cuales se ha venido comentando de manera breve en los capítulos anteriores.

Se han realizado varios estudios donde se ha demostrado que de encontrarse en mal estado la superficie de un pavimento le genera diversos costos al usuario, afectando principalmente a los vehículos de carga y transporte, cabe mencionar que estos costos se van incrementando en la medida en que se deteriora dicha superficie.

Para darnos una idea, en el año 2011 el 56% de las mercancías que se transportaban en el territorio nacional pertenecían a vehículos de carga, mientras que el 97% correspondía al desplazamiento de pasajeros, ambos casos por vía terrestre, sin duda esto refleja la importancia de las carreteras para la vida de todos los mexicanos.

Existen algunas maneras de minimizar estos costos de operación, una de ellas bien podría ser mediante una condición ideal en donde se procure que la mayoría de los caminos sean totalmente planos en su superficie y lo más rectos posibles, desafortunadamente por la geometría del camino esto no es tan fácil de lograr, como ejemplo basta mencionar la gran cantidad de pendientes y grados de curvatura no adecuados que presentan muchas de las carreteras federales del país debido a su orografía y que además de esto, llegan a presentar baches o deficiencias en su superficie debido a una mala ejecución desde su construcción, provocando que las cargas dinámicas que los vehículos transmiten al pavimento afecten de manera directa a su estructura.

Por lo tanto existe otra manera más viable que la anterior y es intentar mantener en un estado superficial óptimo a esta red federal mediante la medición de la rugosidad, cuyo propósito es detectar en tiempo los tramos que presentan mayor deterioro en su superficie y darles solución mediante procesos de conservación que se llevan a cabo por parte de la SCT, logrando con eso mejorar de manera significativa el estado superficial del pavimento en estos tramos y mantener operable esta red de carreteras, como resultado será más cómodo y seguro para el usuario transitar por carretera buscando a su vez no afectar en lo posible su economía y tiempo de traslado.

En la figura siguiente se aprecian los COV más significativos y de los cuales se hacía referencia en lo anterior.



Figura 3.1 Principales costos de operación de los vehículos.

Fuente: Publicación técnica No. 108 del IMT, modificado por el autor.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Para entender mejor la importancia de lo anterior, hablando en cantidades, para el año 2010 el Instituto Mexicano del Transporte estimo que estos COV generaban un costo por año de 544,665 MDP, llegando a la conclusión de que si el estado físico de la RCN fuera el ideal estos costos se podrían reducir en un 3.1%, es decir se podrían ahorrar alrededor de 16,732 MDP.

Índice Internacional de Rugosidad

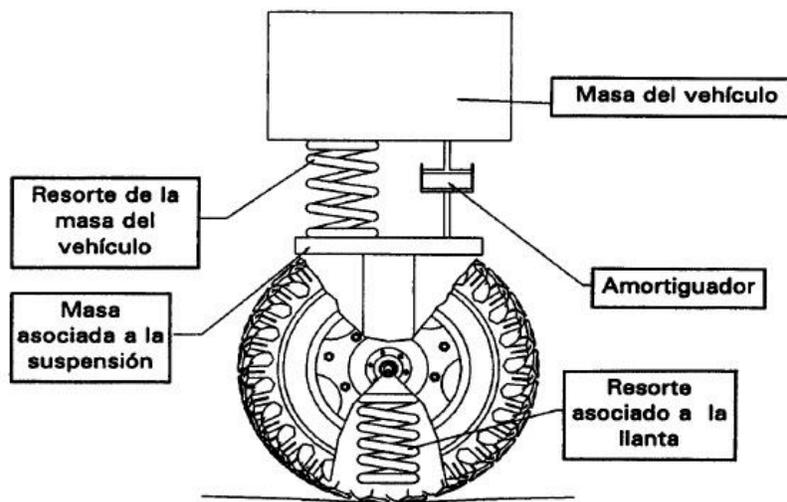
En el año de 1986 a través del Banco Mundial se aceptó como medida estándar para evaluar la regularidad de la superficie de rodadura de un camino al *Índice Internacional de Rugosidad*, mejor conocido como IRI (*International Roughness Index por sus siglas en Ingles*), esto porque durante muchos años se trató de obtener mediante diversos equipos de auscultación la rugosidad de un camino lo cual ocasiono conflicto al momento de generar el análisis de resultados pues cada uno se manejaba con sus propios índices y escalas y por tanto se establecían varios criterios de aceptación o rechazo de una carretera.

Una de las grandes ventajas que se obtuvo en lo anterior fue que este Índice Internacional de Rugosidad permitía generalizarse para cualquier equipo de medición de rugosidad facilitando de esta manera su obtención la cual era más precisa, esto impulso a algunos países como Estados Unidos, Chile, Uruguay y España para que a partir de este modelo establecieran hoy en día valores de rugosidad enfocados a las características de sus pavimentos.

Este índice no es más que un cálculo matemático basado en un modelo llamado "Quarter-Car" o Cuarto de Carro que relaciona la acumulación del desplazamiento en valor absoluto de la masa superior con respecto a la inferior de un vehículo modelo, dividido entre la distancia recorrida sobre un camino transitado por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr, dicho en otras palabras no es más que el cálculo de la deflexión que se produce a la suspensión de un automóvil en movimiento a una velocidad constante (simulando una respuesta parecida a la que tendría un pasajero al viajar en carretera), estos desplazamientos son acumulados para ser divididos entre la distancia total recorrida.

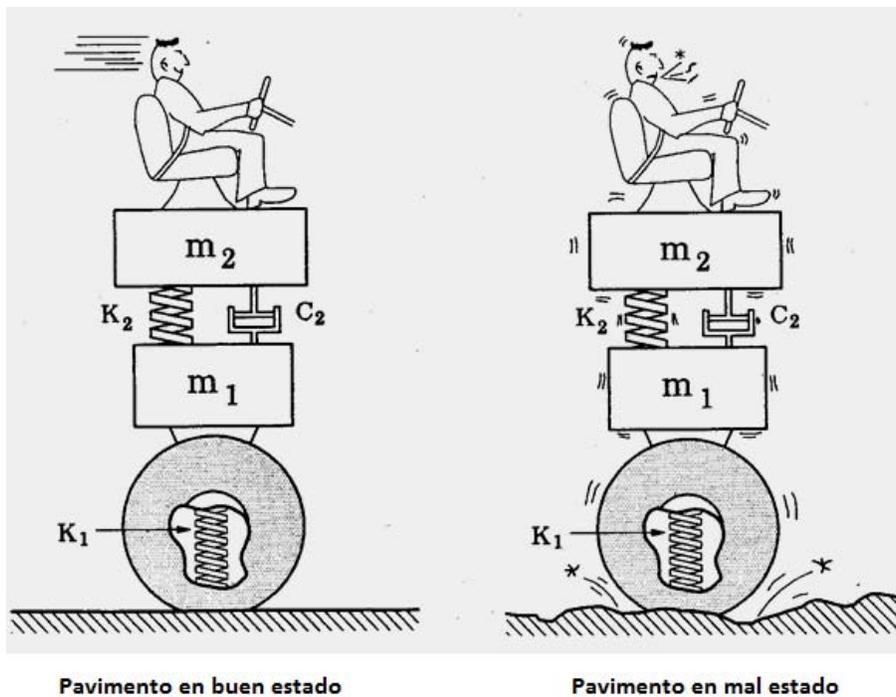
A continuación se podrá observar en la figura 3.2 la representación gráfica de este modelo y en la figura siguiente cómo influye el estado superficial del pavimento en esta medición.

Figura 3.2 Representación gráfica del modelo de Cuarto de Coche.



Fuente: Índice Internacional de Rugosidad en la Red Carretera de México, IMT 1998.

Figura 3.3 Diferencias en el modelo del Cuarto de Coche debido al estado superficial del pavimento.



Fuente: Presentación, Cuánto cuesta tener malos pavimentos? Del Ing. Augusto Jugo B. Instituto Venezolano del Asfalto.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Este índice se expresa en unidades de m/km, para un camino pavimentado el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente recta y uniforme y 12 un camino prácticamente intransitable.

Gracias a este índice fue posible especificar rangos de tolerancia para el caso de la construcción de nuevas carreteras y autopistas creando a su vez un parámetro de control de calidad superficial que antes era imposible determinar, en el caso de las carreteras que ya se encontraban en servicio fue posible empezar a registrar el comportamiento del estado superficial del camino a través del tiempo y con esto fijar niveles de alerta cuando el pavimento comienza a mostrar deterioro y fallas en su superficie y así determinar la metodología para reparar los daños o bien saber cuándo es necesario empezar a realizar los trabajos de mantenimiento para conservar el camino y evitar su deterioro.

Índice de Perfil (IP)

El índice de Perfil (IP) surge como una necesidad, la manera de evaluar la regularidad superficial de un camino durante mucho tiempo se realizó a través del índice IRI, sin embargo, los equipos utilizados para realizar esta medición estaban diseñados para trabajar a una velocidad promedio de 80 km/hr lo cual generaba inconvenientes al momento de realizar la medición en tramos donde no se podía alcanzar tal velocidad debido a su longitud pues muchas veces no es posible terminar un tramo largo en una jornada de trabajo y se requiere evaluarlo para conocer si se encuentra dentro de norma.

Hablando específicamente de México esta situación aplica para la construcción y conservación de carreteras, en ambos casos es necesario evaluar un tramo de prueba con la finalidad de tomar un criterio de aceptación o rechazo en base a diversos parámetros, uno de ellos, su calidad superficial, este tramo o sección por lo general es de 200 metros (por su longitud son mejor conocidos como subtramos ya que un tramo debe ser mayor a un kilómetro) y dada su longitud no es posible alcanzar la velocidad requerida por el índice IRI, además de esto como se ha venido comentando, muchas veces por la geografía del país se ve afectado de manera directa el trazo geométrico de las carreteras, existen muchas zonas de curvas donde resulta bastante peligroso evaluar el tramo a una velocidad de 80 km/hr, por tal razón se requería implementar un método que permitiera realizar la medición a menor velocidad sin que esto llegase a afectar los parámetros ya establecidos.

Fue entonces que la SCT aprobó al Índice de Perfil como *un parámetro alternativo de regularidad superficial* para estos casos, implementando una metodología exclusivamente para su obtención y su correcta ejecución a través de un equipo llamado *Perfilógrafo tipo California*, esta es la norma M-MMP-4-07-002-06, en la cual, se puede apreciar una semejanza en lo referente al cálculo de la rugosidad con el IRI pues ambas requieren de una sumatoria de valores (en el caso del IRI, las deflexiones ocasionadas por la superficie de rodadura al amortiguador y, en el caso del IP, los valores máximos que se encuentran fuera de un parámetro denominado *ancho de banda*) divididas entre la longitud total del tramo evaluado, esta metodología está basada en la norma E 1274-03, *Standard Test Method for Measuring Pavement Roughness Using a Profilograph* de la *American Society for Testing and Materials (ASTM)* de EUA.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Objetivo de la Prueba

Determinar el Índice de Perfil del pavimento, ya sea rígido o flexible mediante el uso de un perfilógrafo tipo California a una velocidad no mayor a 4.5 km/h, con la finalidad de conocer en un tramo de estudio que subtramos o secciones requerirán correcciones en su superficie de rodadura.

Equipo

El equipo requerido para realizar esta prueba es el perfilógrafo tipo California, el cual está autorizado por la SCT para evaluar la superficie de rodadura de un camino, en la actualidad existen varios tipos de perfilógrafos (Ver imagen 3.4), pero su función y ejecución es prácticamente la misma, en un principio el procesamiento de los datos se obtenía de forma manual pero en hoy en día la mayoría de estos equipos lo hace de manera automática *in situ*.



Imagen 3.4 Tipos de Perfilógrafos.

Fuente: Normativa M-MMP-4-07-002-06 SCT, TC Technologies, Ames Engineering, en orden de aparición.

Calculo

Para calcular el Índice de perfil se requiere del perfilograma de la superficie de un pavimento, el cual se genera a través de un perfilógrafo tipo California que cumpla con todo lo estipulado en la norma M-MMP-4-07-002-06 de la SCT, una vez realizada la medición, el equipo imprime este perfil con ayuda de una impresora térmica en donde se muestran los parámetros necesarios para realizar dicho calculo, como base se establece un ancho de banda con una tolerancia de 5mm, en el cual todas las irregularidades que presente el pavimento se verán reflejadas en dicho ancho de banda, aquellas que lo sobrepasen por encima o por debajo serán identificadas como *cotas fuera de rango* o “Scallops”, con ayuda de una plantilla de medición se obtendrán los valores máximos de estas cotas, una vez identificados se sumaran y el resultado será dividido entre la longitud del subtramo evaluado para obtener así su índice de perfil, esto ayudara a poder localizar estas irregularidades en el tramo y ser corregidas mediante los procedimientos que más adelante se detallaran.

La expresión para realizar dicho cálculo es la siguiente:

$$IP = \frac{\Sigma h}{L} \times 1000$$

Donde:

IP = Índice de Perfil del subtramo, (cm/km)

Σh = Sumatoria de las magnitudes máximas correspondientes a las irregularidades en el subtramo, (cm)

L = Longitud del subtramo, (m)

A continuación, en la figura 3.5 se puede apreciar una plantilla de medición, deberá ser de plástico transparente y con medidas de 3.7 cm de ancho y 66.7 cm de largo, con una franja central correspondiente al ancho de banda, las líneas paralelas en negro servirán para identificar la magnitud máxima de las cotas fuera de rango, cada espacio entre líneas tiene una medida de 2mm, la escala es 1:300 donde 667 mm corresponden a 200 mts.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

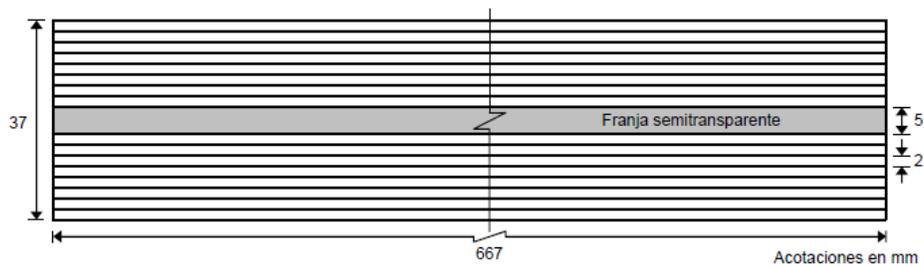


Figura 3.5 Plantilla de medición.

Fuente: Normativa M-MMP-4-07-002-06, SCT.

En la figura siguiente se muestra como se determina el IP con la ayuda de la plantilla de medición, se debe colocar encima de la impresión del perfil, la línea en azul corresponde al perfil longitudinal del tramo evaluado generado por el Perfilógrafo tipo California, también se puede apreciar cómo se obtienen los valores máximos en cada cota.

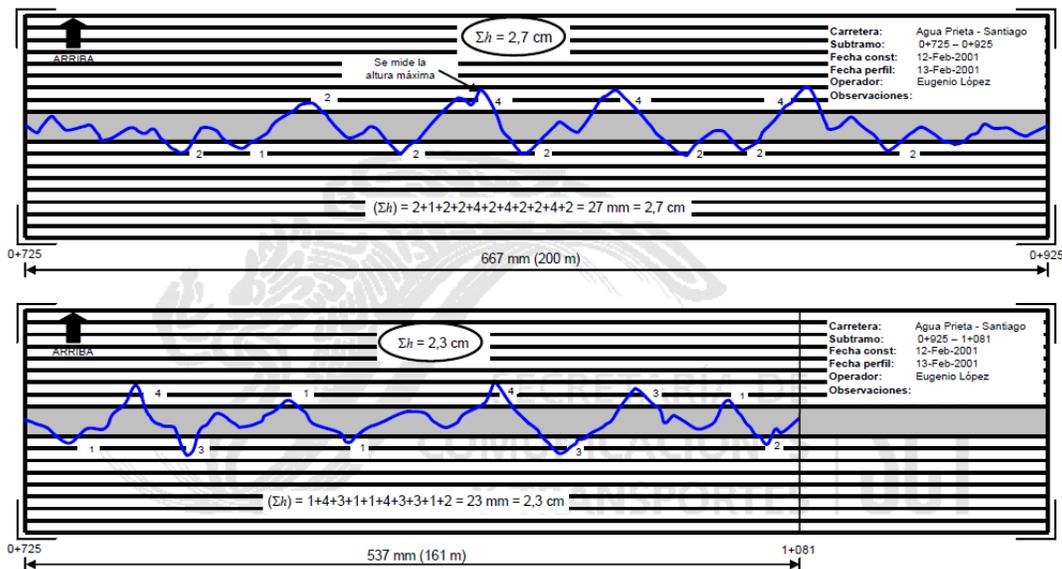


Figura 3.6 Obtención del Índice de Perfil.

Fuente: Normativa M-MMP-4-07-002-06, SCT.

Cabe mencionar que el procedimiento anterior corresponde al cálculo del IP de una manera manual, y aunque hoy en día los equipos ya arrojan el resultado automáticamente es importante saber cómo se realiza pues esto ayudará a comprender mejor el análisis de estos resultados.

Metodología para determinar el IP en el caso de la Construcción de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico

Índice de perfil

La medición deberá realizarse dentro de las 48 horas siguientes una vez terminada la compactación de la carpeta ya sea asfáltica o de concreto hidráulico, el resultado de la evaluación deberá arrojar como máximo un valor de IP de 24 cm/km.

Tramo de prueba

Antes de iniciar el tendido o colado de la carpeta se deberá contemplar un tramo de prueba con una longitud de 200 metros en todo lo ancho de la corona o franja por construir (esto dependerá del tipo de proyecto a ejecutarse), con la finalidad de evaluar el procedimiento constructivo y los equipos que se utilizarán durante la ejecución del proyecto, una vez terminado el tramo de prueba solo resta verificar su calidad superficial, es decir la superficie de rodadura del camino mediante la medición de índice de perfil y la resistencia a la fricción.

Una vez realizada la medición del índice de perfil en el tramo de prueba, la superficie deberá tener como máximo un valor de 14 cm/km, de resultar así podrá considerarse al tramo como parte de la obra y será objeto de medición y base de pago, en caso contrario el contratista deberá volver a construir el tramo de prueba cuantas veces sea necesario hasta cumplir con dicho valor, cabe mencionar que el costo y retraso que esto genere en la obra correrá por cuenta del contratista.

Índice de perfil promedio diario

La finalidad de obtener un *Índice de Perfil promedio diario* es conocer la calidad superficial del tramo que se está construyendo, ya sea una vez terminada la franja de tendido en el caso de una carpeta asfáltica o la línea de colado en el caso de una carpeta de concreto hidráulico, obteniendo el promedio aritmético de todos los índices de perfil determinados durante un día de trabajo.

Lo que resulte de esta operación dependerá el avance en la construcción o conservación del tramo, es decir, si la suma promedio del IP da como resultado más de 26 cm/km se deberá suspender inmediatamente la construcción de la carpeta hasta que el contratista que esté a cargo de la obra corrija la superficie defectuosa con alguno de los métodos de corrección que se mencionaran más adelante, en caso contrario podrá seguir con la obra e inclusive puede hacerse acreedor a un estímulo por desempeñar una buena ejecución.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

En las tablas siguientes (3.1 y 3.2) se podrá apreciar el formato para obtener el índice de perfil promedio diario, se deberá anotar el IP obtenido en cada tramo o subtramo dependiendo del avance que se tenga, ya con esta información se deberá calcular el promedio de todos estos índices obtenidos durante la medición y se deberá anotar el resultado en el último renglón del formato, en caso de que se hayan terminado más de dos franjas de tendido o líneas de colado se deberá complementar el formato agregando las columnas que sean necesarias.

Tabla 3.1 Formato para determinar el índice de perfil promedio diario para el caso de carpeta asfáltica.

Fecha de construcción:

Tramo ^[1]		Subtramo ^[2]		I_p cm/km		I_{p_c} cm/km		
del km	al km	del km	al km	Franja de tendido 1	Franja de tendido 2	Fecha de obtención	Franja de tendido 1	Franja de tendido 2
+ —	+ —	+ —	+ —					
		+ —	+ —					
		+ —	+ —					
		+ —	+ —					
		+ —	+ —					
+ —	+ —	+ —	+ —					
		+ —	+ —					
		+ —	+ —					
		+ —	+ —					
		+ —	+ —					
+ —	+ —	+ —	+ —					
		+ —	+ —					
		+ —	+ —					
		+ —	+ —					
		+ —	+ —					

$$\bar{I}_p = \text{[]}$$

I_p = Índice de perfil original del subtramo y franja de tendido correspondientes

\bar{I}_p = Índice de perfil promedio diario. Promedio aritmético de todos los I_p obtenidos en un mismo día, (cm/km)

I_{p_c} = Índice de perfil después de corregido el subtramo y franja de tendido correspondientes

[1] = Tramo de 1 km o fracción

[2] = Subtramo de 200 m o fracción

Fuente: Normativa Construcción de Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente, SCT, última publicación 2014.

Tabla 3.2 Formato para determinar el índice de perfil promedio diario para el caso de una carpeta de concreto hidráulico.

Fecha de construcción:

Tramo ^[1]		Subtramo ^[2]		I_p cm/km		I_{p_c} cm/km		
del km	al km	del km	al km	Línea de colado 1	Línea de colado 2	Fecha de obtención	Línea de colado 1	Línea de colado 2
+	+	+	+					
		+	+					
		+	+					
		+	+					
		+	+					
+	+	+	+					
		+	+					
		+	+					
		+	+					
		+	+					
+	+	+	+					
		+	+					
		+	+					
		+	+					
		+	+					

$\bar{I}_p =$

I_p =Índice de perfil original del subtramo y línea de colado correspondientes

\bar{I}_p =Índice de perfil promedio diario. Promedio aritmético de todos los I_p obtenidos en un mismo día, (cm/km)

I_{p_c} =Índice de perfil después de corregido el subtramo y línea de colado correspondientes

[1] =Tramo de 1 km o fracción

[2] =Subtramo de 200 m o fracción

Fuente: Normativa Construcción de Carpetas de Concreto Hidráulico, SCT, última publicación 2006.

En el caso de que se requiera corrección debido a que la prueba arrojó valores por debajo a lo establecido en los *parámetros de evaluación* determinados por el IMT se deberán anotar en la columna correspondiente los nuevos valores obtenidos después de realizar los trabajos de corrección a la superficie de rodadura, la idea es llevar un registro que no se pueda modificar conservando los valores originales para así ser comparados con los nuevos obtenidos después de realizar nuevamente

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

la medición, este proceso se deberá realizar las veces que sean necesarias hasta que los valores obtenidos en la medición resulten satisfactorios.

Parámetros de evaluación

Es una clasificación que nos permite determinar mediante los resultados obtenidos al realizar la medición del IP al pavimento, si el tramo evaluado está dentro del rango permitido o si esta fuera de este con ayuda de una escala de 0 a 24 cm/km o más, en la siguiente tabla se podrá apreciar con mayor detalle esta clasificación.

Tabla 3.3 Parámetros de Evaluación de IP en el Caso de la Construcción de Carreteras.

ÍNDICE DE PERFIL (cm/km)	Calidad de la Superficie de Rodadura
Menor de 4	Excelente
De 4.1 a 10	Muy Buena
De 10.1 a 14	Buena
De 14.1 a 20	Mala
De 20.1 a 24	Muy Mala
Mayor de 24	Inaceptable

Trabajos de corrección

Para el caso de un tramo de prueba, después de haber obtenido el índice de perfil se deberán hacer correcciones individuales a lo largo del tramo en caso de ser necesario, es decir, solo en las partes que lo requieran, esto lo sabremos ubicando en el perfilograma todas las áreas que presenten una desviación igual o mayor a 1 cm en 7.5 metros o menos a lo largo del perfil longitudinal de dicho tramo de prueba, ya con el cadenamamiento correspondiente a estas secciones podrán ser ubicadas en el tramo y corregirse mediante el fresado de la carpeta, posterior a esto se deberá realizar nuevamente la medición para verificar que los nuevos valores no sobrepasen lo anterior.

Para el caso de cualquier subtramo de 200 metros que arroje un valor de índice de perfil mayor a 24 cm/km deberá ser corregido mediante los siguientes procedimientos.

1. **Fresado continuo de la superficie de rodadura (Aplica tanto en carpetas asfálticas como en carpetas de concreto hidráulico).** En tramos como mínimo de 50 metros, en el caso de carreteras de dos carriles el fresado deberá realizarse por todo el ancho de la corona, si se tratase de carreteras con múltiples carriles el fresado deberá realizarse en todos los carriles de un mismo sentido buscando con esto disminuir el índice de perfil a 24 cm/km o menos si es posible.
2. **Remoción de la carpeta (Solo carpetas de concreto hidráulico).** Esta deberá ser reemplazada por una nueva cumpliendo de nueva cuenta con todo lo requerido en su proceso constructivo, al volverse a evaluar deberá tener como máximo un índice de perfil de 24 cm/km.
3. **Colocación de una sobrecarpeta (Solo carpetas asfálticas).** Esta sobrecarpeta se deberá colocar sobre la carpeta asfáltica que resulto inaceptable en su evaluación, tendrá un espesor como mínimo de 3 centímetros, se deberá colocar en tramos no menores de 50 metros, en el caso de carreteras de dos carriles deberá colocarse por todo el ancho de la corona, si se tratase de carreteras con múltiples carriles deberá realizarse en todos los carriles de un mismo sentido y será elaborada con la misma mezcla asfáltica que la anterior, deberá tener un índice de perfil de 24 cm/km como máximo.

Si en un subtramo de 200 metros el índice de perfil llegara a encontrarse entre 14.1 y 24 cm/km, el contratista deberá decidir si corregir el tramo con alguno de los procedimientos que se acaban de describir o bien aceptar una sanción por incumplimiento de calidad, esta sanción se calculara en base al precio unitario de la carpeta asfáltica o de concreto hidráulico y se afectará con un factor promedio que se explicara a continuación.

Factores de estímulo o sanción

El *factor promedio de estímulo o sanción* según el índice de perfil de un tramo evaluado es el promedio aritmético de los factores de estímulo o sanción para cada

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

subtramo de 200 metros en cada línea de colado o franja de tendido que se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla 3.4 Tabla para determinar los factores de estímulo o sanción.

Índice de perfil * cm / km	Factores de estímulo o sanción (FIP)		Índice de perfil * cm / km	Factores de estímulo o sanción (F _j)	
4,0 o menos	Estímulo	+ 0,05	4,0 o menos	Estímulo	+ 0,05
4,1 a 5,5		+ 0,04	4,1 a 5,5		+ 0,04
5,6 a 7,0		+ 0,03	5,6 a 7,0		+ 0,03
7,1 a 8,5		+ 0,02	7,1 a 8,5		+ 0,02
8,6 a 10,0		+ 0,01	8,6 a 10,0		+ 0,01
10,1 a 14,0	0		10,1 a 14,0	0	
14,1 a 16,0	Sanción	- 0,02	14,1 a 16,0	Sanción	- 0,02
16,1 a 18,0		- 0,04	16,1 a 18,0		- 0,04
18,1 a 20,0		- 0,06	18,1 a 20,0		- 0,06
20,1 a 22,0		- 0,08	20,1 a 22,0		- 0,08
22,1 a 24,0		- 0,10	22,1 a 24,0		- 0,10
Mayor de 24,0	CORREGIR		Mayor de 24,0	CORREGIR	

* Para cada tramo de 200 m o fracción en cada línea de colado

* Para cada tramo de 200 m o fracción en cada franja de tendido

Fuente: Normativas, Construcción de Carpetas de Concreto Hidráulico, Construcción de Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente, SCT, publicaciones 2006 y 2014 respectivamente.

Para calcularlo se deberá utilizar el formato correspondiente a la tabla 3.5 (o 3.6 dependiendo el tipo de carpeta), en el que, para cada línea de colado y subtramo se anotará el factor de estímulo o sanción que corresponda a los valores de índice de perfil arrojados en la medición y que quedaron registrados en la tabla 3.1 o 3.2 (este factor de estímulo o sanción se tomará del cuadro que se muestra en la tabla 3.4), ya teniendo estos factores se calculará su promedio aritmético en cada tramo y cada resultado se anotará en la última columna del formato en su cuadro correspondiente.

En las tablas siguientes se muestran los formatos requeridos para calcular el *Factor Promedio de Estimulo o Sanción* al realizar la medición del *Índice de Perfil* durante la evaluación de un tramo.

Tabla 3.5 Formato para determinar el cálculo del factor promedio de estímulo o sanción para el caso de carpeta de concreto hidráulico.

Mes: Año:

Tramo ^[1]		Subtramo ^[2]		Línea de colado 1			Línea de colado 2			\overline{FIP}
del km	al km	del km	al km	Día ^[3]	I_p cm/km	FIP_j	Día ^[3]	I_p cm/km	FIP_j	
+ —	+ —	+ —	+ —							
		+ —	+ —							
		+ —	+ —							
		+ —	+ —							
		+ —	+ —							
+ —	+ —	+ —	+ —							
		+ —	+ —							
		+ —	+ —							
		+ —	+ —							
		+ —	+ —							
+ —	+ —	+ —	+ —							
		+ —	+ —							
		+ —	+ —							
		+ —	+ —							
		+ —	+ —							

I_p = Índice de perfil del subtramo y línea de colado correspondientes, obtenido de la Tabla 1.
Para subtramos que hayan sido corregidos como se indica en el Inciso H.3.5. de esta Norma, se utiliza el índice de perfil (I_{p_c}) logrado después de la corrección

FIP_j = Factor de estímulo o sanción para el subtramo y línea de colado correspondientes, obtenido de la Tabla 4

\overline{FIP} = Factor promedio de estímulo o sanción. Promedio aritmético de los FIP_j del tramo correspondiente

[1] = Tramo de 1 km o fracción

[2] = Subtramo de 200 m o fracción

[3] = Día en el que se construyó la carpeta

Fuente: Normativa Construcción de Carpetas de Concreto Hidráulico, SCT, última publicación 2006.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Tabla 3.6 Formato para determinar el cálculo del factor promedio de estímulo o sanción para el caso de carpeta asfáltica.

Mes: Año:

Tramo ^[1]		Subtramo ^[2]		Franja de tendido 1			Franja de tendido 2			\bar{F}
del km	al km	del km	al km	Día ^[3]	I_p cm/km	F_j	Día ^[3]	I_p cm/km	F_j	
_+___	_+___	__+__	__+__							
		__+__	__+__							
		__+__	__+__							
		__+__	__+__							
		__+__	__+__							
_+___	_+___	__+__	__+__							
		__+__	__+__							
		__+__	__+__							
		__+__	__+__							
		__+__	__+__							
_+___	_+___	__+__	__+__							
		__+__	__+__							
		__+__	__+__							
		__+__	__+__							
		__+__	__+__							

I_p = Índice de perfil del subtramo y franja de tendido correspondientes, obtenido de la Tabla 1.
Para subtramos que hayan sido corregidos como se indica en el Inciso H.2.5. de esta Norma, se utiliza el índice de perfil (I_{p_c}) logrado después de la corrección

F_j = Factor de estímulo o sanción para el subtramo y franja de tendido correspondientes, obtenido de la Tabla 4

\bar{F} = Factor promedio de estímulo o sanción. Promedio aritmético de los F_j del tramo correspondiente

[1] = Tramo de 1 km o fracción

[2] = Subtramo de 200 m o fracción

[3] = Día en el que se construyó o corrigió la carpeta asfáltica con mezcla en caliente

Fuente: Normativa Construcción de Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente, SCT, última publicación 2014.

Para los casos de los subtramos que hayan sido corregidos mediante cualquiera de los procedimientos descritos anteriormente, el factor de estímulo o sanción se determinará usando los valores de índice de perfil que se obtuvieron después de haber realizado dicha corrección. Si el tramo llegase a tener más de dos líneas de colado o franjas de tendido se le deberán agregar al formato las columnas que sean necesarias para completarlo.

Metodología para determinar el IP en el caso de la Conservación de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico

En el caso de la obtención del IP en la conservación de carreteras resulta prácticamente similar a la metodología de construcción, variando solamente en los parámetros de evaluación.

Índice de perfil

La medición de igual forma deberá realizarse dentro de las 48 horas siguientes una vez terminada la compactación de la carpeta, ahora el resultado de la evaluación deberá arrojar como máximo un valor de IP de 31 cm/km, aunque, se podrán aceptar tramos con valores de IP de hasta de 46 cm/km aplicando los factores de incumplimiento de calidad correspondientes al contratista de obra.

Tramo de prueba

Deberá cumplir con la misma longitud de 200 metros, de igual forma primero se tendrá que evaluar su proceso constructivo y al final se tendrá que verificar el IP, para este caso deberá tener como máximo un valor de 31 cm/km para considerarse al tramo como parte de la obra y seguir con el avance, de esta manera podrá ser objeto de medición y base de pago.

Índice de perfil promedio diario

Al tratarse de la conservación de un camino de resultar mayor el IP promedio diario a 46 cm/km deberá suspenderse de inmediato la obra y el contratista deberá construir otro tramo de prueba como si se tratara del inicio de los trabajos hasta cumplir con lo anterior, el formato para determinar este índice es el mismo al que se refiere en el caso de la construcción en las tablas 3.1 y 3.2.

Trabajos de corrección

De igual forma después de realizar la medición el índice de perfil no debe sobrepasar los 46 cm/km, en caso contrario deberá corregirse el tramo mediante los mismos procedimientos descritos anteriormente siempre buscando disminuir el IP a un valor menor a estos 46 cm/km.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

En este caso si el índice de perfil llegara a encontrarse entre 31.1 y 46 cm/km, el contratista deberá decidir si corregir el tramo con alguno de los procedimientos o aceptar la sanción por incumplimiento de calidad, esta sanción se calculara en base al precio unitario de la carpeta asfáltica o de concreto hidráulico y se afectará con su factor promedio correspondiente que se muestra a continuación.

Factores de estímulo o sanción

La forma de calcular la sanción por incumplimiento de calidad se realizara exactamente de la misma manera que en el caso de la metodología de conservación, utilizando los mismos formatos correspondientes a las tablas 3.5 y 3.6, la única diferencia se muestra en los parámetros de evaluación, en base a estos se va determinar el factor de estímulo o sanción correspondiente como se muestra en la tabla 3.7 a continuación.

Tabla 3.7 Factores de estímulo o sanción para calcular la sanción por incumplimiento de calidad en la metodología de conservación.

Índice de perfil * cm / km	Factores de estímulo o sanción (F_j)	
10,0 o menos	Estímulo	+ 0,05
10,1 a 14,0		+ 0,04
14,1 a 18,0		+ 0,03
18,1 a 22,0		+ 0,02
22,1 a 26,0		+ 0,01
26,1 a 31,0	0	
31,1 a 34,0	Sanción	- 0,02
34,1 a 37,0		- 0,04
37,1 a 40,0		- 0,06
40,1 a 43,0		- 0,08
43,1 a 46,0		- 0,10
Mayor de 46,0	CORREGIR	

* Para cada tramo de 200 m o fracción en cada franja de tendido

* Para cada tramo de 200 m o fracción en cada línea de colado

Fuente: Normativa Conservación de Carpeta Asfáltica de Granulometría Densa, SCT, última publicación 2014.

Parámetros de evaluación

Para este caso los criterios de evaluación se rigen con los siguientes parámetros (Tabla 3.8) al evaluar el pavimento de un tramo y de esta manera saber la calidad de la superficie de rodadura para la metodología de conservación de carreteras.

Tabla 3.8 Parámetros de Evaluación de IP en el Caso de la Conservación de Carreteras.

ÍNDICE DE PERFIL (cm/km)	Calidad de la Superficie de Rodadura
Menor de 10	Excelente
De 10.1 a 26	Muy Buena
De 26.1 a 31	Buena
De 31.1 a 40	Mala
De 40.1 a 46	Muy Mala
Mayor de 46	Inaceptable

IV

Coeficiente de Fricción



Introducción

La velocidad es una magnitud que se define como el desplazamiento de un cuerpo entre un espacio de tiempo determinado, es decir, que tan rápido se desplaza un objeto en un intervalo de tiempo definido, en el *Sistema Internacional* esta unidad se expresa en m/s o bien km/hr.

Sabemos que al transitar en carretera o autopista la velocidad máxima permitida que puede alcanzar un vehículo automotor de tipo privado es de 110 km/hr, (cumpliendo claro está con lo estipulado en el *Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal*, en el artículo 134 referente a la sección Sexta de los Límites de Velocidad) desde luego suponiendo, que el tránsito y las condiciones climatológicas así lo permitan, de esto último hablando específicamente de la lluvia, representa el escenario más desfavorable para un conductor, pues al manejar con lluvia, tiende a afectar la visibilidad y sobretodo la adherencia de los neumáticos del vehículo con la superficie de rodamiento.

Por tanto, asociando el concepto de velocidad con la superficie de rodadura de un pavimento resulta vital que este último se encuentre en buenas condiciones y en especial que tenga una buena *resistencia al deslizamiento* puesto que será determinante para la seguridad del usuario cuando el pavimento se encuentre mojado.

La resistencia al deslizamiento es definida como, “*La fuerza desarrollada cuando un neumático está impedido de deslizarse por una superficie*”⁵. Se logra cumpliendo con cierta *textura* en la carpeta, cuya función, es la de incrementar la *fricción* cuando la superficie este húmeda o mojada, dando como resultado una óptima adherencia entre el pavimento y los neumáticos de un vehículo, evitando así que el automóvil llegue a derrapar ante una situación de frenado y pierda el control, ocasionando un accidente que en la mayoría de los casos resulta fatal.

Debido al tránsito diario de vehículos, sobretodo en tramos cuya intensidad es elevada, la acción repetitiva de la rodadura de los neumáticos va generando un efecto de pulimento en la superficie de rodadura de la carretera, ocasionando que la resistencia al deslizamiento vaya disminuyendo hasta ser completamente nula en presencia de agua, por esta razón es necesario poner especial atención en el comportamiento del pavimento en aquellos tramos o zonas que requieran mayor

⁵ Referencia Bibliográfica No. 10.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

adherencia como son las curvas y zonas de frenado, determinando de manera periódica este grado de pulimento.

Un parámetro que nos permite conocer esto es precisamente el *Coefficiente de Fricción*. Antes de adentrarnos en todo lo referente a este tema es necesario definir un par de conceptos para comprenderlo mejor.

Fricción

Se conoce como fricción a la fuerza de contacto en una superficie que responde contraria a un desplazamiento o empuje, esta fuerza de fricción o también llamada fuerza de rozamiento se denomina como F_f ; Ocurre, cuando dos objetos se deslizan entre sí.

La siguiente fórmula corresponde a la ecuación para obtener la fuerza de fricción.

$$F_f \leq \mu \cdot F_n$$

Dónde:

F_f = Fuerza de Fricción

μ = Coeficiente de Fricción

F_n = Fuerza Normal

Textura

La textura se define como “*la geometría más fina del perfil longitudinal de una carretera*” (Referencia Bibliográfica No. 1), es un factor importante que brinda al usuario seguridad y comodidad, debido a que repercute de manera directa en la superficie de rodadura y su capacidad de evacuar el agua al momento en el que el neumático se desliza sobre el pavimento evitando el *hidroplaneo*, e indirectamente al determinar el valor del coeficiente de fricción al evaluar la adherencia entre estos dos.

Se clasifica en *Microtextura*, *Macrotextura*, y *Megatextura* dependiendo de su longitud de onda y su periodicidad en un espacio determinado, como se muestra a continuación en la figura 4.1.

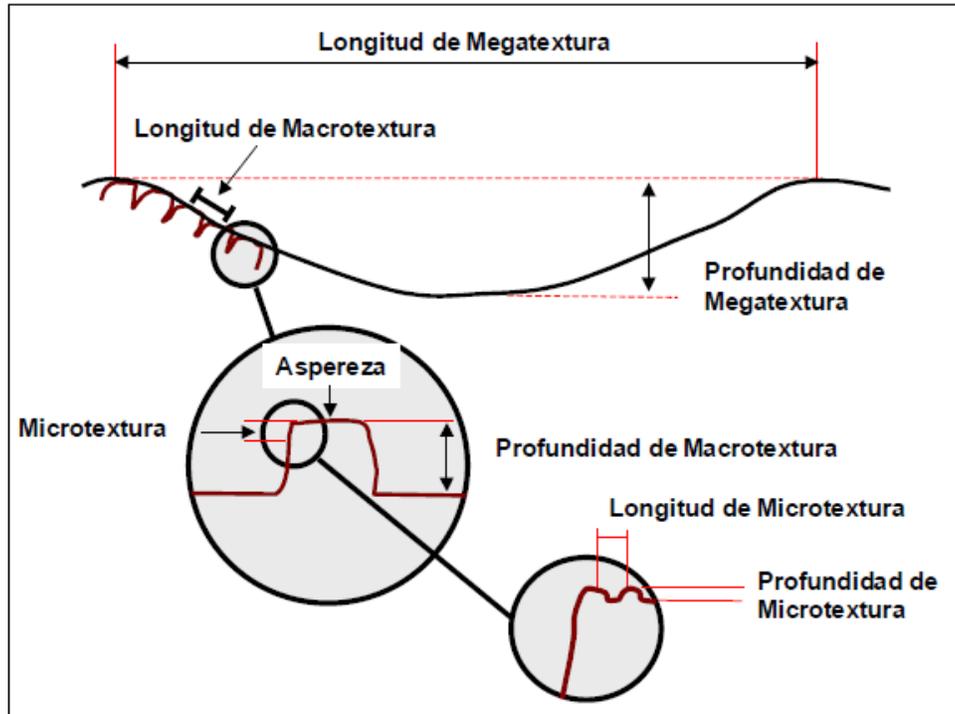


Figura 4.1 Comparativa entre los tipos de Textura.

Fuente: *Antecedentes para la inspección y diseño de especificaciones de Textura, resistencia al deslizamiento y fricción en pavimentos, Solminihaç - Echaveguren, 2002.*

Microtextura

Es la textura expuesta de los agregados pétreos (Ver figura 4.2), gracias a ella se produce el contacto entre los neumáticos y la superficie de rodadura, ocasionando por tanto la resistencia al deslizamiento, para que no se pierda adherencia en el pavimento al manejar a velocidades altas se necesita una microtextura áspera.

Presenta desviaciones en la superficie del pavimento con respecto a una superficie plana cuyas dimensiones de longitud de onda van de 0,0 mm a 0,5 mm, con una amplitud de picos que puede variar de 0,001 mm a 0,5 mm.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

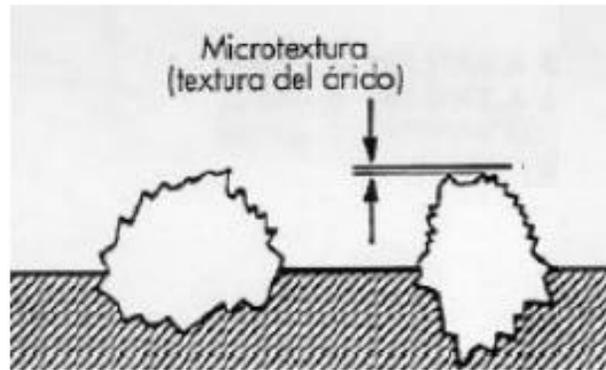


Figura 4.2 Representación gráfica de la Microtextura.

Fuente: Normativa Para Evaluar La Resistencia Al Deslizamiento Superficial De Los Pavimentos, Leyva 2005.

Macrotextura

Es la textura misma del pavimento (Figura 4.3), es decir, su superficie, que está conformada por todos los agregados que al sobresalir de la superficie facilitan la evacuación del agua en el pavimento evitando el derrapamiento y ayudando a incrementar la fricción entre pavimento – neumático cuando existe agua de por medio, en este caso para que no se pierda adherencia en el pavimento al manejar a velocidades altas se requiere una macrotextura gruesa. En esta textura se aprecian longitudes de onda de entre 0,5 y 50 mm y una amplitud de picos de 0.01 a 20 mm.

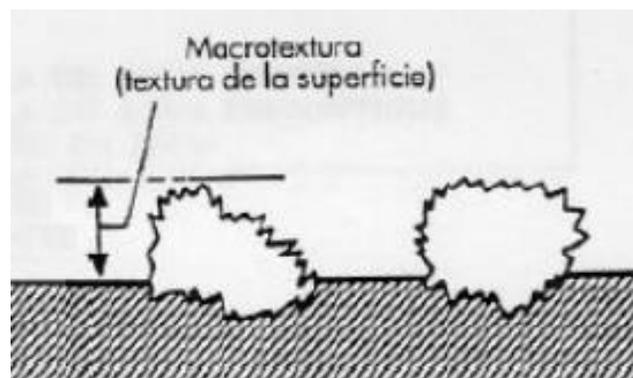


Figura 4.3 Representación gráfica de la Macrotextura.

Fuente: Normativa Para Evaluar La Resistencia Al Deslizamiento Superficial De Los Pavimentos, Leyva 2005.

Megatextura

Comprende longitudes de onda de 50 a 500 mm con amplitudes de 0.1 a 50 mm, debido a esto es la que cuenta con mayor longitud de onda encontrándose más próxima a la rugosidad como se pudo apreciar en la figura 4.1, por esta razón también interviene en los costos de operación de los usuarios y por lo mismo no suele considerarse como un factor significativo dentro de la seguridad carretera como lo son las primeras dos.

Es importante mencionar que aunque la micro y macrotextura son consideradas como irregularidades positivas (puesto que colaboran aumentando la resistencia al deslizamiento y por tanto la seguridad del usuario) si no se logra encontrar un equilibrio ideal pueden contraer inconvenientes, en el caso de la microtextura a mayor valor mayor será el desgaste que se presentará en los neumáticos mientras tanto en el caso de la macrotextura a mayor valor mayor será el ruido que se genere al transitar por carretera.

En la siguiente figura se puede apreciar la diferencia entre éstas dos texturas y como se correlacionan dependiendo su tipo.

	Superficie	Clases de Textura	
		Macro	Micro
A		Gruesa	Áspera
B		Gruesa	Pulida
C		Fina	Áspera
D		Fina	Pulida

Figura 4.4 Escala de Macrotextura y Microtextura.

Fuente: Normativa Para Evaluar La Resistencia Al Deslizamiento Superficial De Los Pavimentos, Leyva 2005.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Determinación de la Textura

Para el caso de la construcción, reconstrucción y conservación de carreteras, la SCT clasifica a la textura como un acabado uniforme que debe de cumplir la carpeta terminada.

En pavimentos flexibles

Para el caso de una carpeta asfáltica, este acabado o textura se logra con la compactación realizada a la mezcla asfáltica inmediatamente después de haber sido tendida sobre la superficie (Imagen 4.5), en base al tipo de carpeta o capa de rodadura se determinará el equipo a utilizarse y su proceso de compactación lo cual viene indicado en su normativa correspondiente, el tipo de agregados utilizados, así como su cuantificación y distribución será determinante para garantizar dicha textura, agregados de textura áspera con tamaño máximo de $3/8''$ a $1/2''$, serán capaces de brindar una mejor resistencia al deslizamiento, siendo los agregados calcáreos más susceptibles al pulimento a diferencia de los agregados silíceos.



Imagen 4.5 Compactación y acabado de carpeta asfáltica.

Fuente: Imagen 1: <http://www.constructoraherrera.com/proyectos/carpeta-asfaltica-santa-clara-santa-rita/>

Imagen 2: <http://www.capitalgroupasfaltos.com.mx/asfaltos/convencionales/>

En pavimentos rígidos

En el caso de una carpeta de concreto hidráulico, después del colado, ésta deberá consolidarse mediante el vibrado, para de esta forma empezar con el proceso de texturizado, este acabado se logrará pasando a lo largo de la superficie una rastra de texturizado o una texturizadora, de esta manera cuando termine la etapa de

curado la superficie tendrá una textura áspera uniforme a lo largo de toda la carpeta que garantizará la correcta adherencia con el neumático, como se muestra en la imagen siguiente.



Imagen 4.6 Colado y Texturizado del Concreto Hidráulico⁶.

Coeficiente de Fricción (CF)

El coeficiente de fricción es “*la relación entre la fuerza normal aplicada por una llanta y la fuerza tangencial necesaria para deslizarla sin rodar*” (*Sistema de evaluación de pavimentos, versión 2.0, IMT, 2004*).

También llamado *textura del pavimento*, este CF arroja valores a través de una evaluación al pavimento, los cuales determinan la buena o mala adherencia que existe entre el neumático de un vehículo y la superficie de rodamiento, confirmando en lo anterior que la situación más crítica es la condición de un pavimento mojado.

⁶ **Imagen 1:** <http://www.veracruzinforma.com.mx/?p=42017>

Imagen 2: <http://hidalgo.nexolocal.com.mx/p66312209-flota-peine-texturizador-para-concreto-de-48-pulg-1-22m->

Imagen 3: <http://www.cemexmexico.com/Concretos/Llancreto.aspx>

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Estos valores se pueden ver afectados por una serie de factores que en su mayoría son ajenos a la carretera, como la velocidad excesiva a la que muchas veces conducen los usuarios, la tecnología de los neumáticos y el estado en que se encuentren, y como se ya se mencionó al inicio del capítulo, la propia naturaleza, como lo es la lluvia, nieve, hielo, etc., que forman parte del intemperismo que repercute directamente sobre la carpeta.

El coeficiente de fricción está principalmente en función de la velocidad y la cantidad de agua que exista sobre el pavimento, donde influye a su vez el tipo y el estado superficial del mismo; es importante mencionar que mientras mayor sea la velocidad, la adherencia entre el neumático y el pavimento se verá disminuida.

Es por esta razón que este coeficiente es de suma importancia, pues, si bien todos los vehículos están diseñados para alcanzar grandes velocidades (privado, de carga y de turismo o transporte de pasajeros), su capacidad de respuesta ante una situación de frenado emergente varía dependiendo del mismo, en el caso de un vehículo privado es más fácil realizar un frenado de emergencia (Ver figura 4.7), sin embargo su *tiempo de reacción* o respuesta y la *distancia de reacción* se verán afectados a velocidades altas, esto se puede apreciar a mayor detalle en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 4.1 Determinación del ciclo de frenado de emergencia.

Concepto	Definición	Depende de...	
Tiempo de reacción	Tiempo que el conductor demora en reaccionar desde que observa el obstáculo	El estado psicofísico del conductor (cansancio, fatiga, consumo de alcohol y drogas) y de su experiencia en la conducción	En promedio, el tiempo de reacción es de 1 segundo.
Distancia de reacción	Distancia que recorre el vehículo desde que usted observa el obstáculo hasta que reacciona para detenerlo (pisando el pedal de freno, por ejemplo).	La velocidad a la que vaya el vehículo y el tiempo de reacción del conductor (mientras más demora en reaccionar, más distancia se requiere para reaccionar).	
Distancia de frenado	Distancia que recorre el vehículo desde que usted pisa el pedal del freno (reacciona) hasta que el vehículo se detiene completamente.	Estado de la vía, la pendiente, el estado de los frenos y neumáticos y la forma de frenar.	
Distancia de detención	Distancia que recorre el vehículo desde que el conductor observa el obstáculo hasta que se detiene completamente.		Es la suma de la distancia de reacción y la distancia de frenado.

Fuente. Seguridad Vial: Velocidad y Distancias, Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, Chile.

La distancia para detenerse (S) consta de dos partes:

- Distancia de reacción (R)
- Distancia de frenado (F)

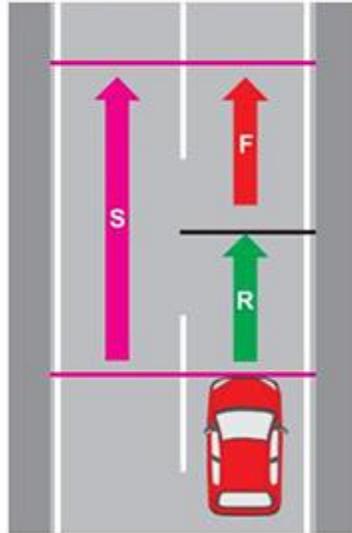


Figura 4.7 Representación Gráfica del Frenado de Emergencia.

Fuente. Seguridad Vial: Velocidad y Distancias, Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, Chile.

Para un vehículo de carga depende de su tamaño, sección y obviamente de su peso, y aunque la gran mayoría están diseñados para responder mejor cuando están cargados a su máxima capacidad, esto no garantiza que llegue a reaccionar adecuadamente ante una emergencia pues se sabe que en este tipo de transporte al doblar la velocidad se requerirá una distancia cuatro veces mayor para frenar completamente (la distancia de frenado está en función del aumento de velocidad al cuadrado) y en el caso de que el vehículo de carga se encuentre vacío o sin carga, llega incluso a ser una maniobra todavía más complicada, pues carecerá de tracción, las llantas pueden llegar a rebotar o a trabarse ante un frenado en seco por así decirlo, esto sin dudas tiene que considerarse por cualquier conductor para respetar el límite de distancia al encontrarse con un vehículo de carga.

Para el caso de un vehículo de turismo es prácticamente similar al anterior, solo que si el autobús está transitando sin pasajeros su comportamiento al frenar ante una emergencia es similar al de un automóvil privado solo que por razones de dimensionamiento obviamente requerirá de mayor distancia para frenar como se comentó hace un momento y se ejemplifica en la gráfica 4.8; es por esto que la

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

probabilidad de sufrir un accidente debido a una carpeta con baja resistencia a la fricción en todos los casos aumenta.

Gráfica 4.8 Comparativa entre la distancia de frenado en relación a la velocidad y como varía dependiendo la condición de la carpeta.



Fuente. Seguridad Vial: Velocidad y Distancias, Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, Chile.

Tipos de CF

Un vehículo no podría ser capaz de circular sobre una superficie sin ayuda de los neumáticos, que a su vez se rigen bajo un mecanismo de dirección y propulsión lo cual facilita su desplazamiento. Al estar rodando sobre la capa de rodadura, sobre estos neumáticos actúan tres tipos de esfuerzos, *Verticales*, *Longitudinales* y *Transversales*, los que conforman al *Coefficiente de Fricción Longitudinal (CFL)* y al *Coefficiente de Fricción Transversal (CFT)* respectivamente.

CFL

Son los esfuerzos longitudinales que se ejercen sobre el neumático al momento en el que un vehículo realiza la acción de acelerar y frenar a lo largo del camino.

Estos esfuerzos son proyectados en dirección tangencial, la cual es paralela a la dirección del vehículo, y en la dirección radial, que es normal a su trayectoria, es decir los esfuerzos verticales.

Mediante la siguiente formula se puede determinar este CFL.

$$F_l = \frac{F_x}{F_z}$$

Donde:

F_l = Coeficiente de Fricción Longitudinal.

F_x = Reacción Tangencial al neumático.

F_z = Los esfuerzos verticales que actúan sobre el neumático.

Con base en lo anterior, en la siguiente figura se puede apreciar la representación gráfica de este CFL.

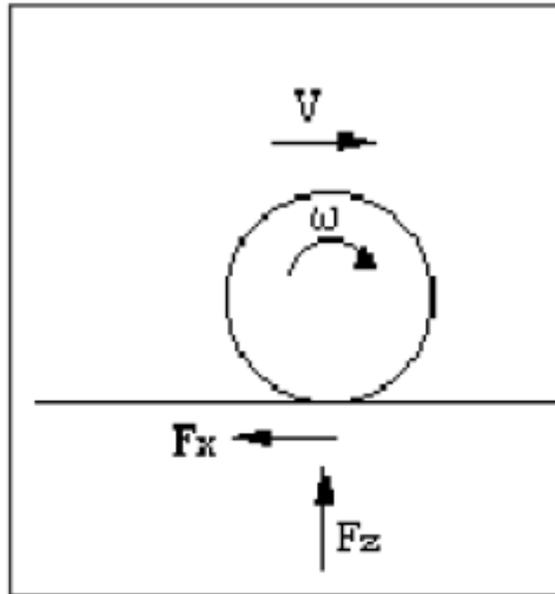


Figura 4.9 Representación gráfica del Coeficiente de Fricción Longitudinal.

Fuente: Normativa Para Evaluar La Resistencia Al Deslizamiento Superficial De Los Pavimentos, Leyva 2005.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

CFT

Son aquellos esfuerzos transversales responsables de que un vehículo cambie de trayectoria, es decir que lograron romper el CFL. Esto puede ser más notorio cuando un vehículo se desplaza en una curva, la fuerza de fricción al compensar el efecto generado por la fuerza centrífuga evita que este pierda el control y derrape de manera tangencial al radio de la curva, debido a esto la fuerza de fricción se desplaza de manera longitudinal y a la vez transversal a la dirección del vehículo; de igual forma a través de la siguiente fórmula se puede determinar este CFT.

$$F_t = \frac{F_y}{F_z}$$

Donde:

F_t = Coeficiente de Fricción Transversal.

F_y = Reacción Transversal perpendicular al neumático.

F_z = Los esfuerzos verticales que actúan sobre el neumático.

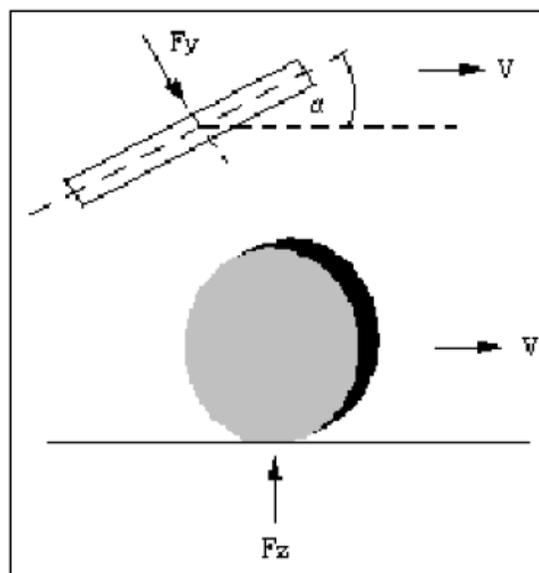


Figura 4.10 Representación gráfica del Coeficiente de Fricción Transversal.

Fuente: Normativa Para Evaluar La Resistencia Al Deslizamiento Superficial De Los Pavimentos, Leyva 2005.

Resumiendo, es necesario conocer en qué estado se encuentra la textura en la capa de rodadura de una carretera mediante la medición del CF con la ayuda de equipos especializados y de los cuales se hablara en seguida, ya una vez realizada la medición conoceremos si el tramo es aceptable o bien representa un peligro para el usuario al transitar por carretera se encuentre mojado o no el pavimento.

Objetivo de la prueba

Determinar la resistencia a la fricción simulando las condiciones de un pavimento mojado en su capa de rodadura, ya sea rígido o flexible. La SCT toma como parámetro para evaluar esta prueba lo que se indica en su norma *N·CTR·CAR·1·04·006* referente a la *Construcción de Carpetas Asfálticas con mezcla en Caliente*, donde se menciona que esta prueba deberá realizarse con el equipo Mu-Meter, el cual deberá correrse a una velocidad de 75 km/h, es importante señalar que esta medición no tiene su propia normativa en la SCT a diferencia de la medición del IP (en su norma *M·MMP·4·07·002·06*, como se pudo apreciar en el capítulo anterior), solamente se hace referencia consultar la siguiente norma para hacer la comprobación de la ejecución de la prueba, es decir, la E670-09 *Standard Test for Side Force Friction on Paved Surfaces Using the Mu-Meter*, publicada por la *American Society for Testing and Materials (ASTM)*.

Equipo

Existen distintos equipos para determinar la resistencia al deslizamiento, dentro de los más conocidos a nivel internacional se encuentran: el SCRIM, el Dynamic Friction Tester (DFT), el Mu-Meter y el Grip Tester, todos son utilizados para realizar mediciones continuas de alto rendimiento; para el caso de que se requieran medidas puntuales de bajo rendimiento se utiliza el Péndulo Británico.

Características del Equipo Utilizado

Para el caso de la presente Tesis la determinación del CF estará en función de dos equipos, el DFT y el Mu-Meter. En este capítulo se detallarán los alcances de la prueba del CF, su respectiva metodología de ejecución a través del equipo DFT, así como parte de los informes requeridos por la SCT para la entrega de los análisis de resultados de la prueba, en el capítulo VI podrán apreciarse los alcances, metodología de ejecución, cálculo, análisis de resultados y el respectivo informe con el equipo Mu-Meter (CFT).

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

DFT

El DFT (Ver fotografía 4.11) o *Equipo de Fricción Dinámica* (Dynamic Friction Tester, por sus siglas en inglés), de la Marca NAC DYNAMICS, es un equipo de medición continua de fricción (CFME), es decir, es un dispositivo que ha sido específicamente diseñado para medir la fricción del neumático que está parcialmente bloqueado (entre 12 a 20%).

Este equipo puede grabar y archivar las pruebas de hasta 10,000 m. Adicionalmente sensores instalados en él, pueden grabar la temperatura del suelo, temperatura ambiente, presión de los neumáticos y datos de GPS. Cuenta con un tanque de 500 litros capaz de producir una película de agua de 1 mm de espesor sin recarga y con una autonomía de 8000 metros.



Fotografía 4.11 Equipo DFT utilizado para determinar el CF.

Fuente: Propia, Fotografía tomada durante la evaluación del CF durante la Supervisión de Obra del CPCC Veracruz Sur 2013.

Recopilación de Datos Geográficos

Muchas veces durante la medición del CF se llega a transitar por zonas que presentan una variación en los valores durante la medición y alteran el resultado, como lo son los cruces en zonas urbanas, topes, zonas que presentan alguna obra o construcción, boyas, vialetas, reductores de velocidad, casetas de cobro, zonas de vibradores, entre otros. Dichos valores deberán ser plenamente identificables y estar geo-referenciados para ser eliminados y que no afecten el resultado de esta medición, de esta forma podrán ser ubicados por sus coordenadas geográficas si se llegase a requerir alguna corroboración o revisión en el sitio de la evaluación.

Para realizar las geo-referenciaciones durante la medición del Coeficiente de Fricción, se deberá utilizar un sistema de posición global (GPS, ver fotografía 4.12) con características específicas que requiere la Secretaría.

Cabe hacer mención que la recopilación y obtención de los datos geo-referenciados deberán cumplir con lo especificado en la Norma *N-OPR-CAR-3-01/12* referente a la *Obtención y Presentación de Datos Geoespaciales* de la SCT.



Fotografía 4.12 Equipo GPS utilizado para recopilar Datos Geográficos durante la evaluación del CF.

Fuente: Propia, GPS perteneciente al equipo DFT.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Cálculo

Como se comentó anteriormente la fuerza de fricción depende completamente del coeficiente de fricción y de la fuerza normal que se ejerce sobre el vehículo durante el contacto que se da entre el neumático y la superficie, como se puede observar en la siguiente formula:

$$F = \mu \cdot Q$$

Donde:

F = Fuerza de Fricción.

μ = Coeficiente de Fricción Dinámico.

Q = Peso del Vehículo.

Para realizar el cálculo del CF basta con realizar un despeje algebraico en el cual la fuerza de fricción se divide entre la fuerza vertical que es el peso del vehículo, dando como resultado el valor de μ (valor que no tiene unidades), como se puede apreciar a continuación.

$$\mu = \frac{F}{Q}$$

Metodología para determinar el CF en el caso de la Construcción y Conservación de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico

En el caso de la obtención del CF, tanto en la construcción como en la conservación de carreteras se realiza prácticamente de la misma manera, e inclusive conservando los mismos parámetros de evaluación en ambos casos.

También es importante mencionar que aunque el equipo autorizado por la SCT para realizar estas pruebas es el Mu-Meter, puesto que así lo indica la norma, dichas pruebas pueden realizarse también a través del equipo DFT, solamente es

necesario certificar el equipo ante el IMT, para que de esta manera se compruebe que el equipo es apto para realizar las pruebas, esto en base a su calibración y la comparación de los resultados obtenidos en las evaluaciones de prueba contra un equipo de referencia (Mu-Meter), buscando con esto un coeficiente de correlación entre ambos equipos para garantizar la similitud en la entrega de resultados con ambos equipos, en el Anexo 6 se podrá apreciar cómo se realiza esta certificación del equipo DFT ante el IMT.

Coeficiente de Fricción

Para esta medición, como se mencionó en lo anterior el método utilizado para la determinación del Coeficiente de Fricción es el que se indica en la Norma ASTM E 670, (*Método de prueba estándar para la Fuerza de fricción lateral sobre superficies pavimentadas por medio del Mu-Meter*) y tal como se indica a su vez en la Norma N-CTR-CAR-1-04-006/09 de la SCT en su inciso H.4 y que en resumen se menciona en lo siguiente.

- ✓ Se deberá poner atención en mantener las secciones de prueba tan uniformes como sea posible.
- ✓ Las pruebas en carreteras se realizarán por lo menos sobre la huella de la rodada externa de cada línea de tendido (N-CTR-CAR-1-04-006/14), (N-CSV-CAR-3-02-005/14).
- ✓ En lo referente a la velocidad de la Prueba, las mediciones de los coeficientes de fricción se realizarán a velocidades de 75 Km/h. (N-CTR-CAR-1-04-006/14), (N-CSV-CAR-3-02-005/14).
- ✓ Deberá obtenerse un valor de 0.6 o mayor sobre la superficie analizada. (N-CTR-CAR-1-04-006/14), (N-CSV-CAR-3-02-005/14).

Tramo de prueba

Deberá utilizarse el mismo tramo de 200 metros que se utilizó para determinar la rugosidad del IP como se pudo apreciar en el capítulo anterior, es decir, ambas mediciones se tendrán que realizar a la par consecutivamente para determinar su buena ejecución, después de verificar el IP se procederá a evaluar la textura del tramo mediante el CF, el resultado de la prueba deberá arrojar como máximo un

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

valor de 0.6 o mayor para ser satisfactorio y considerarse al tramo como parte de la obra y seguir con el avance, de esta manera podrá ser objeto de medición y base de pago, en caso contrario el contratista deberá volver a construir el tramo de prueba cuantas veces sea necesario hasta cumplir con dicho valor, cabe mencionar que el costo y retraso que esto genere en la obra correrá por cuenta del contratista.

Ejecución

Inicialmente se deberá realizar un recorrido en todo el tramo a evaluar, para determinar tramos homogéneos y existencia de curvas, la determinación de los tramos a evaluar se deberá especificar en el contrato del servicio o bien si es indicado en el mismo mediante la utilización de números aleatorios, si es de interés conocer cómo se realiza este procedimiento para la SCT, en la norma *M-CAL-1-02-01* se podrá apreciar a detalle la ejecución del muestreo.

Posteriormente se procederá a descargar el equipo del remolque y realizar una breve inspección del mismo comprobando que no tenga daño alguno ninguno de sus componentes, inmediatamente después se realizara la conexión entre el equipo y la computadora, una vez hecho esto se procederá con la calibración del DFT, primero se deberán calibrar los neumáticos a una presión de 30 libras, continuando con la calibración electrónica y finalmente se deberá empezar con el suministro de agua y se enganchara a su vez el equipo con el vehículo de remolque.

Posteriormente se iniciara el programa en el cual se introducirán los datos del proyecto y tramo a evaluar, se pondrá el vehículo en movimiento y con una distancia de anticipación suficiente para que este pueda hasta alcanzar la velocidad requerida al llegar al cadenamiento de inicio, se indicará a la computadora la colección de datos, empezando así con la medición.

Se deberá determinar el coeficiente de fricción sobre la huella de la rodada externa del carril derecho en sentido del cadenamiento y se realizara en presencia de una lámina de agua, simulada de 1 milímetro de espesor, usándose el sistema humectador de agua del equipo, a una velocidad de 75 km/h, cuando las características geométricas de la carretera así lo permitan, debiendo disminuir la velocidad en zona de topes, curvas, zonas urbanas y por obstrucción de vehículos de carga, haciendo la geo-referenciación correspondiente para hacer el ajuste posteriormente en el análisis de resultados.

En este análisis, se deberán determinar subtramos de 100 metros para de esta manera obtener valores promedios de μ , así mismo se determinara también un coeficiente promedio para las carreteras o tramos analizados.

Una vez terminada la prueba, se deberá detener el flujo de agua desde la computadora, parar el vehículo, desmontar el equipo y subirlo nuevamente al remolque, inmovilizándolo para su traslado.

En la fotografía siguiente se puede apreciar este procedimiento durante la medición del CF.



Fotografía 4.13 Prueba del CF realizada con el Equipo DFT.

Fuente: Propia, Fotografías tomadas durante la evaluación del CF durante la Supervisión de Obra del CPCC Michoacán 2014.

En las siguientes imágenes (4.14, 4.15, 4.16 y 4.17), se presentará la parte correspondiente al análisis de resultados de la medición del CF, que forman parte de los Informes que requiere la SCT para determinar la aceptabilidad de los trabajos,

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

en los cuales se muestran el resumen de valores y la carta estadística, para ambos casos, a cada 100 metros y por Kilometro evaluado.

Imagen 4.14 Ejemplo de Resumen de Valores obtenido durante la prueba del CF a cada 100 Metros.

CARRETERA:	TOLUCA - MORELIA	FECHA DE CALCULO:	12 de julio de 2014
TRAMO:	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	EQUIPO UTILIZADO:	DFT HAC DYNAMICS
SUBTRAMO:	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	TIPO DE SUPERFICIE:	CARPETA CONCRETO ASFALTICO
ESTADO:	MICHOACAN	RUETA	15
TIPO DE RED:	B		

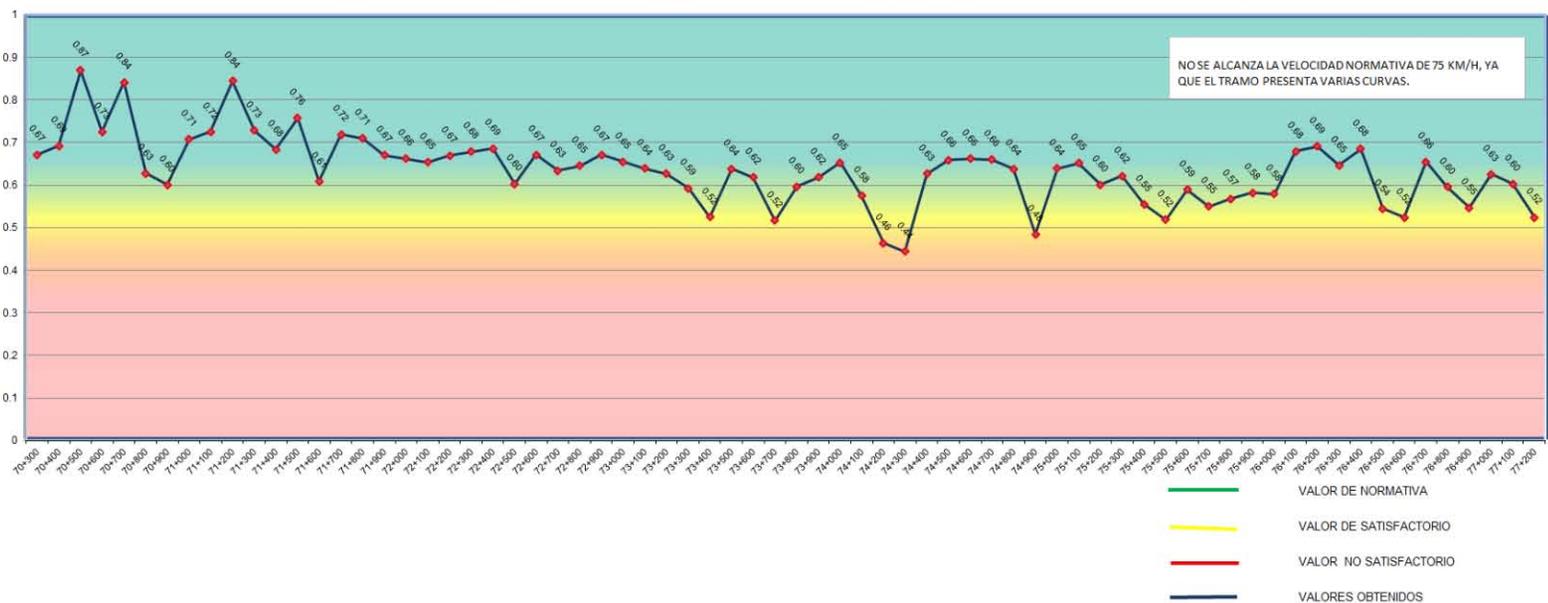
RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS, CARRIL DERECHO

CARRETERA	TRAMO	TIPO DE RED	SUBTRAMO	KILOMETRAJE		X	Y	Z	VELOCIDAD PROMEDIO	TEMPERATURA DEL PAVIMENTO	FLUJO DE AGUA	FRICCIÓN PROMEDIO (ft/s)	ESTADO SUPERFICIAL
				DEL KM.	AL KM.								
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	70+200	70+300	-100.18977	19.44342	2888.60	36	39	26	0.67	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	70+300	70+400	-100.19066	19.44360	2861.80	43	39	31	0.69	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	70+400	70+500	-100.19159	19.44358	2856.70	40	37	30	0.87	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	70+500	70+600	-100.19235	19.44305	2852.20	37	38	28	0.73	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	70+600	70+700	-100.19273	19.44230	2846.40	32	38	25	0.84	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	70+700	70+800	-100.19250	19.44145	2835.80	29	35	23	0.63	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	70+800	70+900	-100.19325	19.44174	2830.80	31	39	24	0.60	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	70+900	71+000	-100.19375	19.44254	2829.30	37	39	28	0.71	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+000	71+100	-100.19408	19.44343	2827.80	25	34	21	0.72	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+100	71+200	-100.19468	19.44408	2824.20	31	37	23	0.84	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+200	71+300	-100.19540	19.44460	2817.20	43	38	31	0.73	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+300	71+400	-100.19600	19.44550	2806.20	40	37	30	0.68	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+400	71+500	-100.19701	19.44538	2799.60	33	41	26	0.76	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+500	71+600	-100.19735	19.44609	2793.30	31	42	24	0.62	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+600	71+700	-100.19804	19.44671	2790.50	33	43	25	0.72	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+700	71+800	-100.19905	19.44698	2787.90	40	42	29	0.71	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+800	71+900	-100.19984	19.44710	2784.90	43	45	32	0.67	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	71+900	72+000	-100.20085	19.44726	2781.30	43	44	31	0.66	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+000	72+100	-100.20184	19.44716	2773.10	35	43	27	0.65	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+100	72+200	-100.20268	19.44689	2769.40	37	44	28	0.67	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+200	72+300	-100.20348	19.44662	2766.70	36	41	27	0.68	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+300	72+400	-100.20439	19.44633	2762.90	40	43	30	0.69	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+400	72+500	-100.20523	19.44625	2758.60	41	41	30	0.60	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+500	72+600	-100.20623	19.44636	2752.20	42	41	31	0.67	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+600	72+700	-100.20718	19.44654	2747.60	40	41	30	0.63	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+700	72+800	-100.20807	19.44689	2740.90	36	39	28	0.65	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+800	72+900	-100.20897	19.44697	2735.30	40	41	29	0.67	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	72+900	73+000	-100.20989	19.44689	2731.90	44	41	32	0.65	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+000	73+100	-100.21097	19.44681	2724.70	46	42	33	0.64	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+100	73+200	-100.21195	19.44674	2718.50	46	43	34	0.63	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+200	73+300	-100.21281	19.44668	2714.50	41	44	30	0.59	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+300	73+400	-100.21363	19.44711	2714.20	37	44	27	0.52	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+400	73+500	-100.21430	19.44771	2713.00	40	43	29	0.64	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+500	73+600	-100.21528	19.44771	2708.60	42	42	31	0.62	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+600	73+700	-100.21602	19.44796	2703.20	42	45	31	0.52	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+700	73+800	-100.21692	19.44790	2695.60	28	44	23	0.60	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+800	73+900	-100.21842	19.44897	2688.10	26	46	21	0.62	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	73+900	74+000	-100.21991	19.44828	2682.90	36	46	27	0.65	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+000	74+100	-100.21540	19.44560	2677.50	41	46	30	0.58	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+100	74+200	-100.21504	19.44480	2671.90	32	44	25	0.46	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+200	74+300	-100.21595	19.44458	2669.00	26	41	20	0.44	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+300	74+400	-100.21695	19.44542	2670.50	30	43	22	0.63	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+400	74+500	-100.21737	19.44572	2669.60	21	45	18	0.66	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+500	74+600	-100.21812	19.44638	2670.10	28	44	22	0.66	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+600	74+700	-100.21883	19.44686	2666.80	27	44	21	0.66	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+700	74+800	-100.21950	19.44750	2667.20	22	44	19	0.64	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+800	74+900	-100.22018	19.44804	2667.20	23	46	19	0.48	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	74+900	75+000	-100.22029	19.44885	2668.20	22	45	18	0.64	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+000	75+100	-100.22066	19.44972	2665.50	31	45	23	0.65	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+100	75+200	-100.22154	19.44950	2663.10	30	44	22	0.60	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+200	75+300	-100.22243	19.44951	2660.90	32	46	24	0.62	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+300	75+400	-100.22297	19.44894	2661.90	28	43	21	0.55	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+400	75+500	-100.22399	19.44893	2663.30	34	42	25	0.52	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+500	75+600	-100.22495	19.44883	2649.30	36	41	27	0.59	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+600	75+700	-100.22580	19.44832	2644.60	27	39	21	0.55	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+700	75+800	-100.22682	19.44813	2641.30	24	43	19	0.57	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+800	75+900	-100.22756	19.44838	2637.10	16	47	16	0.58	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	75+900	76+000	-100.22854	19.44874	2637.90	18	48	16	0.58	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+000	76+100	-100.22936	19.44869	2643.70	23	48	18	0.68	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+100	76+200	-100.23006	19.44815	2648.00	23	47	18	0.69	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+200	76+300	-100.23105	19.44802	2649.80	25	48	19	0.65	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+300	76+400	-100.23194	19.44771	2652.30	25	47	19	0.68	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+400	76+500	-100.23271	19.44710	2652.50	22	46	18	0.54	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+500	76+600	-100.23356	19.44687	2650.80	26	40	20	0.52	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+600	76+700	-100.23422	19.44609	2651.70	24	45	19	0.66	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+700	76+800	-100.23438	19.44534	2652.70	26	45	20	0.60	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+800	76+900	-100.23461	19.44450	2651.80	31	46	23	0.55	SATISFACTORIO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	76+900	77+000	-100.23482	19.44360	2650.60	34	47	25	0.63	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM 70+200 AL KM 86+000	77+000	77+100	-100.23462	19.44326	2648.60	35	48	25	0.49	BUENO
TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX. AMICH - ENT. HUAJUMBARO												

Imagen 4.15 Ejemplo de Carta Estadística resultante del Análisis de Resultados de la prueba de Coeficiente de Fricción a cada 100 Metros.

CARRETERA:	TOLUCA - MORELIA	FECHA DE CALCULO:	12 de julio de 2014
TRAMO:	LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO	EQUIPO UTILIZADO:	DFT NAC DYNAMICS
SUBTRAMO:	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	TIPO DE SUPERFICIE:	CARPETA CONCRETO ASFALTICO
ESTADO:	MICHOACAN	TIPO DE RED:	B
TIPO DE RED:	B	RUTA	15

**CARTA ESTADISTICA
RESISTENCIA A LA FRICCION, CARRIL DERECHO, DEL KM. 70+200 AL KM. 77+200**



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Imagen 4.16 Ejemplo de Resumen de Valores obtenido durante la prueba del CF a cada 1000 Metros.

CARRETERA: TOLUCA - MORELIA
 FECHA DE CALCULO: 12 de julio de 2014

TRAMO: LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO
 EQUIPO UTILIZADO: DFT/MAC DYNAMICS

SUBTRAMO: DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000
 TIPO DE SUPERFICIE: CARPETA CONCRETO ASFALTICO

ESTADO: MICHOACAN
 RUTA: 15

TIPO DE RED: B

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS, CARRIL DERECHO

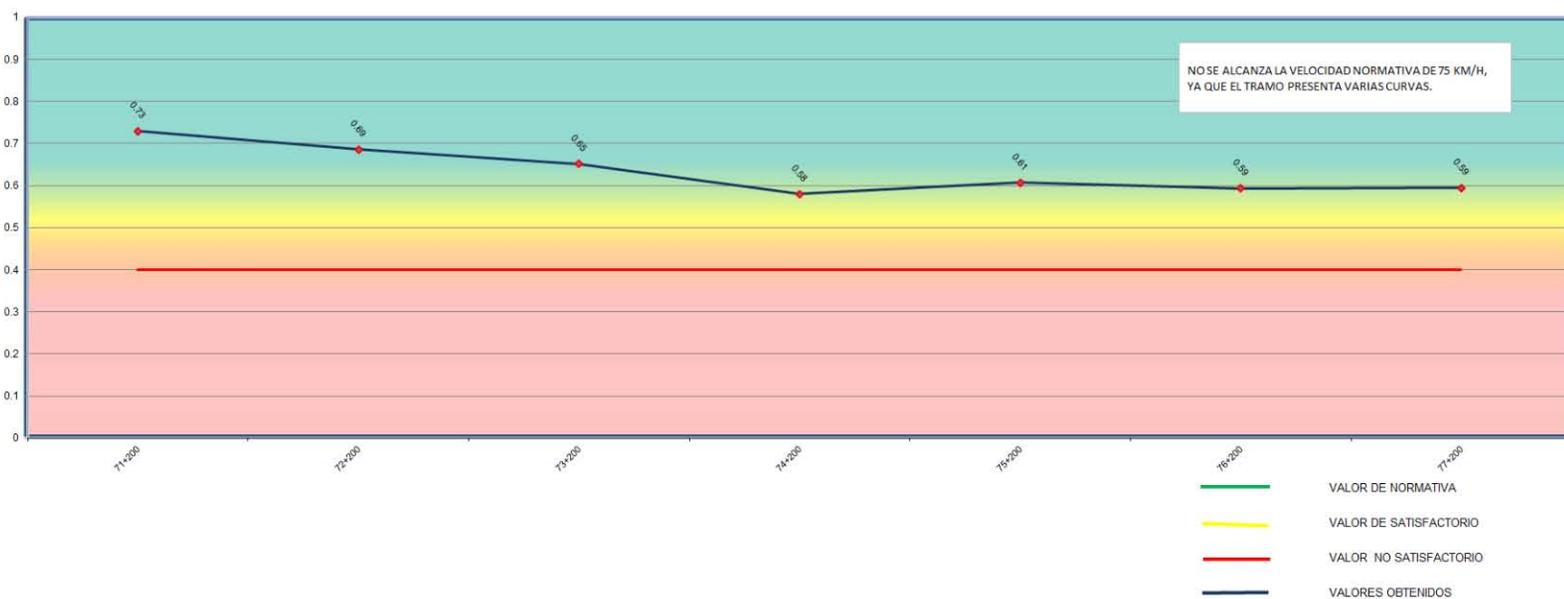
CLAVE DEL TRAMO	CARRETERA	TRAMO	TIPO DE RED	SUBTRAMO	KILOMETRAJE		X	Y	Z	VELOCIDAD PROMEDIO	TEMPERATURA DEL PAVIMENTO	FLUJO DE AGUA	FRICCIÓN PROMEDIO (Mu)	ESTADO SUPERFICIAL
					DEL KM.	AL KM.								
MIC015B-BT1-070/2-086.0	TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	70+200	71+200	-100.19468	19.44408	2624.20	34	38	26	0.73	BUENO
MIC015B-BT1-070/2-086.0	TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	71+200	72+200	-100.20268	19.44689	2789.40	38	42	28	0.69	BUENO
MIC015B-BT1-070/2-086.0	TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	72+200	73+200	-100.21195	19.44674	2718.50	41	41	30	0.65	BUENO
MIC015B-BT1-070/2-086.0	TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	73+200	74+200	-100.21504	19.44480	2671.90	37	44	27	0.58	SATISFACTORIO
MIC015B-BT1-070/2-086.0	TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	74+200	75+200	-100.22154	19.44990	2663.10	26	44	21	0.61	BUENO
MIC015B-BT1-070/2-086.0	TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	75+200	76+200	-100.23006	19.44815	2648.00	26	44	21	0.59	SATISFACTORIO
MIC015B-BT1-070/2-086.0	TOLUCA - MORELIA	LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO	B	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	76+200	77+200	-100.23419	19.44196	2645.90	28	47	21	0.59	SATISFACTORIO
VALOR PROMEDIO:													0.63	

Observaciones:
 EL 0.00% DEL TRAMO ESTÁ DENTRO DEL VALOR DE "NO SATISFACTORIO" EL 42.86% DEL TRAMO ESTÁ DENTRO DEL VALOR DE "SATISFACTORIO" Y EL 57.14% DEL TRAMO ESTÁ DENTRO DEL VALOR DE "BUENO" COMO LO MARCA LA NORMATIVA. (N.CTR.CAR.4-04-00608). (N.CSN.CAR.3-02-00510). REDUCCION DE VELOCIDAD DEBIDO A QUE EL TRAMO PRESENTA VARIAS CURVAS.

Imagen 4.17 Ejemplo de Carta Estadística resultante del Análisis de Resultados de la prueba de Coeficiente de Fricción a cada 1000 Metros.

CARRETERA:	TOLUCA - MORELIA	FECHA DE CALCULO:	12 de julio de 2014
TRAMO:	LIM. EDOS. MEX./MICH. - ENT. HUAJUMBARO	EQUIPO UTILIZADO:	DFT NAC DYNAMICS
SUBTRAMO:	DEL KM. 70+200 AL KM. 86+000	TIPO DE SUPERFICIE:	CARPETA CONCRETO ASFALTICO
ESTADO:	MICHOACAN	RUTA:	15
TIPO DE RED:	B		

**CARTA ESTADISTICA
RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS, CARRIL DERECHO**



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Parámetros de evaluación

Los valores de coeficiente de fricción con los que tienen que cumplir, de acuerdo a la tabla 4.2, son los siguientes:

- ❖ Un nivel de diseño por el que se establece el mínimo nivel de fricción para una superficie de nueva Construcción o de nueva pavimentación (Conservación, Reconstrucción), que será de 0.60.
- ❖ Un nivel de fricción para mantenimiento por debajo del cual deberán iniciarse medidas correctivas de mantenimiento, que será de 0.41 a 0.59.
- ❖ Un nivel mínimo de fricción por debajo del cual se publicará información de que la superficie puede ser resbaladiza cuando esté mojada, que será de 0.40.

Tabla 4.2 Parámetros de Evaluación del CF en el caso de la Construcción y Conservación de Carreteras.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN (μ)	EFICACIA DE FRENADO
De 0.6 y Más	Bueno
De 0.4 a 0.59	Satisfactorio
Menor a 0.39	No Satisfactorio

Nota: Como se mencionó anteriormente, se busca que el resultado de la medición sea mayor a 0.6 para considerarse "Bueno" el tramo evaluado, sin embargo, un valor excesivo, siendo específicos, mayor a 0.8 ya genera un desgaste notable a los neumáticos de los vehículos en circulación.

Trabajos de corrección

Para el caso de cualquier tramo de prueba o subtramo de 200 metros que arroje un valor de CF que comprenda de 0.59 a 0.41 o menor, deberá ser corregido mediante los procedimientos que se indican en las normativas N-CTR-CAR-1-04-006/14 y N-

CSV-CAR-3-02-005/14 referentes a la construcción y conservación respectivamente y que a manera de resumen se enlistan a continuación.

1. **Fresado continuo de la superficie de rodadura (Aplica tanto en carpetas asfálticas como en carpetas de concreto hidráulico).** En tramos como mínimo de 50 metros, en el caso de carreteras de dos carriles el fresado deberá realizarse por todo el ancho de la corona, si se tratase de carreteras con múltiples carriles el fresado deberá realizarse en todos los carriles de un mismo sentido buscando con esto aumentar el CF a 0.6 o más si es posible.
2. **Remoción de la carpeta (Solo carpetas de concreto hidráulico).** Esta deberá ser reemplazada por una nueva cumpliendo de nueva cuenta con todo lo requerido en su proceso constructivo, al volverse a evaluar deberá tener como mínimo un valor de 0.6.
3. **Colocación de una sobrecarpeta (Solo carpetas asfálticas).** Esta sobrecarpeta se deberá colocar sobre la carpeta asfáltica que resulto inaceptable en su evaluación, tendrá un espesor como mínimo de 3 centímetros, se deberá colocar en tramos no menores de 50 metros, en el caso de carreteras de dos carriles deberá colocarse por todo el ancho de la corona, si se tratase de carreteras con múltiples carriles deberá realizarse en todos los carriles de un mismo sentido y será elaborada con la misma mezcla asfáltica que la anterior, deberá tener un CF de 0.6 o mayor.

Por otra parte el Instituto Mexicano del Transporte recomienda un par de acciones más para mejorar la fricción en el caso de que el tramo no cumpla con el valor de 0.6 requerido por la SCT, las cuales se incluyen en la publicación técnica No. 245 *Sistema de Evaluación de Pavimentos Versión 2.0* y de las cuales se hace referencia a continuación.

- a) Para el caso de carreteras de la red federal, la aplicación de un tratamiento superficial mediante carpeta de un riego, con material pétreo y emulsión de liga. Para el caso de autopistas, se sugiere una microcarpeta.
- b) Para el caso de autopistas con pavimentos rígidos de concreto hidráulico se recomienda el ranurado longitudinal mediante una fresadora, con ranuras de 0,5 cm de ancho y 0,5 cm de profundidad, espaciamiento de 1 cm para un drenaje superficial eficiente y no permitir la acumulación de láminas de agua que puedan provocar el fenómeno de acuaplaneo (hidroplaneo).

V

Retroreflexión



Introducción

Como se ha venido comentando a lo largo de este trabajo, de encontrarse una carretera o autopista en un estado superficial óptimo, se le podrá brindar al usuario, seguridad, comodidad y bajos costos de operación durante su recorrido por la vía, sin embargo, un punto clave y que en muchas ocasiones no se le otorga la debida importancia, es lo referente a todos los señalamientos que la conforman, y que sin una buena ubicación, visibilidad y desde luego su adecuada conservación, puede resultar en un recorrido confuso y bastante peligroso para todos los usuarios.

Parte fundamental del diseño de una carretera, autopista o vialidad urbana son precisamente dichos señalamientos, que se clasifican a su vez en Horizontales y Verticales, los cuales no son más que marcas y dispositivos de seguridad ubicados a lo largo y ancho del camino y símbolos plasmados en láminas verticales, colocados, con la finalidad de advertir, prevenir, restringir e indicar al usuario determinada información, para garantizar así una manera correcta y segura de transitar por cualquier vialidad.

Para que sean eficientes, estos señalamientos deberán en primer lugar llamar la atención del usuario, para que de esta forma le sea transmitido un mensaje de manera simple y clara, que en la mayoría de los casos se realiza mediante símbolos, los cuales deberán colocarse en un lugar estratégico para que al transitar a velocidades medias/altas den tiempo al conductor de reaccionar adecuadamente sin ocasionar algún percance a los vehículos circundantes, por lo tanto, es muy importante conocerlas y más aún, reconocerlas y entenderlas al momento de observarlas durante el recorrido, siendo lo más importante, obedecerlas todo el tiempo y cuidarlas ya que al ser el principal medio para salvaguardar la seguridad del tránsito en todas las vialidades de esto dependerá la prevención de accidentes que pueden llegar a tornarse en fatales.

A continuación se describirán de manera general estos dos tipos de señalamientos, desde su función hasta su implementación, para que de esta manera sea más fácil su reconocimiento, buscando con esto un mayor conocimiento del tema en cuestión de seguridad vial, algo importante que de dominarlo ampliamente, sin duda puede llegar a contribuir de manera drástica a la disminución de incidentes al transitar por cualquier carretera o autopista, y en lo que concierne a este trabajo, será mucho más fácil reconocer estas señales al momento de evaluarlas y elaborar sus respectivos informes.

Señalamiento Horizontal

Haciendo referencia a la norma N-PRY-CAR-10-01-001-13, el Señalamiento Horizontal es el conjunto de marcas y dispositivos, que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes al arroyo vial, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras, autopistas y vialidades urbanas, denotando todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, con la finalidad de regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar a su vez información a los usuarios; estas marcas pueden ser rayas, símbolos y leyendas.

En lo referente a las marcas, se clasifican en 16 tipos dependiendo la función que se pretenda asignar en la vía y el tipo de camino, mientras que en los dispositivos, se dividen principalmente en tres tipos, en base a su colocación, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 5.1 Clasificación de Marcas y Dispositivos empleados en el Señalamiento Horizontal.

Clasificación	Nombre
M-1	Raya separadora de sentidos de circulación
M-1.1	Raya continua sencilla (Arroyo vial hasta 6,5 m y ciclovías)
M-1.2	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial hasta 6,5 m y ciclovías)
M-1.3	Raya continua sencilla (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.4	Raya continua-discontinua (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.5	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.6	Raya continua doble
M-2	Raya separadora de carriles
M-2.1	Raya separadora de carriles, continua sencilla
M-2.2	Raya separadora de carriles, continua doble
M-2.3	Raya separadora de carriles, discontinua
M-3	Raya en la orilla del arroyo vial
M-3.1	Raya en la orilla derecha, continua
M-3.2	Raya en la orilla derecha, discontinua
M-3.3	Raya en la orilla izquierda
M-4	Raya guía en zonas de transición
M-5	Rayas canalizadoras
M-6	Raya de alto
M-7	Rayas para cruce de peatones o de ciclistas
M-7.1	Rayas para cruce de peatones en vías primarias
M-7.2	Rayas para cruce de peatones en vías secundarias y ciclovías
M-8	Marcas para cruce de ferrocarril

(Continúa Tabla 1)

Tabla 5.1 Clasificación de Marcas y Dispositivos empleados en el Señalamiento Horizontal (Continuación).

Clasificación	Nombre
M-9	Rayas con espaciamiento logarítmico
M-10	Marcas para estacionamiento
M-11	Rayas, símbolos y leyendas para regular el uso de carriles
M-11.1	Flechas, letras y números
M-11.2	Para delimitar un carril en contrasentido
M-11.3	Para delimitar un carril exclusivo
M-11.4	Para establecer lugares de parada
M-12	Marcas en guarniciones
M-12.1	Para prohibición del estacionamiento
M-12.2	Para delinear guarniciones
M-13	Marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura
M-13.1	Marcas en estructuras
M-13.2	Marcas en otros objetos
M-14	Raya para frenado de emergencia
M-14.1	Raya para frenado de emergencia discontinua
M-14.2	Raya para frenado de emergencia continua
M-15	Marca para identificar ciclovías
M-16	Marcas temporales
DH-1	Botones reflejantes y delimitadores sobre el pavimento
DH-2	Botones reflejantes sobre estructuras
DH-3	Botones

Fuente: Normativa N-PRY-CAR-10-01-001-13, SCT.

Marcas en el Pavimento

Son pintadas o colocadas sobre la superficie del pavimento con la finalidad de regular y canalizar el tránsito de vehículos tratándose de una carretera o autopista, o bien sobre la banqueta delimitando el área de la misma y también para regular y canalizar el flujo peatonal (Ver imagen 5.1).

Estas marcas generalmente son de colores reflejantes, pudiendo ser blanco y amarillo principalmente, sin embargo también las existen en color rojo o verde, esto dependiendo su función, con excepción de las marcas temporales M-16 (de las cuales se hablara en su momento) o cuando el pavimento debido a su color, no sea capaz de proporcionar el contraste suficiente que favorezca a las marcas para una correcta visibilidad, en este caso son delineadas en su contorno con franjas de color negro de 5 cm de ancho, todas estas marcas y sus respectivos colores deberán cumplir con ciertos parámetros de reflexión para asegurar su visibilidad durante la

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

noche o en situaciones adversas como lluvia o nieve, esto es conocido como *Coefficiente de Reflexión*, el cual se obtiene a través de una medición efectuada a los señalamientos tanto horizontal como vertical, siendo conocida como *Retroreflexión*, objeto de estudio de este capítulo y de la cual se hablara más adelante.



Imagen 5.1 Ejemplos de Señalamiento Horizontal, Marcas en el Pavimento⁷.

⁷ **Imagen Izquierda Superior:** <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=741012&page=6>

Imagen Izquierda Inferior: <http://www.espormadrid.es/2008/11/las-ciclocalles-nueva-medida.html>

Imagen Derecha Superior: <http://www.totana.com/educacionvial/se%C3%B1ales/Prioridad%20entre%20se%C3%B1ales.htm>

Imagen Derecha Inferior: <http://www.motorpasionmoto.com/opinion/los-galones-y-las-motos-seguridad-o-peligro>

Dispositivos de Seguridad Horizontales

Son aquellos conformados por Botones, Botones Reflejantes y Botones Delimitadores, colocados sobre la superficie de rodadura del pavimento o en el cuerpo de las estructuras adyacentes a la carretera o autopista, en el caso de los *Botones*, son colocados en el pavimento para transmitir al usuario una señal de alerta, esto se logra mediante vibración y sonido al transitar a cierta velocidad sobre el camino; por otro lado, los *Botones Reflejantes*, son usados para complementar las marcas que se han pintado sobre la carpeta, ya sea asfáltica o hidráulica, ayudando de esta forma a mejorar la visibilidad de la geometría de la vía cuando es de noche o prevalecen condiciones climáticas adversas como ya se comentó (Imagen 5.2); finalmente, los Botones Delimitadores se colocan sobre las marcas para delimitar carriles en contrasentido o exclusivos. En el caso de los Botones Reflejantes, también pueden colocarse sobre alguna estructura, como una barrera central o una defensa metálica, reforzando aún más la seguridad de la vía.

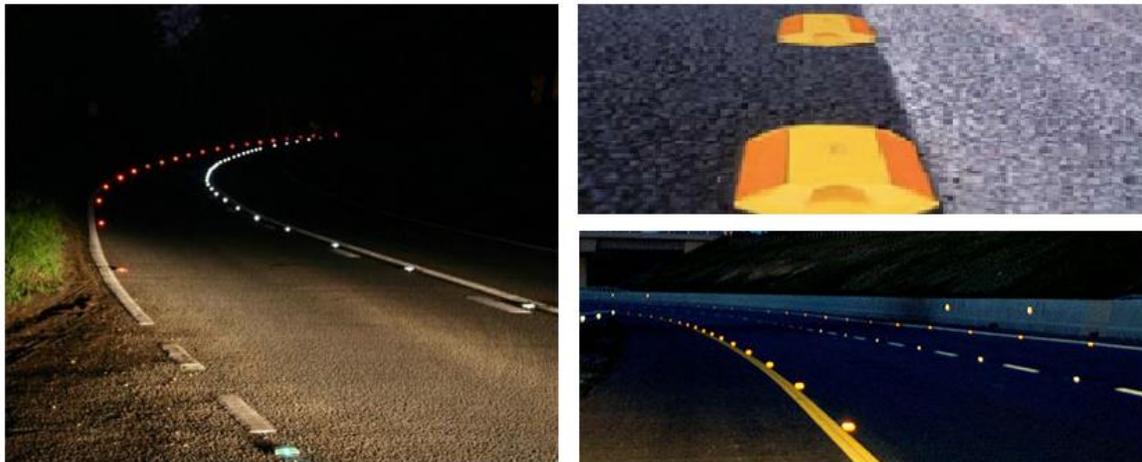


Imagen 5.2 Ejemplos de Señalamiento Horizontal, Dispositivos de Seguridad⁸.

Para complementar la información correspondiente al Señalamiento Horizontal, en el Anexo 1 se describirán a detalle las marcas y dispositivos de seguridad que fueron indicados en la Tabla 5.1, así como su respectiva función.

⁸ **Imagen Izquierda:** <https://ingenieriaenlared.wordpress.com/2007/11/25/solarlite-nuevo-sistema-homologado-en-uk-de-marcas-viales-horizontales-mediante-led/>

Imagen Superior Derecha: http://solutions.3mchile.cl/wps/portal/3M/es_CL/TSS_LA/sistemas-de-seguridad-vial/soluciones/

Imagen Inferior Derecha: <http://www.ridel.com.mx/senalizacion-horizonta>

Señalamiento Vertical

La SCT define al señalamiento vertical como *el conjunto de tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integrados con leyendas y símbolos que tienen por objeto regular el uso de la carretera, autopista o vialidad urbana, indicar los principales destinos, la existencia de algún sitio turístico o servicio, o transmitir al usuario un mensaje relativo a la carretera, autopista o vialidad urbana.*

A su vez estos señalamientos se clasifican en tres tipos de señales, según su función, en *Señales Preventivas (SP)*, *Señales Restrictivas (SR)* y *Señales Informativas (SI)*, estas últimas se dividen a su vez en *Señales de Identificación*, de *Destino*, de *Recomendación*, de *Información General*, de *Servicios Turísticos* y *Señales Diversas*, en la tabla siguiente se puede apreciar a mayor detalle esta clasificación.

Tabla 5.2 Clasificación Funcional del Señalamiento Vertical.

Clasificación	Tipos de señales
SP	Señales preventivas
SR	Señales restrictivas
SI	Señales informativas
SII	Señales informativas de identificación <ul style="list-style-type: none"> • De nomenclatura • De ruta • De distancia en kilómetros
SID	Señales informativas de destino <ul style="list-style-type: none"> • Previas • Diagramáticas • Decisivas • Confirmativas
SIR	Señales informativas de recomendación
SIG	Señales de información general
STS	Señales turísticas y de servicios
SIT	Señales turísticas
SIS	Señales de servicios
OD	Señales diversas
OD-5	Indicadores de obstáculos
OD-6	Indicadores de alineamiento
OD-8	Reglas y tubos guía para vados
OD-12	Indicadores de curvas peligrosas
OD-13	Señales de mensaje cambiabile

Fuente: Normativa N-PRY-CAR-10-01-001-13, SCT.

Señales Preventivas (SP)

Son tableros, que mediante símbolos, previenen a los conductores sobre la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza.

Están fijados mediante postes, estos tableros en su mayoría tienen forma cuadrada con las puntas redondeadas, son colocados formando una diagonal vertical, tomando de esta manera una forma, por así decirlo, de diamante, este tipo de señales podrá reconocerse fácilmente pues su color de fondo es amarillo y los símbolos, caracteres y el filete del tablero son de color negro (Ver imagen 5.4), más adelante se hablara con mayor detalle sobre esta característica.

Estas SP en algunas ocasiones llegan a requerir de algún tablero adicional, conteniendo alguna explicación complementaria, estos son rectangulares, y de igual forma con las esquinas redondeadas para formar un conjunto con los pictogramas, para identificarse podrá llevar la palabra “principia” o “termina” dependiendo el caso, o bien la longitud que se presente a la situación correspondiente.

Las medidas de estas señales están en función del tipo de carretera o vialidad urbana en donde se implementaran, incrementándose el tamaño debido a la importancia de la vía, su ubicación estará determinada en base a la geometría del camino, contemplando principalmente los factores longitudinales y laterales del mismo, como se explica a continuación.

Ubicación Longitudinal

Las SP se colocaran antes de la zona de riesgo que se pretenda señalar, a una distancia la cual estará determinada en función de la velocidad.

Existen casos que por las exigencias del camino es necesario colocar señales de otro tipo entre la señal preventiva y la zona de riesgo, de ser así, esta señal deberá colocarse a la distancia en la que originalmente estaría la SP, y esta última se colocara al doble de esa distancia; si se llegase a presentar el caso en donde se requiere colocar dos señales entre la preventiva y la zona de riesgo, de igual forma la primera se colocara en el lugar donde originalmente iría la SP, la segunda se colocara a doble distancia de esta, y la preventiva al triple.

En la tabla siguiente se puede apreciar la distancia de colocación de una SP en base a la velocidad de circulación establecida para la sección en la que se encuentre la zona de riesgo, contemplando obviamente que la señal deberá colocarse a la distancia correspondiente antes de dicha zona.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Tabla 5.3 Ubicación Longitudinal de Señales Preventivas.

Velocidad ^[1] km/h	≤30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia m	30	45	65	85	110	140	170	205	245	285

[1] En carreteras nuevas se utilizará la velocidad de proyecto; cuando estén en operación, se utilizará la velocidad de operación estimada como el 85 percentil de las velocidades medidas en el tramo. En vialidades urbanas se utilizará la velocidad establecida por las autoridades correspondientes.

Fuente: Normativa N-PRY-CAR-10-01-003-13, SCT.

Es importante mencionar que en carreteras, autopistas y vialidades urbanas que presenten velocidades de hasta 60 km/hr, solamente se podrán colocar como máximo dos señales entre la preventiva y la zona de riesgo, y si la velocidad fuera mayor a la anterior solamente se podrá colocar una señal entre estas dos.

Ubicación Lateral

Respecto a la ubicación lateral las SP se clasifican a su vez en *Señales Bajas* (uno y dos postes) y *Señales Elevadas* (bandera, bandera doble, puente).

Señales Bajas

Para el caso de las señales bajas tendrán una altura máxima libre de 2.5 mts entre el nivel del hombro (para el caso de una carretera o autopista) o de la banqueteta (para el caso de una vialidad urbana o bien una vía rápida recordando lo visto en el capítulo I), y la parte inferior de la señal e incluyendo el tablero adicional si es el caso.

Deberán colocarse a un lado de la vía o arroyo vial, sin obstruir el acotamiento de la carretera, y en una vialidad urbana se colocaran sobre la banqueteta, colocándose en uno o dos postes dependiendo del tamaño, ubicación, o si forman un conjunto (SP y tablero adicional).

Referente a las carreteras o autopistas, deberán colocarse a modo que la orilla interior de la lámina quede preferentemente a 50 cm de distancia del hombro más cercano, o bien como máximo a metro y medio. Cuando la carretera este en corte,

el poste de la señal deberá colocarse sobre el talud guardando como referencia el nivel del hombro, sin obstruir el área hidráulica de la cuneta.

En el caso de las vialidades urbanas, las SP deberán colocarse en un solo poste para no obstruir el paso peatonal y la distancia mínima permitida de la orilla interna de la señal y la orilla interna de la guarnición más cercana deberá ser de 30 cm.

Cuando las carreteras o vías urbanas con dos o más carriles por sentido de circulación lleguen a presentar cuerpos separados o camellón, estas señales bajas deberán ubicarse paralelamente en ambos lados de la vialidad.

Su ángulo de colocación será siempre perpendicular al camino, debiendo quedar en una posición completamente vertical, formando un ángulo de 90° con respecto al eje del camino.

Señales Elevadas

De igual forma deberán colocarse a un lado del arroyo vial, sin embargo, para este caso, las señales deberán guardar una distancia ahora entre el poste de la señal y el hombro de la carretera o autopista, quedando entre ellos una distancia de 50 cm como mínimo y de 1.5 mts como máximo.

En el caso de las vialidades urbanas, al igual que las señales bajas la distancia mínima será de 30 cm entre la orilla interior del poste y la orilla interna de la guarnición.

Su altura de colocación deberá ser tal que la parte inferior de los tableros quede a una distancia mínima de 5.5 mts respecto a la parte más alta de la vialidad.

Respecto a su ángulo de colocación se busca mejorar la visibilidad nocturna de la señal, por esta razón las caras de los tableros deberán colocarse formando un ángulo de inclinación hacia el frente de 5° respecto a la vertical del poste de sujeción.

En la figura siguiente se resumirá gráficamente lo visto en lo anterior, para el caso de señales bajas y elevadas.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

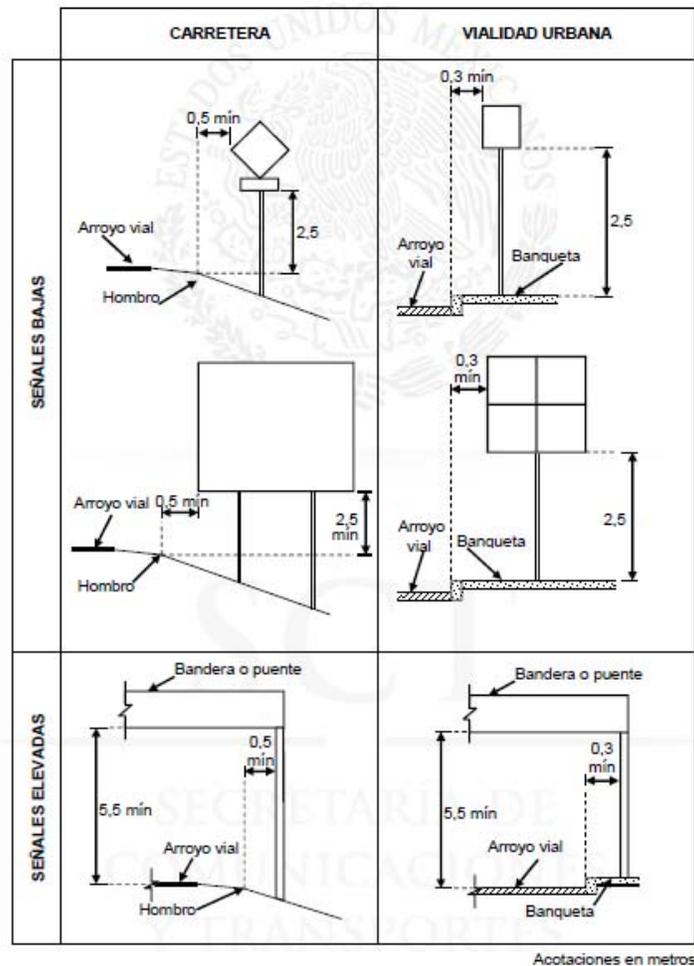


Figura 5.3 Ubicación Lateral de Señalamiento Vertical.

Fuente: Normativa N-PRY-CAR-10-01-008-13, SCT.

Color

Todos los colores a excepción obviamente del negro, y sin importar el tipo de señal, deberán cumplir con ciertos factores de *luminancia*, esto dependiendo del tipo de película reflejante que sea utilizada, de esto se hablara a su vez en lo referente a la ejecución del equipo utilizado para determinar la *Retroreflexión Vertical* o bien el Coeficiente de Retroreflexión.

Para este caso, el color de fondo de las SP será de color amarillo tránsito reflejante, con excepción de la señal SP-33 "ESCOLARES", cuyo color deberá ser verde limón fluorescente, en lo referente a los símbolos, letras y filetes de estas señales, serán de color negro, como ya se había comentado anteriormente, sin embargo para el

símbolo de “ALTO” en la señal SP-31 este deberá ser color rojo reflejante, para el caso de la señal SP-27, el símbolo será negro con blanco reflejante.

Los tableros adicionales manejarán también un fondo amarillo tránsito reflejante, con letras, símbolos y filete en negro, con excepción del complemento de la señal SP-33 “ESCOLARES”, cuyo fondo deberá ser de igual forma verde limón fluorescente.

Como regla general, para el caso de caminos que presenten en su sección transversal una corona menor a 6 metros, el acabado de todos los señalamientos verticales y sus respectivos tableros adicionales deberá ser en mate, es decir, para este caso deberán ser color amarillo tránsito mate, conservando el color negro para las letras, símbolos y filetes. A su vez, los postes y el reverso de los tableros conformantes de todas las señales, es decir, preventivas, restrictivas y de información, serán de color gris mate.

Para complementar este subtema, en el Anexo 2 se podrán apreciar a detalle, todas las SP que actualmente se manejan en las carreteras, autopistas y vialidades urbanas del país.



Imagen 5.4 Ejemplos de Señales Preventivas.

Fuente.

Imagen Superior y Derecha: http://www.camssa.com.mx/servicios/se&ales_preventivas.html

Imagen Inferior: <http://www.eluniversalqueretaro.mx/politica/10-11-2012/acaban-consenaletica-en-carreteras>

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Señales Restrictivas (SR)

De igual forma son tableros fijados al suelo por medio de postes, cuyos símbolos o leyendas tienen la finalidad de informar al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito o bien restringen el uso de la vialidad en alguna parte de ella.

En este caso, los tableros de las SR son de forma cuadrada, con las esquinas redondeadas y mostrando dos de sus lados en posición horizontal, las únicas excepciones son la señal SR-6 “ALTO”, que presenta una forma octagonal, con dos de sus lados en posición horizontal y sin redondeo en sus esquinas; y la señal SR-7 “Ceda el Paso”, la cual tiene forma triangular invertida, es decir sus tres lados son iguales con un vértice hacia abajo, las esquinas están redondeadas.

Al igual que el caso anterior, se puede requerir complementar la señal con un tablero adicional, este deberá ser rectangular y del mismo color para formar un juego completo con la señal (Ver imagen 5.6).

Ubicación

Estas SR son colocadas longitudinalmente justo en el lugar en donde se requiera restringir alguna acción, o bien donde existe una prohibición, y para no afectar su visibilidad cualquier objeto que pueda obstruirla deberá ser eliminado. Lateralmente estas señales son colocadas exactamente igual que como se describió en las SP, aunque generalmente las restrictivas son colocadas como señales bajas, y solo si es autorizado por la SCT se podrán colocar como señales elevadas en una estructura existente, tal como se muestra en la siguiente figura.

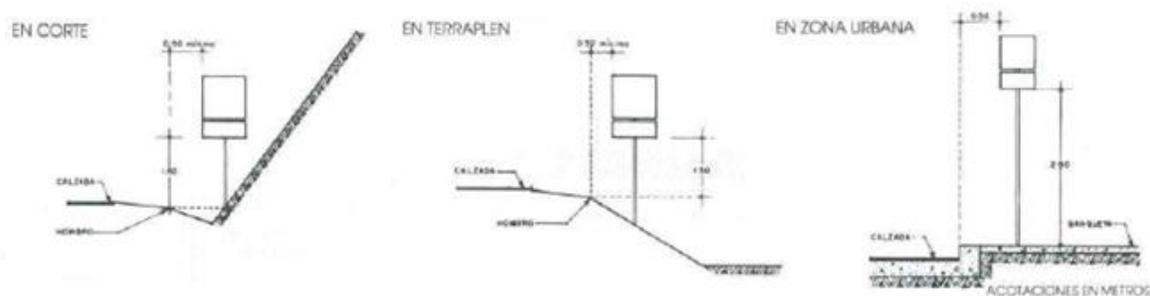


Figura 5.5 Ubicación Lateral de Señales Restrictivas.

Fuente: Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, DGST, SCT.

Color

Estas señales se diferencian de las SP porque en este caso el color de fondo de la lámina es blanco reflejante, donde los anillos y las franjas diametrales prohibitivas son de color rojo reflejante, al igual que las anteriores, los símbolos, letras y filetes son color negro, solo con excepción de la señal SR-6 “ALTO”, el fondo deberá ser color rojo reflejante con las letras y el filete de color blanco reflejante, y para el caso de la señal SR-7 “Ceda el Paso”, el fondo será blanco, el contorno rojo, ambos reflejantes y las letras color negro.

Para complementar este subtema, en el Anexo 3 se podrán apreciar a detalle, todas las SR que actualmente se manejan en las carreteras, autopistas y vialidades urbanas del país.



Imagen 5.6 Ejemplos de Señales Restrictivas.

Fuente. Imagen Izquierda: <http://sobre-t.com/llaman-a-respetar-senalamientos-viales/>
Imagen Derecha: <http://www.camssa.com.mx/servicios/se&ales.html>

Señales Informativas (SI)

El objetivo de estas señales, es guiar al usuario a lo largo de su viaje mediante tableros con leyendas, escudos y flechas, ya sea en carretera o autopista, o bien una vialidad urbana, informando nombres y ubicaciones de poblados, lugares de interés, kilometrajes, así como recomendaciones que serán de utilidad durante el itinerario.

De igual forma son fijadas al suelo mediante postes, marcos o alguna otra estructura aprobada por la SCT, y como se pudo apreciar en la Tabla 5.2, dependiendo su función a estas SI se les otorga una clasificación, como se muestra en lo siguiente:

Señales Informativas de Identificación (SII)

Son utilizadas para identificar a las calles o vialidades por su nombre (de Nomenclatura), y a las carreteras y autopistas por su número de ruta y/o kilometraje (de Ruta y Distancia en Kilómetros).

La forma de estos tableros será rectangular con esquinas redondeadas y con su respectivo filete, sin embargo en el caso de los tableros de señales de *Nomenclatura*, el filete se suspende en su parte inferior para informar la colonia, delegación y código postal; para los tableros de las señales de *Ruta*, dentro de ellos estará pintado un escudo cuya forma será diferente dependiendo el tipo de camino, carretera federal, estatal, o rural, al igual que los símbolos de flechas que indiquen la dirección de la vía; finalmente en los tableros de las señales de Distancia en kilómetros, su mayor dimensión estará en posición vertical, mostrando para el caso de distancias que sean múltiplos de cinco, el escudo de la ruta correspondiente a las carreteras federales y estatales en la parte superior del tablero, para las demás distancias la señal no llevara ningún escudo, esto último aplicara para los caminos rurales, lo anterior se ejemplifica mediante la imagen 5.7.

Ubicación

En el caso de las señales de Nomenclatura, serán ubicadas en el lugar más visible de la vialidad, colocándose sobre la banqueta en la esquina de la vía, en algunos casos se utilizan soportes especiales que permitan la legibilidad en ambas caras de los tableros y a su vez complementándose con señales restrictivas que indiquen el sentido de circulación.

Para las señales de Ruta, se deberán colocar en los lugares donde se presente un cambio en su dirección o bien en la intersección de dos rutas diferentes, anticipando de esta manera al usuario mediante dicha señalética, para que no se vea afectado su itinerario de viaje.

En las señales de Distancia en Kilómetros, su ubicación está en función del tipo de camino, específicamente hablando del número de carriles que presente, en carreteras de dos carriles, las señales de distancia en kilómetros -también conocidas coloquialmente como paletas-, deberán estar colocadas a cada cinco kilómetros siempre y cuando en su parte posterior lleven el escudo de la ruta correspondiente, en caso de no llevarlo, estas señales son colocadas a cada kilómetro, en ambos casos estarán alternadas, es decir colocando los tableros que presenten kilometrajes nones a la derecha del camino, siempre rumbo al sentido del

cademamiento, y los pares a la izquierda del camino, las dos, orientadas hacia el sentido de circulación correspondiente. Para el caso de carreteras o autopistas de cuatro o más carriles, de igual forma las señales con escudo deberán estar colocadas a cada cinco kilómetros, y los tableros sin escudo a cada kilómetro, esto para cada sentido de circulación.

Color

Estas señales también podrán identificarse por llevar un color de fondo blanco reflejante, cuyas letras, flechas, contornos y filetes son de color negro.



Imagen 5.7 Ejemplos de Señales de Identificación (Imagen superior: Nomenclatura, Imagen inferior izquierda: De Ruta, Imagen inferior derecha: De Kilometraje).⁹

⁹ **Imagen Superior:** <http://isopixel.net/archivo/2014/01/remodelacion-masaryk/>

Imagen Inferior Izquierda: http://www.camssa.com.mx/servicios/se&ales_informativas_4.html

Imagen Inferior Derecha: <http://blogs.lainformacion.com/top-motor/2010/12/04/el-sector-del-automovil-de-otro-pais-en-imagenes-iii/>

Señales Informativas de Destino (SID)

Son utilizadas para informar al usuario el nombre y la dirección de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo del viaje, por esta razón resultan indispensables en intersecciones, pues de esta forma el conductor puede elegir la ruta deseada según su destino.

Son rectangulares y con las esquinas redondeadas (Ver imagen 5.8), de igual forma se clasifican a su vez en cuatro tipos, *Previas*, *Diagramáticas*, *Decisivas* y *Confirmativas*, como se muestra a continuación.

Señales Previas

Se utilizan para informar al usuario con anticipación de un destino próximo y así de esta manera tome las precauciones necesarias para seleccionar la ruta deseada. Pueden ser señales bajas o elevadas que deberán colocarse antes de la intersección, en carreteras de dos carriles preferentemente deberán de ser bajas y si la vialidad es de cuatro o más carriles se recomienda colocarla elevada.

Señales Diagramáticas

Son utilizadas para indicar al usuario, además de destinos, la ubicación de los puntos de decisión en una intersección, por lo general son utilizadas en carreteras de cuatro o más carriles, vialidades urbanas y arterias principales pudiendo ser de igual forma bajas o elevadas.

Señales Decisivas

Son utilizadas en las intersecciones, colocándose justo en el sitio donde el conductor debe tomar la desviación o salida a la ruta deseada, al igual que los casos anteriores pueden ser señales bajas o elevadas, siendo en carreteras o autopistas de dos o más carriles por sentido de circulación donde podrán ser elevadas, utilizando una estructura de bandera o bandera doble.

Señales Confirmativas

Son utilizadas después de la intersección o salida de una población para confirmar al usuario que ha tomado la ruta deseada, por lo general además se indica la distancia por recorrer.

Color

Estas señales podrán reconocerse por tener un color de fondo verde reflejante, los símbolos, caracteres y filetes serán de color blanco reflejante.



Imagen 5.8 Ejemplo de Señales Informativas de Destino.

Fuente: http://www.camssa.com.mx/servicios/se&ales_informativas_2.html

Señales Informativas de Recomendación (SIR)

Son utilizadas para recordar al usuario disposiciones o recomendaciones de seguridad que son pertinentes atender durante el recorrido, su forma es rectangular presentado en sus esquinas un redondeo, pueden complementarse en algunos casos con tableros adicionales debiendo llevar las mismas especificaciones para formar un complemento (Imagen 5.9).

Ubicación

Son ubicadas donde se crea conveniente recordar al usuario alguna observancia o recomendación, pero no debiendo interferir con ningún otro tipo de señal,

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

colocándose preferentemente donde no existan aquellas, pueden ser bajas o elevadas.

Color

Estas señales podrán reconocerse por llevar un color blanco reflejante en el tablero, a excepción de la señal informativa de recomendación especial para rampas de frenado de emergencia, en cuyo caso se reconocerá por ser de color amarillo reflejante (Ver imagen 5.10), en ambos casos con caracteres y filetes en color negro.



Imagen 5.9 Ejemplos de Señales Informativas de Recomendación.

Fuente. Imagen 1: <http://www.rexy.com.mx/vertical.html>

Imagen 2 y 3: <http://blogs.lainformacion.com/top-motor/2010/12/04/el-sector-del-automovil-de-otro-pais-en-imagenes-iii/>



Figura 5.10 Señales Especiales de Rampas para Frenado de Emergencia.

Fuente: Norma N-PRY-CAR-10-01-005-13, SCT.

Señales de Información General (SIG)

Se utilizan para brindar al usuario información de tipo general que podrá encontrar a lo largo del viaje, como información de carácter poblacional y geográfico de alguna región (Imagen 5.11), nombres de obras relevantes, límites políticos, así como la ubicación de ciertos elementos de control y seguridad como pueden ser casetas de cobro y puntos de inspección, o bien las ya comentadas anteriormente rampas para frenado de emergencia.

Podrán reconocerse por tener forma rectangular con sus respectivas esquinas redondeadas, y tener un color de fondo blanco reflejante, con los caracteres y filetes en color negro, colocándose generalmente en el sitio donde se desea proporcionar la información al usuario, y si es posible al inicio de este, tratándose de las señales que indiquen un punto de control o de seguridad, deberán indicar la distancia en metros para llegar a él.



Imagen 5.11 Ejemplo de Señales de Información General.

Fuente: <http://www.acasenalamiento.mx/se%C3%B1alamiento-vertical/se%C3%B1ales-informativas-de-recomendacion-e-informacion-general/>

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Señales Turísticas y de Servicio (STS)

Son utilizadas para informar a los usuarios acerca de la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico o recreativo, son fijadas al suelo mediante postes y marcos, pudiendo ser señales bajas solas o bien en conjunto, denominadas modulares.

Podrán reconocerse por tener un tablero de forma cuadrada, con sus esquinas redondeadas, y en caso de ser necesario deberán complementarse con flechas indicando la dirección a seguir para llegar al lugar indicado, de igual forma podrán complementarse con tableros adicionales por si es necesario brindar más información al usuario sobre el lugar de destino (Ver imagen 5.12), como la distancia para llegar, el horario de servicio, siglas “SOS” o la palabra “Entrada”.

Ubicación

Estas señales son ubicadas generalmente a un kilómetro de distancia del lugar o la zona donde se encuentra el servicio, el sitio turístico o recreativo, colocadas mediante señales bajas.

Color

Se distinguen por tener un color de fondo en la mayoría de las señales azul reflejante, cuyos pictogramas, caracteres y filetes serán de color blanco reflejante, solamente las señales “Auxilio Turístico” y “Médico” llevarán una cruz de color rojo reflejante en un fondo blanco reflejante.



Imagen 5.12 Ejemplo de Señales Turísticas y de Servicio.

Fuente: http://www.camssa.com.mx/servicios/se&ales_informativas_3.html

Señales Diversas (OD)

Son dispositivos que se colocan para encauzamiento y prevención de los usuarios de las carreteras y vialidades urbanas.

Como se pudo apreciar en la Tabla 5.2, se clasifican a su vez en *Indicadores de Obstáculos*, *Indicadores de Alineamiento*, *Reglas y Tubos Guía para Vados*, *Indicadores de Curvas Peligrosas* y *Señales de Mensaje Cambiable*, algunos de estos se ejemplifican en la siguiente imagen.



Imagen 5.13 Ejemplo de Señales Diversas (Imagen Izquierda: Indicador de Obstáculos, Imágenes Derecha: Señales de Mensaje Cambiable).¹⁰

Las señales y dispositivos correspondientes a las Señales Diversas (OD) mencionadas en lo anterior, se describirán brevemente en el Anexo 4, además de todas las SI que se comentaron y que actualmente se manejan en las carreteras, autopistas y vialidades urbanas del país.

¹⁰ **Imagen Izquierda:** http://www.metalvial.com.mx/sitio_nuevo/senalamiento.htm

Imágenes Derecha: Referencia Bibliográfica No. 29

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Reflexión

Se da cuando un objeto es capaz de reflejar los rayos de luz provenientes de una fuente ajena, la característica principal de este principio es que estos rayos al chocar contra dicho objeto regresan exactamente con el mismo ángulo que fue proyectado al momento en el que salieron de la fuente de luz incidente, este fenómeno es también conocido como reflexión especular.

Retrorreflexión

Al igual que la anterior, la Retrorreflexión es la capacidad que tiene un objeto de devolver la luz incidente proveniente de una fuente ajena, sin embargo, en este principio la luz regresa sin importar el ángulo de incidencia original, lo cual es importante para el caso de estudio de este capítulo, específicamente, una lámina de señalamiento vertical, la cual reflejara la luz proveniente de los faros de un vehículo y gracias a esta cualidad podrá ser susceptible a la vista del conductor, esto se puede apreciar mejor en la figura siguiente:



Figura 5.14 Representación Gráfica de la Retrorreflexión.

Fuente: http://solutions.productos3m.es/wps/portal/3M/es_ES/Traffic-Safety-Systems/Traffic-SafetySystems/ResourceLibrary/FAQs/?PC_Z7_RJH9U5230GE3E02LECIE208D21000000_assetId=1046793358418

Resumiendo en lo anterior, se pudo concebir que el factor fundamental para que el conductor pueda ver todos los señalamientos que están ubicados a lo largo y ancho de la carretera durante la noche reside en la luz que se proyecta hacia el objeto, sin embargo, la recolección de luz y la propiedad reflejante de dicho elemento u objeto se logran en parte gracias a perlas o esferas de vidrio, o bien mediante microprismas que manejan esquinas cubicas que pueden llegar a tener hasta 70,000 microprismas por pulgada cuadrada.

En el caso de las esferas de vidrio, mejor conocidas como microesferas, generalmente son utilizadas en la pintura para el señalamiento horizontal, las cuales pueden ser añadidas durante la aplicación del pigmento o inmediatamente después, para el caso de los microprismas son utilizados en el señalamiento vertical, variando dependiendo de la calidad y el tipo de película reflejante utilizada en el señalamiento, puesto que algunas también pueden llegar a manejar microesferas, como se podrá apreciar más adelante.

En las figuras siguientes (5.15 y 5.16) se podrá apreciar como se da el fenómeno de la Retrorreflexión en las microesferas y microprismas.

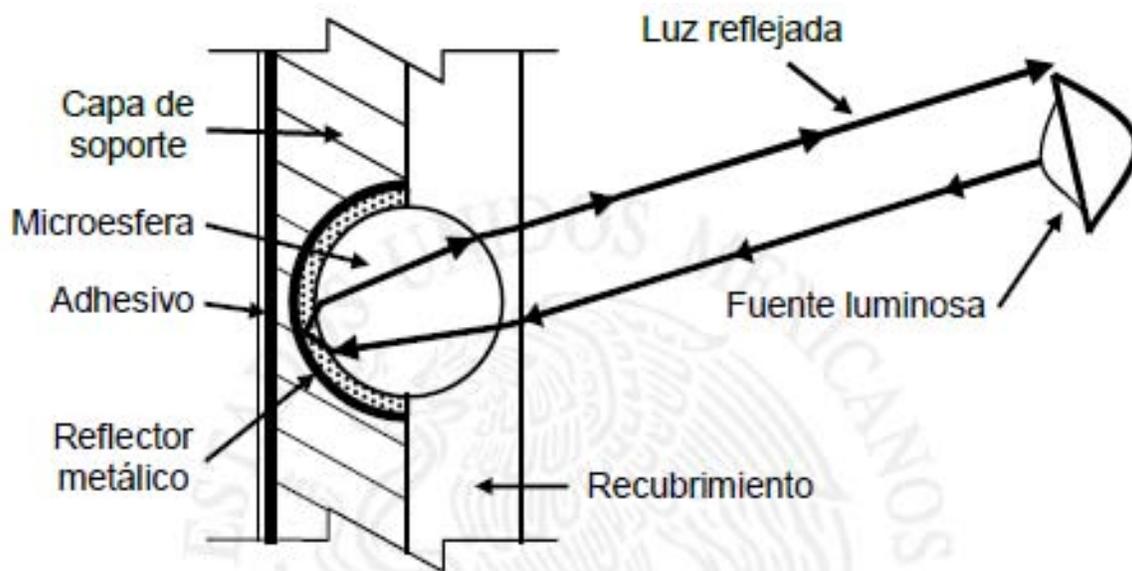


Figura 5.15 Fenómeno de Reflexión en una Película Reflejante con Microesferas.

Fuente: Normativa N-CMT-5-03-001/13, SCT.

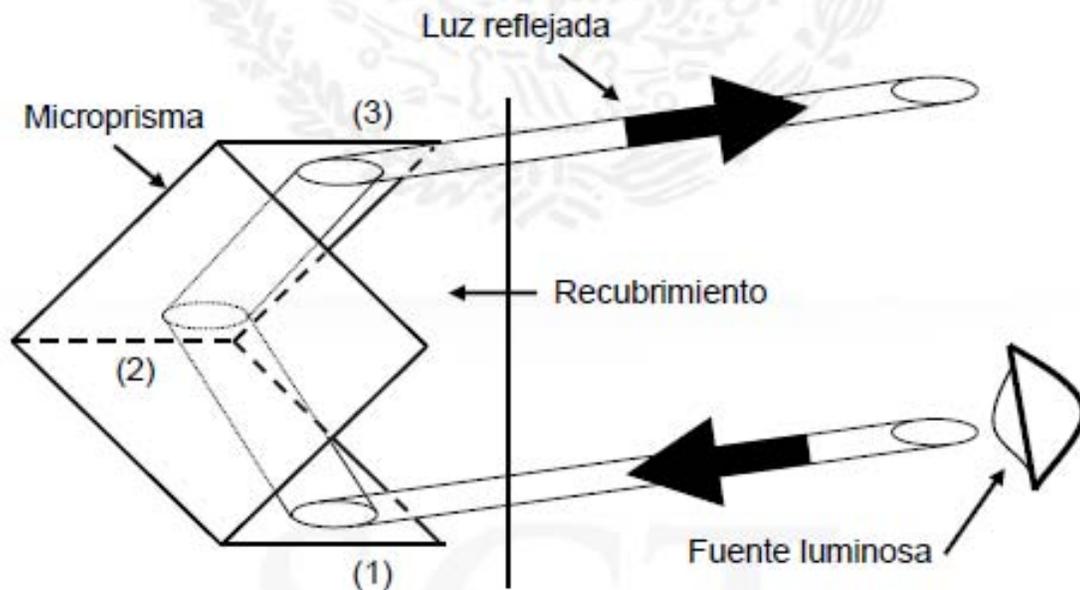


Figura 5.16 Fenómeno de Reflexión en una Película Reflectante con Microprismas.

Fuente: Normativa N-CMT-5-03-001/13, SCT.

Para comprender mejor el principio de la Retroreflexión es necesario definir ciertas características que serán de utilidad al momento de determinar el cálculo del Coeficiente de Reflexión, también conocido como Retroreflexión, las cuales se describen a continuación¹¹.

Flujo Luminoso (F)

Es la medida de la potencia luminosa percibida. Difiere del flujo radiante o de la medida de la potencia total emitida, que están ajustadas para la sensibilidad del ojo humano a diferentes longitudes de onda. Su unidad es el lumen (lm).

¹¹ **Fuente:** Referencias Bibliográficas No. 22 y 55.

Intensidad Luminosa (I)

Brillo aparente de un elemento reflejante. Es el flujo luminoso total por unidad de ángulo sólido, medido en dirección del observador. Es decir, la cantidad de luz que emite el faro de un vehículo en una dirección determinada, su unidad es la candela (cd).

Luminancia (L)

Intensidad luminosa en un punto de una superficie y en una dirección dada de un elemento de esa superficie, dividida entre el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. Es decir, es la cantidad de luz emitida por una lámina o señalamiento, por unidad de superficie y en una dirección determinada, su unidad es candela por metro cuadrado (cd/m²).

Iluminancia o Luminosidad Incidente (E)

Magnitud dada por el flujo luminoso que incide sobre una superficie, dividida por el área de la superficie. Es decir, la cantidad de luz procedente de los faros del vehículo que incide sobre la superficie de la señal, su unidad es el lux (lx).

Coefficiente de Intensidad Luminosa (R)

Es la relación entre el brillo aparente de un elemento reflejante y la iluminación incidente sobre el mismo elemento; El coeficiente de intensidad luminosa se expresa en unidades de candelas por lux (cd/lx).

Retroreflexión en el Señalamiento Horizontal

Para conocer el coeficiente de reflexión del señalamiento horizontal, es necesario realizar la medición de la Retroreflexión, a través de la cual son evaluadas las marcas de pintura hechas sobre el pavimento y de las cuales ya se comentó en lo anterior; en la norma N-CMT-5-01-001/13 de la SCT referente a las *Pinturas para Señalamiento Horizontal*, se comenta que las pinturas utilizadas para el señalamiento horizontal, por lo general son mezclas de pigmentos, vehículos y esferas de vidrio o microesferas que son agregados durante su aplicación como elementos reflejantes, una vez hecho esto, al secarse forman una película sólida marcando así el pavimento o bien las guarniciones, buscando de esta manera delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía.

Las pinturas autorizadas por la SCT y que se emplean para el señalamiento horizontal en las carreteras y autopistas de la RCN son de dos tipos, *pinturas base agua* y *pinturas termoplásticas*, cuya diferencia entre una y otra es que en la primera se utilizan resinas acrílicas emulsionadas que proporcionan propiedades adherentes de alto índice al pigmento, y en las segundas son utilizadas resinas sintéticas, pigmentos y agentes plastificantes que al aglutinarse proporcionan propiedades adherentes a la pintura.

Objetivo de la Prueba

Determinar el coeficiente de reflexión en las marcas que conforman el señalamiento horizontal en el pavimento, ya sea rígido o flexible, realizando la medición de la Retroreflexión a cada una de ellas en un tramo a evaluarse, con la finalidad de conocer si la reflexión de la luz generada por las luces de los vehículos será eficiente en estas marcas al conducir en condiciones climáticas adversas y de noche, y pueda ser reflejada óptimamente a los ojos del conductor, para que este pueda ver la información que se pretende transmitir con dichos señalamientos de una manera clara y fácil, garantizando así la seguridad del mismo.

Equipo

Para determinar el Coeficiente de Reflexión del señalamiento horizontal, deberá utilizarse un reflectómetro horizontal (Imagen 5.17), en la actualidad existen gran cantidad de equipos que miden la Retroreflexión, sin embargo el principio que

utilizan para realizar dicha medición es el mismo, para el caso de la presente Tesis el equipo empleado es el reflectómetro StripeMaster II de la marca RoadVista, en las figuras siguiente podrá apreciarse con mayor detalle este equipo.



Imagen 5.17 Equipo Reflectómetro para Medir el Coeficiente de Reflexión del Señalamiento Horizontal.

Fuente: http://pppcatalog.com/email/bright_ideas.html

Características del Equipo

Este equipo está diseñado para medir la Retroreflexión de las microesferas incrustadas en la pintura, ya sea amarilla o blanca, siendo estas las más comunes, sin importar el tipo de pintura, es decir, puede tratarse de pintura de tráfico (base agua) o termoplástica, e inclusive también puede determinar el coeficiente de reflexión en las cintas de marcado o marcaje de pavimentos temporales, por otro lado es capaz de realizar la medición en un pavimento seco o mojado sin que esto altere los valores de la medición.

Algo importante es que este reflectómetro está equipado con un GPS interno, una impresora térmica y una memoria interna, la cual tiene la capacidad de almacenar hasta 10.000 mediciones o disparos, gracias a esto se puede imprimir la información

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

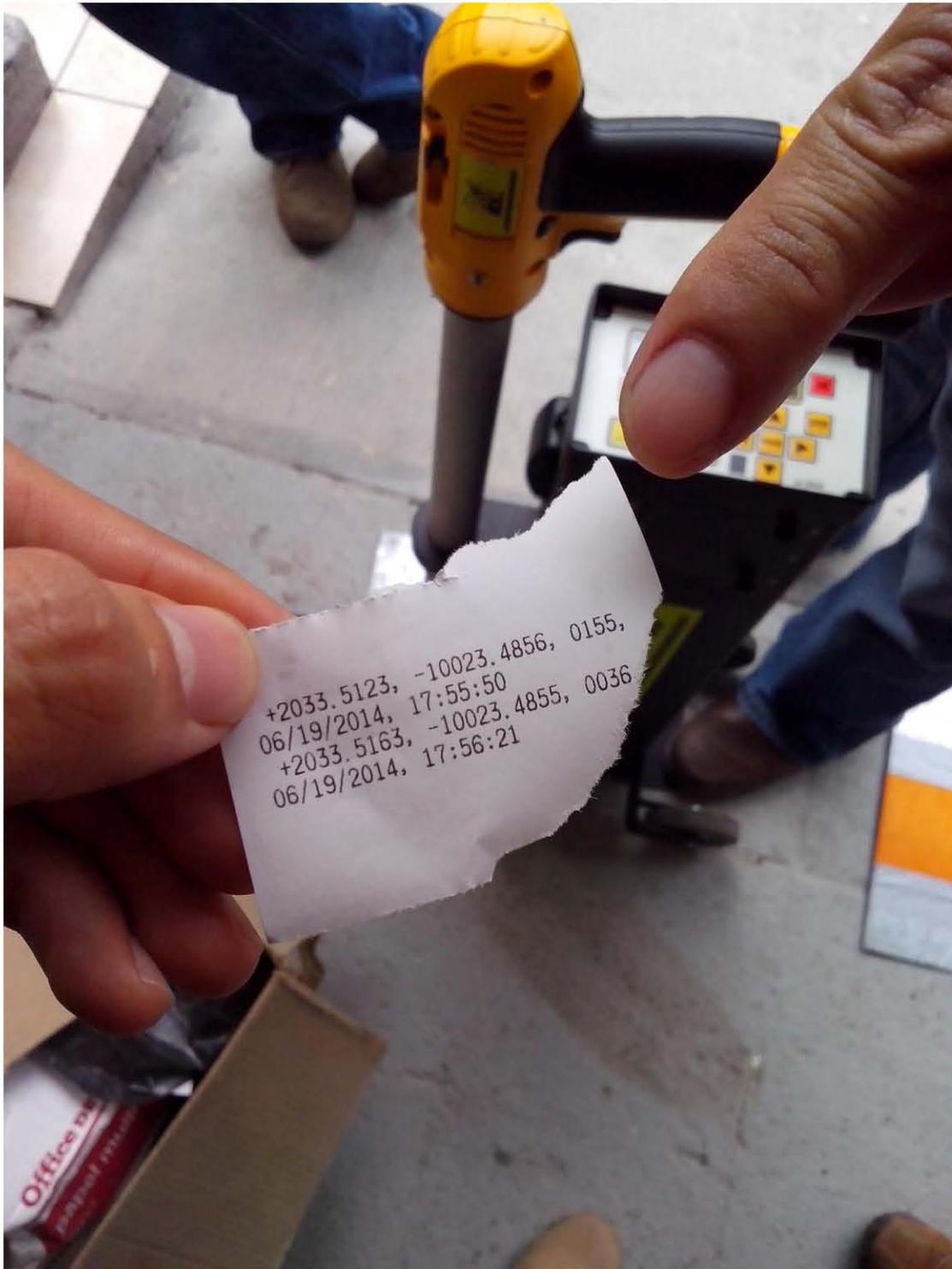
de la medición en campo, y determinar al momento el coeficiente de reflexión, así como las coordenadas GPS correspondientes al disparo realizado a la marca sobre el pavimento (Ver imagen 5.18), también cabe mencionar que cada medición es realizada en un tiempo de 0,2 segundos y si el siguiente lote de evaluación se encuentra en otra ubicación al prender el equipo este se encontrara listo para la siguiente medición en menos de 2 segundos, lo cual refuerza la seguridad del operador puesto que al ser tan rápida la medición es relativamente corto el tiempo que se expone en la carretera.

Otra ventaja de este instrumento es que cuenta con una placa de calibración, la cual permite al operador calibrar al instante el equipo antes de iniciar la medición, indicándole si hubo algún error en el proceso de calibrado, haciendo más confiable la evaluación, e inclusive permite mediciones en las marcas del pavimento blancas y amarillas simultáneamente sin necesidad de recalibrarlo dependiendo el color de estas.

Cálculo

En la actualidad todos los equipos de auscultación encargados de evaluar la condición superficial del pavimento (Perfilógrafo Laser, Perfilógrafo Tipo California, DFT, Mu-Meter, etc.) o para este caso, los Reflectómetros horizontal y vertical para determinar la Retrorreflexión del señalamiento vial, en la práctica realizan el cálculo de manera inmediata, es decir, terminando la medición, arrojan la información obtenida en campo resultante de la prueba, ya sea a través de una impresora equipada en el instrumento o con ayuda de un ordenador, hablando del reflectómetro horizontal, se comentó que cuenta con una impresora interna, en la cual se puede determinar el valor del coeficiente de reflexión del lote de marcas evaluado al terminar la prueba, por lo tanto el cálculo es instantáneo, en la figura 5.16 se podrá apreciar como se ve la impresión de datos de este equipo, en el cual se pueden observar en orden de izquierda a derecha primero las coordenadas GPS (Positivas y Negativas), posteriormente el valor del Coeficiente de Reflexión (R'), cuya unidad de medición es la *microcandela*, y finalmente debajo de estos datos se encuentran fecha y hora perteneciente a cada disparo efectuado con el equipo.

Sin embargo es importante conocer cómo se realiza el cálculo de manera teórica, es decir, de forma manual, cabe mencionar que este cálculo aplica tanto para la medición de la Retrorreflexión del señalamiento horizontal como para la medición en el señalamiento vertical, por lo tanto más adelante, en la parte correspondiente se podrá apreciar como es este proceso.



Fotografía 5.18 Impresión de Datos del Equipo Reflectómetro Horizontal.

Fuente: Propia, Impresión de Prueba realizada con el Reflectómetro StripeMaster II.

Metodología para determinar el Coeficiente de Reflexión en el caso del Señalamiento Horizontal en la Construcción y Conservación de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico

En el caso de la obtención del Coeficiente de Reflexión, al igual que la medición del CF, tanto en la construcción como en la conservación de carreteras se realiza prácticamente de la misma manera, conservando los mismos parámetros de evaluación en ambos casos.

Algo importante de mencionar es que actualmente no hay una norma por parte de la SCT en la que se indiquen los procedimientos a seguir para determinar el Coeficiente de Reflexión a través de la medición de la Retrorreflexión, y aunque se hace referencia a consultar el manual M-MMP-5-01-019 correspondiente a la *Reflexión de Pinturas para Señalamiento Horizontal*, este último no está disponible para consulta en la página del IMT correspondiente a la NIT de la SCT, la misma situación pasa con el manual M-MMP-5-03-002 referente a la *Reflexión de Películas Reflejantes*, en la cual se supone se indica el procedimiento para determinar el Coeficiente de Reflexión en el Señalamiento Vertical, por esta razón generalmente se toman como parámetros de referencia para realizar dichas mediciones lo indicado en las normas de la ASTM, para Señalamiento Horizontal la E1710-11 “*Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Pavement Marking Materials with CEN-Prescribed Geometry Using a Portable Retroreflectometer*” y para el Señalamiento Vertical la E1709-09 “*Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Signs Using a Portable Retroreflectometer at a 0.2 Degree Observation Angle*” y la E2540-08 “*Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Signs Using a Portable Retroreflectometer at a 0.5 Degree Observation Angle*” en las cuales se describen los procedimientos para realizar estas pruebas; por otro lado, para establecer los parámetros de evaluación para determinar la aceptabilidad de la calidad de las pinturas y la películas reflejantes se deberá tomar siempre en cuenta lo indicado en las normas N-CMT-5-01-001-13 “*Pinturas para Señalamiento Horizontal*” y N-CMT-5-03-001-13 “*Calidad de Películas Reflejantes*”, ambas de la normativa SCT.

Finalmente, aunque se mencionó que el equipo trae una placa de calibración para que este pueda ser calibrado antes de cada prueba, es importante realizar una calibración periódica ante un organismo reconocido por la SCT, tal como se pudo apreciar en todos los equipos vistos en los capítulos anteriores, es decir, el Perfilógrafo tipo California, el DFT y el Mu-Meter, los cuales son certificados por el IMT, el cual se encarga de calibrar estos equipos para garantizar un óptimo

desempeño de estos al realizar sus respectivas mediciones, garantizando así resultados eficientes en las pruebas que se realicen, sin embargo en el caso de los Reflectómetros Horizontal y Vertical, no existe en México un organismo que realice dicha certificación, por tal razón la SCT en estos casos requerirá un certificado de calibración expedido por el fabricante del equipo que garantice lo anterior, lo cual en todos los casos es requisito indispensable por parte de la Secretaría para toda empresa que se encargue de realizar cualquier trabajo de construcción, reconstrucción y conservación de carreteras enfocado a la evaluación superficial del pavimento y la retrorreflectividad de los señalamientos, en el Anexo 8 se podrá apreciar a detalle este certificado de calibración para el Reflectómetro Horizontal.

Tramo de prueba

En este caso, el tramo de prueba no es aplicable para esta medición puesto que por lo general el tendido de pintura se realiza cuando el tramo completo está terminado, la medición podrá realizarse inmediatamente después de haber sido colocada la microesfera en las marcas del pavimento, sin embargo, para considerarse como un *valor inicial* de la Retrorreflexión, esta medición no podrá realizarse una vez se ha pasado de las 96 horas posteriores a la aplicación de la pintura; para esta medición, el tramo completo se evalúa por lotes, en donde un lote equivale a un kilómetro, el cual está conformado por un muestreo de 5 disparos a cada 200 metros sobre la marca del pavimento, con esto se logra obtener un muestreo promedio del tramo evaluado que reflejará el estado de la pintura a lo largo del mismo.

Ejecución

Inicialmente se deberán ubicar todos los lotes a evaluar, trazando una ruta que permita levantar a medida de lo posible todos los lotes a la vez consecutivamente, tratando de explicar lo anterior, en algunos casos en carreteras o autopistas de dos cuerpos, es decir, que tienen dos o más carriles por sentido de circulación los cuales están delimitados por una faja separadora, se requiere levantar en el mismo kilometraje dos lotes, uno por cuerpo, por lo tanto si la vialidad lo permite y tomando las medidas de seguridad correspondientes se podrán realizar los dos levantamientos a la vez, siendo un ejemplo, se requiere evaluar 5 lotes pertenecientes a la Carretera: Pachuca – Querétaro, con Subtramo: del km. 0+000 al km 71+660, en donde:

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

- ✓ 1 lote pertenece al Tramo: T. Portezuelo - Lim. Edos. Hgo./Qro., en donde la *ubicación del muestreo* se realizará del *km. 34+000 AL KM. 34+800*
- ✓ 1 lote pertenece al Tramo: Libramiento "Huichapan" Cpo. "A", en donde la *ubicación del muestreo* se realizará del *km. 48+000 al km. 48+800,*
- ✓ 1 lote pertenece al Tramo: Libramiento "Huichapan" Cpo. "B", en donde la *ubicación del muestreo* se realizará del *km. 48+000 al km. 48+800,*
- ✓ 1 lote pertenece al Tramo: T. Portezuelo - Lim. Edos. Hgo./Qro., en donde la *ubicación del muestreo* se realizará del *km. 54+000 AL KM. 54+800.*
- ✓ 1 lote pertenece al Tramo: T. Portezuelo - Lim. Edos. Hgo./Qro., en donde la *ubicación del muestreo* se realizará del *km. 66+000 AL KM. 66+800.*

Por lo tanto, podrán levantarse los dos lotes correspondientes al tramo del Libramiento Huichapan simultáneamente para evitar tener que regresar al mismo kilómetro a medir el lote correspondiente para el caso de la evaluación del Cuerpo B.

Ya una vez trazada la ruta, es importante ubicar la paleta de kilometraje perteneciente al kilómetro inicial correspondiente al primer lote en la ruta, es decir, para el caso ejemplo el km. 34+000, para tener así una mayor seguridad al momento de realizar los muestreos, haciendo la medición en la distancia correcta (a cada 200 metros).

Posteriormente se procederá con la calibración del equipo Reflectómetro, con ayuda de la placa de calibración, una vez concluido esto se podrá empezar con la evaluación al señalamiento horizontal correspondiente, esta evaluación podrá apreciarse con mayor detalle en la fotografía 5.20.

Para el análisis de los resultados, se deberá llevar a su vez un registro manual con la información relevante de todos los lotes evaluados, la cual podrá apreciarse en la imagen 5.19, esta será parte de los informes requeridos para la SCT o bien el sector privado, para determinar la aceptabilidad de los trabajos de Retrorreflexión.

Imagen 5.19 Informe de Verificación del Señalamiento Horizontal (Parte correspondiente a la evaluación de la Retrorreflexión).




INFORME DE VERIFICACION DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

OBRA:	CONTRATO PLURIANUAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS (CPCC) DEL PAQUETE CARRETERO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI, S.L.P.						
COMPAÑIA:	[REDACTED]						
CARRETERA:	SAN LUIS POTOSI - SALTILLO				UBICACION DEL MUESTREO: MATEHUALA - SALTILLO		
TRAMO:	SAN LUIS POTOSI - LIM. EDOS. NUEVO LEON "B"				FECHA DE INSPECCION: 8 DE SEPTIEMBRE DEL 2013		
SUBTRAMO:	DEL KM 8+500 AL KM 24+000				FECHA DE INFORME: [REDACTED]		

UBICACION KILOMETRAJE	CUERPO	COORDENADAS (GPS)		HORA	TIPO DE SEÑAL	COLOR RAYA	TIPO DE PINTURA	PERIODO DE MUESTRA	RETRORREFLEXIÓN			
		POSITIVA	NEGATIVA						H. DE LECTURA	VALORES		
										RAYA DERECHA	RAYA CENTRAL	RAYA IZQUIERDA
8	B	2341.8416	-10037.091	14:20:31	M-3.3	AMAR	BASE AGUA	INICIAL			119	
8+500	B	2341.844	-10037.0918	14:20:38	M-2.3	BCO	BASE AGUA	INICIAL		64		
8+500	B	2341.8445	-10037.0937	14:20:44	M-3.1	BCO	BASE AGUA	INICIAL	92			
11+000	B	2343.0946	-10036.47	14:25:24	M-3.1	AMAR	BASE AGUA	INICIAL			47	
11+000	B	2343.0938	-10036.4731	14:25:31	M-2.3	BCO	BASE AGUA	INICIAL		63		
11+000	B	2343.0943	-10036.475	14:25:37	M-3.1	BCO	BASE AGUA	INICIAL	118			
14+000	B	2344.6361	-10035.708	14:32:10	M-3.3	AMAR	BASE AGUA	INICIAL			51	
14+000	B	2344.6355	-10035.7105	14:32:18	M-2.3	BCO	BASE AGUA	INICIAL		51		
14+000	B	2344.6359	-10035.7127	14:32:28	M-3.1	BCO	BASE AGUA	INICIAL	69			
17+000	B	2346.1326	-10034.9663	14:37:19	M-3.3	AMAR	BASE AGUA	INICIAL			47	
17+000	B	2346.1335	-10034.9682	14:37:27	M-2.3	BCO	BASE AGUA	INICIAL		69		
20+000	B	2346.1336	-10034.97	14:37:35	M-3.1	BCO	BASE AGUA	INICIAL	92			
20+000	B	2347.6366	-10034.2224	14:41:55	M-3.3	AMAR	BASE AGUA	INICIAL			42	
20+000	B	2347.6369	-10034.2242	14:42:02	M-2.3	BCO	BASE AGUA	INICIAL		99		
20+000	B	2347.6378	-10034.2266	14:42:10	M-3.1	BCO	BASE AGUA	INICIAL	64			
23+000	B	2348.9936	-10033.5077	14:47:49	M-3.3	AMAR	BASE AGUA	INICIAL			48	
23+000	B	2348.9952	-10033.5076	14:49:20	M-2.3	BCO	BASE AGUA	INICIAL		79		
24+000	B	2348.9963	-10033.5099	14:49:28	M-3.1	BCO	BASE AGUA	INICIAL	70			
24+000	B	2349.4432	-10033.0038	14:59:19	M-3.3	AMAR	BASE AGUA	INICIAL			39	
24+000	B	2349.4413	-10033.0038	14:59:26	M-2.3	BCO	BASE AGUA	INICIAL		38		
24+000	B	2349.4388	-10033.0044	14:59:37	M-3.1	BCO	BASE AGUA	INICIAL	79			

OBSERVACIONES:

LAS MEDICIONES SE EFECTUARON BAJO CONDICIONES NORMALES DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.
LOS VALORES OBTENIDOS SON INFERIORES PARA LOS PERIODOS DE PRUEBA COMO LO MARCA LA NORMATIVA N-CMT-5-01-001/05

COLOR	Retrorreflexión mínima (mcd/lx)/m ²					
	Pinturas base solvente y base agua			Pintura Termoplástica		
	Inicial	A 180 días	Vida de proyecto	Inicial	A 180 días	Vida de proyecto
Blanco	250	150	100	300	250	150
Amarillo	200	150	50	250	175	100

Fuente: Propia, Informe de Retrorreflexión elaborado durante la Supervisión de obra del CPCC SLP 2013.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Fotografía 5.20 Evaluación de la Retroreflexión en Marca M-2.3.



Fuente: Propia, Medición realizada con el equipo Reflectómetro StripeMaster II, durante la evaluación de la Retroreflexión en el estado de Hidalgo.

Parámetros de evaluación

Al terminar la evaluación del Coeficiente de Reflexión, los valores con los que tendrá que cumplir el tramo evaluado estarán en función del tipo de pintura así como del color de la misma, anteriormente ya se comentó del valor inicial, el cual refleja la calidad de la pintura horas después de su aplicación el cual es un parámetro de partida para determinar los dos siguientes, por lo regular la evaluación a las marcas del pavimento se realizan de manera periódica puesto que es importante conservar altos los niveles de Retrorreflexión en dichas marcas, ya que son la guía del conductor al transitar por carretera de noche delimitando el camino, y en el caso de que sea deficiente esta calidad puede generar incidentes de grado mayor, es por esto que hay tres parámetros de evaluación, el ya comentado *inicial*, otro a los *180 días* de haberse pintado las marcas sobre el pavimento, es decir a los seis meses, y el último que se refiere a lo largo de la *vida de proyecto*; por lo regular se recomienda pintar las marcas en una carretera o autopista 2 veces al año, asegurando así la calidad de la pintura durante todo el año, sin embargo, lo más recurrente en la mayoría de las carreteras de la red, es que la colocación de la pintura se realiza cada año, por lo tanto y siguiendo lo anterior, la vida de proyecto se refiere a que se debe mantener como mínimo en ese valor establecido por la SCT si se llegara a realizar alguna medición posterior a los 6 meses después de haberse pintado las marcas del señalamiento horizontal, si esto no se cumpliera, es decir, si llegara a arrojar un valor inferior al mínimo establecido en esta vida de proyecto, deberán ser pintadas inmediatamente estas marcas, para garantizar así la seguridad del usuario, a continuación en la Tabla 5.4 podrá apreciarse a detalle esta clasificación.

Tabla 5.4 Coeficientes Mínimos de Reflexión de las Pinturas para el Señalamiento Horizontal.

Color	Coeficiente mínimo de reflexión (mcd / lx) / m ²					
	Pintura base agua			Pintura termoplástica		
	Inicial	A 180 días	Vida de proyecto	Inicial	A 180 días	Vida de proyecto
Blanco	250	150	100	300	250	150
Amarillo	200	150	50	250	175	100
Rojo	35	24	11	51	39	23
Verde	24	16	8	37	28	17

Fuente: Normativa N-CMT-5-01-001-13, SCT.

Trabajos de corrección

A diferencia de las mediciones vistas en los capítulos anteriores en las cuales existen diversos tipos de trabajos de corrección dependiendo el tipo de pavimento o carpeta, en este caso si los valores obtenidos durante la evaluación no cumplen con los coeficientes de reflexión mínimos deberá volverse a pintar el tramo, poniendo especial atención durante la colocación de la microesferas o bien en su dosificación, cuidando que se cumpla con las cantidades requeridas para garantizar que los nuevos parámetros obtenidos después de la nueva colocación de pintura cumplan con lo estipulado en los parámetros de evaluación comentados en el subtema anterior, si es de interés se invita a consultar la norma N-CMT-5-01-001-13 para conocer la cantidad de esferas de vidrio que se requieren en la película de pintura, ya sea para el caso de pintura base agua o termoplástica.

Retroreflexión en el Señalamiento Vertical

En lo que refiere al señalamiento vertical, para determinar el coeficiente de reflexión es necesario realizar de igual forma la medición de la Retroreflexión, sin embargo, en este caso se deberán evaluar las películas reflejantes adheridas a las láminas que conforman los señalamientos verticales; en la norma N-CMT-5-03-001/13 de la SCT referente a la *Calidad de Películas Reflejantes*, se comenta que las películas reflejantes utilizadas en dichas señales son elementos plásticos flexibles y autoadheribles que tienen la capacidad de reflejar la luz que incide sobre ellos predominantemente en dirección a la fuente luminosa.

Las películas reflejantes autorizadas por la SCT y que son utilizadas para conformar el señalamiento vertical en las carreteras y autopistas de la RCN son clasificadas en dos tipos, esto dependiendo de su composición y sus propiedades ópticas, es decir, si están conformadas por microesferas o por microprismas, anteriormente ya se había comentado algo de esto brevemente, sin embargo es importante conocer en base a qué factores se determina su utilización, lo cual se menciona a continuación.

Grado Ingeniería

Aunque este tipo de película reflejante no es utilizada en carreteras o autopistas, es el más utilizado en zonas urbanas puesto que maneja un índice de Retroreflexión menor, adecuado para las características de la vía en horas pico, considerando que la intensidad de luz reflejada hacia el usuario no debe causar una molestia a su

visión al estar en un vehículo en poco movimiento, es decir, en niveles de servicio D al F, en donde el flujo vehicular no es tan fluido recordando lo visto en el capítulo II, y sin embargo siga siendo una señal clara, visible y fácil de interpretar por el usuario (Imagen 5.21), su ciclo de vida es relativamente corto comparado con los tipos de película siguientes.



Imagen 5.21 Señal Informativa de Servicio con Película Reflejante Grado Ingeniería.

Fuente: <http://www.rexy.com.mx/vertical.html>

Película Reflejante Tipo A

También conocidas como películas de *Alta Intensidad*, son elaboradas con microprismas o en algunos casos también pueden emplearse microesferas de vidrio, este tipo de películas son utilizadas en carreteras o autopistas de dos carriles y también en vías secundarias de zonas urbanas, este tipo de películas tienen un índice de Retrorreflexión alto y por lo tanto además de ser utilizadas en todos los señalamiento verticales también pueden ser utilizadas en dispositivos de seguridad de obra y en los indicadores de alineamiento (fantasmas) garantizando así la seguridad de la vía en condiciones nocturnas, o bien en caso de lluvia o neblina, su ciclo de vida puede ser mayor a los 5 años con un buen cuidado, en la imagen siguiente se ejemplifica este tipo de señal.



Imagen 5.22 Señal Informativa de Servicio con Película Reflejante Tipo A.

Fuente: <http://www.rexy.com.mx/vertical.html>

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Película Reflejante Tipo B

En este caso, estas películas son conocidas como de *Muy Alta Intensidad* o *Grado Diamante*, por sus grandes niveles de Retrorreflexión (Imagen 5.23), los cuales pueden mantenerse por tiempos realmente prolongados, garantizando un ciclo de vida de más de 7 años con condiciones de uso normal, siendo ideales en carreteras o autopistas de cuatro o más carriles y en las vías primarias de las zonas urbanas, en estas películas son utilizados microprismas sintéticos, por lo tanto de las 3 películas reflejantes es considerada la mejor.



Imagen 5.23 Señal Informativa de Servicio con Película Reflejante Tipo B.

Fuente: <http://www.rexy.com.mx/vertical.html>

Objetivo de la Prueba

Determinar el coeficiente de reflexión en las películas reflejantes que conforman las láminas del señalamiento vertical, realizando la medición de la Retrorreflexión a cada una de ellas, con la finalidad de conocer si la luz incidente generada por los faros de los vehículos será reflejada eficientemente en estas señales a los ojos del conductor, cumpliendo así con los *ángulos de observación* y *de entrada* requeridos por la SCT para que éste pueda ver la información que se pretende transmitir con dichos señalamientos de una manera clara y fácil, aun conduciendo en condiciones climáticas adversas y de noche, garantizando así la seguridad de los usuarios, en las Figuras 5.25 y 5.26, se podrán apreciar de mejor manera dichos ángulos.

Equipo

Para determinar el Coeficiente de Reflexión del señalamiento vertical, deberá utilizarse un reflectómetro portátil vertical, igual que en el caso anterior, existen

varios equipos que miden la Retrorreflexión de estas señales, y en todos los casos se realiza de la misma manera, para el caso de la presente Tesis el equipo empleado es el reflectómetro de mano 922 de la marca RoadVista, el cual se podrá apreciar de mejor manera en la figura siguiente.

Fotografía 5.24 Equipo Reflectómetro para Medir el Coeficiente de Reflexión del Señalamiento Vertical.



Fuente: Propia, Equipo utilizado para evaluar la Retrorreflexión de las películas reflejantes.

Características del Equipo

Este equipo está diseñado para medir la Retrorreflexión de las microesferas o los microprismas incrustados en las películas reflejantes que conforman el señalamiento vertical, al igual que el reflectómetro horizontal, este instrumento también cuenta con una placa de calibración, la cual permite al operador calibrar al instante el equipo antes de iniciar la medición, permitiendo realizar la prueba en la señal de tránsito sin importar su color y por tanto evitando realizar múltiples calibraciones debido a esto, logrando así hacer más eficiente el trabajo.

Algo importante es que este reflectómetro cumple con las especificaciones de la ASTM, permitiendo tomar ángulos de observación duales, es decir de 0.2° y 0.5° permitiendo tomar mediciones simultáneas en una misma señal facilitando de esta

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

forma la medición, también está equipado con un GPS interno para ubicar la señales en casi de que sea necesaria una comprobación de valores, para el caso de este equipo, el tiempo de medición es inferior a 1 segundo siendo así un instrumento fácil y seguro de usar, tiene una capacidad de almacenamiento para efectuar 2800 mediciones, una ventaja más es que permite medir en todos los tipos de películas reflejantes sin tener la necesidad de realizar algún ajuste extra.

Cálculo

Como se comentó, las definiciones vistas en el subtema correspondiente a la *Retroreflexión* serán de utilidad para comprender de mejor manera el cálculo del Coeficiente de Reflexión (R') de manera teórica, el cual, es la relación entre el haz de luz incidente y el haz de luz reflejado en una película, en una determinada área específica, de acuerdo con el tipo de película y su color; a ciertos ángulos de entrada y de observación; es decir, este coeficiente mide la capacidad retroreflectante de un material, indicando la eficiencia que este tiene para devolver la luz que recibe, se mide en candelas por lux por metro cuadrado (microcandelas), tal como se puede apreciar en la siguiente expresión:

$$R' = (cd/lx)/m^2$$

Donde:

R' = Coeficiente de Reflexión.

cd = Intensidad Luminosa.

lx = Iluminancia.

cd/lx = Coeficiente de Intensidad Luminosa.

Metodología para determinar el Coeficiente de Reflexión en el caso del Señalamiento Vertical en la Construcción y Conservación de Carpetas Asfálticas y de Concreto Hidráulico

Para obtener el Coeficiente de Reflexión en el señalamiento vertical, tanto en la construcción como en la conservación de carreteras se realizará la prueba de la misma manera, conservando los mismos parámetros de evaluación en ambos casos. Anteriormente ya se habló de los certificados de calibración requeridos por la SCT para garantizar el buen desempeño del equipo, sin embargo, en este caso, también se requerían certificados de calidad que avalen todos los requisitos

requeridos por la Secretaría para el caso de las películas reflejantes los cuales forman parte de la norma N-CMT-5-03-001-13.

Tramo de prueba

De igual forma en estos trabajos no se ejecutara un tramo de prueba como tal, puesto que la colocación del señalamiento tanto horizontal como vertical forma parte de la última etapa del proyecto, ya sea en la construcción o en la conservación de carreteras, sin embargo, se deberá realizar un muestreo promedio con el 10% del total de las señales de tránsito que conformen el tramo a evaluarse, es decir, suponiendo un ejemplo, en un tramo de 12 km. se colocarán 100 señales verticales por sentido de circulación, dando un total de 200, por lo tanto se deberán evaluar 10 señales aleatoriamente para cada sentido de circulación, tomando esto como un parámetro de control de calidad para las señales restantes, buscando garantizar en la medición los valores mínimos de reflexión en estas señales, desde luego dependiendo el tipo de película reflejante y su color los cuales se podrán observar más adelante en la tabla 5.5.

Ejecución

Continuando con lo anterior, ya una vez conocida la cantidad de señales a evaluar, de manera aleatoria se seleccionaran dichos señalamientos, llevando así un control de cuáles serán medidos a lo largo del tramo a medir.

Posteriormente se procederá con la calibración del Reflectómetro Portátil, con ayuda de la placa de calibración, una vez se haya corroborado que los valores de calibración que trae la placa coincidan con los valores de calibración que muestra el reflectómetro en pantalla al terminar la calibración, se podrá empezar con la medición de las señales verticales correspondientes.

Ya posicionado el operador en la señal a evaluar, deberá seleccionar en la pantalla del equipo si será medido el fondo de la señal, o bien los símbolos o caracteres, para el primer caso, es decir, el fondo de la señal, esta se deberá dividir imaginariamente en cuatro partes, realizando un disparo en cada una de ellas posicionando el equipo al centro de cada sección, para el caso de los símbolos o caracteres, se recomienda realizar 3 disparos tratando de abarcar toda la leyenda o bien 4 disparos tratando de dividir el símbolo en partes iguales, para ambos casos al terminar el disparo el equipo requerirá saber tanto el color de fondo como el color de los símbolos o caracteres, lo cual se insertara en la pantalla del mismo para que al arrojar los valores de la Retrorreflexión se pueda conocer al instante si el señalamiento cumple o no con los parámetros de evaluación correspondientes.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

De igual forma deberá llevarse a la par un registro manual con la información relevante de todas las señales evaluadas, como el tipo de señal, tipo de película reflejante, dimensiones de la lámina y del poste de sujeción, esto es importante puesto que será parte de los informes requeridos para la SCT o bien el sector privado si se trata de una Subcontratación, para determinar la aceptabilidad de los trabajos de Retroreflexión en Señales Verticales.

Parámetros de evaluación

Al terminar la evaluación del Coeficiente de Reflexión, los valores con los que tendrá que cumplir el tramo evaluado se determinarán dependiendo del tipo de película reflejante utilizada así como del color de la misma, los cuales estarán a su vez en función del ángulo de observación y en ángulo de entrada correspondientes (Figuras 5.25 y 5.26), como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 5.5 Coeficientes Mínimos de Reflexión de las Películas Reflejantes para el Señalamiento Vertical.

Color	Ángulo de observación [2] (°)	Tipo A [1] (De Alta Intensidad)		Tipo B (De Muy Alta Intensidad)	
		Para carreteras de dos carriles y vías secundarias		Para carreteras de cuatro o más carriles y vías primarias	
		Ángulo de entrada [3] (°)			
		- 4	30	- 4	30
Coeficiente de reflexión (cd/lux) / m ²					
Blanco	0,2	250	150	380	215
	0,5	95	65	240	135
	1	—	—	80	45
Amarillo	0,2	170	100	285	162
	0,5	62	45	180	100
	1	—	—	60	34
Naranja	0,2	100	60	145	82
	0,5	30	25	90	50
	1	—	—	30	17
Rojo	0,2	45	25	76	43
	0,5	15	10	48	27
	1	—	—	16	9
Verde	0,2	45	25	38	22
	0,5	15	10	24	14
	1	—	—	8	4,5
Azul	0,2	20	11	17	10
	0,5	7,5	5	11	6
	1	—	—	3,6	2
Verde limón fluorescente	0,2	290	135	300	170
	0,5	120	55	190	110
	1	—	—	64	36
Naranja fluorescente	0,2	105	50	115	65
	0,5	45	22	72	41
	1	—	—	24	14

[1] Para carreteras de dos carriles con accesos controlados se podrán utilizar películas reflejantes Tipo B.

[2] Ángulo relativo que existe entre el haz de luz incidente de una fuente luminosa y el haz de luz reflejado al centro del receptor como se muestra en la Figura 3. Mientras menor sea el ángulo de observación, mayor será la intensidad luminosa o reflexión.

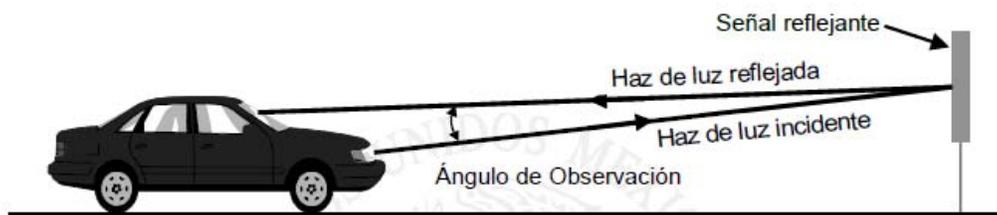
[3] Ángulo formado entre un haz de luz incidente y una perpendicular imaginaria a la superficie del elemento reflejante, como se muestra en la Figura 4. Mientras menor sea el ángulo de entrada, mayor será la intensidad luminosa o reflexión.

Fuente: Normativa N-CMT-5-03-001-13, SCT.

Trabajos de corrección

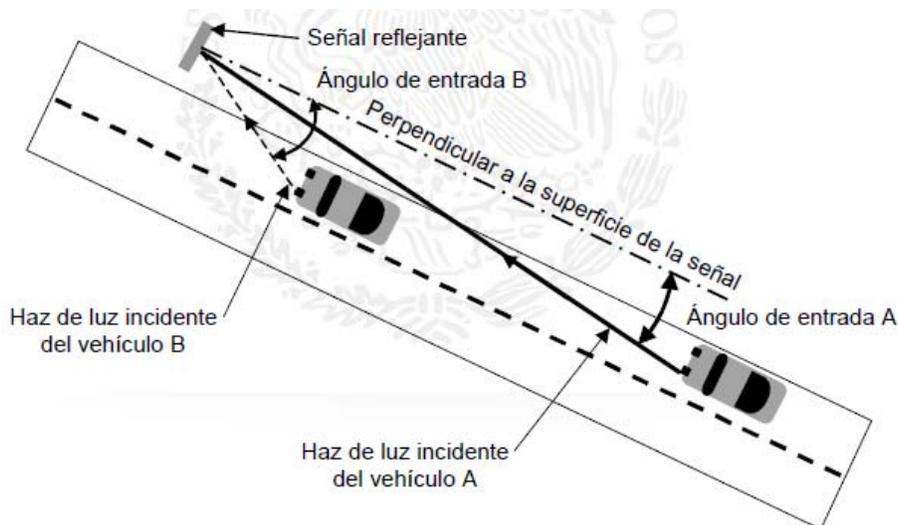
Para este caso los únicos trabajos de corrección deberán realizarse si la película reflejante llegara a presentar agrietamientos, desprendimientos, desvanecimiento o cambio de color antes del tiempo estipulado dentro de la garantía del proveedor, donde la SCT exige se garantice que a los 7 años de fabricada la película reflejante se conserve cuando menos el 85% del valor de los coeficientes de reflexión indicados en la tabla anterior y a los 10 años el 70% de dichos coeficientes, si esto no se cumple en el tiempo mencionado se considerará como falla total de la película reflejante y por tanto deberá reemplazarse inmediatamente para seguir garantizando la seguridad del usuario.

Figura 5.25 Representación Gráfica del Ángulo de Observación formado en Señales Verticales.



Fuente: Normativa N-CMT-5-03-001-13, SCT.

Figura 5.26 Representación Gráfica del Ángulo de Entrada formado en Señales Verticales.



Fuente: Normativa N-CMT-5-03-001-13, SCT.

VI

Ejemplos de Aplicación



Introducción

Ya conocidos los alcances, ejecución y los parámetros de evaluación correspondientes a las tres pruebas comentadas en los capítulos III, IV y V, podrán entenderse mejor los siguientes ejemplos de aplicación, los cuales forman parte de los informes que fueron tomados de algunos de los contratos de obra pública licitados por la SCT y CAPUFE enfocados a la supervisión y control de calidad de obra, así como también algunos informes de trabajos Subcontratados.

A continuación, se detallaran las 3 mediciones correspondientes al Índice de Perfil, el Coeficiente de Fricción y la Retrorreflexión, mediante una breve metodología de ejecución de cada equipo, y a su vez se podrá observar cómo se obtienen los datos al realizar dichas pruebas, posteriormente como se analizan, y finalmente como son utilizados al elaborar los informes que se requieren en la SCT, CAPUFE y el Sector Privado, esto desde el punto de vista de la Verificación del Control de Calidad, es decir, la Supervisión.

Índice de Perfil

Recordando, el equipo utilizado para realizar la prueba de Índice de Perfil se trata de un Perfilógrafo computarizado de la marca *Ames Engineering* modelo 4200, el cual es un equipo estándar utilizado para determinar la aceptación de la rugosidad en las superficies de los pavimentos flexibles y rígidos, este equipo tiene un perfil de trazo idéntico al estilo del perfilógrafo tipo California requerido por la SCT, está construido en su mayoría de aluminio, esto lo hace realmente liviano al manejarlo durante la medición con respecto a otros tipos de perfilógrafos, cuenta con una computadora en la que está integrada a su vez una impresora térmica, permitiendo conocer al momento de terminar la medición la calidad de la superficie de rodadura, solamente basta con autorizar la impresión del perfil longitudinal del tramo evaluado desde la libreta electrónica, en esta última es donde se configuran todos los parámetros e información requerida para identificar al tramo por evaluarse y con la que se realizan las calibraciones horizontal y vertical de dicho equipo, el cual se podrá apreciar de mejor manera en la fotografía 6.1.

En este tipo de instrumentos un parámetro fundamental y necesario para realizar el cálculo del IP, es la distancia, la cual se determina a través de un odómetro constituido por una llanta de bicicleta, la cual se conecta a un sensor adicional y este a su vez a la computadora del equipo, es por esta razón que se debe verificar la presión de inflado constantemente, conservándola a una presión de 25 lb/in²

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

durante toda la prueba, esto es muy importante, puesto que de lo contrario las distancias registradas durante la medición serán erróneas, provocando distancias menores a las reales en el tramo evaluado y por lo tanto afectarán los resultados de la prueba.

Otra parte importante de este equipo es el sensor, con el que se miden las deformaciones de la superficie de rodadura encontradas durante la evaluación, el cual está ubicado justo encima de la rueda central del equipo, esta rueda al estar en una condición de libre movimiento vertical, permite captar todas estas deformaciones, y al estar conectado dicho sensor directamente a la computadora del equipo, esta las va registrando resultando en la impresión del perfil longitudinal, las cuales posteriormente servirán para el análisis de resultados correspondiente.



Fotografía 6.1 Perfilógrafo computarizado Tipo California de la marca Ames Engineering utilizado para determinar la Rugosidad del Pavimento.

A continuación se detallara la metodología de ejecución de esta prueba, dividiéndose en tres partes, es decir, antes, durante y al término de esta.

Metodología de Ejecución

Antes de Iniciar la Prueba

- ✓ Recorrido por el tramo a evaluarse ubicando posible eventos y corroborando que esté limpio y libre de partículas como grava suelta, lodo o material que pueda afectar los valores de la medición.
- ✓ Inspección visual para comprobar que el equipo este completo y no tenga daños en ninguna de sus piezas.
- ✓ Comprobar presión de la llanta.
- ✓ Ensamblar el equipo.
- ✓ Conectar Sensor Vertical, Odómetro, Libreta Electrónica y Batería a la computadora, comprobando que la carga de esta se encuentre al 100%.
- ✓ Comprobar que el rollo de papel térmico sea el suficiente para la prueba.
- ✓ Encender computadora.
- ✓ Revisar que los parámetros de configuración requeridos por la SCT sean correctos (De esto se hablará más adelante).
- ✓ Abrir nuevo archivo especificando el nombre de la empresa que realiza el trabajo, nombre del operador, tramo, carril, cuerpo, obra, cadenamiento de inicio y fecha del levantamiento del perfilograma.
- ✓ Realizar calibración completa (horizontal y vertical).
- ✓ Posicionar el equipo en el kilometraje de inicio para empezar la prueba.

Durante la Prueba

- ✓ Verificar conexiones.
- ✓ Iniciar la prueba desde la libreta electrónica.
- ✓ Avanzar con el equipo.
- ✓ Estar alerta por si se requiere marcar algún evento en la libreta electrónica durante la medición que pueda alterar las elevaciones del perfil longitudinal.¹²

Al terminar la Prueba

- ✓ Detener el equipo.
- ✓ Detener la prueba desde la libreta electrónica.
- ✓ Proceder con la impresión del perfil longitudinal.

¹² Si no es posible evitar el obstáculo deberá marcarse como evento, como ejemplo algún tope, algún cruce al tratarse de una vialidad urbana, entronques o bien la intersección con un puente vehicular.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Algo que se tendrá que considerar al evaluar tramos que superen los 20 kilómetros de longitud, es que deberá calibrarse nuevamente el equipo una vez se tenga el perfilograma correspondiente a dicha distancia, así como cada vez que se vuelva a ensamblar el equipo, esto es común cuando se tiene que medir en ambos cuerpos de un tramo o bien, cuando se tiene que medir en más de una franja de tendido o línea de colado.

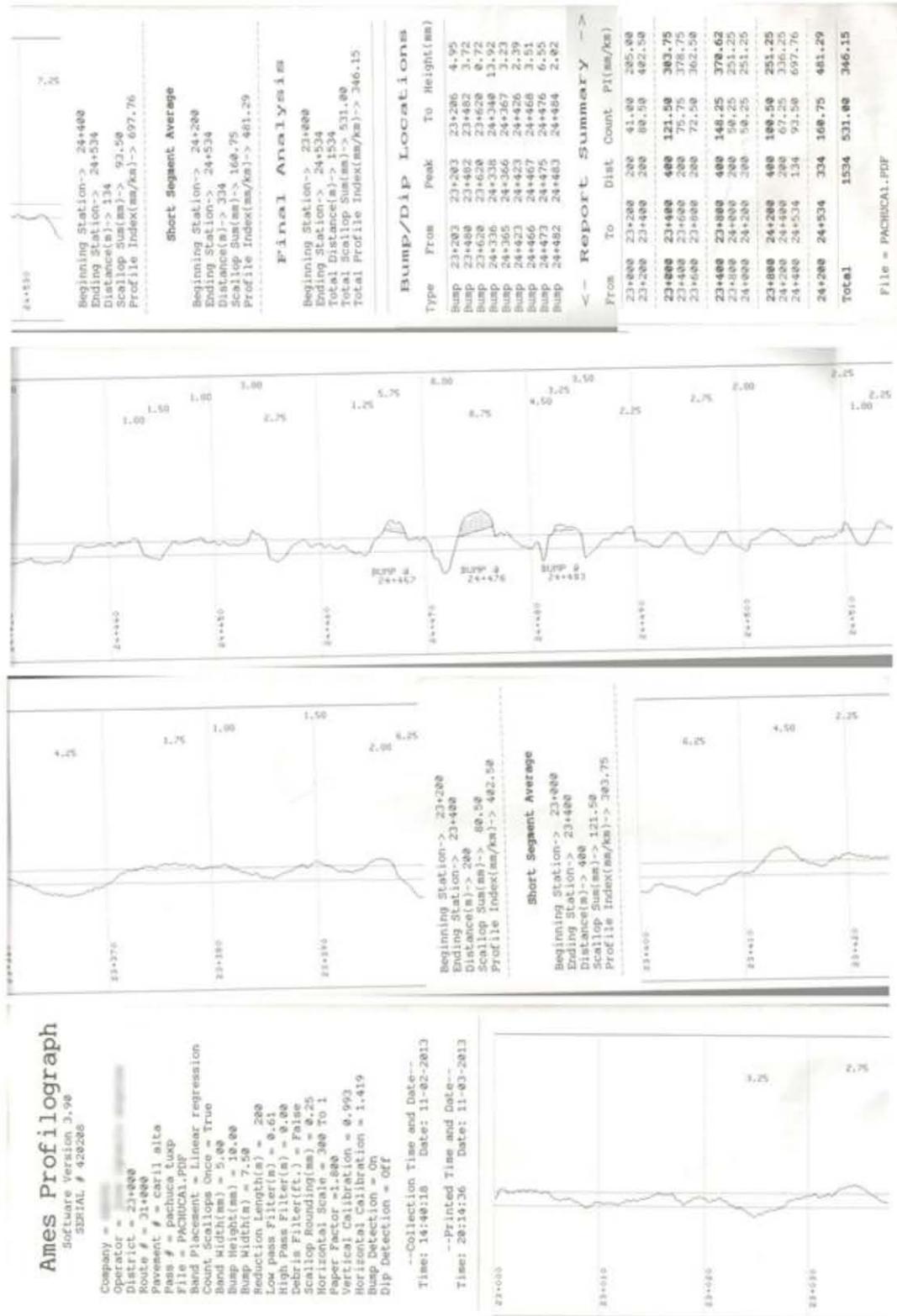
Referente a la impresión de resultados, la SCT indica que la obtención del perfilograma de la superficie de rodadura del pavimento deberá hacerse por subtramos, los cuales deberán ser de 200 mts de longitud cada uno.

En la fotografía siguiente se podrá observar la impresión en campo del perfil longitudinal del equipo a través de la impresora del Perfilógrafo, y a su vez, en la imagen 6.3 se observará como está conformado el rollo de impresión correspondiente a dicha impresión en la evaluación del IP.



Fotografía 6.2 Impresión del Perfil Longitudinal terminada la prueba de Índice de Perfil.

Imagen 6.3 Partes que conforman la Impresión del Perfilograma correspondiente a la evaluación del Índice de Perfil.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Como se pudo apreciar, el rollo de impresión contiene en primer lugar el encabezado con la información a la que se hizo referencia en la metodología de ejecución (en lo correspondiente a las consideraciones a tomar antes de iniciar la prueba), también se puede observar que al llegar a cada 200 metros se realiza el corte del perfil longitudinal correspondiente a dicha sección automáticamente, también se observan todas aquellas cotas fuera de rango las cuales se identifican por estar fuera del ancho de banda, y aquellas se encuentran *achuradas* pertenecen a las elevaciones que acumulan más de 1 cm de deformación en 7.5 metros dentro de un subtramo, al final del reporte la computadora realiza una serie de resúmenes, presentando el análisis final de la medición donde se puede observar el cadenamiento inicial, el cadenamiento final y cuál fue la distancia total recorrida, el total de las deflexiones y por tanto el total del IP, también hace un resumen de todos las deformaciones máximas que fueron encontradas a lo largo del tramo, su ubicación y su elevación, finalmente hace un resumen de todos los subtramos de 200 metros que conforman el tramo evaluado, este resumen se divide en columnas, en donde indica el cadenamiento de inicio, el cadenamiento final, la distancia recorrida, la deflexión en milímetros, y en la última columna el cálculo del IP en mm/km, este último se podrá apreciar de mejor manera en la imagen que se muestra a continuación.

From	To	Dist	Count	PI(mm/km)
23+000	23+200	200	41.00	205.00
23+200	23+400	200	80.50	402.50
23+000	23+400	400	121.50	303.75
23+400	23+600	200	75.75	378.75
23+600	23+800	200	72.50	362.50
23+400	23+800	400	148.25	370.62
23+800	24+000	200	50.25	251.25
24+000	24+200	200	50.25	251.25
23+800	24+200	400	100.50	251.25
24+200	24+400	200	67.25	336.25
24+400	24+534	134	93.50	697.76
24+200	24+534	334	160.75	481.29
Total		1534	531.00	346.15
File = PACHUCA1.PDF				

Imagen 6.4 Resumen final del IP por subtramos de 200 metros.

Anteriormente se habló de ciertos parámetros de configuración requeridos por la Secretaría para garantizar que todos los datos arrojados al término de la medición sean correctos, para el caso del Perfilógrafo tipo California de la marca Ames Engineering utilizado en esta Tesis, estos parámetros deberán ser configurados desde la libreta electrónica del equipo y los cuales una vez hecho esto, aparecerán en el encabezado de la impresión de la prueba, comprobando así que la medición se realizó con lo estipulado en la normativa M-MMP-4-07-002-06 de la SCT.

En la imagen siguiente se puede apreciar la configuración de estos parámetros, del lado izquierdo se encuentran los parámetros requeridos por la SCT, y a la derecha el encabezado de impresión donde se puede apreciar que los parámetros coinciden con lo anterior, resaltando en rojo los valores resultantes de las calibraciones vertical y horizontal.

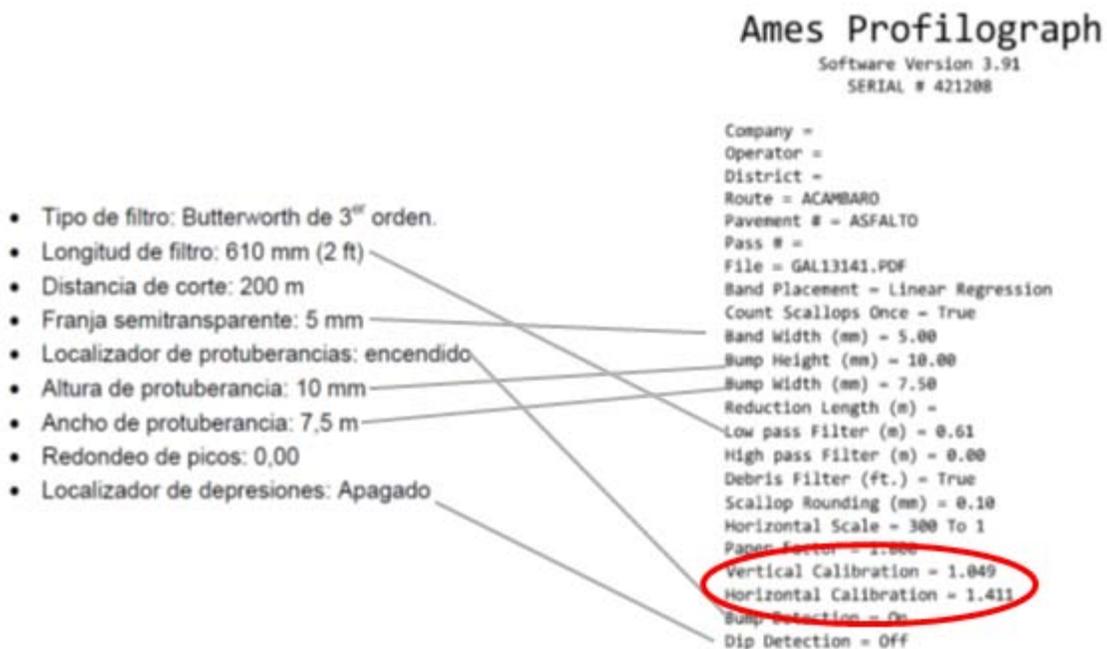


Imagen 6.5 Configuración de Parámetros de entrada necesarios para la impresión del Perfil Longitudinal y el cálculo del IP.

De todos los parámetros, se tiene que poner especial atención en la *Longitud de Filtro*, la cual deberá establecerse forzosamente con un valor de 610 mm, o bien 2 pies, esto debido a que diversos estudios sobre este parámetro han llegado a la conclusión de que al ser modificado este valor, puede resultar en una evidente disminución del IP durante la medición, es decir, suponiendo un ejemplo en donde

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

la prueba arrojó un valor de Índice de Perfil de 70 cm/km, al modificar el valor de la longitud de filtro a 60 pies, se puede llegar a reportar el mismo tramo con un IP de 0 cm/km, resumiendo lo anterior en otras palabras y de acuerdo con la normativa SCT, significa que un tramo que debería ser rechazado, incluso reconstruido, puede ser aceptado con sólo manipular dicho parámetro de entrada en el equipo, lo cual se puede prestar para ciertas cuestiones más que evidentes aun siendo totalmente inaceptable para la Secretaría, a continuación se podrán comparar diversas curvas pertenecientes al perfil longitudinal resultantes de una sola medición (Figura 6.8), en donde las correspondientes a los valores de longitud de onda con 10, 40 y 60 pies respectivamente fueron modificadas posteriormente al volver a imprimir el archivo generado por la computadora y donde se aprecia cómo va disminuyendo el IP hasta ser prácticamente de 0 cm/km como se comentó en lo anterior.

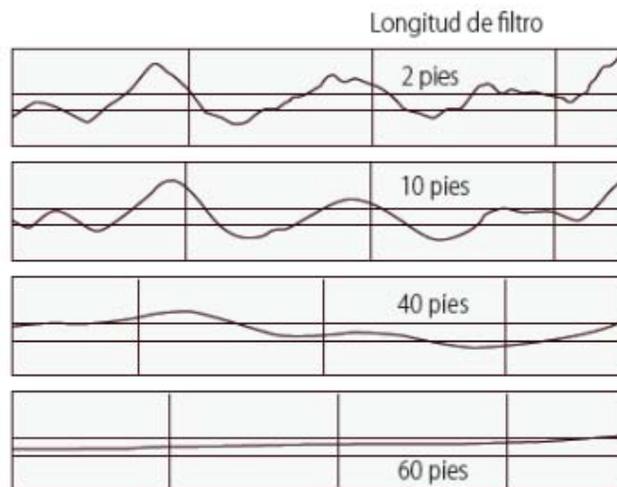


Figura 6.6 Relación entre la Longitud de Filtro y el IP.

Cálculo

Tomando como referencia la imagen 6.4, el cálculo realizado por el equipo para obtener el IP se obtiene de dividir cada una de las deflexiones obtenidas a lo largo del subtramo entre la distancia, es decir, los 200 metros, como la computadora del equipo al realizar el análisis arroja los resultados en mm/km, solamente se tiene que realizar la conversión correspondiente (200/1000) por lo tanto, para el caso del IP de la primer fila, es decir, del cadenamiento 23+000, se realiza lo siguiente:

$$IP = 41 \text{ mm} / 0.2 \text{ km} = 205 \text{ mm/km}$$

Análisis de Resultados

En lo referente a la parte del *análisis de resultados*, es necesario capturar los datos correspondientes al resumen final del IP, en una hoja de Excel, en la cual se determinara la condición superficial de cada subtramo evaluado vinculándolos con los *parámetros de evaluación* correspondientes, logrando con esto ubicar que subtramos necesitan ser corregidos, y de manera general (por IP promedio), si se requiere aplicar alguna sanción por incumplimiento o en el peor de los casos si es necesario detener los trabajos que se estén ejecutando y proceder con su respectiva corrección, esta hoja de Excel no es más que el formato que solicita la SCT el cual está compuesto por el *resumen de valores* y las *cartas estadísticas* de esta medición, las cuales deberán anexarse en los informes requeridos por la Secretaría correspondientes y que a manera de ejemplo se muestran a continuación.

Imagen 6.7 Ejemplo de Resumen de Valores obtenido durante la prueba de IP.

			
OBRA:	SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA: "REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL KM. 217+500 AL KM. 262+000 CUERPO B, DE LA AUTOPISTA ACATZINGO CD. MENDOZA".	FECHA DE CALCULO:	18 DE SEPTIEMBRE DEL 2014
CARRETERA:	ACATZINGO - CD. MENDOZA	EQUIPO UTILIZADO:	PERFILOGRAFO TIPO CALIFORNIA MARCA AMES MOD. 4200
TRAMO:	ACATZINGO - CD. MENDOZA	TIPO DE SUPERFICIE:	PAVIMENTO FLEXIBLE
SUBTRAMO:	DEL KM. 217+500 AL KM. 262+000 CPO. B.	CAPA ANALIZADA:	CARPETA ASFÁLTICA DE GRANULOMETRÍA DENSA
EJECUTORA:			
CONTRATO:			

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS EN CUERPO "B"

CADENAMIENTOS		CARRIL	CUERPO	EVENTO	SUMA DE DEF. EN MM.	INDICE DE PERFIL EN MM/KM.	SUMA DE DEF. EN CM.	INDICE DE PERFIL EN CM/KM.	INDICE DE PERFIL
DEL KM.	AL KM.								
248+000	247+800	ALTA	B	-	64.90	324.50	6.49	32.45	REGULAR
247+800	247+600	ALTA	B	-	37.80	189.00	3.78	18.90	MUY BUENO
247+600	247+400	ALTA	B	-	53.50	267.50	5.35	26.75	BUENO
247+400	247+200	ALTA	B	-	25.50	127.50	2.55	12.75	MUY BUENO
247+200	247+000	ALTA	B	-	54.20	271.00	5.42	27.10	BUENO
247+000	246+800	ALTA	B	-	52.80	264.00	5.28	26.40	BUENO
246+800	246+600	ALTA	B	-	60.70	303.50	6.07	30.35	BUENO
246+600	246+400	ALTA	B	-	70.30	351.50	7.03	35.15	REGULAR
246+400	246+200	ALTA	B	-	63.40	317.00	6.34	31.70	REGULAR
246+200	246+000	ALTA	B	-	98.20	491.00	9.82	49.10	MALO

Muy Bueno	0.00 - 26.00		Promedio:	29.07
Bueno	26.10 - 31.00		Máximo:	49.10
Regular	31.10 - 46.00		Mínimo:	12.75
Malo	> 46.10			

Observaciones:

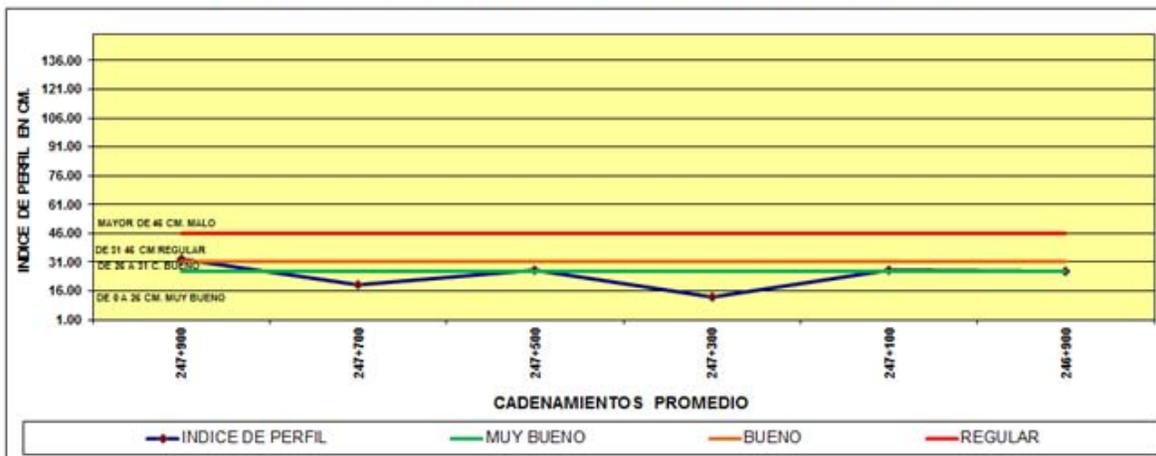
De los 10 subtramos de 200 mts. Medidos que representan el 100% en este sentido, existen 2 subtramos que representan el 20.00% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra dentro del rango de 0.00 – 26.00 cm/km (MUY BUENO), 4 subtramos que representan el 40.00% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra dentro del rango de 26.10 – 31.00 cm/km (BUENO), 3 subtramos que representan el 30.00% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra dentro del rango de 31.10 – 46.00 cm/km (REGULAR) y 1 subtramos que representan el 10.00% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra arriba del rango de 46.10 cm/km (MALO). Conforme la normativa N-CSV-CAR-3-02-005-14.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Imagen 6.8 Ejemplo de Carta Estadística resultante del Análisis de Resultados de la prueba de Índice de Perfil.

OBRA:	SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA: "REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO DEL KM. 247+500 AL KM. 262+000 CUERPO B, DE LA AUTOPISTA ACATZINGO CD. MENDOZA".	FECHA DE CALCULO:	18 DE SEPTIEMBRE DEL 2014
CARRETERA:	ACATZINGO - CD. MENDOZA	EQUIPO UTILIZADO:	PERFILOGRAFO AMES TIPO CALIFORNIA MODELO 4200.
TRAMO:	ACATZINGO - CD. MENDOZA	TIPO DE SUPERFICIE:	PAVIMENTO FLEXIBLE
SUBTRAMO:	DEL KM. 217+500 AL KM. 262+000 CPO. B.	CAPA ANALIZADA:	CARPETA ASFÁLTICA DE GRANULOMETRÍA DENSA
EJECUTORA:			
CONTRATO:			

**CARTA ESTADISTICA
INDICE DE PERFIL CUERPO "B" DEL KM 248+000 AL KM 246+000**



Antes de proceder con la presentación del informe correspondiente a la medición del Índice de Perfil, es importante comentar que el equipo *Perfilógrafo Tipo California* también requiere estar certificado ante el IMT para poder realizar las evaluaciones de rugosidad a la condición superficial del pavimento, en cualquier contrato que las requiera, como pueden ser rehabilitación, modernización, construcción o conservación de alguna de las carreteras que conforman la red nacional, en el Anexo V, se podrá apreciar a detalle cómo es realizada esta certificación.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



INFORME DETERMINACION DEL INDICE DE PERFIL



Obra: CONTRATO PLURIANUAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS (CPCC) DEL PAQUETE CARRETERO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI, S.L.P.

Carretera: SAN LUIS POTOSÍ – MATEHUALA

Tramo: SAN LUIS POTOSÍ – MATEHUALA

Subtramo: DEL KM 52+340 AL KM 54+340

Superficie de Rodamiento: Carpeta Asfáltica

ELABORADO POR: [Firma]
FECHA: [Fecha]
LUGAR: [Lugar]

*ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN
SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.*



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



MEMORIA DESCRIPTIVA





SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



San Luis Potosí, a 10 de Septiembre del 2014.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Dr. José A. Espinosa Rivera
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
San Luis Potosí, S.L.P.

Presente

Adjunto al presente me permito enviar a Usted, la Evaluación del Índice de Perfil correspondiente a la Obra: "CONTRATO PLURIANUAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS (CPCC) DEL PAQUETE CARRETERO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI, S.L.P."

1. Descripción de los trabajos.

El método utilizado para la medición del Índice de Perfil es el indicado en la norma M-MMP-4-07-002/06 "Procedimiento para determinar, mediante el empleo de un perfilógrafo tipo California, el Índice de Perfil (IP) de la superficie de rodadura de un pavimento".

El equipo utilizado para la obtención del Índice de Perfil es un **Perfilógrafo** computarizado tipo **California, Modelo 4200, marca AMES ENGINEERING**, constituido por:

Una estructura de aluminio de 7.66 m. de longitud y un ancho en la parte delantera y trasera de 1.0 m. El quipo cuenta con un sensor que funge como odómetro en una rueda tipo bicicleta, con ello, indica la distancia recorrida; En la parte central el equipo se tiene una articulación, en la misma ubicación de dicha articulación se tiene una rueda que al encontrarse variaciones sobre la superficie de rodamiento, estas se reflejan, son contabilizan y procesadas en un equipo de cómputo para finalmente obtener e imprimir el diagrama denominado "**Perfilograma**" donde se muestran las irregularidades superficiales de cada franja analizada. De acuerdo con la normativa SCT la obtención del Índice de Perfil en cada línea de tendido, se hará a lo largo de la línea imaginaria ubicada a (90 ± 20) cm. de la orilla interior de la línea de tendido, por evaluar, las mediciones se dividirán en secciones consecutivas de 200 m.

Las mediciones se realizaron el día 03 de Septiembre del 2014 en tramos de 200 m. y se evaluaron conforme a la norma N.CTR.CAR.1.04.006/14.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



2. Análisis de resultados

2.1 En relación a la Carretera: San Luis Potosí - Matehuala, Subtramo: del km 52+340 al km 54+340 con su solo cuerpo, Carril "Sentido 1" se obtuvieron los siguientes resultados como se muestra en las siguiente tabla:

Un solo Cuerpo, Carril "Sentido 1"

Del Km.	Al Km.	Observaciones
52+340	53+340	IP= 57.52 CM./KM. NO CUMPLE SE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO > 46.10 (MALO)
53+340	54+340	IP=36.24 CM./KM. CUMPLE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO > 31.10 A 46.00 (REGULAR)
54+340	55+340	IP= 37.87 CM./KM. CUMPLE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO > 31.10 A 46.00 (REGULAR)
55+340	56+340	IP=35.90 CM./KM. CUMPLE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO > 31.10 A 46.00 (REGULAR)
56+340	57+340	IP=29.15 CM./KM. CUMPLE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO > 26.10 A 31.00 (BUENO)
57+340	58+000	IP=20.73 CM./KM. CUMPLE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO > 0.00 A 26.00 (MUY BUENO)

2.2 Analizando el tramo del Km. 52+340 al km 58+800, Un Solo Cuerpo, Carril "Sentido 1", se obtuvieron resultados con valor mínimo de 6.17 cm/km y valor máximo de 88.30 cm/km con un promedio de 36.39 cm/km.

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS EN SENTIDO 1

CADENAMIENTOS		CARRIL	CUERPO	SUMA DE DEF.	INDICE DE PERFIL	SUMA DE DEF.	INDICE DE PERFIL	INDICE DE PERFIL
DEL KM.	AL KM.			EN MM.	EN MM/KM.	EN CM.	EN CM./KM.	
52+340	52+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	123.00	615.00	12.30	61.50	MALO
52+540	52+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	176.60	883.00	17.66	88.30	MALO
52+740	52+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	50.40	252.00	5.04	25.20	MUY BUENO
52+940	53+140	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	72.20	361.00	7.22	36.10	REGULAR
53+140	53+340	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	153.00	765.00	15.30	76.50	MALO
53+340	53+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	96.60	483.00	9.66	48.30	MALO
53+540	53+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	60.10	300.50	6.01	30.05	BUENO
53+740	53+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	60.30	301.50	6.03	30.15	BUENO
53+940	54+140	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	53.60	268.00	5.36	26.80	BUENO
54+140	54+340	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	91.80	459.00	9.18	45.90	REGULAR

CADENAMIENTOS		CARRIL	CUERPO	SUMA DE DEF. EN MM.	INDICE DE PERFIL EN MM/KM.	SUMA DE DEF. EN CM.	INDICE DE PERFIL EN CM/KM.	INDICE DE PERFIL
DEL KM.	AL KM.							
54+340	54+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	74.90	374.50	7.49	37.45	REGULAR
54+540	54+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	39.10	195.50	3.91	19.55	MUY BUENO
54+740	54+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	52.00	260.00	5.20	26.00	BUENO
54+940	55+140	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	108.40	542.00	10.84	54.20	MALO
55+140	55+340	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	104.30	521.50	10.43	52.15	MALO
55+340	55+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	95.50	477.50	9.55	47.75	MALO
55+540	55+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	65.40	327.00	6.54	32.70	REGULAR
55+740	55+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	69.90	349.50	6.99	34.95	REGULAR
55+940	56+140	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	73.70	368.50	7.37	36.85	REGULAR
56+140	56+340	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	54.50	272.50	5.45	27.25	BUENO

CADENAMIENTOS		CARRIL	CUERPO	SUMA DE DEF. EN MM.	INDICE DE PERFIL EN MM/KM.	SUMA DE DEF. EN CM.	INDICE DE PERFIL EN CM/KM.	INDICE DE PERFIL
DEL KM.	AL KM.							
56+340	56+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	44.00	220.00	4.40	22.00	MUY BUENO
56+540	56+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	46.40	232.00	4.64	23.20	MUY BUENO
56+740	56+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	53.90	269.50	5.39	26.95	BUENO
56+940	57+140	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	68.30	341.50	6.83	34.15	REGULAR
57+140	57+340	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	78.90	394.50	7.89	39.45	REGULAR
57+340	57+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	50.10	250.50	5.01	25.05	MUY BUENO
57+540	57+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	72.70	363.50	7.27	36.35	REGULAR
57+740	57+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	30.70	153.50	3.07	15.35	MUY BUENO
57+940	58+000	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	3.70	61.67	0.37	6.17	MUY BUENO

Expresando los resultados en porcentaje se tiene lo siguiente:

Parámetros de Evaluación	Nº. de tramos	%
0.00 – 26.00	7	24.14
26.00 – 31.00	6	20.69
31.00 – 46.00	9	31.03
> 46.00	7	24.14
Suma	29	100.0

3. Evaluaciones

3.1. Conservación de Carreteras.

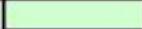
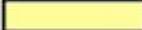
De acuerdo a lo señalado en la Norma *N.CSV.CAR.3.02.005/14*, para la infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para carpetas asfálticas, y de acuerdo a lo especificado en el proyecto dentro de los trabajos por Ejecutar y para efectos de evaluar el índice de perfil obtenido, se marcan los siguientes rangos:

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



Muy Bueno	0.00 - 26.00 cm/km	Estimulo	
Bueno	26.10 - 31.00 cm/km	Normal	
Regular	31.10 - 46.00 cm/km	Sanción	
Malo	> 46.10 cm/km	Corregir	

El IP sólo se tomara en subtramos completos de 200.0 m.

4. Conclusiones

De acuerdo con los valores promedio el Índice de Perfil del tramo evaluado del Km. 52+340 al km 58+800, Un Solo Cuerpo, Carril "Sentido 1", se obtuvo un Índice de perfil de **36.39 cm/km**, por lo que se considera que la superficie de rodamiento se encuentra en el rango entre 31.10 a 46.00 cm/km (REGULAR), por lo que se considera, se debe aplicar alguna sanción al precio unitario del tendido de carpeta.

Agradeciendo sus atenciones, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

Atentamente

Ing. [Nombre] [Apellido]
Director de Proyecto

C.C.P. Archivo



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS

UN SOLO CUERPO

CARRIL “SENTIDO 1”



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



Índice de Perfil

OBRA:	CONTRATO PLURIANUAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS (CPCC) DEL PAQUETE CARRETERO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI, S.L.P.	FECHA DE CALCULO:	03 DE SEPTIEMBRE DEL 2014
CARRETERA:	SAN LUIS POTOSI - MATEHUALA	EQUIPO UTILIZADO:	PERFILOGRAFO TIPO CALIFORNIA MARCA AMES MOD. 4200
TRAMO:	SAN LUIS POTOSI - MATEHUALA	TIPO DE SUPERFICIE:	PAVIMENTO FLEXIBLE
SUBTRAMO:	DEL KM 52+340 AL KM 54+340	CAPA ANALIZADA:	CARPETA DE ASFALTO
EJECUTORA:	CONSTRUCIONES SAHAGUNAS S.L.P.		
CONTRATO:	2010-2014-001-000-0000		

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS EN SENTIDO 1

CADENAMIENTOS		CARRIL	CUERPO	SUMA DE DEF. EN MM.	INDICE DE PERFIL EN MM/KM.	SUMA DE DEF. EN CM.	INDICE DE PERFIL EN CM/KM.	INDICE DE PERFIL
DEL KM.	AL KM.							
52+340	52+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	123.00	615.00	12.30	61.50	MALO
52+540	52+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	176.60	883.00	17.66	88.30	MALO
52+740	52+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	50.40	252.00	5.04	25.20	MUY BUENO
52+940	53+140	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	72.20	361.00	7.22	36.10	REGULAR
53+140	53+340	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	153.00	765.00	15.30	76.50	MALO
53+340	53+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	96.60	483.00	9.66	48.30	MALO
53+540	53+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	60.10	300.50	6.01	30.05	BUENO
53+740	53+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	60.30	301.50	6.03	30.15	BUENO
53+940	54+140	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	53.60	268.00	5.36	26.80	BUENO
54+140	54+340	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	91.80	459.00	9.18	45.90	REGULAR

Muy Bueno	0.00 - 26.00		Promedio:	46.88
Bueno	26.10 - 31.00		Máximo:	88.30
Regular	31.10 - 46.00		Mínimo:	25.20
Malo	> 46.10			

Observaciones:

De los 10 subtramos de 200 mts. Medidos que representan el 100% en este sentido, existen 1 subtramos que representan el 10.00% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra dentro del rango de 0.00 – 26.00 cm/km (MUY BUENO), 3 subtramos que representan el 30.00% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra dentro del rango de 26.10 – 31.00 cm/km (BUENO), 2 subtramos que representan el 20.00% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra dentro del rango de 31.10 – 46.00 cm/km (REGULAR) y 4 subtramos que representan el 40.00% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra arriba del rango de 46.10 cm/km (MALO).
Conforme la normativa N-CSV-CAR-3-02-005-14.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



Índice de Perfil

OBRA:	CONTRATO PLURIANUAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS (CPC) DEL PAQUETE CARRETERO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.	FECHA DE CALCULO:	03 DE SEPTIEMBRE DEL 2014
CARRETERA:	SAN LUIS POTOSÍ - MATEHUALA	EQUIPO UTILIZADO:	PERFILOGRAFO TIPO CALIFORNIA MARCA AMES MOD. 4200
TRAMO:	SAN LUIS POTOSÍ - MATEHUALA	TIPO DE SUPERFICIE:	PAVIMENTO FLEXIBLE
SUBTRAMO:	DEL KM 56+340 AL KM 58+000	CAPA ANALIZADA:	CARPETA DE ASFALTO
EJECUTORA:	CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS EN CARRETERAS S.C. DE CV		
CONTRATO:	2010-03-01-0000-000-000		

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS EN SENTIDO 1

CADENAMIENTOS		CARRIL	CUERPO	SUMA DE DEF. EN MM.	INDICE DE PERFIL EN MM/KM.	SUMA DE DEF. EN CM.	INDICE DE PERFIL EN CM/KM.	INDICE DE PERFIL
DEL KM.	AL KM.							
56+340	56+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	44.00	220.00	4.40	22.00	MUY BUENO
56+540	56+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	46.40	232.00	4.64	23.20	MUY BUENO
56+740	56+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	53.90	269.50	5.39	26.95	BUENO
56+940	57+140	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	68.30	341.50	6.83	34.15	REGULAR
57+140	57+340	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	78.90	394.50	7.89	39.45	REGULAR
57+340	57+540	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	50.10	250.50	5.01	25.05	MUY BUENO
57+540	57+740	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	72.70	363.50	7.27	36.35	REGULAR
57+740	57+940	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	30.70	153.50	3.07	15.35	MUY BUENO
57+940	58+000	SENTIDO 1	UN SOLO CUERPO	3.70	61.67	0.37	6.17	MUY BUENO

Muy Bueno	0.00 - 26.00		Promedio:	25.41
Bueno	26.10 - 31.00		Máximo:	39.45
Regular	31.10 - 46.00		Mínimo:	6.17
Malto	> 46.10			

Observaciones:

De los 9 subtramos de 200 mts. Medidos que representan el 100% en este sentido, existen 5 subtramos que representan el 55.56% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra dentro del rango de 0.00 - 26.00 cm/km (MUY BUENO), 1 subtramos que representan el 11.11% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra dentro del rango de 26.10 - 31.00 cm/km (BUENO) y 3 subtramos que representan el 30.00% en donde el Índice de Perfil Promedio se encuentra dentro del rango de 31.10 - 46.00 cm/km (REGULAR).
Conforme la normativa N.CSV-CAR-3.02-005-14.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



CARTA ESTADÍSTICA

UN SOLO CUERPO

CARRIL “SENTIDO 1”

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS
CARRIL “SENTIDO 1”

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



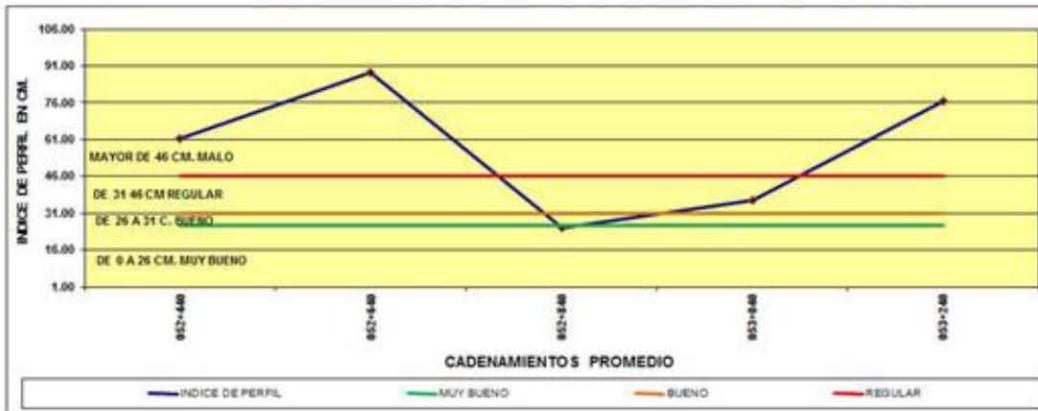
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



Índice de Perfil

OBRA:	CONTRATO PLURIANUAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS (CPCC) DEL PAQUETE CARRETERO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSI, S.L.P.	FECHA DE CALCULO:	03 DE SEPTIEMBRE DEL 2014
CARRETERA:	SAN LUIS POTOSÍ - MATEHUALA	EQUIPO UTILIZADO:	PERFILOGRAFO AMES TIPO CALIFORNIA MODELO 4200.
TRAMO:	SAN LUIS POTOSÍ - MATEHUALA	TIPO DE SUPERFICIE:	FLEXIBLE
SUBTRAMO:	DEL KM 52+340 AL KM 54+340	CAPA ANALIZADA:	CONCRETO ASFALTICO
EJECUTORA:	CONSTRUCCIONES EMPRESAS SA DE CV		
CONTRATO:	2010-01-0000-0000-0000		

CARTA ESTADISTICA
INDICE DE PERFIL SENTIDO 1 DE CARRIL UN SOLO CUERPO DEL KM 52+340 AL KM 54+340





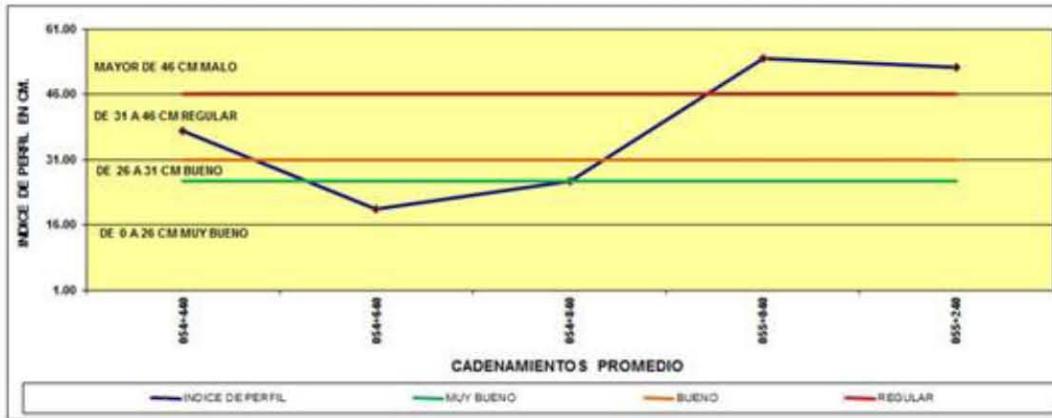
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



Índice de Perfil

OBRA:	CONTRATO PLURIANUAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS (CPC) DEL PAQUETE CARRETERO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.	FECHA DE CALCULO:	03 DE SEPTIEMBRE DEL 2014
CARRETERA:	SAN LUIS POTOSÍ - MATEHUALA	EQUIPO UTILIZADO:	PERFILOGRAFO AMES TIPO CALIFORNIA MODELO 4200.
TRAMO:	SAN LUIS POTOSÍ - MATEHUALA	TIPO DE SUPERFICIE:	FLEXIBLE
SUBTRAMO:	DEL KM 54+340 AL KM 56+340	CAPA ANALIZADA:	CONCRETO ASFALTICO
EJECUTORA:	CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS SA DE CV		
CONTRATO:	2014-09-13-0-000-1-00-2014		

CARTA ESTADISTICA
INDICE DE PERFIL SENTIDO 1 DE CARRIL UN SOLO CUERPO DEL KM 54+340 AL KM 56+340



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



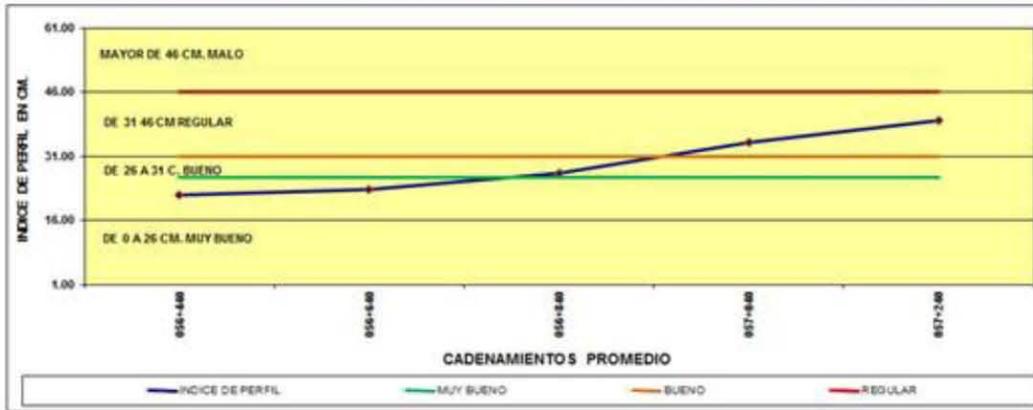
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



Índice de Perfil

OBRA:	CONTRATO PLURIANUAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS (CPC) DEL PAQUETE CARRETERO EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.	FECHA DE CALCULO:	03 DE SEPTIEMBRE DEL 2014
CARRETERA:	SAN LUIS POTOSÍ - MATEHUALA	EQUIPO UTILIZADO:	PERFILOGRAFO AMES TIPO CALIFORNIA MODELO 4200.
TRAMO:	SAN LUIS POTOSÍ - MATEHUALA	TIPO DE SUPERFICIE:	FLEXIBLE
SUBTRAMO:	DEL KM 56+340 AL KM 58+000	CAPA ANALIZADA:	CONCRETO ASFALTICO
EJECUTORA:	CONSTRUCIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA S.C. DE CV		
CONTRATO:	2010-00-00-0-000-0-00-0000		

CARTA ESTADISTICA
INDICE DE PERFIL SENTIDO 1 DE CARRIL UN SOLO CUERPO DEL KM 56+340 AL KM 58+000





SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



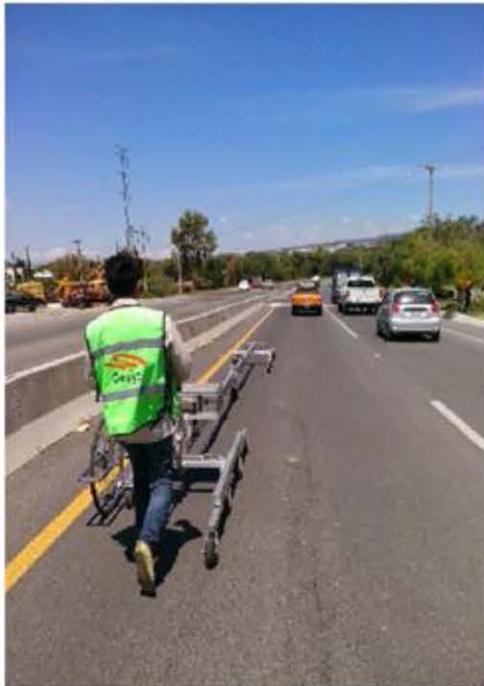
REPORTE FOTOGRAFICO



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

Coeficiente de Fricción

Recordando, en el capítulo IV se pudieron apreciar los alcances, la metodología de ejecución y el análisis de resultados de la prueba de CF, tomando como referencia una medición en la cual fue utilizado el equipo DFT, por lo tanto, en este capítulo se conocerá de igual manera todo lo anterior, ahora utilizando el equipo CFT (Mu-Meter), lo cual se ejemplificará a través de un informe técnico que fue realizado el presente año referentes a la determinación del CF.

Hasta el momento ya se ha podido observar, como es la entrega de informes al tratarse de un organismo gubernamental, específicamente la SCT, siendo el caso del informe del IP visto justo en lo anterior, a continuación se podrá apreciar cómo son los informes requeridos por el Sector Privado, es decir, cuando una empresa al no contar con el equipo necesario para realizar alguna prueba o medición, requiere de contratar los servicios de otra para realizar esos trabajos (esto siempre y cuando la dependencia y el contrato lo permitan).

Siendo el particular caso de esta medición, se subcontrataron los trabajos para realizar la prueba de CF utilizando el *Mu-Meter*, en donde posterior a la evaluación, le fue entregado un *informe técnico* a la empresa contratante, el cual contiene de manera general una introducción con la información correspondiente al equipo utilizado, la metodología de ejecución que se siguió para realizar la prueba, se menciona como se realizó el cálculo, que especificaciones se tomaron para determinar el análisis de resultados y las conclusiones pertinentes en base a dicho análisis.

Antes de proceder con dicho informe, cabe mencionar que así como el DFT, este equipo, es decir, el Mu-Meter, también requiere de certificación, esto es necesario para que se puedan realizar cualquier tipo de pruebas correspondientes a la medición del CF con él, garantizando así que los valores obtenidos en la evaluación concuerden con el óptimo desempeño realizado por el equipo, esta certificación es realizada de igual forma por el IMT, y cuyo proceso está documentado en el Anexo 7 de este trabajo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN

INFORME TÉCNICO

OBRA:

“MODERNIZACIÓN DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA DEL KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B (SEGUNDA ETAPA)”.

Chalco, Estado de México a 27 de Marzo de 2015.

ÍNDICE

- **INTRODUCCIÓN**

- a) Objetivo
- b) Alcance
- c) Características

- **METODOLOGÍA**

- **CÁLCULO DE ÍNDICE DE FRICCIÓN**

- **ESPECIFICACIONES**

- **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

- **CONCLUSIONES**

- **REPORTE FOTOGRÁFICO**

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



INTRODUCCIÓN

Una de las principales características que debe cumplir un pavimento es disponer de una superficie que asegure una buena adherencia con los neumáticos en todo instante y especialmente en zonas de frenado y curvas cuando el pavimento se encuentra mojado, lo cual es fundamental para la seguridad de los usuarios.

Esta adherencia pavimento - neumático o resistencia al deslizamiento va disminuyendo en el tiempo por efecto del pulimiento causado por el mismo tránsito, llegando a constituirse en un importante indicador del comportamiento del pavimento. Un parámetro importante en la adherencia es el coeficiente de fricción.

Este coeficiente se puede cuantificar físicamente arrastrando a una velocidad constante un equipo de Medición Continua de Fricción, el cual consta de dos ruedas de ensayo que rotan libremente y que forman un ángulo con la dirección del movimiento, el pavimento debe estar humedecido, debiendo estar las ruedas de ensayo bajo la aplicación de una carga estática constante. Se registra la fuerza de fricción lateral, a lo largo de toda la longitud de la superficie de ensayo y permite obtener promedios para cualquier longitud especificada.

El coeficiente de fricción depende del número de puntos de contacto entre el neumático y los pétreos del pavimento; es por ello que la calidad del pétreo juega un papel importante: entre más áspero y anguloso sea mayor fricción existirá. La capacidad drenante en la superficie (macrotextura) juega, a su vez, un papel importante al permitir con mayor rapidez la salida del agua de lluvia y reducir entonces los riesgos de hidroplaneo.

a) Objetivo.-

Este estudio se realiza para obtener el Coeficiente de fricción de la superficie de rodamiento, por medio de la operación del equipo de medición continua de fricción (CFT).

b) Alcances.-

- 1) Este método de ensayo cubre la medición del índice de fricción de superficies pavimentadas utilizando un dispositivo denominado comúnmente Mu-meter.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- 2) Este método proporciona datos del índice de fricción (y otros datos) a lo largo de toda la longitud de la superficie de ensayo que se está sometiendo a prueba, se aplica a una variedad de algoritmos computarizados que permiten la producción de resultados.
- 3) Esta información pretende enfrentar los problemas de seguridad, asociado con su uso.
- 4) El conocimiento del Índice de Fricción sirve como una herramienta adicional en la caracterización de la superficie del pavimento.

c) Características.-

Este método de ensayo utiliza un equipo que tiene dos ruedas de prueba en ángulo a la dirección del movimiento de libre rotación, sobre una superficie de rodamiento a una velocidad constante, mientras la prueba se efectúa, las ruedas están bajo una carga estática que también se mantiene invariable.

- El CFT es un dispositivo de medición remolcado por un vehículo automotor capaz de mantener una velocidad constante de 75 Km/h con una variación de ± 1.5 km/h.
- Diseñado para las normas ASTM E670, AASHTO T26.
- Los neumáticos cumplen con la norma ASTM E1551.
- Alimentación 12 V DC.
- Sistema hidráulico para ajuste de rueda del DMI (arriba o abajo).
- Sistema de flujo de agua controlado.
- Sensor de temperaturas ambiente y de la superficie de rodamiento
- Eficiente en verano e invierno, aun en presencia de nieve
- Sistema de auto calibración
- Resultados gráficos
- Computadora portátil sensible al tacto
- Luz ámbar de seguridad

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



METODOLOGÍA

1. Antes de iniciar la prueba

- I. Inspección visual para verificar que no haya daños en el equipo
- II. Comprobar presión de las llantas
- III. Enganchar CFT a vehículo de remolque
- IV. Encender equipo CFT
- V. Encender computadora
- VI. Confirmar conexión entre CFT y la computadora
- VII. Iniciar programa
- VIII. Calibración completa
- IX. Verificar altura de enganche entre CFT y vehículo de remolque.

2. Durante la prueba

- I. Verificar conexión
- II. Iniciar programa
- III. Introducir datos de proyecto
- IV. Programar longitud de tramo de prueba
- V. Poner en marcha vehículo
- VI. Iniciar colección de datos

3. Al terminar la prueba

- I. Se detiene flujo de agua
- II. Se eleva llanta de DMI
- III. Se guarda equipo e inmoviliza para su traslado

Debido a la importante influencia del agua en esta prueba, los distintos métodos han optado por normalizar los ensayos en condiciones de pavimento mojado, velocidad y tipo de neumáticos, cumpliendo nuestro equipo e inmoviliza para su traslado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE FRICCIÓN

Se realiza la medición en cinco franjas de micro carpeta SMA en donde para cada una se muestra:

- Impresión de datos obtenidos con el equipo Continuous Friction Tester.
- Tabla resumen con los datos y resultados del ensaye efectuado en cada franja de tendido.
- Carta estadística donde se aprecia gráficamente la longitud de cada franja de tendido contra la fricción reportada en cada ensaye.

ESPECIFICACIONES

N-CTR-CAR-1-04-010/09

LIBRO: CTR. CONSTRUCCIÓN

TEMA: CAR. Carreteras

PARTE: 1. CONCEPTOS DE OBRA

TÍTULO: 04. Pavimentos

CAPÍTULO: 010. Capas de Rodadura con Mezcla Asfáltica en Caliente.

H.3.RESISTENCIA A LA FRICCIÓN

Que la superficie de rodamiento de la carpeta asfáltica compactada, tenga una resistencia a la fricción en condiciones de pavimento mojado, igual o mayor a seis décimas(0.6), medida con el equipo Mu-Meter, a una velocidad de setenta y cinco (75) kilómetros por hora, por lo menos sobre la huella de la rodada externa de cada carril. El Contratista de Obra hará esta comprobación conforme a la norma ASTM E 670-94 (2000).

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

MEMORIA DE CÁLCULO ARROJADA POR LA COMPUTADORA DEL EQUIPO CON LOS DATOS OBTENIDOS DURANTE LA MEDICIÓN.¹³

PaveCFT - v2.2

Test name: CHALCO A DERECHO
 Test Created: sábado, 18 de abril de 2015 04:54:24 p. m.
 Ubicación:
 Comment:
 Scaling Coefficients

	A	B	C	
SCRIM	0	1	0	0
Temp.	-	0	1	1
Speed	0	0	1	1

CFT-Run,Start: 04:55:17 p. m.
 Dirección: Up
 Ubicación:
 Latitud:
 Longitud:
 Altitud: M
 Sección:
 Carril:
 Punto Inicial: 29.563 km
 Tiempo: Seco
 Operador: PTEngineer
 Mojar: On,Depth: 0.5 mm
 Units: Metric
 Load cell zero: -40
 DMI: 12626
 Mu Calib M: 1 C: 0
 AutoCom distance: 10 metros

Total Average Uncor	0.692
1/3 Average Uncor	0.692
2/3 Average Uncor	0.683
3/3 Average Uncor	0.701

Distance(metros)	Mu	Speed(km/h)	Tamb(°C)	Tsurf(°C)	Wpress(psi)	FlowRate(l/min)	Comment
29570	0.691	13.9	23	21.5	56	124.2	
29580	0.701	20.9	23	21.5	56	120.8	
29590	0.729	28.5	23	21.5	56	117.3	
29600	0.729	34	23	22	56	115.5	
29610	0.728	37.5	23	21.5	56	118.8	
29620	0.721	40.6	23	21.5	56	121.5	
29630	0.715	41.3	23	21.5	56	117.8	
29640	0.727	42.5	23	21.5	56	116.5	
29650	0.742	45.4	23	21.5	55.5	122.3	
29660	0.731	47.4	23	21.5	55.5	121	
29670	0.702	49.4	23	21.5	55.5	115.5	
29680	0.701	50.5	23	21.5	55.5	121.3	
29690	0.685	51.3	23	21.5	55.5	123.4	
29700	0.692	52.8	23	21.5	55.5	117.4	
29710	0.704	53.1	23	21	55.5	115.5	
29720	0.685	53.6	23	21	55.5	115.3	
29730	0.684	55.1	23	21	55.5	122.6	
29740	0.722	55	23	21	55.5	119.6	
29750	0.759	56.3	23	21	55.5	114.3	
29760	0.749	56.6	23	21	55.5	123.2	

1 de 19

¹³ Estos datos posteriormente son utilizados (mediante una hoja de cálculo vinculada de Excel), en el resumen de valores para realizar el análisis de resultados correspondiente a la medición, como se puede apreciar, aparecen 7 columnas, en orden de izquierda a Derecha que corresponden a la distancia recorrida, el CF, la velocidad alcanzada, la temperatura ambiente, la temperatura del pavimento, la presión de los neumáticos y el flujo de agua dosificado durante la prueba, también se puede observar en la parte inferior derecha, el total de hojas pertenecientes a esta memoria de cálculo, sin embargo para efectos de esta Tesis, se ejemplificará con solo algunas.

Distance(metros)	Mu	Speed(km/h)	Tamb(°C)	Tsurf(°C)	Wpress(psi)	FlowRate(l/min)	Comment
29770	0.731	57	23	20.5	55	120.8	
29780	0.739	57.6	23	20.5	55	118.4	
29790	0.733	58.5	23	20.5	55	118.1	
29800	0.688	58.5	23	20	55	121.5	
29810	0.663	59.6	23	21	55	119.6	
29820	0.671	59.9	23	20.5	55	120.9	
29830	0.661	60.4	22.5	20.5	54.5	116.9	
29840	0.66	61.5	22.5	21	54.5	119.9	
29850	0.667	62.3	22.5	20.5	54.5	120.1	
29860	0.677	62.5	22.5	20.5	54.5	117.2	
29870	0.619	62.8	22.5	21	54.5	117	
29880	0.667	63.6	22.5	21	54.5	121.3	
29890	0.637	64.1	22.5	21	54	116.1	
29900	0.638	64.5	22.5	21	54	124.7	
29910	0.639	64.4	22.5	21	54	119.9	
29920	0.681	65.9	22.5	21	47.5	115.4	
29930	0.715	65.4	22.5	21	47.5	114.7	
29940	0.709	65.5	22.5	21	47.5	123.9	
29950	0.695	65.6	22.5	21	47.5	118.4	
29960	0.679	66.3	22.5	20.5	47.5	123.7	
29970	0.675	66.4	22.5	20.5	47.5	115.3	
29980	0.654	66.3	22.5	20.5	47.5	119.9	
29990	0.667	67	22.5	20.5	47.5	116.2	
30000	0.694	66.8	22.5	20.5	47	114.3	
30010	0.665	67.4	22.5	20.5	47.5	122.8	
30020	0.663	67	22.5	20.5	47	125.8	
30030	0.658	67.6	22	20.5	47	125.9	
30040	0.654	67.4	22	20.5	47	116.5	
30050	0.669	67.8	22	21	47	114.5	
30060	0.696	67.6	22	21	47	125	
30070	0.709	67.6	22	21	47	116.2	
30080	0.676	67.3	22	21	47	125	
30090	0.688	67.9	22	21	47	115.3	
30100	0.675	67.5	22	21	46.5	118.1	
30110	0.687	67.5	22	21	46.5	116	
30120	0.721	67.5	22	21	46.5	123.7	
30130	0.717	67.5	22	21	46.5	124.9	
30140	0.695	67.6	22	20.5	46.5	119.7	
30150	0.667	68	22	20.5	46.5	118.7	
30160	0.664	67.6	22	20.5	46.5	115.1	
30170	0.656	67.1	21.5	20.5	46	115.7	
30180	0.665	67.4	21.5	20.5	46	118.3	
30190	0.661	67.4	21.5	20.5	46	118.7	
30200	0.704	67.3	21.5	20.5	46	118.8	
30210	0.651	67.9	21.5	20.5	46	116.4	
30220	0.67	67.3	21.5	20.5	46	119.1	
30230	0.704	65.9	21.5	20.5	46	116.2	
30240	0.68	65.5	21.5	20.5	45.5	115.1	
30250	0.653	65.6	21	20.5	46	121.4	
30260	0.642	64.6	21	20.5	45.5	118	
30270	0.646	64.3	21	20.5	45.5	121.6	
30280	0.685	64.5	21	20.5	45.5	125.3	
30290	0.658	64.5	21	20.5	45.5	125.6	
30300	0.704	63.9	21	20.5	45.5	114.8	
30310	0.673	63.4	21	20.5	45.5	118.5	
30320	0.691	64.9	21	20.5	45.5	118.6	

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

PaveCFT - v2.2

Test name: CHALCO CPO A CARRIL IZQUIERDO
 Test Created: sábado, 18 de abril de 2015 04:11:06 p. m.
 Ubicación:
 Comment:

Scaling Coefficients

	A	B	C	
SCRIM		0	1	0
Temp.	-		0	1
Speed		0	0	1

CFT-Run,Start: 04:14:09 p. m.

Dirección: Up

Ubicación:

Latitud

:

Longitud:

Altitud: M

Sección:

Carril:

Punto inicial: 29.573 km

Tiempo: Seco

Operador: PTEngineer

Mojar: On,Depth: 0.5 mm

Units: Metric

Load cell zero: -40

DMI: 12626

Mu Calib M: 1 C: 0

AutoCom distance: 10 metros

Total Average Uncorr 0.726

1/3 Average Uncorr 0.731

2/3 Average Uncorr 0.725

3/3 Average Uncorr 0.721

Distance(metros)	Mu	Speed(km/h)	Tamb(°C)	Tsurf(°C)	Wpress(psi)	FlowRate(l/min)	Comment
29580	0.724	12.3	21.5	27.5	56	114.19	
29590	0.762	20	21.5	27.5	56	120.47	
29600	0.767	26.6	21.5	27.5	55.5	118.22	
29610	0.762	34	21.5	28	55.5	112.1	
29620	0.749	37.8	21.5	28	55.5	119.38	
29630	0.741	40.6	21.5	28	55.5	121.83	
29640	0.752	42.8	21.5	28	55.5	114.8	
29650	0.735	44.6	21.5	28	55.5	112.6	
29660	0.731	45.8	21.5	28.5	55.5	120.74	
29670	0.728	46	21.5	28.5	55.5	123.07	
29680	0.731	47.3	21.5	28.5	55.5	121.54	
29690	0.731	48.9	21.5	28.5	55	121.28	
29700	0.728	49.8	21.5	28.5	55	121.28	
29710	0.717	50.9	21.5	28.5	55	120.13	
29720	0.733	51.8	21.5	28.5	55	114.46	
29730	0.714	52.8	21.5	28.5	55	123.24	
29740	0.724	53.3	21.5	28.5	55	113.68	
29750	0.708	53.9	21.5	28.5	55	122.48	
29760	0.712	54.8	21.5	28.5	55	115.45	
29770	0.727	55.5	21.5	28	55	120.47	

5 de 19

Distance(metros)	Mu	Speed(km/h)	Tamb(°C)	Tsurf(°C)	Wpress(psi)	FlowRate(l/min)	Comment
29780	0.701	56.2	21.5	28	55	113.22	
29790	0.684	56.5	21.5	28	55	113.23	
29800	0.702	57.3	21.5	28	54.5	112.97	
29810	0.709	58.1	21.5	28	55	111.82	
29820	0.703	58.4	21.5	28	54.5	112.46	
29830	0.711	58.9	21.5	28	54.5	122.53	
29840	0.717	59.4	21.5	28	54.5	121.12	
29850	0.724	60	21.5	28	54.5	119.57	
29860	0.725	59.9	21.5	28	54.5	119.49	
29870	0.724	60.6	21.5	28	54.5	114.69	
29880	0.716	60.9	21.5	28	54.5	120.08	
29890	0.721	60.8	21.5	28	54.5	118.24	
29900	0.718	61	21.5	28	54.5	114.77	
29910	0.684	62.1	21.5	28	54.5	120.39	
29920	0.701	61.6	21.5	28	54.5	116.17	
29930	0.7	62.1	21.5	28	54.5	118.26	
29940	0.708	62.4	21	28	54.5	121.56	
29950	0.706	63	21.5	27.5	54	120.63	
29960	0.737	63	21	27.5	54.5	122.25	
29970	0.734	63.1	21	27.5	54	120.79	
29980	0.729	63.8	21	27.5	54	120.61	
29990	0.766	63.8	21	27	54	115.96	
30000	0.747	64.5	21	27	54	115.74	
30010	0.762	63.8	21	27	54	122.79	
30020	0.772	64.6	21	26.5	54	112.05	
30030	0.757	65.2	21	26.5	54	115.68	
30040	0.768	65.4	21	26.5	54	122.73	
30050	0.779	65.5	21	26.5	54	113.46	
30060	0.757	65.6	21	26.5	54	113.53	
30070	0.778	65.3	20.5	26	54	117.83	
30080	0.741	65.5	20.5	26	54	120.24	
30090	0.731	65.3	20.5	26	54	117.7	
30100	0.733	66.1	20.5	26	54	120.15	
30110	0.74	65.6	20.5	26	54	119.7	
30120	0.715	66.3	20.5	26	54	119.9	
30130	0.722	66	20.5	25.5	54	117.9	
30140	0.72	65.9	20.5	25.5	54	115.57	
30150	0.749	66.5	20.5	25.5	54	114.24	
30160	0.736	66.6	20	25.5	53.5	118.08	
30170	0.717	66.3	20	25.5	53.5	116.14	
30180	0.727	66	20	25.5	53.5	120.05	
30190	0.713	65.6	20	25	53.5	114.56	
30200	0.744	65.4	20	25	53.5	121.67	
30210	0.738	63.8	20	24.5	53.5	115.01	
30220	0.727	64.5	20	24.5	53.5	117.53	
30230	0.747	64.4	20	24	53.5	114.47	
30240	0.766	63.9	20	24	53.5	112.68	
30250	0.74	64.4	20	24	53.5	119.4	
30260	0.773	64.4	20	23.5	53.5	112.58	
30270	0.717	64	20	23.5	53	120.5	
30280	0.759	63.2	19.5	23.5	53.5	113.11	
30290	0.751	62.8	19.5	23	53	117.44	
30300	0.693	62.5	19.5	23	53	123.36	
30310	0.757	62.4	19.5	23	53	112.41	
30320	0.727	63.1	19.5	23	53	114.71	
30330	0.765	63.6	19.5	23	53	119.72	

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

PaveCFT - v2.2

Test name: CHALCO CPO B LADO DERECHO
 Test Created: sábado, 18 de abril de 2015 04:01:04 p. m.
 Ubicación:
 Comment:

Scaling Coefficients

	A	B	C	
SCRIM		0	1	0
Temp.	-		0	1
Speed		0	0	1

CFT-Run,Start: 04:02:11 p. m.

Dirección: Up

Ubicación:

Latitud

:

Longitud:

Altitud: M

Sección:

Carril:

Punto inicial: 29.517 km

Tiempo: Seco

Operador: PTEngineer

Mojar: On,Depth: 0.5 mm

Units: SI

Load cell zero: -40

DMI: 12626

Mu Calib M: 1 C: 0

AutoCom distance: 10 metros

Total Average Uncorr 0.712

1/3 Average Uncorr 0.69

2/3 Average Uncorr 0.715

3/3 Average Uncorr 0.73

Distance(metros)	Mu	Speed(km/h)	Tamb(°C)	Tsurf(°C)	Wpress(psi)	FlowRate(l/min)	Comment
29530	0.695	18.1	26.5	21	48.5	119.4	
29540	0.698	28.3	26.5	21	48.5	117	
29550	0.705	35	26	21	48.5	123.26	
29560	0.702	39.4	26.5	21	48	120.09	
29570	0.705	42.8	26.5	21	48	119.29	
29580	0.696	45	26.5	21	48	125.69	
29590	0.707	47.3	26.5	21	48	114.87	
29600	0.706	48.1	26.5	21	48	120.7	
29610	0.698	49.5	26.5	21	48	115.58	
29620	0.685	51.9	26.5	21	48	118.56	
29630	0.688	53.9	26.5	21	48	118.7	
29640	0.673	55.8	26.5	21	47.5	123.16	
29650	0.676	57.6	26.5	21	47.5	124.52	
29660	0.674	59.8	26.5	21	47.5	114.44	
29670	0.673	61	26.5	21	47.5	121.96	
29680	0.679	61.9	26.5	21	47.5	124.2	
29690	0.686	63	26.5	21	47.5	121.44	
29700	0.685	63.4	26	21	47	120.77	
29710	0.676	64.3	26.5	21	46.5	122.04	
29720	0.681	65.3	26.5	21	46.5	122.96	

9 de 19

PaveCFT - v2.2

Test name: CHALCO CPO B IZQUIERDO
 Test Created: sábado, 18 de abril de 2015 04:05:21 p. m.
 Ubicación:
 Comment:

Scaling Coefficients

	A	B	C	
SCRIM		0	1	0
Temp.	-		0	1
Speed		0	0	1

CFT-Run,Start: 04:06:42 p. m.

Dirección: Down

Ubicación:

Latitud

:

Longitud:

Altitud: M

Sección:

Carril:

Punto inicial: 31.297 km

Tiempo: Seco

Operador: PTEngineer

Mojar: On,Depth: 0.5 mm

Units: SI

Load cell zero: -40

DMI: 12626

Mu Calib M: 1 C: 0

AutoCom distance: 10 metros

Total Average Uncorr: 0.701

1/3 Average Uncorr: 0.697

2/3 Average Uncorr: 0.724

3/3 Average Uncorr: 0.681

Distance(metros)	Mu	Speed(km/h)	Tamb(°C)	Tsurf(°C)	Wpress(psi)	FlowRate(l/min)	Comment
31280	0.753	17.6	22.5	25	55.5	118.66	
31270	0.7	29	22.5	25.5	55	124.45	
31260	0.684	34.9	22.5	25.5	55	121.75	
31250	0.692	38.8	23	25.5	54.5	118.43	
31240	0.664	41.8	23	25.5	54.5	118.41	
31230	0.693	43.9	23	25.5	54.5	123.74	
31220	0.662	45.6	23	26	54.5	119.24	
31210	0.76	48.1	23	26	54.5	122.03	
31200	0.719	49.1	23	25.5	54.5	120.21	
31190	0.728	50.1	23	25.5	54.5	125.55	
31180	0.719	51.1	23	25.5	54.5	118.49	
31170	0.717	50.8	23	25.5	54	120.24	
31160	0.739	50.6	23	25.5	54	124.08	
31150	0.72	50.8	23	25	54	119.43	
31140	0.715	49.8	23	25	47.5	122.69	
31130	0.691	49.8	23	25	47.5	117.84	
31120	0.715	50.3	23	25	47.5	119.07	
31110	0.705	51.5	23	25	47.5	118.89	
31100	0.687	53.3	23	25	47.5	121.27	
31090	0.688	54	23	25	47.5	119.21	

13 de 19

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

PaveCFT - v2.2

Test name: CHALCO CPO B, CARRIL 1 (COSTADO DE BARRERAS)

Test Created: sábado, 18 de abril de 2015 04:59:15 p. m.

Ubicación:

Comment:

Scaling Coefficients

	A	B	C	
SCRIM		0	1	0
Temp.	-		0	1
Speed		0	0	1

CFT-Run,Start: 05:00:13 p. m.

Dirección: Down

Ubicación:

Latitud

:

Longitud:

Altitud: M

Sección:

Carril:

Punto inicial: 31.323 km

Tiempo: Seco

Operador: PTEngineer

Mojar: On,Depth: 0.5 mm

Units: Metric

Load cell zero: -40

DMI: 12626

Mu Calib M: 1 C: 0

AutoCom distance: 10 metros

Total Average Uncorr 0.678

1/3 Average Uncorr 0.681

2/3 Average Uncorr 0.673

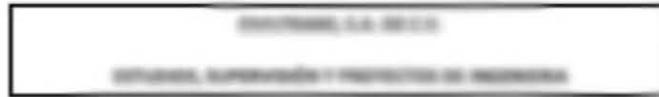
3/3 Average Uncorr 0.68

Distance(metros)	Mu	Speed(km/h)	Tamb(°C)	Tsurf(°C)	Wpress(psi)	FlowRate(l/min)	Comment
31320	0.661	13.6	20	27	48.5	124.5	
31310	0.679	20.6	20	27	48.5	124.4	
31300	0.687	27.6	20	27	48.5	125.2	
31290	0.694	33.8	20	27	48.5	122	
31280	0.702	37.6	20	26.5	48.5	123.3	
31270	0.687	40.6	20	26	48.5	118.1	
31260	0.685	43.6	20	26.5	48	120.4	
31250	0.686	46	20	26	48	124.1	
31240	0.682	47.8	20	25.5	48	123.3	
31230	0.683	49.4	20	25.5	48	118.7	
31220	0.67	49.3	20	24.5	48	123.5	
31210	0.684	51.1	20	24.5	48	125.3	
31200	0.681	53.3	20	24.5	48	119.3	
31190	0.677	55.3	20	24.5	48	119.6	
31180	0.679	57.1	20	24	48	118.4	
31170	0.675	58	20	24	48	115.2	
31160	0.681	58.4	20	24	48	124.2	
31150	0.683	57.1	20	23.5	48	115.3	
31140	0.645	56.1	20	23.5	45.5	122.8	
31130	0.666	56.8	20	23.5	45	121.1	

17 de 19

Distance(metros)	Mu	Speed(km/h)	Tamb(°C)	Tsurf(°C)	Wpress(psi)	FlowRate(l/min)	Comment
30560	0.66	84.8	18.5	18.5	25	43.5	125
30550	0.67	84	18.5	18.5	25	43.5	125.3
30540	0.683	83.2	18.5	18.5	25	43.5	116.1
30530	0.673	82.8	18.5	18.5	24.5	43.5	115
30520	0.663	84.3	18.5	18.5	24.5	43.5	125.8
30510	0.648	81.2	18.5	18.5	24.5	43.5	114.9
30500	0.672	82	18.5	18.5	24.5	43.5	115.9
30490	0.692	81.8	18.5	18.5	24.5	43.5	121.6
30480	0.715	81.5	18.5	18.5	24.5	43.5	124.6
30470	0.649	82	18.5	18.5	24.5	43.5	116
30460	0.679	80.4	18.5	18.5	24	43.5	118.6
30450	0.691	81.3	18.5	18.5	24	43.5	118.6
30440	0.699	81.3	18	18	23.5	43.5	121.9
30430	0.672	80.6	18	18	23.5	43.5	119.9
30420	0.703	80.9	18	18	23.5	43.5	122.2
30410	0.689	80.5	18	18	23	43.5	114
30400	0.686	80.1	18	18	23	43.5	123.2
30390	0.692	80.8	18	18	23	43.5	120.1
30380	0.686	80.9	18	18	23	43.5	123.5
30370	0.683	80.5	18	18	23	43.5	119
30360	0.686	79.5	18	18	23	43	120.5
30350	0.68	79	18	18	22.5	43	122.3
30340	0.68	78.5	18	18	22.5	43	115.1
30330	0.696	77.5	18	18	22.5	43	124.2
30320	0.692	78.3	18	18	22	43	124.1
30310	0.704	76	18	18	22	43	121.4
30300	0.681	77	18	18	22	43	115.7
30290	0.682	76.6	18	18	21.5	43	120.3
30280	0.661	76.4	18	18	21.5	43	121.3
30270	0.641	76	18	18	21.5	43	117.9
30260	0.675	76.4	18	18	21.5	43	114.3
30250	0.666	76.1	18	18	21.5	43	123.4
30240	0.672	78	17.5	17.5	21.5	43	115.5
30230	0.668	77.3	18	18	21.5	43	118.1
30220	0.686	77	17.5	17.5	21.5	43	115.1
30210	0.698	77.8	17.5	17.5	21.5	43	121.7
30200	0.706	78.4	17.5	17.5	21.5	43	114.1
30190	0.636	76.6	17.5	17.5	21.5	43	126
30180	0.701	75.5	17.5	17.5	21	43	114.1
30170	0.683	77.3	17.5	17.5	21	43	122.3
30160	0.695	77.5	17.5	17.5	21	43	122.3
30150	0.668	76.4	17.5	17.5	21	42.5	121.5
30140	0.683	76	17.5	17.5	21	43	118.8
30130	0.667	75.3	17.5	17.5	21	43	119.2
30120	0.668	76	17.5	17.5	21	42.5	115.9
30110	0.683	73.5	17.5	17.5	21	43	115.5
30100	0.666	72.8	17.5	17.5	21	42.5	118
30090	0.681	70.9	17.5	17.5	21	43	125
30080	0.683	68.6	17.5	17.5	21	43	118.2
30070	0.676	67.5	17.5	17.5	21	42.5	117.6
30060	0.676	66.6	17.5	17.5	21	43	119.5
30050	0.682	65.6	17.5	17.5	21.5	42.5	115.7

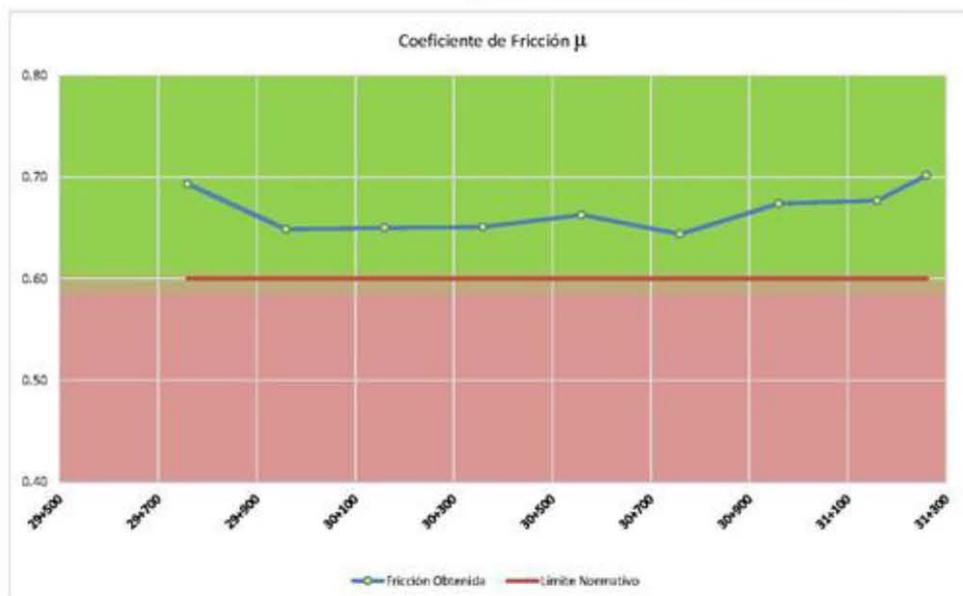
ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

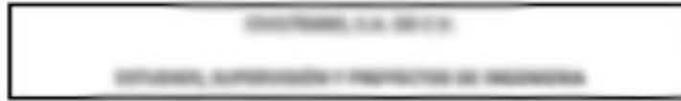


OBRA:	"MODERNIZACIÓN DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA DEL KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B (SEGUNDA ETAPA)."	FECHA DE CALCULO:	18 DE ABRIL DE 2015
CARRETERA:	MÉXICO - PUEBLA	EQUIPO UTILIZADO:	CFT PAVETESTING
TRAMO:	KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B	TIPO DE SUPERFICIE:	CARPETA TIPO SMA
ESTADO:	EDO. DE MÉXICO	CAPA ANALIZADA:	CAPA DE RODADURA
EJECUTORA:	CONSTRUCIONES Y OBRAS CIVILES, S.A. DE CV		
CONTRATO:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS, CPO "A" CARRIL DERECHO

KILOMETRAJE		VELOCIDAD PROMEDIO	TEMPERATURA DEL PAVIMENTO	FLUJO DE AGUA	FRICCIÓN PROMEDIO (Mu)	FRICCIÓN CORREGIDA 1.2243*Mu - 0.1822	ESTADO SUPERFICIAL
DEL KM.	AL KM.						
29+560	29+760	44.29	21.38	119.19	0.71	0.69	CUMPLE NORMATIVA
29+760	29+960	62.30	20.75	119.43	0.68	0.65	CUMPLE NORMATIVA
29+960	30+160	67.37	20.73	119.45	0.68	0.65	CUMPLE NORMATIVA
30+160	30+360	65.72	20.58	118.68	0.68	0.65	CUMPLE NORMATIVA
30+360	30+560	68.11	19.83	121.06	0.69	0.66	CUMPLE NORMATIVA
30+560	30+760	68.56	19.75	120.53	0.67	0.64	CUMPLE NORMATIVA
30+760	30+960	67.78	20.13	119.97	0.70	0.67	CUMPLE NORMATIVA
30+960	31+160	59.79	22.35	119.94	0.70	0.68	CUMPLE NORMATIVA
31+160	31+260	54.25	22.55	119.56	0.72	0.70	CUMPLE NORMATIVA
VALOR PROMEDIO:						0.67	





OBRA: MODERNIZACIÓN DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA DEL KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B (SEGUNDA ETAPA).
CARRETERA: MÉXICO - PUEBLA
TRAMO: KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B
ESTADO: EDO. DE MÉXICO
EJECUTORA: ALUMBRADO CONSULTORES, S.A. DE C.V.
CONTRATO: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

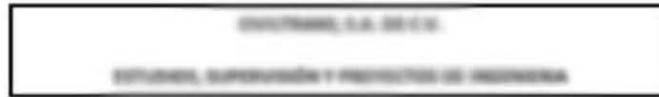
FECHA DE CALCULO: 18 DE ABRIL DE 2015
EQUIPO UTILIZADO: CFT PAVETESTING
TIPO DE SUPERFICIE: CARPETA TIPO SMA
CAPA ANALIZADA: CAPA DE RODADURA

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS, CPO "A" CARRIL IZQUIERDO

KILOMETRAJE		VELOCIDAD PROMEDIO	TEMPERATURA DEL PAVIMENTO	FLUJO DE AGUA	FRICCIÓN PROMEDIO (Mu)	FRICCIÓN CORREGIDA 1.2243*Mu - 0.1822	ESTADO SUPERFICIAL
DEL KM.	AL KM.						
29+570	29+770	43.48	28.20	118.57	0.73	0.72	CUMPLE NORMATIVA
29+770	29+970	60.27	27.93	117.71	0.71	0.69	CUMPLE NORMATIVA
29+970	30+170	65.38	26.23	117.50	0.75	0.73	CUMPLE NORMATIVA
30+170	30+370	64.23	23.65	117.19	0.74	0.73	CUMPLE NORMATIVA
30+370	30+570	67.15	22.20	117.46	0.71	0.69	CUMPLE NORMATIVA
30+570	30+770	68.60	22.25	117.39	0.70	0.68	CUMPLE NORMATIVA
30+770	30+970	68.98	22.58	117.96	0.73	0.71	CUMPLE NORMATIVA
30+970	31+170	61.43	22.55	116.84	0.73	0.71	CUMPLE NORMATIVA
VALOR PROMEDIO:						0.71	



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



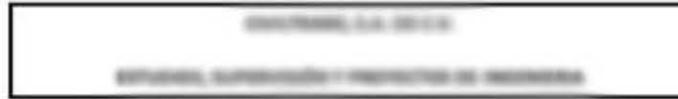
OBRA: "MODERNIZACIÓN DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA DEL KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B (SEGUNDA ETAPA)."
 CARRETERA: MÉXICO - PUEBLA
 TRAMO: KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B
 ESTADO: EDO. DE MÉXICO
 EJECUTORA: CONESTRA, S.A. DE C.V.
 CONTRATO: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

FECHA DE CALCULO: 18 DE ABRIL DE 2015
 EQUIPO UTILIZADO: CFT PAVETESTING
 TIPO DE SUPERFICIE: CARPETA TIPO SMA
 CAPA ANALIZADA: CAPA DE RODADURA

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS, CPO "B" CARRIL DERECHO

KILOMETRAJE		VELOCIDAD PROMEDIO	TEMPERATURA DEL PAVIMENTO	FLUJO DE AGUA	FRICCIÓN PROMEDIO (Mu)	FRICCIÓN CORREGIDA 1.2243*Mu - 0.1822	ESTADO SUPERFICIAL
DEL KM.	AL KM.						
29+520	29+720	50.57	21.00	120.43	0.69	0.66	CUMPLE NORMATIVA
29+720	29+920	69.94	21.08	120.86	0.68	0.65	CUMPLE NORMATIVA
29+920	30+120	72.50	20.53	119.98	0.70	0.68	CUMPLE NORMATIVA
30+120	30+320	66.00	21.70	120.41	0.71	0.69	CUMPLE NORMATIVA
30+320	30+520	65.88	23.10	120.91	0.72	0.70	CUMPLE NORMATIVA
30+520	30+720	68.16	25.58	119.27	0.72	0.70	CUMPLE NORMATIVA
30+720	30+920	63.48	26.38	120.54	0.72	0.70	CUMPLE NORMATIVA
30+920	31+120	59.30	28.33	119.84	0.73	0.71	CUMPLE NORMATIVA
31+120	31+240	37.83	28.04	118.90	0.76	0.75	CUMPLE NORMATIVA
VALOR PROMEDIO:						0.69	





OBRA: "MODERNIZACIÓN DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA DEL KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B (SEGUNDA ETAPA)."
 CARRETERA: MÉXICO - PUEBLA
 TRAMO: KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B
 ESTADO: EDO. DE MÉXICO
 EJECUTORA: CONSTRUMEX, S.A. DE C.V.
 CONTRATO: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

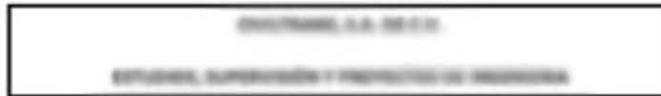
FECHA DE CALCULO: 18 DE ABRIL DE 2015
 EQUIPO UTILIZADO: CFT PAVESTESTING
 TIPO DE SUPERFICIE: CARPETA TIPO SMA
 CAPA ANALIZADA: CAPA DE RODADURA

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS, CPO "B" IZQUIERDO

KILOMETRAJE		VELOCIDAD PROMEDIO	TEMPERATURA DEL PAVIMENTO	FLUJO DE AGUA	FRICCIÓN PROMEDIO (Mu)	FRICCIÓN CORREGIDA $1.2243 * Mu - 0.1822$	ESTADO SUPERFICIAL
DEL KM.	AL KM.						
31+290	31+090	45.55	25.35	120.68	0.71	0.68	CUMPLE NORMATIVA
31+090	30+890	64.11	24.23	121.50	0.68	0.66	CUMPLE NORMATIVA
30+890	30+690	70.67	23.10	120.91	0.70	0.68	CUMPLE NORMATIVA
30+690	30+490	70.04	22.35	120.47	0.71	0.69	CUMPLE NORMATIVA
30+490	30+290	68.18	21.50	118.62	0.75	0.74	CUMPLE NORMATIVA
30+290	30+090	75.95	20.10	120.53	0.69	0.66	CUMPLE NORMATIVA
30+090	29+890	80.16	20.00	119.63	0.68	0.66	CUMPLE NORMATIVA
29+890	29+690	75.40	20.58	120.99	0.66	0.63	CUMPLE NORMATIVA
29+690	29+560	60.71	20.92	120.31	0.70	0.67	CUMPLE NORMATIVA
VALOR PROMEDIO:						0.67	



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



OBRA: "MODERNIZACIÓN DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA DEL KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B (SEGUNDA ETAPA)."
CARRETERA: MÉXICO - PUEBLA
TRAMO: KM.29+300 AL KM.31+800 CUERPO A Y B
ESTADO: EDO. DE MÉXICO
EJECUTORA: ALUMBRÍA CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.
CONTRATO: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

FECHA DE CALCULO: 18 DE ABRIL DE 2015
EQUIPO UTILIZADO: CFT PAVETESTING
TIPO DE SUPERFICIE: CARPETA TIPO SMA
CAPA ANALIZADA: CAPA DE RODADURA

RESUMEN DE VALORES OBTENIDOS, CPO "B" FRANJA XX (COSTADO DE BARRERAS)

KILOMETRAJE		VELOCIDAD PROMEDIO	TEMPERATURA DEL PAVIMENTO	FLUJO DE AGUA	FRICCIÓN PROMEDIO (Mu)	FRICCIÓN CORREGIDA 1.2243*Mu - 0.1822	ESTADO SUPERFICIAL
DEL KM.	AL KM.						
31+330	31+130	45.7	25.2	121.4	0.68	0.65	CUMPLE NORMATIVA
31+130	30+930	70	24	121	0.68	0.65	CUMPLE NORMATIVA
30+930	30+730	80	24	120	0.67	0.64	CUMPLE NORMATIVA
30+730	30+530	85	25	120	0.67	0.64	CUMPLE NORMATIVA
30+530	30+330	81	24	120	0.68	0.65	CUMPLE NORMATIVA
30+330	30+130	77	21	119	0.68	0.65	CUMPLE NORMATIVA
30+130	30+050	70	21	118	0.68	0.65	CUMPLE NORMATIVA
VALOR PROMEDIO:						0.65	





SERVICIOS DE INGENIERÍA Y CONSULTORÍA

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Sitio de estudio: Autopista México – Puebla, Km.29+300 al Km.31+800 cuerpo A y B

TRAMO	PROMEDIO INDICE DE FRICCIÓN	CALIFICACIÓN
Km 29+560 al Km 31+260, Carril Derecho, Cpo A.	0.67	CUMPLE CON NORMATIVA
Km 29+570 al Km 31+170, Carril Izquierdo, Cpo A.	0.71	CUMPLE CON NORMATIVA
Km 29+520 al Km 31+240, Carril Derecho, Cpo B.	0.69	CUMPLE CON NORMATIVA
Km 29+560 al Km 31+290, Carril Izquierdo, Cpo B.	0.67	CUMPLE CON NORMATIVA
Km 30+050 al Km 31+330, Carril XXXXX, Cpo B.	0.65	CUMPLE CON NORMATIVA

- I. De acuerdo a los resultados obtenidos en la verificación del tramo, la supervisión de obra, CIVILTRANS, S.A. DE C.V., determina que: el tramo verificado cumple con la normativa correspondiente, esto, al presentar un Coeficiente de Fricción promedio mayor a 0.60 en todos los ensayos realizados, por lo que, no se emite observación alguna en cuanto a mejoras en la superficie de rodamiento para incrementar el parámetro evaluado.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Reporte Fotográfico

A manera de complemento, se integran las siguientes fotografías correspondientes a la medición del Coeficiente de Fricción, utilizando el DFT y el Mu-Meter.



Retroreflexión Horizontal

Parte de los trabajos adicionales que tienen que ser realizados al momento de evaluar la Retroreflexión del señalamiento horizontal y que son requeridos por la Secretaría, son verificar las dimensiones de las marcas pintadas sobre el pavimento (Ancho y Espesor), así como la determinación de la dosificación de la pintura (litros por metro lineal), la cantidad de pruebas que se tienen que realizar para estas verificaciones (incluyendo la Retroreflexión) en el caso de la Supervisión será de 1 prueba a cada 200 ml en una longitud de 1 kilómetro, sumando un total de 5 pruebas, con una periodicidad de 1 lote de 15 pruebas representativas de 1 kilómetro por cada 10 kilómetros de línea de pintura aplicada. Es importante aclarar que se deberá verificar todo lo anterior solamente si la medición se realiza justo en el momento en el cual se esté tendiendo la pintura sobre la superficie de rodadura, es decir, dentro del parámetro *inicial* del coeficiente de reflexión, para el caso de que la evaluación se realice a los 180 días o durante la vida de proyecto de la pintura, solamente se podrán verificar el ancho de la línea y su Retroreflexión correspondiente. En la fotografía siguiente se podrá observar la evaluación de la Retroreflexión en la carretera Saltillo – Torreón, cuyo informe se podrá apreciar a continuación, mientras tanto, en la fotografía 6.10 se muestra como se realiza la dosificación de la microesfera posterior al pintado del señalamiento horizontal.

Fotografía 6.9 Medición de la Retroreflexión en Marca M-3.1, pintada sobre Carpeta Hidráulica.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Fotografía 6.10 Dosificación de Microesfera.



SCT SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS DIRECCION TECNICA DEPARTAMENTO DE PAVIMENTOS		FORMATO SE-0.8-01																											
OBRA:	TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA MEDIANTE RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE GRANULOMETRIA DENSA DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALT.-TORR DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS, EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA		SUPERVISORA:																												
			CONTRATO:																												
CARETERA:	SALTILLO - TORREON	No. LOTE:	46																												
TRAMO:	DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE MUESTREO :	15/11/2014																												
MUESTREO DEL KM:	KM 70+000 AL KM 70+800	PERIODO DE INFORME :	01 AL 30 DE NOVIEMBRE																												
EJECUTORA:		NORMA:	N.CMT.5.01.001/13																												
CONTRATO:																															
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL																															
DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE LINEA MUESTREDA:																															
M-7, RAYA CENTRAL DISCONTINUA DE 10 CMS, COLOR AMARILLO, 200 MCD/LX/M2																															
RESUMEN DE LA VERIFICACIÓN																															
			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TIPO DE PRUEBA</th> <th rowspan="2">ESPECIFICACIÓN</th> <th rowspan="2">OBTENIDO</th> <th colspan="2">VERIFICACIÓN</th> </tr> <tr> <th>ACEPTADO</th> <th>RECHAZADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ANCHO</td> <td>10</td> <td>10.02</td> <td style="background-color: black;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESPESOR</td> <td>0.38</td> <td>0.39</td> <td style="background-color: black;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RETRO REFLEXIÓN</td> <td>200</td> <td>205.40</td> <td style="background-color: black;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DOSIFICACIÓN</td> <td>0.038 (lt/m)</td> <td>0.039 (lt/m)</td> <td style="background-color: black;"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		TIPO DE PRUEBA	ESPECIFICACIÓN	OBTENIDO	VERIFICACIÓN		ACEPTADO	RECHAZADO	ANCHO	10	10.02			ESPESOR	0.38	0.39			RETRO REFLEXIÓN	200	205.40			DOSIFICACIÓN	0.038 (lt/m)	0.039 (lt/m)		
TIPO DE PRUEBA	ESPECIFICACIÓN	OBTENIDO	VERIFICACIÓN																												
			ACEPTADO	RECHAZADO																											
ANCHO	10	10.02																													
ESPESOR	0.38	0.39																													
RETRO REFLEXIÓN	200	205.40																													
DOSIFICACIÓN	0.038 (lt/m)	0.039 (lt/m)																													
 ACEPTADO RECHAZADO																															
DICTAMEN TECNICO:																															
EL SUBTRAMO EVALUADO CUMPLE CON NORMATIVA SCT																															
 JEFE DE LABORATORIO		 JEFE DE SUPERVISIÓN																													

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



VERIFICACION DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

VERIFICACION No. 46

DESCRIPCION DE LA OBRA:

TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA MEDIANTE RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE GRANULOMETRIA DENSA DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALT -TORR. DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS; EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA.

CARRETERA: SALTILLO-TORREÓN

TRAMO: SALTILLO-TORREÓN

SUB TRAMO: DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000

EJECUTORA: [REDACTED]

DESCRIPCION DEL TIPO DE MUESTREO:

M-7, RAYA CENTRAL DISCONTINUA DE 10 CMS, COLOR AMARILLO, 200 MCD/LX/M2

UBICACIÓN DEL MUESTREO:

KM 70+000 AL KM 70+800

FSSVSH-01

<p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA</p> <p>SECRETARÍA DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES</p>

INFORME DE VERIFICACION DE LAS DIMENSIONES DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

OBRA: TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA MEDIANTE RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE GRANULOMETRIA Densa DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS. EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA	CLAVE: SH-IZQ-46
COMPañIA:	HOJA: 1 DE 3
CARRETERA: SALTILLO-TORREÓN	UBICACIÓN DEL MUESTREO: KM 70+000 AL KM 70+800
TRAMO: SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INSPECCION: 15/11/2014
SUBTRAMO: DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INFORME: 01 AL 30 DE NOVIEMBRE

DESCRIPCION DEL TIPO DE LINEA MUESTREADA

<p>M-7, RAYA CENTRAL DISCONTINUA DE 10 CMS, COLOR AMARILLO, 200 MCD/LX/M2</p>

UBICACIÓN DEL MUESTREO		VALORES DEL MUESTREO			VALORES ESPECIFICADOS		
No. MUESTRA	KILOMETRAJE	ANCHO	TIPO DE PINTURA	ESPESOR EN HUMEDO	ANCHO	TIPO DE PINTURA	ESPESOR EN HUMEDO
		CENTIMETROS		MILIMETROS	CENTIMETROS		MILIMETROS
1	70+000	10.00	BASE AGUA	0.40	10.00	BASE AGUA	0.38
2	70+200	10.00	BASE AGUA	0.40	10.00	BASE AGUA	0.38
3	70+400	10.10	BASE AGUA	0.40	10.00	BASE AGUA	0.38
4	70+600	10.00	BASE AGUA	0.40	10.00	BASE AGUA	0.38
5	70+800	10.00	BASE AGUA	0.35	10.00	BASE AGUA	0.38
PROMEDIOS		10.02		0.39	10.00		0.38

OBSERVACIONES: EL ESPESOR DE LA PINTURA CUMPLE CON LO INDICADO EN NORMATIVA SCT

 JEFE DE LABORATORIO	 JEFE DE SUPERVISIÓN FSSVSH-02
--	---

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.


--

INFORME DE VERIFICACION DE LA RETROREFLEXION DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

OBRA:	TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA MEDIANTE RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE GRANULOMETRIA DENSA DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS, EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA	CLAVE:	SH-IZQ-46
COMPañÍA:		HOJ./	2 DE 3
CARRETERA:	SALTILLO-TORREÓN	UBICACIÓN DEL MUESTREO:	KM 70+000 AL KM 70+800
TRAMO:	SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INSPECCION:	15/11/2014
SUBTRAMO:	DEL KM 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INFORME:	01 AL 30 DE NOVIEMBRE

DESCRIPCION DEL TIPO DE LINEA MUESTREADA

<p>M-7, RAYA CENTRAL DISCONTINUA DE 10 CMS, COLOR AMARILLO, 200 MCD/LX/M2</p>

UBICACIÓN DEL MUESTREO		VALORES DEL MUESTREO		VALORES ESPECIFICADOS	
No. MUESTRA	KILOMETRAJE	COEFICIENTE DE RETROREFLECCION (cd/lux)/m ²		COEFICIENTE DE RETROREFLECCION (cd/lux)/m ²	
		PERIODO DE MUESTRA	VALOR	PERIODO DE MUESTRA	VALOR
1	70+000	INICIAL	208.00	INICIAL	200.00
2	70+200	INICIAL	201.00	INICIAL	200.00
3	70+400	INICIAL	219.00	INICIAL	200.00
4	70+600	INICIAL	193.00	INICIAL	200.00
5	70+800	INICIAL	206.00	INICIAL	200.00
PROMEDIOS			205.40		200.00

OBSERVACIONES:
SE OBSERVAN VALORES DE RETROREFLEXIÓN QUE CUMPLEN CON LO INDICADO EN NORMATIVA

 JEFE DE LABORATORIO	 JEFE DE SUPERVISIÓN
--	---



INFORME DE VERIFICACION DE LOS VOLUMENES DE PINTURA DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

OBRA:	RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE GRANULOMETRIA DENSA DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS, EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA	CLAVE:	SH-IZQ-46
COMPañÍA:		HOJ/	3 DE 3
CARRETERA:	SALTILLO-TORREÓN	UBICACIÓN DEL MUESTREO:	KM 70+000 AL KM 70+800
TRAMO:	SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INSPECCION:	15/11/2014
SUBTRAMO:	DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INFORME:	01 AL 30 DE NOVIEMBRE

DESCRIPCION DEL TIPO DE LINEA MUESTREADA

M-7, RAYA CENTRAL DISCONTINUA DE 10 CMS, COLOR AMARILLO, 200 MCD/LX/M2

UBICACIÓN DEL MUESTREO		COLOR:			LITROS DE PINTURA POR METRO LINEAL
No. MUESTRA	KILOMETRAJE	VOL. INICIAL	VOL. FINAL	LONGITUD EN METROS	(VOL. INICIAL - VOL. FINAL) LONGITUD EN METROS
1	70+000	200.00	192.00	200.00	0.040
2	70+200	192.00	184.00	200.00	0.040
3	70+400	184.00	175.92	200.00	0.040
4	70+600	175.92	167.92	200.00	0.040
5	70+800	167.92	160.92	200.00	0.035
PROMEDIOS					0.039

OBSERVACIONES:
LA DOSIFICACIÓN DE LA PINTURA SE OBSERVA ADECUADA A LO INDICADO EN NORMATIVA SCT.


JEFE DE LABORATORIO


JEFE DE SUPERVISIÓN

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SCT SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS DIRECCION TECNICA DEPARTAMENTO DE PAVIMENTOS		FORMATO SE-0.8-01
OBRA:	TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA MEDIANTE RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO DE GRANULOMETRIA DENSA DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALT.-TORR DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS, EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA		SUPERVISORA:	
			CONTRATO:	
CARETERA:	SALTILLO - TORREON	No. LOTE:	8	
TRAMO:	DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE MUESTREO :	15/11/2014	
MUESTREO DEL KM:	KM 72+000 AL KM 72+800	PERIODO DE INFORME :	01 AL 30 DE NOVIEMBRE	
EJECUTORA:		NORMA:	N.CMT.5.01.001/13	
CONTRATO:				
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL				
DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE LINEA MUESTREDA:				
M-8, RAYA LATERAL DER. DE 10 CMS, COLOR BLANCO, 250 MCD/LX/M2				
RESUMEN DE LA VERIFICACIÓN				
TIPO DE PRUEBA	ESPECIFICACIÓN	OBTENIDO	VERIFICACIÓN	
			ACEPTADO	RECHAZADO
ANCHO	10	10.26		
ESPESOR	0.38	0.37		
RETRO REFLEXIÓN	250	267.00		
DOSIFICACIÓN	0.038 (lt/m)	0.038 (lt/m)		

ACEPTADO
 RECHAZADO

DICTAMEN TECNICO:

EL SUBTRAMO EVALUADO CUMPLE CON NORMATIVA SCT


 JEFE DE LABORATORIO


 JEFE DE SUPERVISIÓN



VERIFICACION DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

VERIFICACION No. 8

DESCRIPCION DE LA OBRA:

TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA MEDIANTE RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE GRANULOMETRIA DENSA DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALTILLO-TORREÓN DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS; EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA

CARRETERA: SALTILLO-TORREÓN

TRAMO: SALTILLO-TORREÓN

SUB TRAMO: DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000

EJECUTORA: *[Faint text]*

DESCRIPCION DEL TIPO DE MUESTREO:

M-8, RAYA LATERAL DER. DE 10 CMS, COLOR BLANCO, 250 MCD/LXM2

UBICACIÓN DEL MUESTREO: KM 72+000 AL KM 72+800

FSSVSH-01

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

--

INFORME DE VERIFICACION DE LAS DIMENSIONES DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

OBRA:	TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA MEDIANTE RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE GRANULOMETRIA DENSA DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALT.-TORR DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS. EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA	CLAVE:	SH-DER-8
COMPañÍA:		HOJA:	1 DE 3
CARRETERA:	SALTILLO-TORREÓN	UBICACIÓN DEL MUESTREO:	KM 72+000 AL KM 72+800
TRAMO:	SALT.-TORR DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INSPECCION:	15/11/2014
SUBTRAMO:	DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INFORME:	01 AL 30 DE NOVIEMBRE

DESCRIPCION DEL TIPO DE LINEA MUESTREADA

M-8, RAYA LATERAL DER. DE 10 CMS, COLOR BLANCO, 250 MCD/LX/M2

UBICACIÓN DEL MUESTREO		VALORES DEL MUESTREO			VALORES ESPECIFICADOS		
No. MUESTRA	KILOMETRAJE	ANCHO	TIPO DE PINTURA	ESPESOR EN HUMEDO	ANCHO	TIPO DE PINTURA	ESPESOR EN HUMEDO
		CENTIMETROS		MILIMETROS	CENTIMETROS		MILIMETROS
1	72+000	10.20	BASE AGUA	0.35	10.00	BASE AGUA	0.38
2	72+200	10.20	BASE AGUA	0.40	10.00	BASE AGUA	0.38
3	72+400	10.40	BASE AGUA	0.35	10.00	BASE AGUA	0.38
4	72+600	10.30	BASE AGUA	0.35	10.00	BASE AGUA	0.38
5	72+800	10.20	BASE AGUA	0.40	10.00	BASE AGUA	0.38
PROMEDIOS		10.26		0.37	10.00		0.38

OBSERVACIONES:
EL ESPESOR DE LA PINTURA CUMPLE ES LIGERAMENTE INFERIOR A LO INDICADO EN NORMATIVA SCT

JEFE DE LABORATORIO	JEFE DE SUPERVISIÓN
	FSSVSH-02

INFORME DE VERIFICACION DE LA RETROREFLEXION DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

OBRA:	TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA MEDIANTE RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE GRANULOMETRIA DENSA DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS, EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA	CLAVE:	SH-DER-8
COMPañÍA:		HOJ/	2 DE 3
CARRETERA:	SALTILLO-TORREÓN	UBICACIÓN DEL MUESTREO:	KM 72+000 AL KM 72+800
TRAMO:	SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INSPECCION:	15/11/2014
SUBTRAMO:	DEL KM 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INFORME:	01 AL 30 DE NOVIEMBRE

DESCRIPCION DEL TIPO DE LINEA MUESTREADA

M-8, RAYA LATERAL DER. DE 10 CMS, COLOR BLANCO, 250 MCD/LX/M2

UBICACIÓN DEL MUESTREO		VALORES DEL MUESTREO		VALORES ESPECIFICADOS	
No. MUESTRA	KILOMETRAJE	COEFICIENTE DE RETROREFLECCION (cd/lux)/m ²		COEFICIENTE DE RETROREFLECCION (cd/lux)/m ²	
		PERIODO DE MUESTRA	VALOR	PERIODO DE MUESTRA	VALOR
1	72+000	INICIAL	266.00	INICIAL	250.00
2	72+200	INICIAL	281.00	INICIAL	250.00
3	72+400	INICIAL	275.00	INICIAL	250.00
4	72+600	INICIAL	251.00	INICIAL	250.00
5	72+800	INICIAL	262.00	INICIAL	250.00
PROMEDIOS			267.00		250.00

OBSERVACIONES:

SE OBSERVAN VALORES DE RETROREFLEXIÓN QUE CUMPLEN CON LO INDICADO EN NORMATIVA

<p>JEFE DE LABORATORIO</p>	<p>JEFE DE SUPERVISIÓN</p>
----------------------------	----------------------------

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

--

INFORME DE VERIFICACION DE LOS VOLUMENES DE PINTURA DEL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

OBRA:	RECUPERACION DE PAVIMENTO Y CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO DE GRANULOMETRIA DENSA DE ALTO DESEMPEÑO DISEÑADA MEDIANTE PROTOCOLO AMAAC, CARRETERA Y TRAMO: SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000, CON UNA LONGITUD TOTAL DE 20.0 KMS, EN RED BÁSICA, EN EL EDO. DE COAHUILA	CLAVE:	SH-DER-8
COMPañÍA:		HOJ./	3 DE 3
CARRETERA:	SALTILLO-TORREÓN	UBICACIÓN DEL MUESTREO:	KM 72+000 AL KM 72+800
TRAMO:	SALT.-TORR.DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INSPECCION:	15/11/2014
SUBTRAMO:	DEL KM. 65+000 AL KM. 85+000	FECHA DE INFORME:	01 AL 30 DE NOVIEMBRE

DESCRIPCION DEL TIPO DE LINEA MUESTREADA

<p>M-8, RAYA LATERAL DER. DE 10 CMS, COLOR BLANCO, 250 MCD/LX/M2</p>
--

UBICACIÓN DEL MUESTREO		COLOR:			LITROS DE PINTURA POR METRO LINEAL
No. MUESTRA	KILOMETRAJE	VOL. INICIAL	VOL. FINAL	LONGITUD EN METROS	(VOL. INICIAL - VOL. FINAL) LONGITUD EN METROS
1	72+000	160.86	153.72	200.00	0.036
2	72+200	153.72	145.56	200.00	0.041
3	72+400	145.56	138.28	200.00	0.036
4	72+600	138.28	131.07	200.00	0.036
5	72+800	131.07	122.91	200.00	0.041
PROMEDIOS					0.038

OBSERVACIONES:
LA DOSIFICACIÓN DE LA PINTURA SE OBSERVA ADECUADA A LO INDICADO EN NORMATIVA SCT.

<p>JEFE DE LABORATORIO</p>	<p>JEFE DE SUPERVISIÓN</p>
----------------------------	----------------------------

Retroreflexión Vertical

Recordando, el equipo utilizado para realizar ésta medición es el reflectómetro portátil modelo 922 de la marca RoadVista, el cual gracias a un sensor óptico ubicado en la parte inferior delantera del equipo, es capaz de determinar el grado de luz refractada en la película reflejante al momento de disparar un rayo de luz proyectado hacia la señal, cuando el éste regresa al equipo, de manera automática se determina el nivel de intensidad de luz generada por la señal conociendo al instante la cantidad de microcandelas, determinando así la calidad de la película reflejante.

En la fotografía 6.11, se podrá apreciar cómo se realiza esta medición, la cual formo parte de los trabajos de evaluación del Señalamiento Horizontal en el CPCC San Luis Potosí del año pasado.

En este caso, los trabajos adicionales que tienen que ser realizados al momento de evaluar la Retroreflexión del señalamiento vertical y que son requeridos por la Secretaría, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6.1 Pruebas realizadas durante la evacuación de la Retroreflexión del Señalamiento Vertical.

TIPO DE PRUEBA	CANTIDAD	PERIODICIDAD
Verificación de las dimensiones y calibre del tablero y estructura señalamiento vertical	1 Por cada pieza verificada	1 juego de cuatro (4) pruebas aplicadas a una (1) pieza por cada diez (10) piezas colocadas de señalamiento vertical.
Ubicación geo referenciada del señalamiento vertical	1 Por cada pieza verificada	
Verificación de la retro reflexión del señalamiento vertical	1 Por cada pieza verificada	
Verificación de la retro reflexión del señalamiento vertical Inspección visual del método de punción del tablero y de las dimensiones de las orejas	1 Por cada pieza verificada	

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Fotografía 6.11 Medición de la Retroreflexión en el Señalamiento Vertical.



Para la entrega de los informes, cada pieza verificada deberá incluir una portada con el nombre del tipo de señalamiento vertical donde se indique carretera, tramo y sub-tramo donde fue realizado el muestreo, así como las características principales como son: *tipo de señal* y *dimensiones principales*, de acuerdo a lo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2011 “*Señalamiento Vertical y Horizontal de carreteras y vialidades urbanas*”; Además, se deberán considerar las cuatro pruebas mencionadas en la tabla anterior, las cuales son requeridas por cada señal verificada. En cuanto a la Retrorreflexión, las señales verticales deben cumplir con lo que establece la Norma N-CMT-5-003-05/14 *Calidad de películas reflejantes* de la Normativa para la Infraestructura del Transporte; en cuanto a la calidad de la lámina y estructura de las señales, se deberá cumplir con lo establecido en la Norma N-CMT-5-02-002/14 *Láminas y estructuras para señalamiento vertical*, como ya se mencionó en el capítulo anterior, cabe mencionar que sólo se podrá presentar la verificación completa de estos trabajos (las cuatro pruebas) siempre y cuando se realicen durante el mes en curso relativo a la colocación de las señales, presentando un total del 10% del total de las señales colocadas, lo cual forma parte del trabajo realizado por las empresas contratistas, todo lo anterior de acuerdo a los formatos que se presentarán a continuación.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

MUESTRA DE LOS FORMATOS EN BLANCO QUE BRINDA LA SCT PARA REALIZAR LOS INFORMES CORRESPONDIENTES A LA VERIFICACION DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL.

	NOMBRE Y LOGO DE LA EMPRESA SUPERVISORA
---	--

VERIFICACION DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL

VERIFICACION No. XX

DESCRIPCION DE LA OBRA: CARRETERA: TRAMO: SUB TRAMO: EJECUTORA:
--

DESCRIPCION DEL TIPO DE MUESTREO: UBICACIÓN DEL MUESTREO:
--

DIRECCION, TELEFONO Y CORREO ELECTRONICO DE LA EMPRESA SUPERVISORA

VCAL-SEVE-01

		NOMBRE Y LOGO DE LA EMPRESA SUPERVISORA	
INFORME DE VERIFICACION DE LAS DIMENSIONES, CALIBRE Y UBICACIÓN DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL Y SU ESTRUCTURA			
OBRA: _____	CLAVE: _____		
COMPAÑÍA: _____	HOJA: _____		
CARRETERA: _____	UBICACIÓN: _____		
TRAMO: _____	FECHA DE INSPECCION: _____		
SUBTRAMO: _____	FECHA DE INFORME: _____		
TIPO DE SENAL	SUBTIPO	CLASIFICACION	
NOMBRE: _____			
CARACTERISTICAS: _____			
ESPECIFICACION DEL TABLERO			
ALTURA CENTIMETROS	LONGITUD CENTIMETROS	ESPESOR MILIMETROS PULGADAS	
OBTENIDO EN CAMPO			
ALTURA CENTIMETROS	LONGITUD CENTIMETROS	ESPESOR MILIMETROS PULGADAS	
ESPECIFICACION DEL POSTE			
SECCION DEL POSTE MILIMETROS	NUMERO DE POSTES	SECCION DEL MARCO MILIMETROS	
OBTENIDO EN CAMPO			
SECCION DEL POSTE MILIMETROS	NUMERO DE POSTES	SECCION DEL MARCO MILIMETROS	
ESPECIFICACION DE LA UBICACION			
KILOMETRAJE UBICACION	DISTANCIA RECOMENDADA	DISTANCIA ORILLA INTERIOR	ALTURA DE COLOCACION
OBTENIDO EN CAMPO			
KILOMETRAJE UBICACION	DISTANCIA RECOMENDADA	DISTANCIA ORILLA INTERIOR	ALTURA DE COLOCACION
OBSERVACIONES: _____			
_____ EL JEFE DE LABORATORIO		_____ EL JEFE DE SUPERVISION	
DIRECCION, TELEFONO Y CORREO ELECTRONICO DE LA EMPRESA SUPERVISORA			
V CAL-SEVE-02			

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

	NOMBRE Y LOGO DE LA EMPRESA SUPERVISORA				
INFORME DE VERIFICACION DE LA RETROREFLEXION, METODO DE PUNCIÓN Y CONTENIDO DE LAS OREJAS					
OBRA: _____	CLAVE: _____				
COMPAÑIA: _____	HOJA: _____				
CARRETERA: _____	UBICACIÓN: _____				
TRAMO: _____	FECHA DE INSPECCION: _____				
SUBTRAMO: _____	FECHA DE INFORME: _____				
TIPO DE SEÑAL	SUBTIPO	CLASIFICACION			
NOMBRE: _____					
CARACTERISTICAS: _____					
ESPECIFICACION DE LAS OREJAS					
ANCHOS DE CONTACTO		LONGITUD	ALTURA	ANCHO	METODO DE SUJECION
LADO 1 CM.	LADO 2	CENTIMETROS	CENTIMETROS	CENTIMETROS	
OBTENIDO EN CAMPO					
ANCHOS DE CONTACTO		LONGITUD	ALTURA	ANCHO	METODO DE SUJECION
LADO 1 CM.	LADO 2	CENTIMETROS	CENTIMETROS	CENTIMETROS	
ESPECIFICACION DE LA RETROREFLEXION					
COLOR	TIPO DE PELICULA	ANGULO DE OBSERVACION EN GRADOS	ANGULO DE ENTRADA GRADOS		
			-4	30	
OBTENIDO EN CAMPO					
COLOR	TIPO DE PELICULA	ANGULO DE OBSERVACION EN GRADOS	ANGULO DE ENTRADA GRADOS		
			-4	30	
OBSERVACIONES: _____					
_____ EL JEFE DE LABORATORIO			_____ EL JEFE DE SUPERVISION		
<small>DIRECCION, TELEFONO Y CORREO ELECTRONICO DE LA EMPRESA SUPERVISORA</small>					
VCAL-SEVE-03					

 	NOMBRE Y LOGO DE LA EMPRESA SUPERVISORA
FOTOGRAFIA GEOREFERENCIADA DEL SEÑALAMIENTO VERTICAL	
OBRA: _____	CLAVE: _____
COMPañÍA: _____	HOJA: _____
CARRETERA: _____	UBICACIÓN: _____
TRAMO: _____	FECHA DE INSPECCION: _____
SUBTRAMO: _____	FECHA DE INFORME: _____
_____ EL JEFE DE LABORATORIO	_____ EL JEFE DE SUPERVISION
DIRECCION, TELEFONO Y CORREO ELECTRONICO DE LA EMPRESA SUPERVISORA	
VCAL-SEVE-04	

Conclusiones y Recomendaciones



Conclusiones

A través de lo visto a lo largo de cada capítulo, se trató de cumplir con la expectativa fijada al principio de esta Tesis, esperando que sirva como una guía, en la cual, se brinden las herramientas necesarias al lector para que pueda conocer y comprender de mejor manera, como se llevan a cabo los trabajos relativos a la evaluación de la condición superficial de los pavimentos que conforman la RCN, a través de las tres mediciones más representativas enfocadas a la seguridad carretera que son ejecutadas por la Supervisión y que forman parte de los trabajos de Control de Calidad que se realizan en la Construcción y en la Conservación de carreteras para determinar así su aceptación ante la Dependencia (SCT o Capufe), tratando de plasmar en este material dicho trabajo de campo, desde lo general a lo particular, vinculándolo con los aspectos más relevantes de la NIT vigente, demostrando la magnitud de estas mediciones y la importancia que representan para el usuario, cuya finalidad primordialmente es garantizar su seguridad, y a su vez, en una afluencia vehicular constantemente en aumento, mantener en un buen estado superficial a esta red carretera, para con esto, disminuir los diversos costos que le son generados al transitar por carreteras en malas condiciones de operatividad.

También se buscó con este trabajo, brindar al alumno información relevante que puede llegar a serle útil para complementar el temario de la materia optativa de Vías Terrestres, desde la clasificación y nomenclatura de las carreteras, hasta la clasificación de los pavimentos y su respectiva conservación, el cual bien puede servir como un material de consulta adicional, reforzando así lo visto en la asignatura.

Recomendaciones

Como se comentó al inicio de este trabajo, las vías terrestres siempre serán un pilar indispensable en el desarrollo nacional, puesto que es necesario seguir ampliando y manteniendo operable a esta RCN a través de la construcción y conservación de carreteras, para garantizar así el bienestar social; lo cual significa que se requerirán cada vez más a Ingenieros Civiles preparados y especializados en esta rama, que sean capaces de afrontar las demandas que exige la sociedad y den solución a los retos que presenta la geografía del país.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Hablando en materia de pavimentos, se pudo comprender que más allá del aspecto económico, la implementación de estos puede depender de otro tipo de factores como son la temperatura de la región y el clima que ésta presenta, siendo determinante al momento de decidir qué tipo de pavimento es más viable para su construcción, por lo tanto el constante debate generado entre cuál de los es mejor (Flexible y Rígido) debe ya quedar atrás, si bien es cierto que el Concreto Hidráulico brinda la ventaja de ser más resistente y durable, un pavimento flexible con una adecuada conservación puede otorgar a la vía una vida de proyecto más que considerable, es justo esta razón, por la cual es necesario preparar a los alumnos para que se conviertan en profesionistas calificados, que tengan los conocimientos necesarios para poder llevar a cabo la supervisión de una obra de este tipo sin importar si se trata de una carpeta hidráulica o asfáltica, y sobre todo conozcan que tipo de pruebas forman parte del control de calidad y que son aplicadas a lo largo de todo el proyecto, en su inicio a los materiales, posteriormente a la carpeta y finalmente como se pudo apreciar en este trabajo, a la condición superficial, para de esta forma lograr desempeñarse exitosamente en esta área tan importante de la Ingeniería Civil.

Recomendando con los dos puntos anteriores, que se considera necesario preparar más materias de tipo optativa, en donde se enseñe al alumno de manera teórica y a fondo, la estructuración de cada tipo de pavimento, las características de los materiales que lo conforman, los diversos métodos de diseño de pavimentos que existen y las pruebas que se realizan para determinar la calidad de la carpeta y materiales.

Por otro lado, buscar la manera de generar programas especiales con la ayuda de la SCT y el IMT, que permitan mostrar a los alumnos como se realizan las diversas pruebas del control de calidad a través de sus equipos y laboratorios, y para el caso de los materiales a organismos como el IMCYC y la AMAAC, para que se pueda aprender a su vez de una manera práctica, también expandir los programas de becarios por servicio social al sector privado, dado que por lo regular, estas empresas cuentan con el equipo requerido por la SCT para realizar las pruebas necesarias para cumplir con el control de calidad en estos trabajos, obteniendo de esta forma los conocimientos e inclusive la experiencia necesaria, para que al finalizar sus estudios puedan incorporarse fácilmente a la vida profesional.

Bibliografía



Referencias Bibliográficas

1. Barraza Elespúru Giuliana. Tesis “Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles: propuesta de norma peruana”. Lima, 2004.
2. Bañón Blázquez, Luis; Beviá García, José Francisco. Manual de carreteras. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. Vol. 2.
3. DGCC. Presentación “Conservación de Carreteras: Evolución de los Trabajos de Conservación”. SCT, 2012.
4. DGCC. “Libro Blanco, Programa de Mantenimiento Integral”. SCT, 2012.
5. DGST. “Catálogo de secciones estructurales de pavimentos para las carreteras de la república mexicana”. SCT.
6. DGST. “Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras”. Quinta Edición 1986, SCT.
7. Dirección General de Autotransporte Federal. NOM-012-SCT2-2008, “Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal”. SCT, 2008.
8. Documento Técnico No. 11, “Una estrategia para la conservación de la red carretera”. IMT, Qro. 1995.
9. Documento Técnico No. 23, “Emulsiones Asfálticas”. IMT, Qro. 2001.
10. Echaveguren, T. “La Fricción en Pavimentos. Estado del Arte”. Documento de Trabajo TD – 001–02. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. 2002.
11. Leiva Fabricio. “Normativa para evaluar la resistencia al deslizamiento superficial de los pavimentos”. LANAMME, Universidad de Costa Rica, 2005.
12. Martínez Obando Pedro Nicolás. Tesis “Definición de un índice de rugosidad internacional intensivo de pavimentos orientado a mantenimiento”. Chile, 2008.
13. Manual IMT M-MMP-4-07-002-06, “Índice de perfil”, SCT, 2006.
14. Manual IMT M-MMP-5-04-002-12, “Reflexión de Botones Reflejantes y Delimitadores”, SCT, 2012.
15. NOM-034-SCT2-2011, “Señalamiento Horizontal y Vertical de Carreteras y Vialidades Urbanas”. DOF 2011.
16. Norma E670-09 “Standard Test for Side Force Friction on Paved Surfaces Using the Mu-Meter”, ASTM, 2009.
17. Norma E1710-11 “Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Pavement Marking Materials with CEN-Prescribed Geometry Using a Portable Retroreflectometer”, ASTM, 2011.
18. Norma E1709-09 “Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Signs Using a Portable Retroreflectometer at a 0.2 Degree Observation Angle”, ASTM, 2009.
19. Norma E2540-08 “Standard Test Method for Measurement of Retroreflective Signs Using a Portable Retroreflectometer at a 0.5 Degree Observation Angle”, ASTM, 2008.
20. Norma IMT N-CTR-CAR-1-04-006-14, “Construcción de Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente”, SCT, 2014.
21. Norma IMT N-CTR-CAR-1-04-009-06, “Construcción de Carpetas de Concreto Hidráulico”, SCT, 2006.
22. Norma IMT N-CSV-CAR-3-02-005-14, “Conservación de Carpeta Asfáltica de Granulometría Densa”, SCT, 2014.
23. Norma IMT N-PRY-CAR-10-01-001-13, “Ejecución de Proyectos de Señalamiento”, SCT, 2013.
24. Norma IMT N-PRY-CAR-10-01-002-13, “Diseño de Señalamiento Horizontal”, SCT, 2013.
25. Norma IMT N-PRY-CAR-10-01-003-13, “Diseño de Señales Preventivas”, SCT, 2013.

26. Norma IMT N-PRY-CAR-10-01-004-13, "Diseño de Señales Restrictivas", SCT, 2013.
27. Norma IMT N-PRY-CAR-10-01-005-13, "Diseño de Señales Informativas", SCT, 2013.
28. Norma IMT N-PRY-CAR-10-01-006-13, "Diseño de Señales Turísticas y de Servicios", SCT, 2013.
29. Norma IMT N-PRY-CAR-10-01-007-13, "Diseño de Señales Diversas", SCT, 2013.
30. Norma IMT N-PRY-CAR-10-01-008-13, "Diseño de Estructuras de Soporte para Señales Verticales", SCT, 2013.
31. Norma IMT N-CMT-5-04-13, "Botones y Botones Reflejantes", SCT, 2013.
32. Norma IMT N-CMT-5-03-001-13, "Calidad de Películas Reflejantes", SCT, 2013.
33. Norma IMT N-CMT-5-01-001-13, "Pinturas para Señalamiento Horizontal", SCT, 2013.
34. Publicación Técnica No. 108, "Índice internacional de rugosidad en la red carretera de México". IMT, Qro. 1998.
35. Publicación Técnica No. 244, "Recomendaciones de actualización de algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras". IMT, Qro. 2004.
36. Publicación Técnica No. 245, "Sistema de evaluación de pavimentos, Versión 2.0". IMT, Qro. 2004.
37. Publicación Técnica No. 353, "Prácticas para evaluar la calidad de infraestructura carretera de cuota". IMT, Qro. 2011.
38. Publicación Técnica No. 397, "Criterios de ubicación de estaciones fijas automatizadas para el control de peso, dimensiones y velocidades de los vehículos que circulan por las carreteras federales". IMT, Qro. 2014.
39. Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, SCT 2003.
40. Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal, Última reforma publicada DOF 2006.
41. Serment Guerrero Vinicio A. Documento "Pavimentos Rígidos y Flexibles, Ventajas y Desventajas". AMIVTAC Chiapas, 2012.
42. Solminihac H. y Echaveguren T. "Antecedentes para la inspección y diseño de especificaciones de textura, resistencia al deslizamiento y fricción en pavimentos". Actas del VI Congreso Provincial, Chile, 2002.

Referencias Electrónicas

1. CANACEM, Presentación "Los Pavimentos: Definición, tipos e importancia".
Link: <http://www.canacem.org.mx/presentacion1.pdf>
2. Ficha Técnica: Canastillas, Dowel Baskets de México SA de CV.
Link: <http://pasajuntas.com/Resources/FICHATECNICA.pdf>
3. Gerencia Técnica IMCYC, Presentación: "Pavimentos de Concreto Hidráulico". 2009.
Link: http://www.imcyc.com/50/pdfs/50a_PavimentosChih.pdf
4. Hinojosa Rivera Moisés, Reyes Melo Martín Edgar. "La Rugosidad de las Superficies: Topometría", Revista Ingenierías Vol. IV, No. 11 Abril-Junio 2001, Universidad Autónoma de Nuevo León.
Link: <http://www.ingenierias.uanl.mx/11/index.html>
5. Ibarrola Díaz Humberto. Presentación "La transformación del sector, por un desarrollo sustentable del país". Reunión Nacional de Comunicaciones y Transportes, CMIC, SCT, 2011.
Link: <http://www.cmic.org/comunicaciones11/memorias/SESION%206%20presentacion%20Ing.%20Ibarrola%20Quer%C3%A9%20taro%20OK.pdf>
6. Informe Anual CAPUFE 2013.
Link: <http://www.capufe.gob.mx/portal/wwwCapufe/Transparencia/Informes/IA2013.pdf>

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

7. Jugo B. Augusto. Presentación “¿Cuánto cuesta tener malos pavimentos?”, INVEAS, Venezuela.
Link: <http://construguate.com/emails/cila/4/11%20IAG226-07-2013.ppt>
8. Manhub Matta Víctor M. “México: Caminos de Bajo Transito”. Revista de Administración Publica, Sector Comunicaciones y Transportes, No. 79, 1991.
Link: <http://www.juridicas.unam.mx/publica/rev/indice.htm?r=rap&n=79>
9. Monforte Ocampo Arturo M. “Conservación de carreteras federales libres de peaje”. Academia de Ingeniería de México, 2008.
Link: http://www.ai.org.mx/ai/archivos/coloquios/6/Conservacion_de_carreteras_federales_libres_de_peaje.pdf
10. Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, SEGOB, DOF 2014.
Link: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342547&fecha=29/04/2014
11. Ramírez Laura, Arce Mario, Leiva Fabricio. “Pulimento de agregados empleados en capas de rodamiento”. LANAMME, Universidad de Costa Rica, 2005.
Link: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/banco-de-informacion-digital-on-line/INFORMES/2005/LM-PI-PV-IN-28b-04PAE.pdf>
12. Red Operada por CAPUFE 2014.
Link: <http://www.capufe.gob.mx/portal/wwwCapufe/Transparencia/Focalizada/RedOperadaPorCapufe.pdf>
13. Revista Ciencia y Tecnología, IMCYC, Nov 2010.
Link: <http://imcyc.com/revistacyt/images/portada/2010/pdf/NOVIEMBRE.pdf>
14. Revista Ciencia y Tecnología, IMCYC, Sep 2011.
Link: <http://www.imcyc.com/revistacyt/sep11/arthistorico.html>
15. Romero Bertrand Carlos Alberto. Presentación “Nuevos esquemas para la Conservación de Carreteras”. XIX Reunión de Ingeniería en Vías Terrestres, AMIVTAC.
Link: <http://amivtac-chiapas.org/images/2012/08/19071R9.PPT>
16. Seguimiento 2014 Programa Institucional de Desarrollo CAPUFE 2013 – 2018.
Link: <http://www.capufe.gob.mx/portal/wwwCapufe/QuienesSomos/Programas/PIDCapufe2013-2018.pdf>
17. Seguridad Vial: Velocidad y Distancias. Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile.
Link: <http://www.conaset.cl/seguridad-vial-velocidad-y-distancia.html>
18. 3M. ¿Cuáles son las bases de la Retrorreflexión?, 2015.
Link: http://solutions.productos3m.es/wps/portal/3M/es_ES/Traffic-Safety-Systems/Traffic-Safety-Systems/ResourceLibrary/FAQs/?PC_Z7_RJH9U5230GE3E02LECIE208D21000000_assetId=1046793358418

Anexo I

Marcas en el Pavimento y Dispositivos de Seguridad



Marcas en el Pavimento

A continuación se podrá apreciar cada una de las marcas en el pavimento que actualmente se manejan en las carreteras, autopistas y vialidades urbanas del país, así como una breve descripción de las mismas.

M-1 Raya Separadora de Sentidos de Circulación

Se pinta o coloca al centro de la superficie del pavimento, tanto en tangentes como en curvas, para separar los sentidos de circulación vehicular, será de color amarilla reflejante y podrá complementarse con dispositivos de seguridad como botones reflejantes. A su vez se subdivide dependiendo el tipo de camino, como se podrá apreciar en lo siguiente:

Para carreteras, autopistas y vialidades urbanas con ancho de vía de hasta 6.5 metros

La *raya separadora de sentidos de circulación* será de 10 cm de ancho, (esto también aplica para ciclovías), estas se clasifican según su función en:

M-1.1 Raya Continua Sencilla

Es utilizada en tramos donde la distancia de visibilidad es menor que la requerida para el rebase, o bien en tramos donde por alguna razón esté prohibido rebasar; también se coloca en tramos donde existe una aproximación con intersecciones, como una raya de alto o una vía férrea.

M-1.2 Raya Discontinua Sencilla

Es utilizada en tramos donde la distancia de visibilidad es igual o mayor que la requerida para el rebase, entendiéndose por *discontinua* que presentará un espaciamiento entre cada raya dependiendo el tipo de camino o la velocidad de la vía.

Para carreteras, autopistas y vialidades urbanas con ancho de vía mayor de 6.5 metros

La *raya separadora de sentidos de circulación* será de 15 cm de ancho para carreteras o autopistas de dos o más carriles por sentido de circulación, y de 10 cm

de ancho para carreteras o autopistas con un carril por sentido de circulación, con o sin carril adicional (aplica también para vialidades urbanas), de igual forma estas se clasifican según su función en:

M-1.3 Raya Continua Sencilla

Es utilizada en tramos donde, para ambos sentidos de circulación, la distancia de visibilidad es menor que la requerida para el rebase, o bien en tramos donde por alguna razón esté prohibido rebasar; también se coloca en tramos donde existe una aproximación con intersecciones, como una raya de alto o algún cruce de ferrocarril.

M-1.4 Raya Continua - Discontinua

Es utilizada en tramos donde la distancia de visibilidad disponible permite la maniobra de rebase únicamente desde uno de los carriles, la raya del lado de ese carril será discontinua, Para el caso donde no se permita efectuar la maniobra de rebase la raya deberá ser continua.

M-1.5 Raya Discontinua Sencilla

Es utilizada en tramos donde, para ambos sentidos de circulación la distancia de visibilidad es igual o mayor que la requerida para el rebase.

M-1.6 Raya Continua Doble

Es utilizada para delimitar carriles en contrasentido, que generalmente son exclusivos para la circulación de ciertos tipos de vehículos automotores o para ciclovías que comparten la vía con carreteras, autopistas o vialidades urbanas. Esta raya será marcada en toda la longitud del carril, complementándose con botones delimitadores, los cuales deberán estar ubicados en el centro del espacio que queda entre cada una de ellas.

También podrá utilizarse en carreteras, autopistas y vialidades urbanas con dos o más carriles por lo menos en uno de los sentidos, cuando la separación entre los dos carriles centrales con sentidos opuestos sea de 50 a 150 cm, cumpliendo en este caso con la función de faja separadora, en donde cada raya será colocada al lado izquierdo de esos carriles, en el sentido del tránsito, en ambos casos deberá pintarse de color amarillo reflejante.

M-2 Raya Separadora de Carriles

Es utilizada para delimitar los carriles de circulación en carreteras, autopistas y vialidades urbanas de dos o más carriles por sentido, o bien para delimitar carriles

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

especiales destinados para realizar para vueltas, carriles exclusivos para la circulación de ciertos tipos de vehículos y ciclovías compartidas, se deberán pintar de color blanco reflejante. Puede ser continua o discontinua dependiendo el tipo de vía y se complementara con botones reflejantes.

M-2.1 Raya Separadora de Carriles, Continua Sencilla

Sera continua sencilla solo cuando se de una aproximación de las intersecciones que tengan raya de alto o bien cuando se delimiten carriles especiales para vueltas.

M-2.2 Raya Separadora de Carriles, Continua Doble

Sera continua doble cuando delimite carriles exclusivos para la circulación de ciertos vehículos automotores o ciclovías compartidas.

M-2.3 Raya Separadora de Carriles, Discontinua

Cuando se permita cruzar la raya separadora de carriles, esta será discontinua.

M-3 Raya en la Orilla del Arroyo Vial

Es utilizada en vialidades urbanas, solamente cuando no existan banquetas o guarniciones que indiquen las orillas de la vía, y en carreteras, autopistas para delimitar los acotamientos, también es utilizada para delimitar ciclovías. Su color será blanco reflejante y podrá complementarse con botones reflejantes.

M-3.1 Raya en la Orilla Derecha, Continua

Sera continua cuando el acotamiento tenga un ancho máximo de 2 mts, o en zonas donde por razones de seguridad en la operación de los vehículos conviene restringir el estacionamiento sobre el acotamiento (curvas, intersecciones, entradas y salidas), es decir no estará permitido; para el caso de las ciclovías la raya deberá marcarse en toda su longitud.

M-3.2 Raya en la Orilla Derecha, Discontinua

Sera discontinua cuando el acotamiento tenga un ancho mayor de 2 mts, permitiendo así el estacionamiento de los vehículos.

M-3.3 Raya en la Orilla Izquierda

Contemplándose con respecto al sentido de circulación, se utilizara en carreteras, autopistas y vialidades urbanas que cuenten con faja separadora central, camellón,

sean de cuerpos separados o de un solo sentido de circulación, así como en rampas de salida, deberá ser continua y solo para este caso será color amarillo reflejante complementándose con botones reflejantes.

M-4 Raya Guía en Zonas de Transición

Es utilizada para delimitar la zona de transición entre los carriles de tránsito directo y el cambio de velocidad en las entradas y salidas, o bien para ligar los extremos de los enlaces, deberá ser discontinua, con color blanco reflejante y del mismo ancho que presente la raya en la orilla de la vía.

M-5 Rayas Canalizadoras

Es utilizada en carreteras, autopistas, vialidades urbanas, y ciclovías para delimitar la trayectoria de los vehículos, canalizando el tránsito en las entradas, salidas y bifurcaciones, o para separar apropiadamente los sentidos de circulación, formando una zona neutral de aproximación a las isletas o fajas separadoras, complementándose con botones reflejantes.

Las rayas que limiten la zona neutral serán continuas, se reconocerán al ser color blanco reflejante cuando separen flujos en un solo sentido de circulación, y tendrán color amarillo reflejante cuando separen flujos en diferentes sentidos de circulación.

Zona Neutral

Se podrá reconocer puesto que es marcada sobre el pavimento con rayas diagonales, las cuales presentan una inclinación de 45° , trazadas de izquierda a derecha sobre el sentido de circulación, por lo tanto, si esta zona neutral se ubica entre los dos sentidos del tránsito con un mismo sentido de circulación, las diagonales formadas resultantes tendrán una sola inclinación, cuando se localice entre trayectorias con sentidos contrarios, es decir de un solo sentido de circulación por carril, tendrán dos inclinaciones, formándose una marca denominada de galón.

En base a lo anterior, si las rayas diagonales formadas presentan una sola inclinación el color utilizado será amarillo reflejante, las rayas a manera de galón, es decir, con dos inclinaciones deberán ser blanco reflejante.

Como recomendación se indica colocar bordos de concreto en la misma posición de las rayas diagonales, y en el caso de las ciclovías utilizar botones reflejantes, en ambos casos a la mitad de la zona neutral más cercana a la isleta, la finalidad de esto es advertir al conductor la presencia de la isleta en el caso de que lleven una

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

trayectoria errónea, estos bordos se deberán pintar del color de las rayas diagonales y los botones reflejantes utilizados en dichas marcas.

M-6 Raya de Alto

Es utilizada en carreteras, autopistas, vialidades urbanas, y ciclovías para indicar el sitio donde deben detenerse los vehículos, mediante una señal de alto o semáforo. Se reconocerá por ser continua sencilla de color blanco reflejante, abarcando todos los carriles que tengan el mismo sentido de circulación, para el caso que este acompañada de una señal de ALTO, esta última deberá colocarse alineada con la raya.

En el caso de un cruce a nivel con otra vialidad o ciclovía, la raya estará ubicada paralela a las rayas de cruce de peatones o de ciclistas, en caso de que no existan dichas rayas, la raya de alto se ubicará en el lugar preciso en el que deban detenerse los vehículos.

Si los vehículos tuvieran que detenerse en un paso a nivel de peatones, y en dicho sitio no existe una intersección, la raya de alto se reconocerá al estar trazada paralela a la trayectoria de los peatones.

En lo referente a las ciclovías compartidas, si están ubicadas en un cruce con semáforo y está permitida la vuelta a la derecha, inmediatamente antes de la raya de alto de la ciclovía estará pintado de color verde reflejante el pavimento, al centro estará colocada una marca para identificar la ciclovía, formando así de esta manera un área de espera ciclista.

Para los cruces a nivel con una vía férrea, la raya de alto será perpendicular al eje de la carretera o vialidad urbana, debiendo estar antecedida por la leyenda ALTO marcada en el pavimento.

M-7 Rayas para Espera de Ciclistas

Son utilizadas para delimitar las áreas de cruce de peatones o de ciclistas, se reconocerán por ser continuas, de color amarillo reflejante para peatones, y de color verde reflejante para ciclistas, trazándose en todo lo ancho de la carretera o vialidad urbana.

M-7.1 Rayas para cruce de Peatones en Vías Primarias y para cruce de Ciclistas

Serán utilizadas en carreteras con dos o más carriles por sentido de circulación, al igual que en vías primarias o en intersecciones con ciclovías, estarán situadas a lo ancho de la vía, y podrán reconocerse porque generalmente presentan una sucesión de rayas de 40 cm de ancho, con un espaciamiento entre sí al igual de 40 cm, colocadas paralelas a la trayectoria de los vehículos, en el caso de cruces de ciclistas sobre estas rayas deberá colocarse una marca para identificar ciclovías.

M-7.2 Rayas para cruce de Peatones en Vías Secundarias y Ciclovías

Se identificarán por ser dos rayas paralelas a la trayectoria de los peatones, ocupando el ancho de la vía y que generalmente están ligadas entre sí en intersecciones.

M-8 Marcas para cruce de Ferrocarril

Son rayas, símbolos y letras que son utilizadas para advertir al usuario la proximidad de un cruce a nivel con una vía férrea. Se reconocerán por llevar color blanco reflejante, formando con las letras F, X, C, el siguiente símbolo, "FXC" el cual se complementa con rayas perpendiculares a la trayectoria de los vehículos.

Este símbolo estará colocado en cada carril antes del cruce y las rayas perpendiculares abarcarán todos los carriles que tengan el mismo sentido de circulación.

Será necesario implementar un sistema de reducción de velocidad en este tipo de cruces, generalmente usando botones vibradores, reductores de velocidad, señales horizontales y su respectivo señalamiento vertical.

M-9 Rayas con Espaciamiento Logarítmico

Son utilizadas en carreteras, autopistas y vialidades urbanas, por lo general en los pasos a nivel de peatones, cruces con vías férreas, zonas escolares, o cualquier otro sitio donde sea necesario disminuir la velocidad de los vehículos, se identifican fácilmente pues dan la sensación al usuario de que el vehículo se acelera al transitar por las mismas, su color será blanco reflejante, colocándose de forma transversa al eje de la carretera en el sentido de circulación, estas rayas deberán complementarse con los botones DH-3 encargados de proporcionar la vibración al pasar sobre ellos.

M-10 Marcas para Estacionamiento

Son utilizadas en zonas de estacionamiento para conseguir un uso eficiente y ordenado del mismo, para esto es necesario emplear estas marcas para evitar que se invadan los cruces de peatones, los pasos de personas con discapacidad, las paradas de autobuses, zonas para maniobras comerciales, las esquinas y sus proximidades, limitando así los espacios de estacionamiento para cada vehículo. Se reconocerán por tener un color blanco reflejante.

M-11 Rayas, Símbolos y Leyendas para regular el uso de carriles

Son colocados sobre el pavimento de carreteras y vialidades urbanas para regular el uso de carriles y complementar o conformar los mensajes del señalamiento vertical.

M-11.1 Flechas, Letras y Números

Son utilizadas en intersecciones para indicar los diversos movimientos que son permitidos en ciertos carriles, se reconocerán por ser de color blanco reflejante y por repetirse a una distancia suficiente antes de la intersección, así el conductor tendrá el tiempo suficiente de elegir con anticipo el carril apropiado.

M-11.2 Para delimitar un carril en contrasentido

En estos casos se utilizan flechas sin cuerpo y leyendas para advertir a los usuarios sobre la existencia de un carril por el que circulan vehículos en sentido contrario al predominante en una vialidad urbana, siendo por lo general autobuses con algún tipo de servicio público, ese carril corresponderá al de la extrema izquierda de la vialidad en el sentido predominante de circulación.

Se reconocerá por estar delimitado en su lado izquierdo por una raya separadora de sentidos de circulación continua doble (M-1.3) y por la guarnición en su lado derecho pintada de amarillo tránsito en toda su longitud para prohibir el estacionamiento de vehículos dentro del carril.

Los colores tanto de las flechas como de las leyendas serán de color blanco reflejante.

M-11.3 Para delimitar un carril exclusivo

Son leyendas con el mensaje “SOLO BUS”, que se utilizan para advertir al usuario sobre la existencia de un carril exclusivo para vehículos de transporte público de pasajeros como el caso anterior, con la diferencia que estos circulan sobre el sentido predominante de la vialidad urbana, estará delimitado en el lado izquierdo por una raya separadora de carriles continua doble (M-2.2) y por la guarnición en su lado derecho pintada de amarillo tránsito en toda su longitud para prohibir el estacionamiento de vehículos dentro del carril.

M-11.4 Para establecer lugares de parada

Estas marcas son utilizadas para establecer los lugares de parada de los vehículos de transporte público de pasajeros, colocándose en carriles en contrasentido y carriles exclusivos, así como en zonas de transferencia ubicadas en andenes y bahías, se reconocerán puesto que forman un “L” invertida de color blanco reflejante.

M-12 Marcas en Guarniciones

Son utilizadas para delinear las banquetas y guarniciones, así como para indicar las restricciones de estacionamiento, los colores que se utilicen para estas marcas dependerán del propósito que se requiera, pudiendo ser amarillo o blanco.

M-12.1 Para prohibición del Estacionamiento

Se utilizan generalmente para restringir el estacionamiento en paradas de autobuses, zonas de cruce de peatones, entradas a instalaciones de alta concurrencia peatonal, carriles en contrasentido y carriles exclusivos o donde existen señales restrictivas SR-22 de “No Estacionarse”, para estos casos se reconocerán por estar pintadas de color amarillo.

M-12.2 Para delinear Guarniciones

Para el caso en donde se requiera otorgar una mejor visibilidad a las guarniciones, estas podrán pintarse de color blanco.

M-13 Marcas en Estructuras y Objetos Adyacentes a la Superficie de Rodadura

Son utilizadas en carreteras, autopistas y vialidades urbanas para indicar a los conductores de la presencia de estructuras u objetos adyacentes a la vialidad en caso de que estos pudieran constituir una amenaza para el usuario.

M-13.1 Marcas en Estructuras

Las estructuras que podrán marcarse serán parapetos, aleros, estribos, pilas, columnas, cabezales, muros de contención y postes cuyo ancho sea mayor de 30 cm, estas marcas podrán reconocerse pues la estructura será pintada en su cara normal al tránsito hasta una altura de 3 mts mediante franjas alternadas de color negro y blanco, presentando estas una inclinación de 45°.

M-13.2 Marcas en otros Objetos

Todos los objetos diferentes a los anteriores deberán marcarse de color blanco para resaltar su visibilidad, pudiendo ser árboles o piedras de tamaño considerable, deberán pintarse hasta una altura de 1.5 m para eliminar así el riesgo que pudieran representar para el usuario al transitar por carretera o vialidad.

M-14 Rayas para el Frenado de Emergencia

Se pintan o colocan sobre el pavimento en carreteras o autopistas, ya sea en tangentes o en curvas, para indicar la proximidad de una rampa de emergencia para frenado, guiando así a los vehículos que estén fuera de control hasta la entrada de la rampa, se reconocerán por ser de color rojo reflejante.

M-14.1 Raya para Frenado de Emergencia Discontinua

Es utilizada para guiar a los vehículos que pudieran estar fuera de control, desde el sitio donde inicie la pendiente descendiente continua hasta mil metros antes de la entrada de la rampa, se reconocerá por ser discontinua y estar situada al centro del carril descendente de la carretera, o si es de dos carriles o más por sentido de circulación se ubicara al centro del carril de alta velocidad.

M-14.2 Raya para Frenado de Emergencia Continua

Se utiliza para guiar en forma continua a los vehículos que estén fuera de control, desde el sitio donde concluya a raya de emergencia para frenado discontinua hasta

el lugar donde inicia la cama de frenado de la rampa, de igual forma estará situada al centro del carril descendente de la carretera, o si es de dos carriles o más por sentido de circulación se ubicara al centro del carril de alta velocidad, si la rampa llegase a estar ubicada a la derecha del camino, la raya deberá pasar suavemente del carril de alta velocidad al carril de baja.

M-15 Marca para identificar Ciclovías

Esta marca deberá de ser color blanco reflejante, se reconocerá puesto que la marca simula la forma de una bicicleta, esta deberá estar acompañada de la leyenda “SOLO” y una flecha de dirección que indique el sentido de la circulación de la ciclovía.

M-16 Marcas Temporales

Son marcas ocasionales que se colocan sobre el pavimento de una vialidad urbana, generalmente son utilizadas para señalar rutas de desfiles, circuitos para competencias deportivas, trazos de obras e instalaciones de mercados sobre ruedas, siempre y cuando sean aprobados por la SCT o Autoridad local.

Se podrán identificar puesto que estas marcas deberán de ser de cualquier color excepto blanco, amarillo y rojo, con la intención de diferenciarlas fácilmente de las marcas que se comentaron anteriormente.

Deberán de ser colocadas con pinturas solubles en agua, cal o polvos de color, o cintas adhesivas, la finalidad es que puedan ser borradas o despegadas fácilmente cuando finalice el evento y evitar confusiones a los usuarios de la vialidad.

Botones Reflejantes y Delimitadores

Son dispositivos que tienen un elemento reflejante en un o en ambas caras, colocados de tal forma que al incidir la luz proveniente de los faros de los vehículos sobre ellos, esta sea reflejada a su vez hacia los ojos del conductor en forma de haz luminoso.

Según su utilización, podrán ser reflejantes de color blanco, amarillo o rojo, que generalmente ayudan a mejorar la visibilidad en zonas donde condiciones meteorológicas desfavorables como altas precipitaciones pluviales, niebla o tolvánicas, resultan un peligro para el usuario al transitar por ellas.

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

DH-1 Botones Reflejantes y Delimitadores sobre el Pavimento

Deberán ser colocados sobre el pavimento, como complemento de los casos que se mencionaron anteriormente, generalmente para reforzar la seguridad y la visibilidad en la vialidad, el color dependerá del tipo de marca o raya que se haya pintado o colocado sobre la superficie de rodadura, pero siempre siendo del mismo color.

DH-2 Botones Reflejantes sobre Estructuras

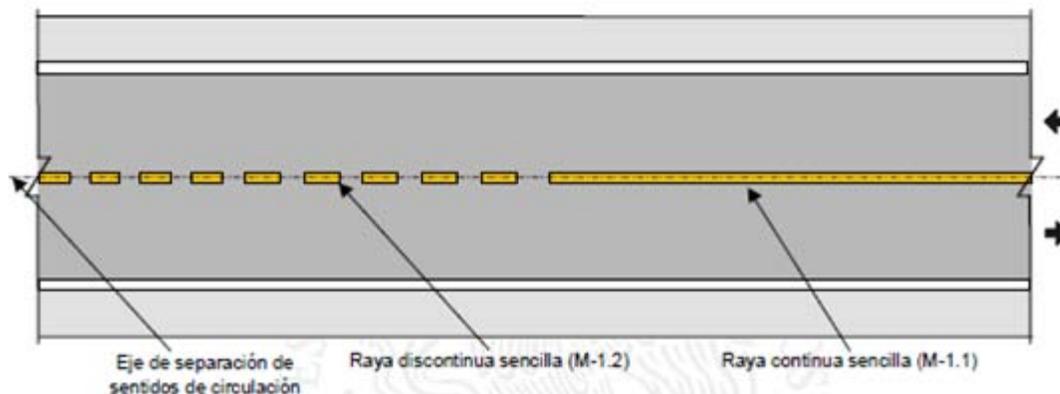
De igual forma son colocados para reforzar la seguridad y la visibilidad en la vía, en este caso al ser colocados sobre las estructuras referidas en la clasificación M-13, y en las barreras de protección, permiten al usuario distinguir el cuerpo de la estructura al transitar por la noche o en condiciones climáticas adversas.

DH-3 Botones

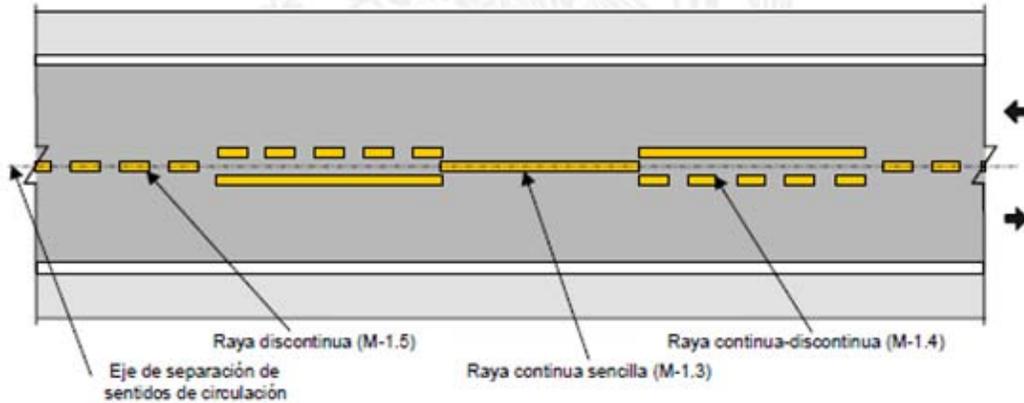
Estos dispositivos generalmente se utilizan como complemento de las rayas con espaciamiento logarítmico descritas anteriormente, o bien como vibradores anunciando de esta forma la llegada a una caseta de cobro, o a un cruce a nivel con una vía férrea. También se pueden utilizar en caminos secundarios antes de un entronque con otro de mayor importancia, se identifican por ser de color blanco, o bien de color aluminio cuando sean de material metálico, su forma es circular.

A continuación, se ilustran las clasificaciones de todas las marcas que se realizan en el pavimento vistas en lo anterior y que forman parte del Señalamiento Horizontal de vialidades urbanas y ciclovías, o bien de las carreteras y autopistas de la RCN.

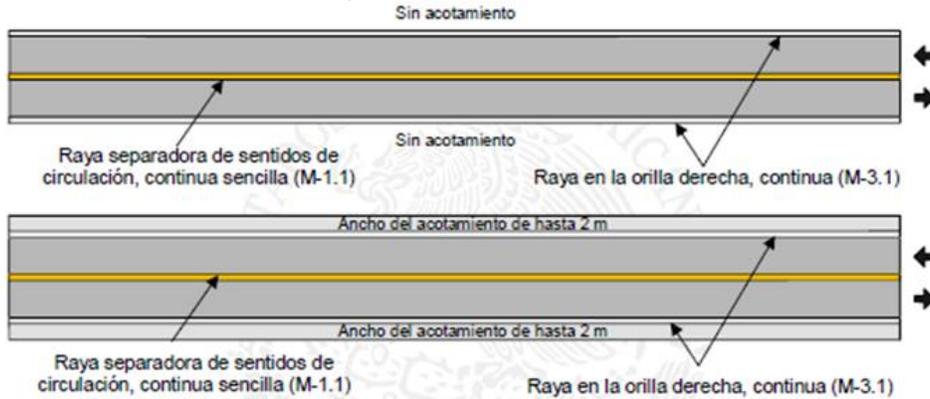
Ubicación de la Raya Separadora de Sentidos de Circulación para un ancho de Arroyo Vial de hasta 6.5 m.



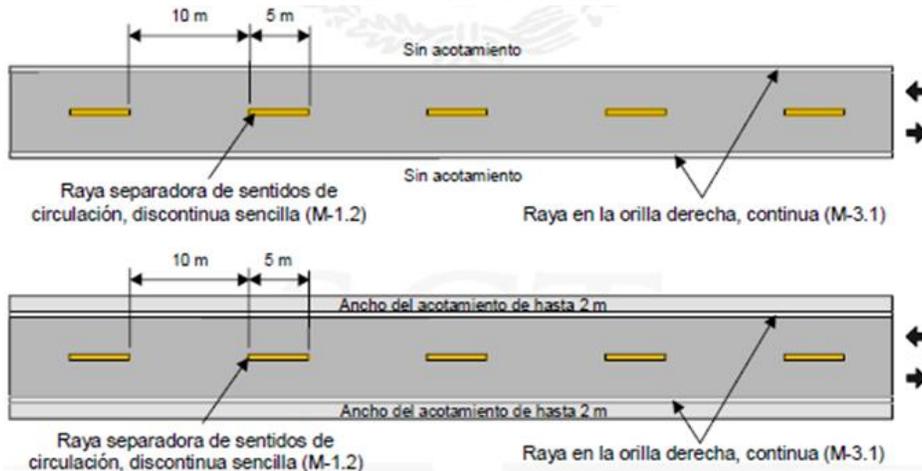
Ubicación de la Raya Separadora de Sentidos de Circulación para un ancho de Arroyo Vial mayor de 6.5 m.



Marcas en el Pavimento en Carreteras en Zona de No Rebase con un ancho de Arroyo Vial de hasta 6.5 m.

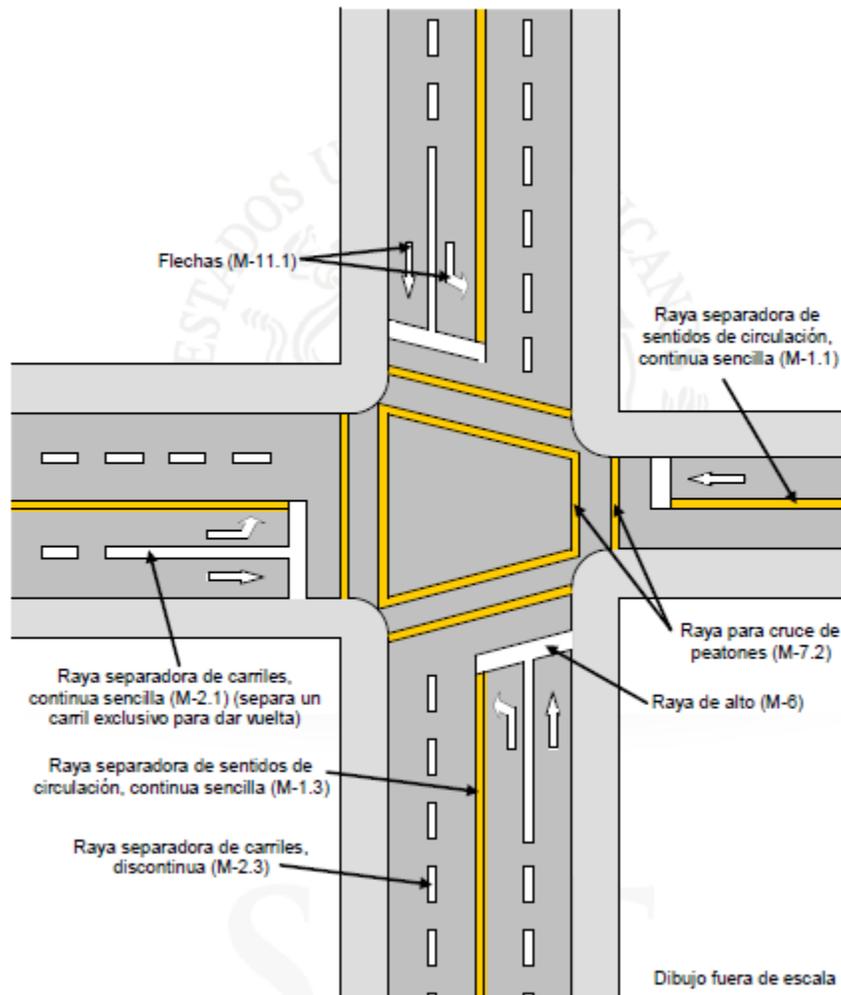


Marcas en el Pavimento en Carreteras en Zona de Rebase con un ancho de Arroyo Vial de hasta 6.5 m.

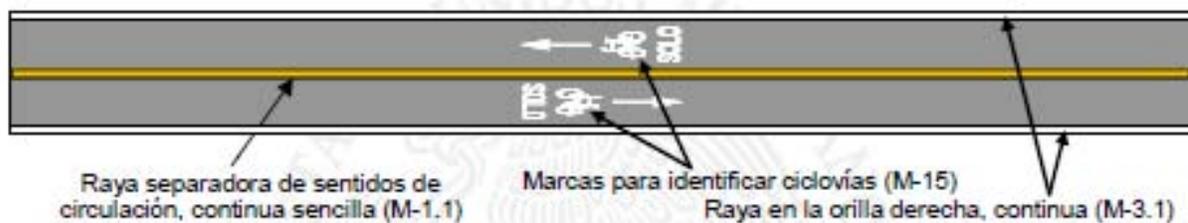


ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

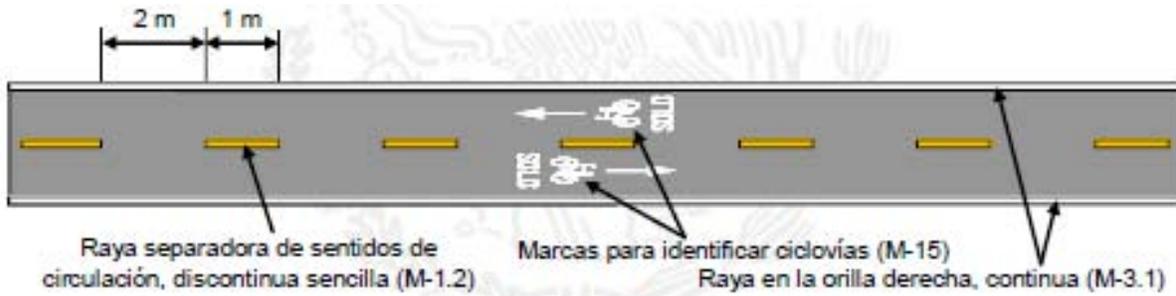
Diversos tipos de Rayas y Marcas en el Pavimento en aproximaciones de Intersección



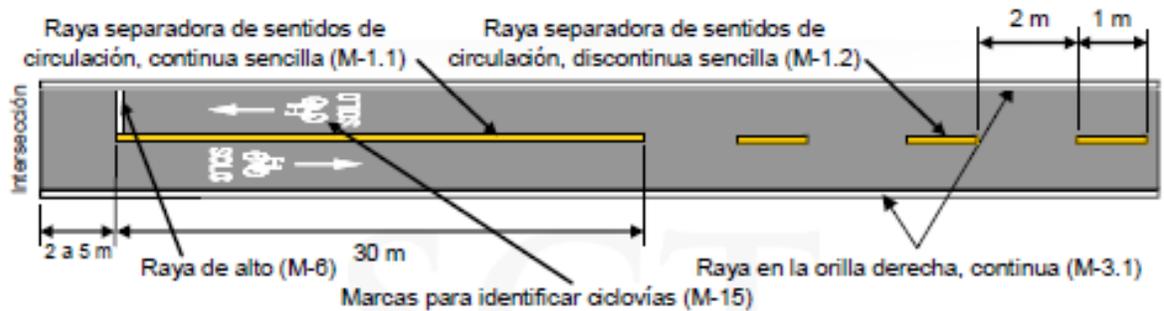
Marcas en el Pavimento para Ciclovías Confinadas o Exclusivas en Zona de No Rebase



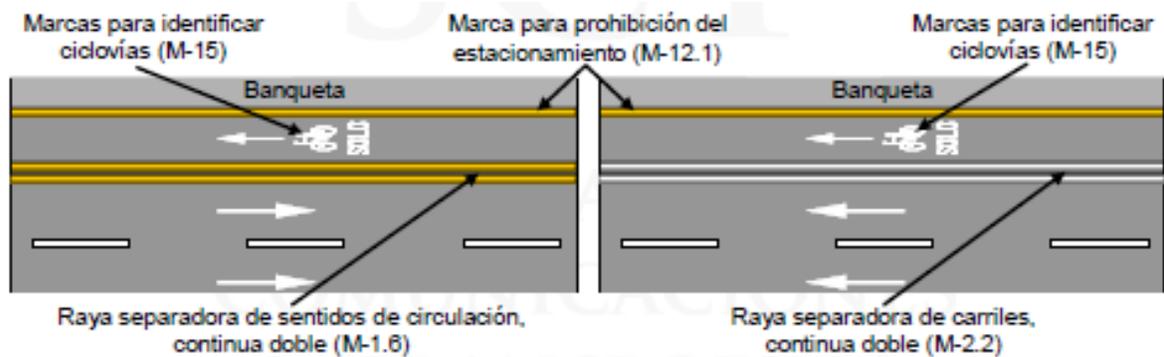
Marcas en el Pavimento para Ciclovías Confinadas o Exclusivas en Zona de Rebase



Marcas en el Pavimento para Ciclovías Confinadas o Exclusivas en Aproximación a Intersecciones

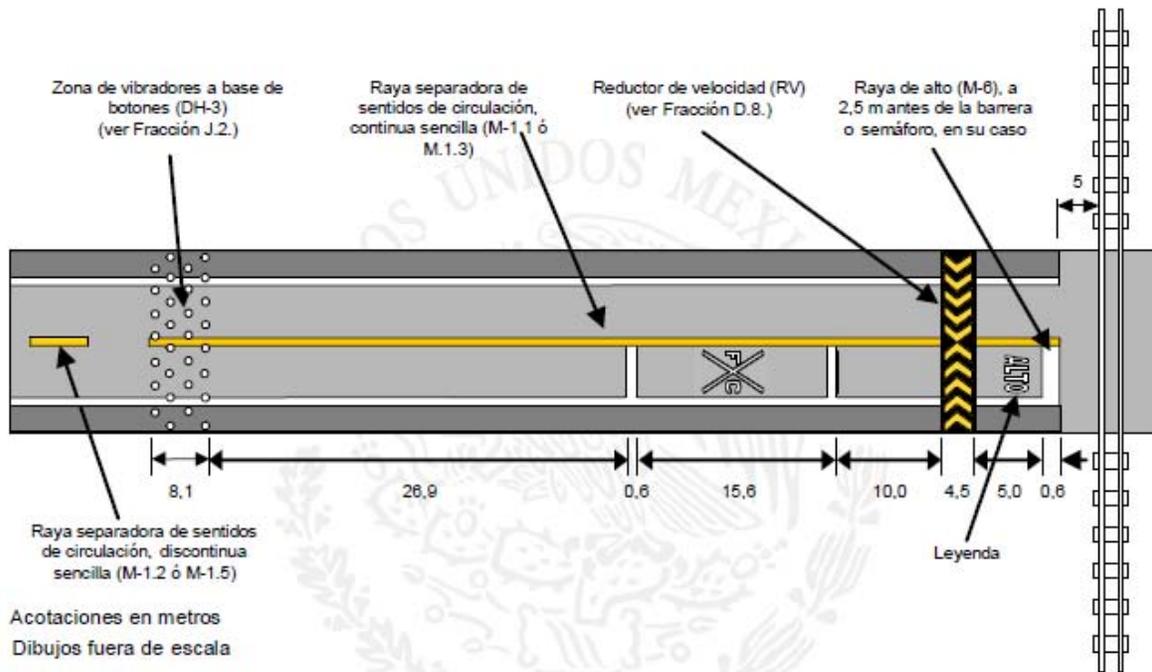


Marcas en el Pavimento para Ciclovías Compartidas

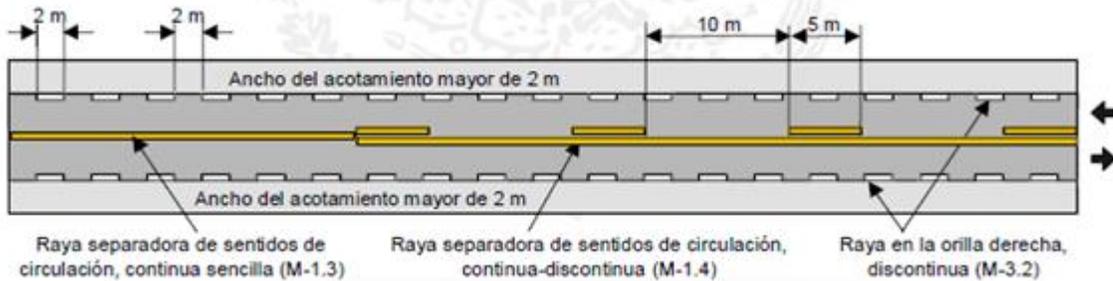


ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

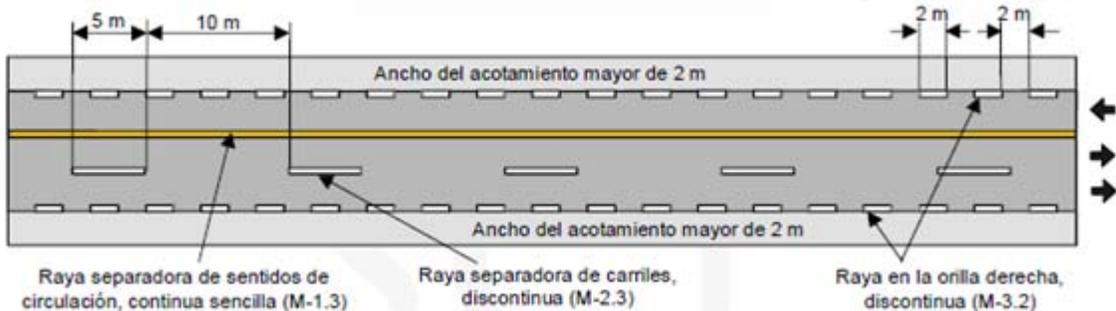
Marcas en el Pavimento para Cruces de Ferrocarril a Nivel



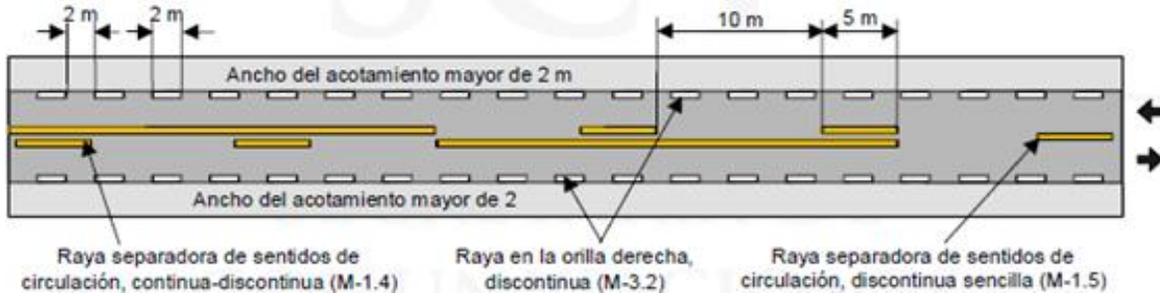
Marcas en el Pavimento en Carreteras con ancho de Vía mayor de 6.5 m (1).



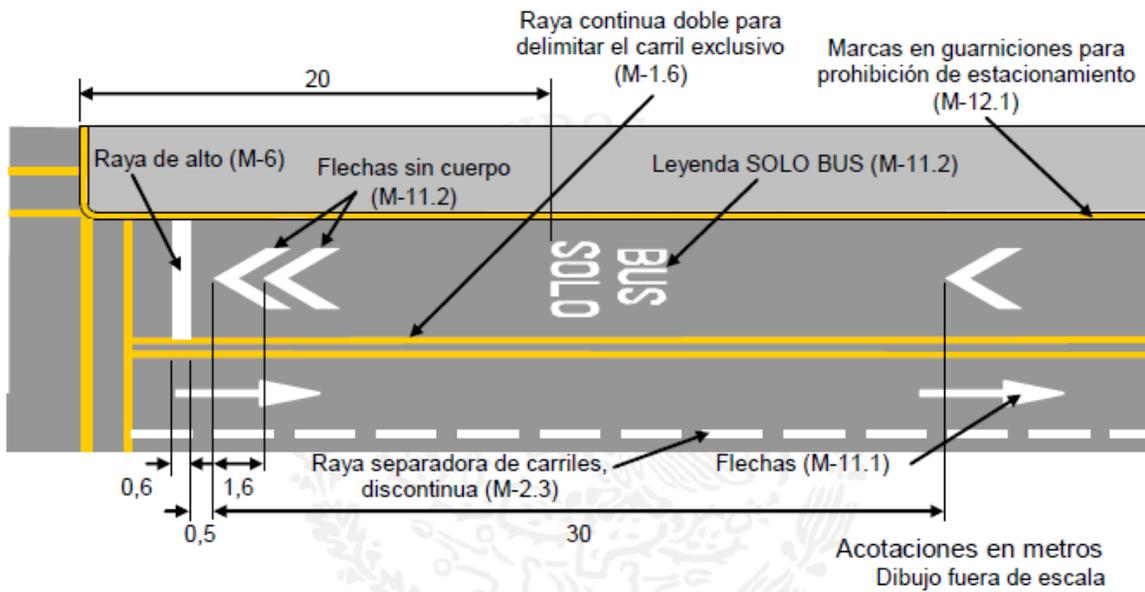
Marcas en el Pavimento en Carreteras con ancho de Vía mayor de 6.5 m (2).



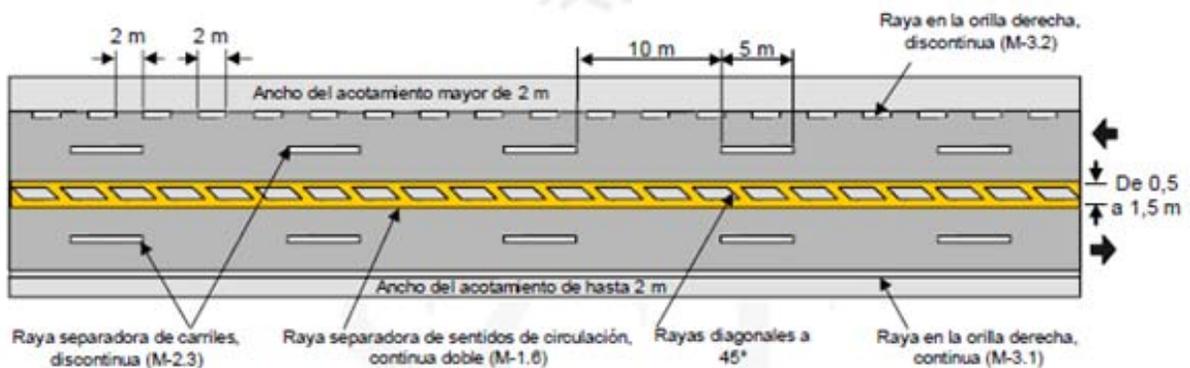
Marcas en el Pavimento en Carreteras con ancho de Vía mayor de 6.5 m (3).



Marcas para Delimitar un Carril en Contrasentido

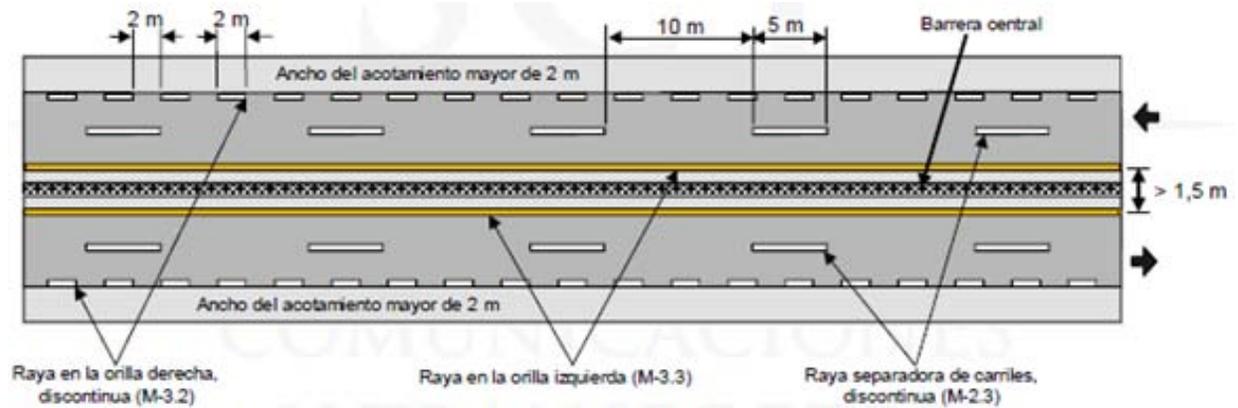


Marcas en el Pavimento en Carreteras y Vialidades Urbanas de dos o más Carriles por Sentido de Circulación (1)

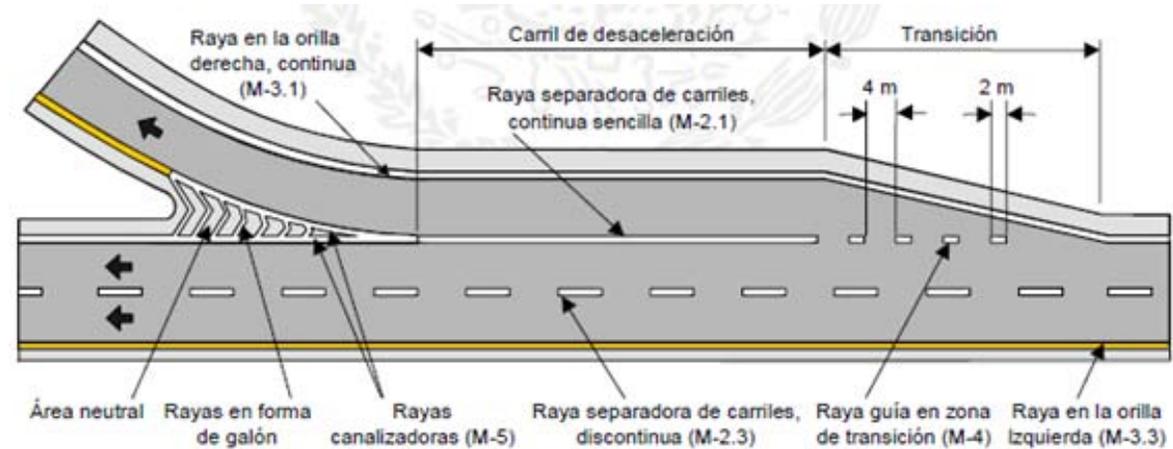


ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

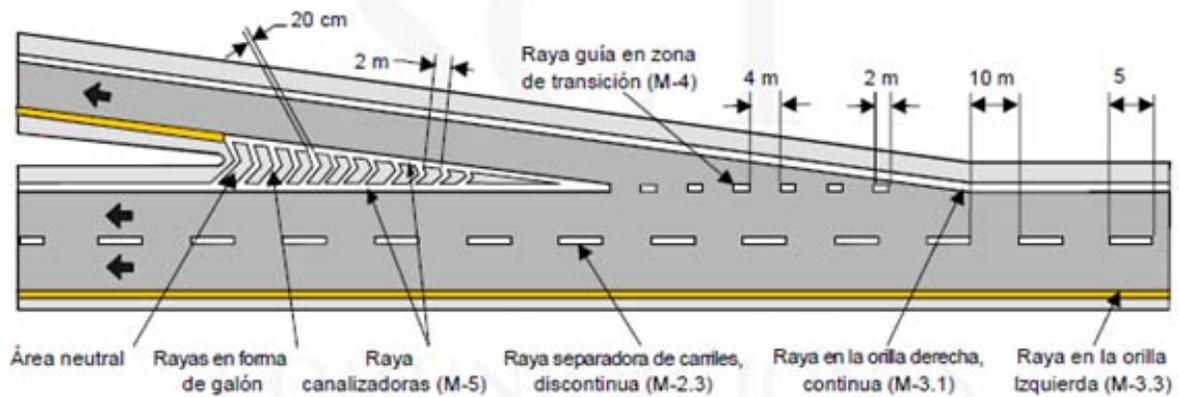
Marcas en el Pavimento en Carreteras y Vialidades Urbanas de dos o más Carriles por Sentido de Circulación (2)



Rayas Separadoras de Carriles, Rayas Guía en Zonas de Transición, Rayas Canalizadoras y Rayas en la Orilla del Arroyo Vial

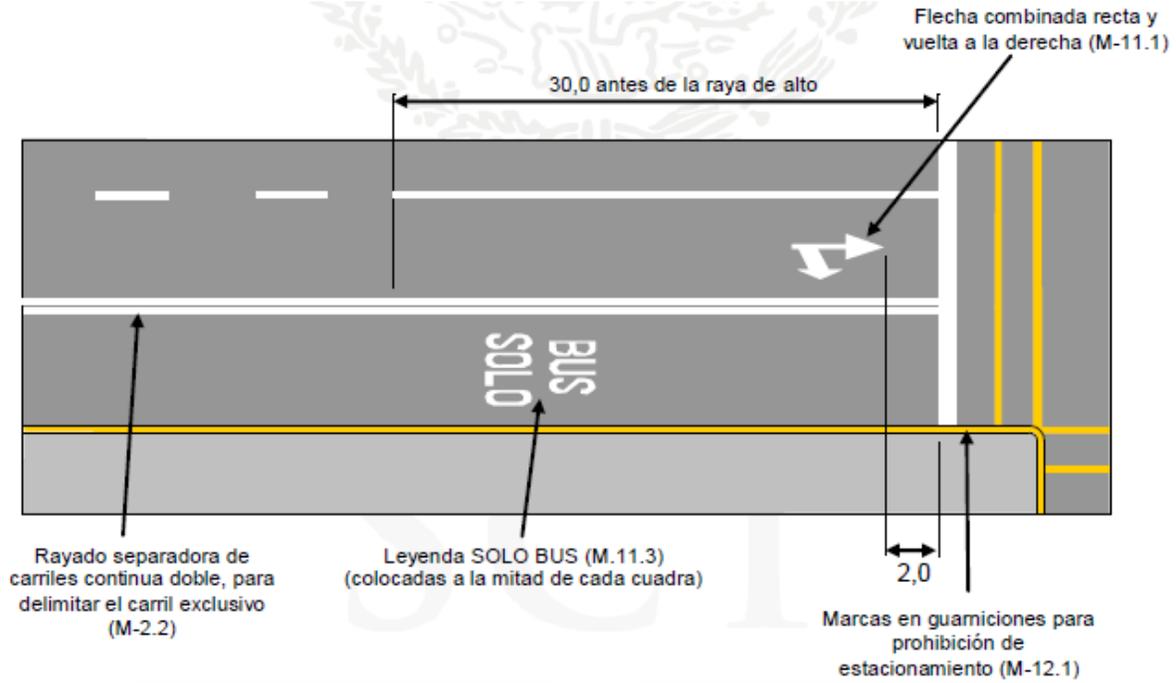


CON CARRIL DE CAMBIO DE VELOCIDAD

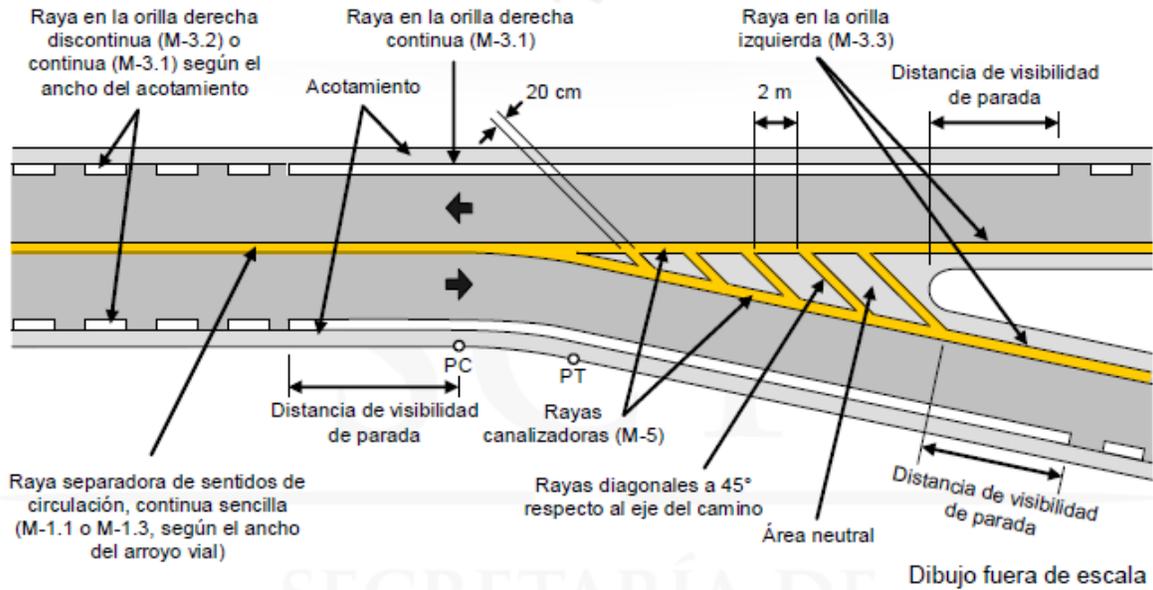


SIN CARRIL DE CAMBIO DE VELOCIDAD

Marcas para Delimitar un Carril Exclusivo

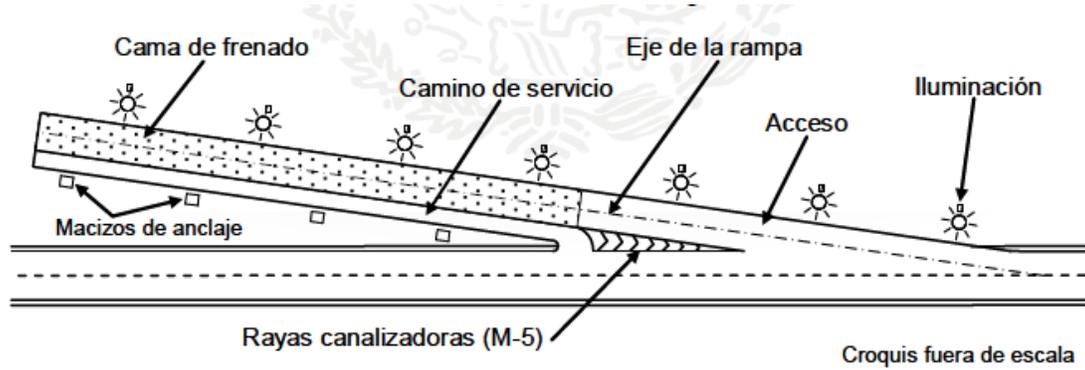


Rayas en la Orilla Derecha y Rayas Canalizadoras



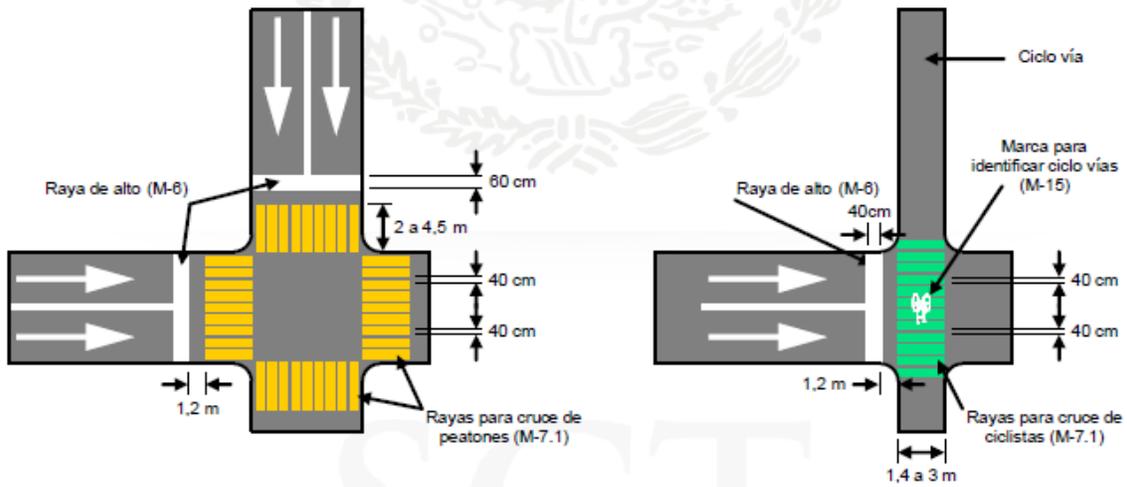
ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

Rampa de Emergencia para Frenado

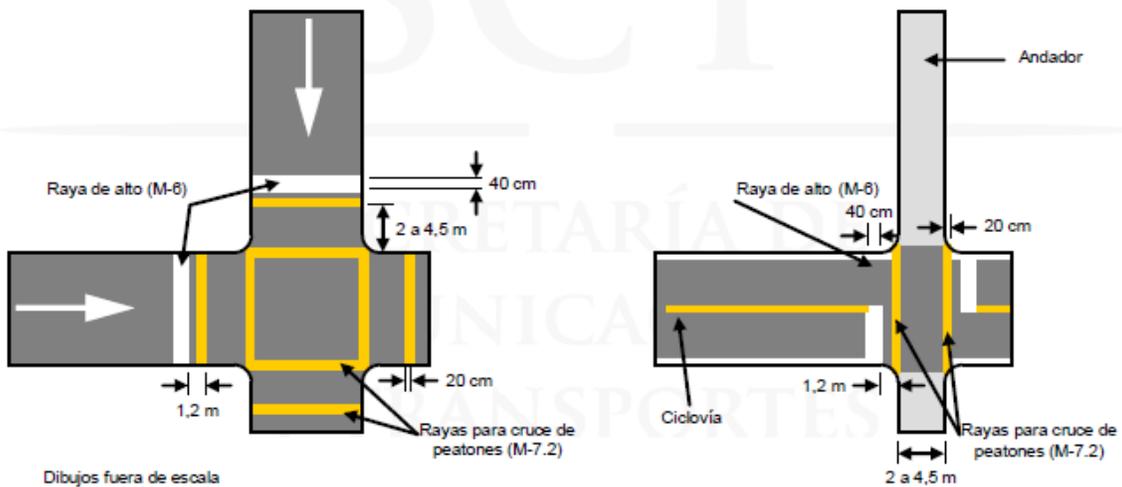


Marcas sobre el Pavimento en Intersecciones a Nivel

CARRETERAS CON DOS O MÁS CARRILES POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN Y VÍAS PRIMARIAS

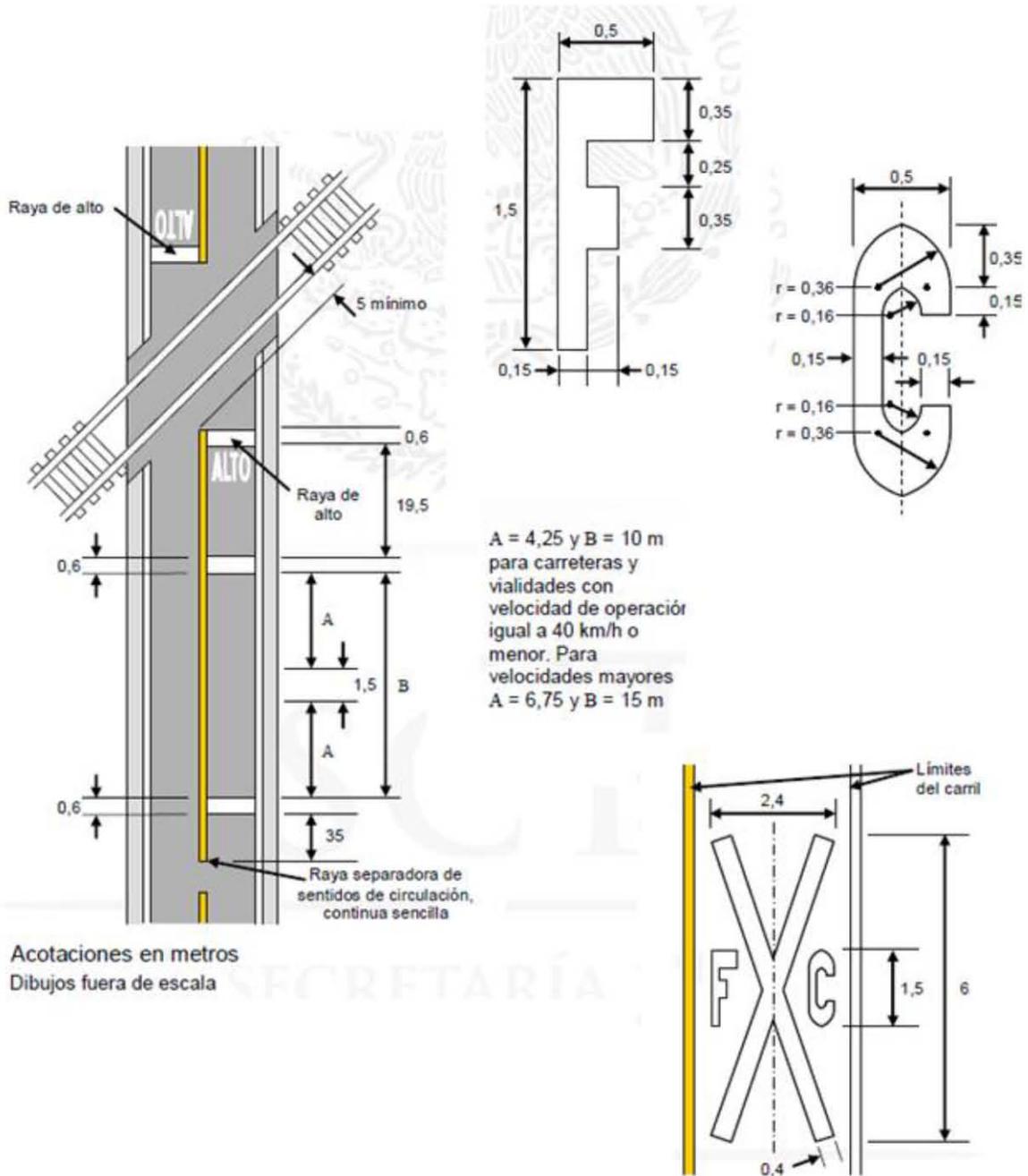


CARRETERAS CON UN CARRIL POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN, VÍAS SECUNDARIAS Y CICLO VÍAS



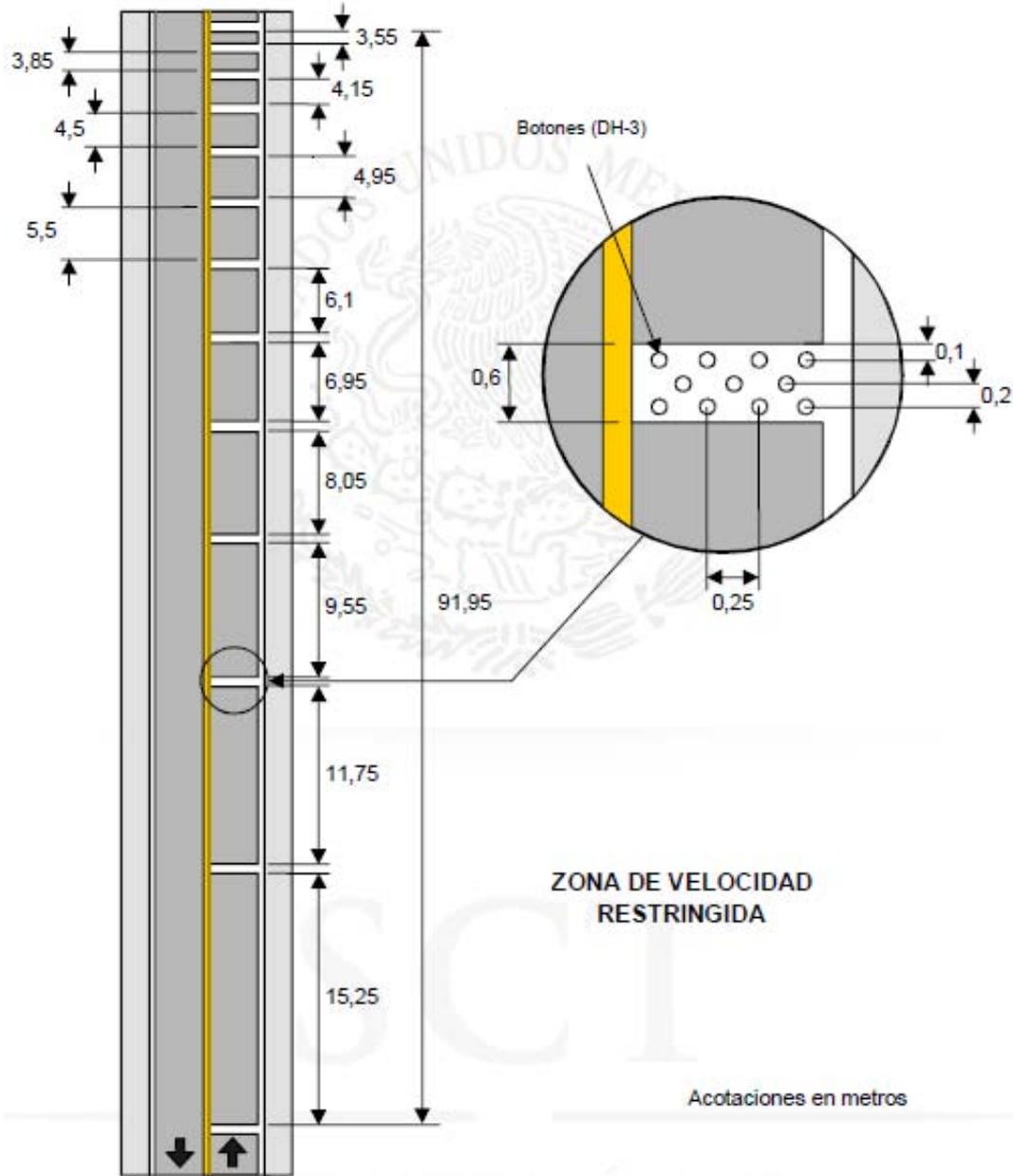
Dibujos fuera de escala

Marcas para Cruce de Ferrocarril M-8

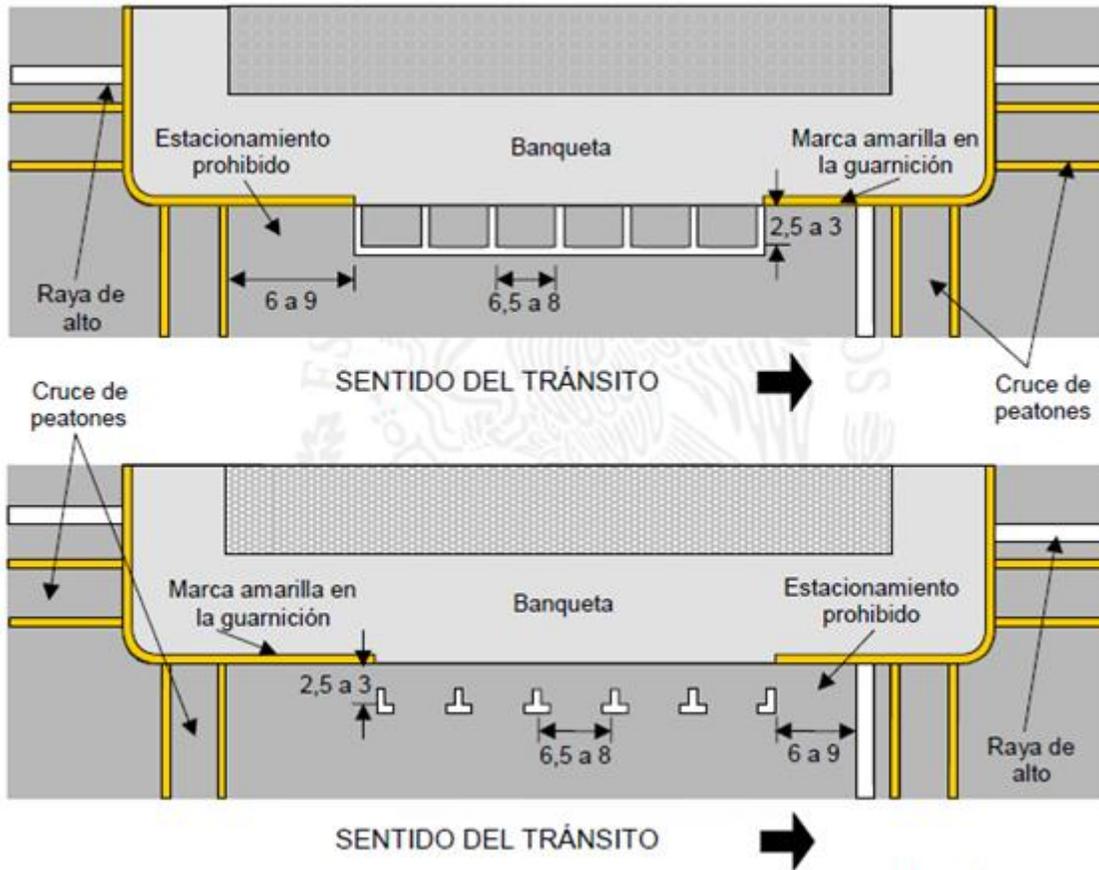


ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

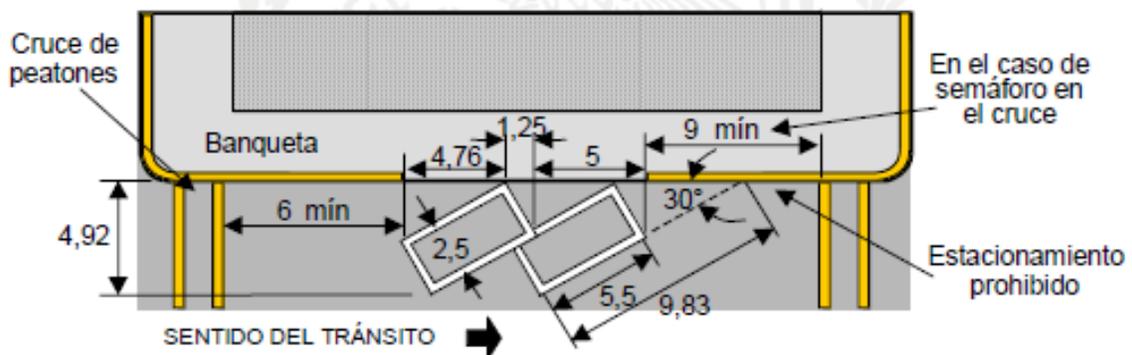
Rayas con Espaciamiento Logarítmico para Velocidad de entrada de 50 km/hr y Velocidad de salida de 30 km/hr



Marcas para Estacionamiento

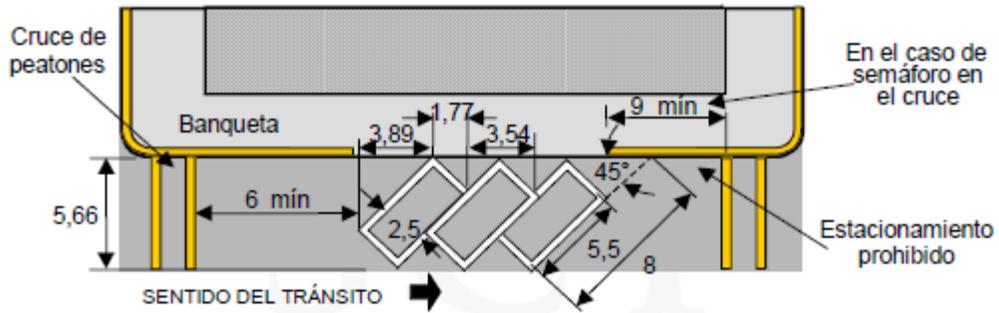


Marcas para Estacionamiento en Batería con Angulo de 30°

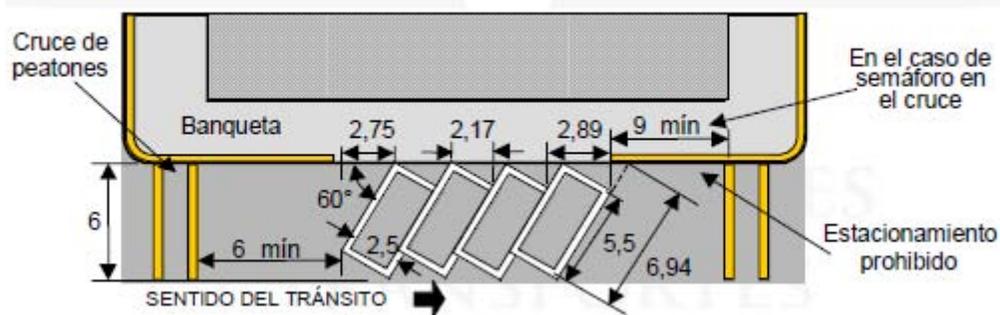


ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

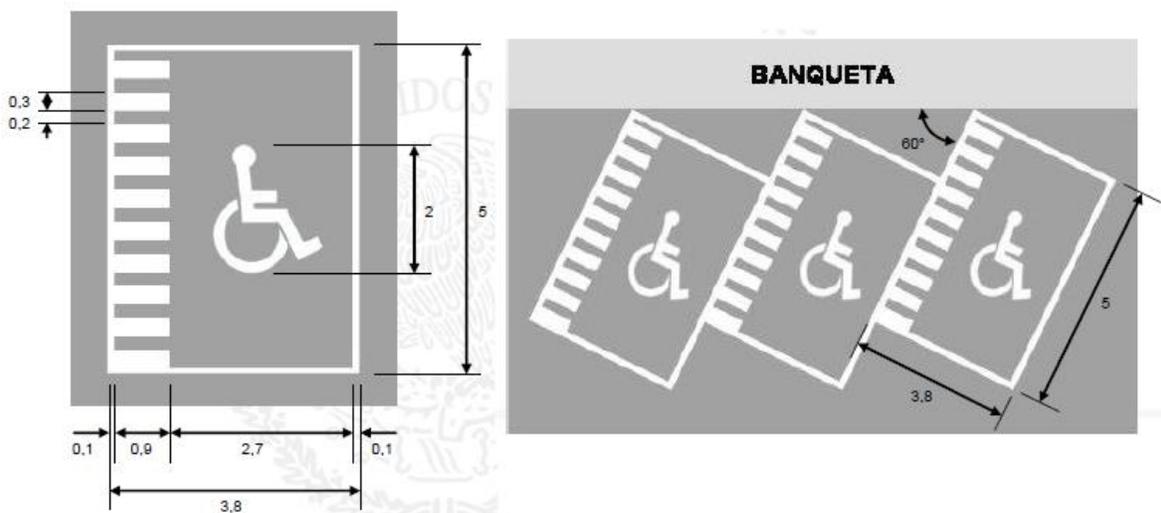
Marcas para Estacionamiento en Batería con Angulo de 45°



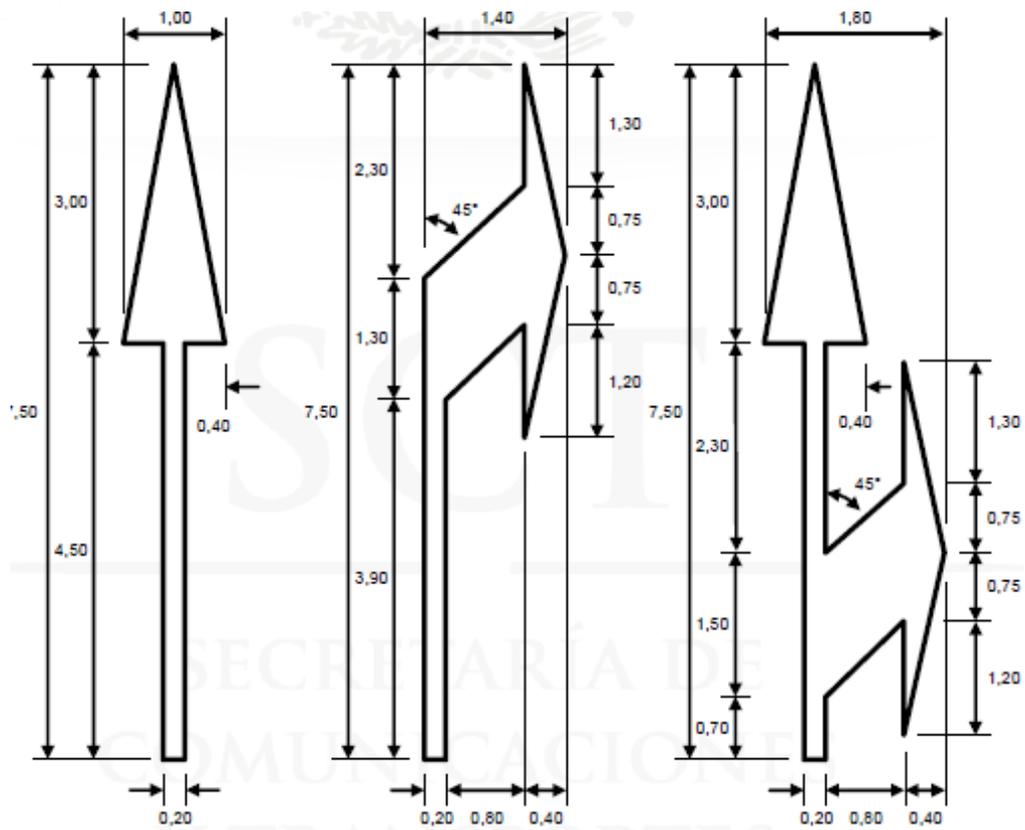
Marcas para Estacionamiento en Batería con Angulo de 60°



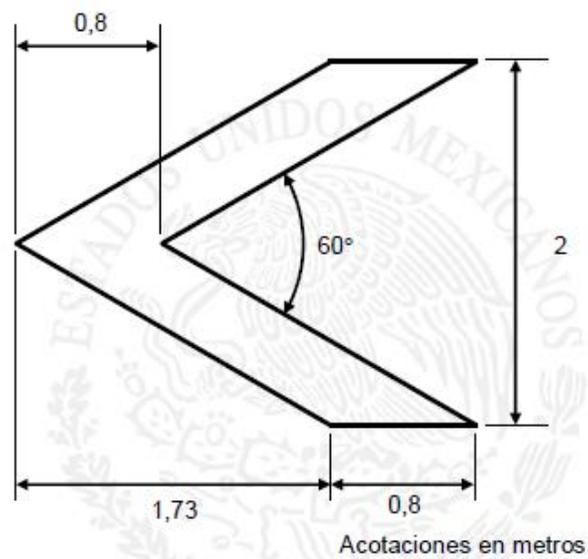
Marcas de Estacionamiento para Vehículos de Personas con Discapacidad



Flechas de Dirección para Carriles

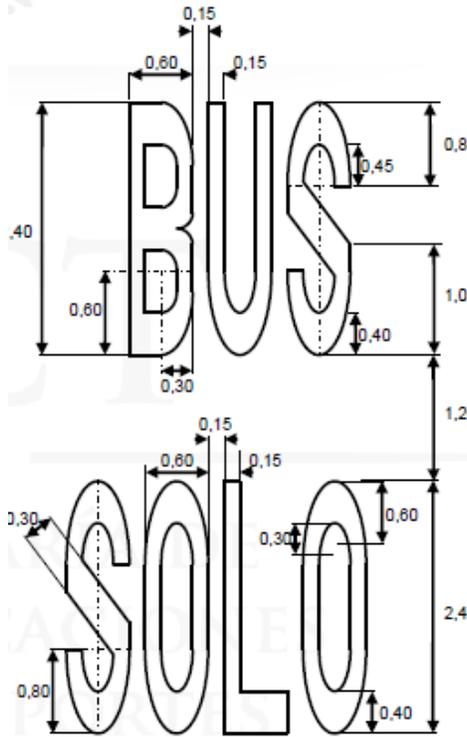


Flechas sin Cuerpo

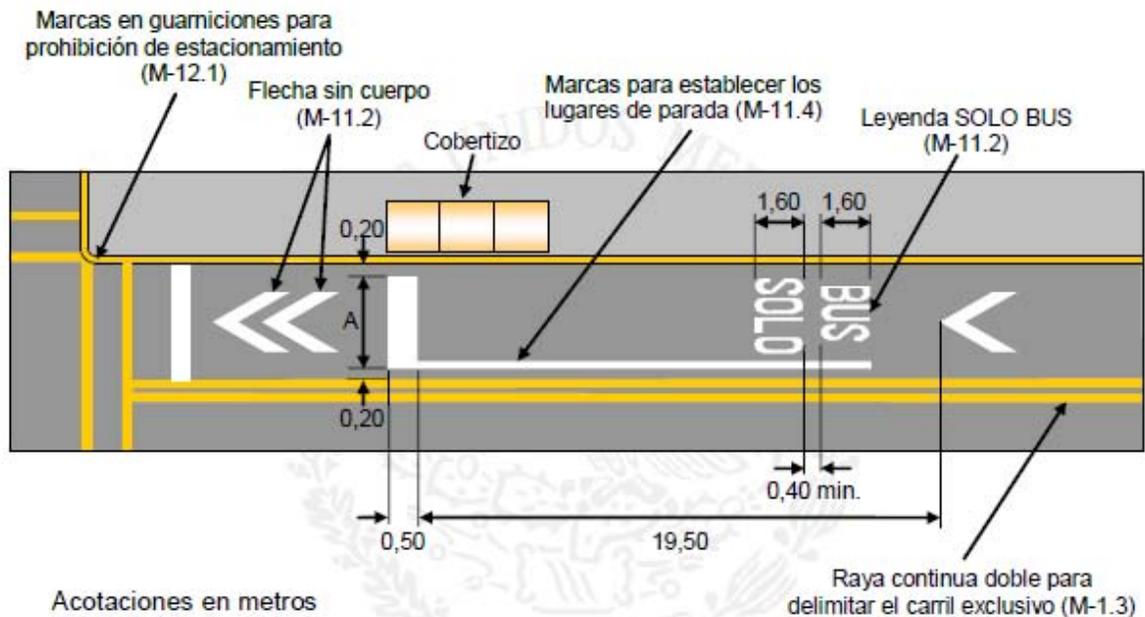


ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

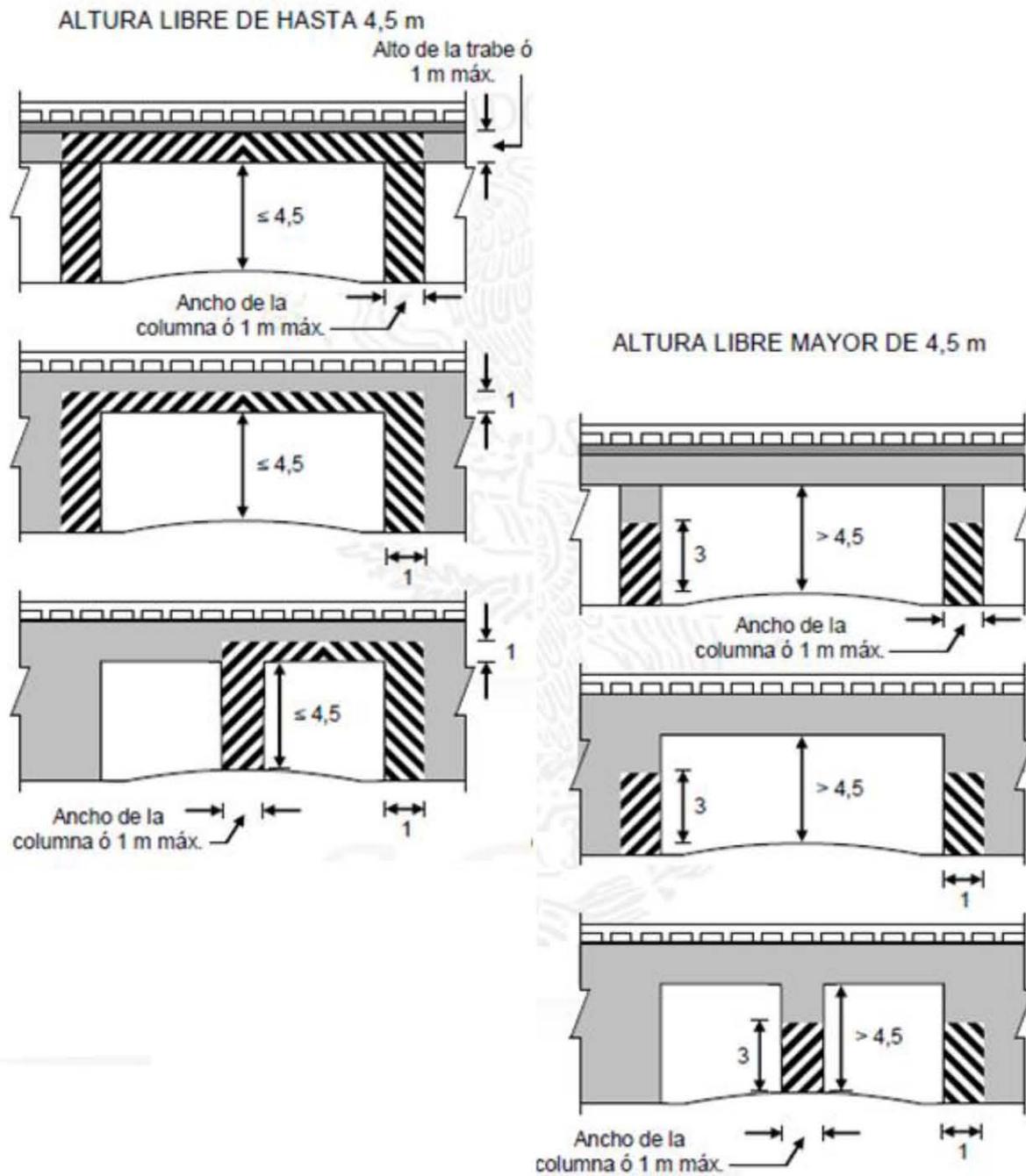
Leyenda Solo Bus



Marcas para establecer lugares de parada en un Carril de Contrasentido

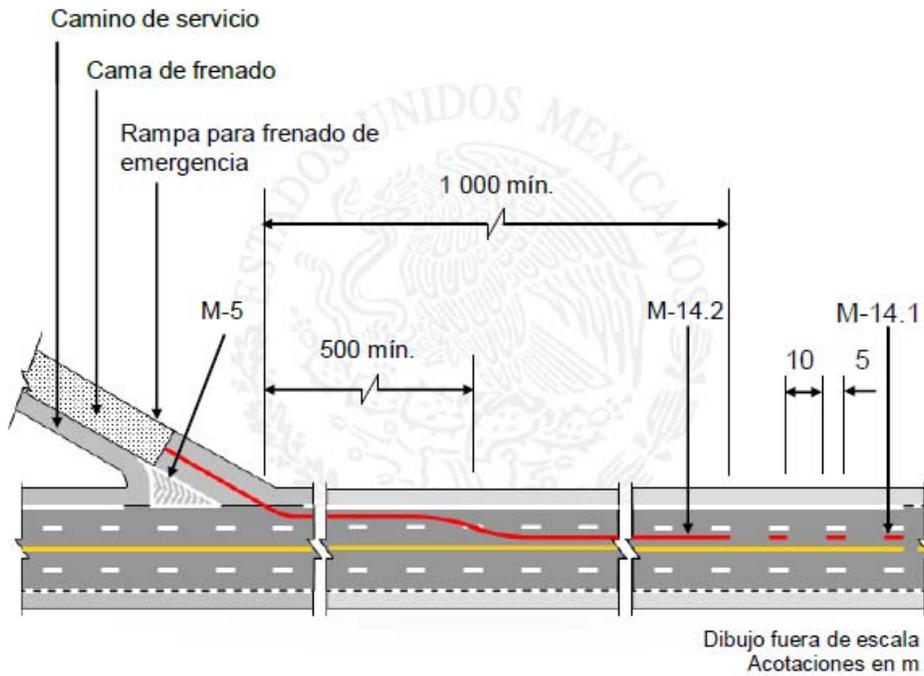


Marcas en Estructuras

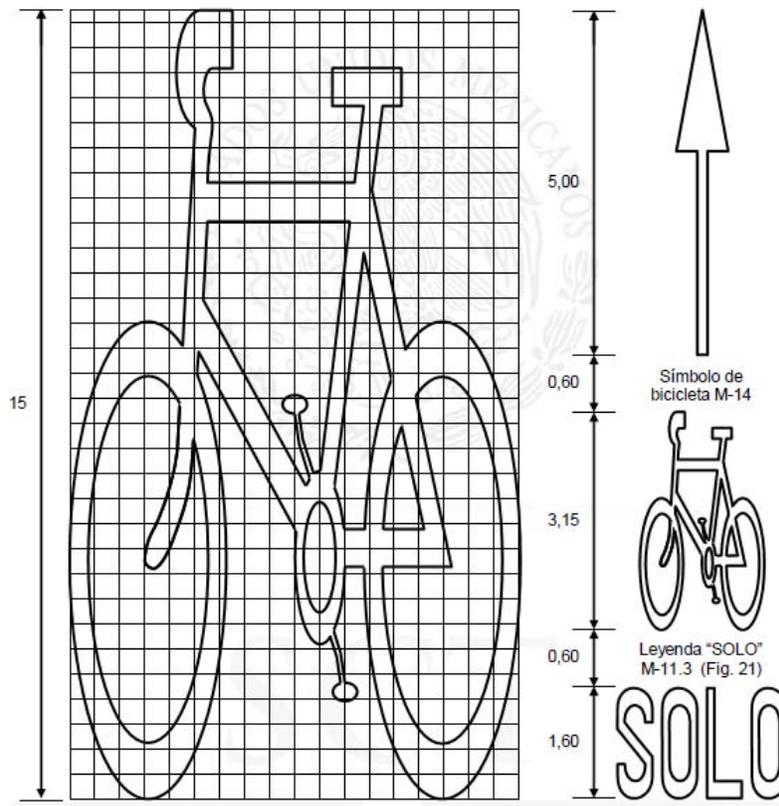


ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

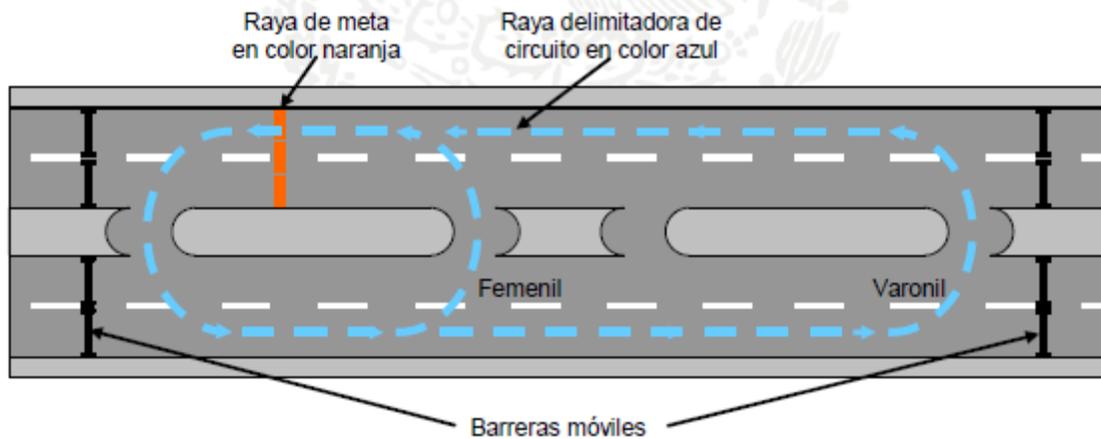
Señalamiento Horizontal de Rampas de Emergencia para Frenado



Marcas para Identificar Ciclovías



Marcas Temporales



Todo lo anterior se resumió con la idea de mostrar al usuario todos los tipos de señalamiento horizontal que son utilizados en las vialidades urbanas, o bien en las carreteras y autopistas de la RCN, para que de esta manera pueda reconocer estas marcas fácilmente al transitar sobre cualquiera de las vialidades antes mencionadas y pueda interpretarlas correctamente, con pleno conocimiento de lo que significan, dada la amplitud del tema, si es de interés del lector conocer a detalle las consideraciones que se deben tomar en cuenta para su respectivo dimensionamiento, su colocación y su ejecución se recomienda consultar la bibliografía utilizada para elaborar este resumen y que se podrá encontrar al final de este trabajo con la siguiente numeración:

Ref. Bibliográficas No. 7, 22, 24, 32-40.

Anexo 2

Señales Preventivas (SP)



Señales Preventivas (SP)

A continuación se podrá apreciar cada una de las señales preventivas que actualmente se manejan en las carreteras, autopistas y vialidades urbanas del país, así como una breve descripción de las mismas.

SP-6 Curva Peligrosa

Indica próxima curva peligrosa a la derecha o a la izquierda.



SP-7 Codo

Indica curva cerrada a la izquierda o a la derecha.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

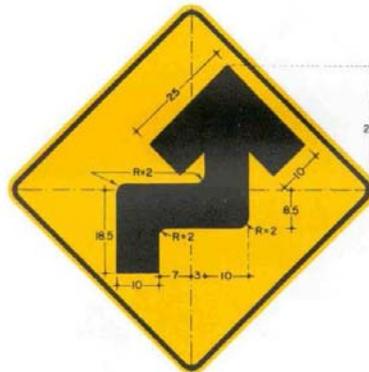
SP-8 Curva Inversa

Indica la presencia de dos curvas peligrosas consecutivas de dirección contraria.



SP-9 Codo Inverso

Indica la presencia de dos curvas cerradas consecutivas de dirección contraria.



SP-10 Camino Sinuoso

Indica tres o más curvas consecutivas.



SP-11 Cruce de Caminos

Indica la intersección a nivel de dos caminos.

**SP-12 Entronque en T**

Indica una intersección a nivel de tres ramas.

**SP-13 Entronque en Delta**

Indica una intersección a nivel de tres ramas, con isleta triangular central.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SP-14 Entronque Lateral Oblicuo

Indica una intersección a nivel de tres ramas, cuando el ramal que entronca sea oblicuo.



SP-15 Entronque en Y

Indica la bifurcación de un camino.



SP-16 Glorieta

Indica una intersección a nivel de dos o más caminos que tenga una isleta central.



SP-17 Incorporación del Tránsito

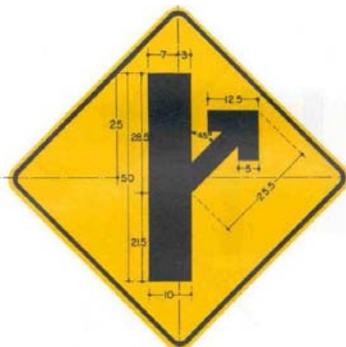
Indica la proximidad de una incorporación, derecha o izquierda, del tránsito vehicular en el mismo sentido.

**SP-18 Doble Circulación**

Indica el cambio de circulación en un solo sentido, a otro de dos carriles con circulación en ambos sentidos.

**SP-19 Salida**

Indica la proximidad de una salida en los caminos de acceso controlado.



SP-23 Puente Angosto

Indica la proximidad de un puente angosto (reducción de su anchura).

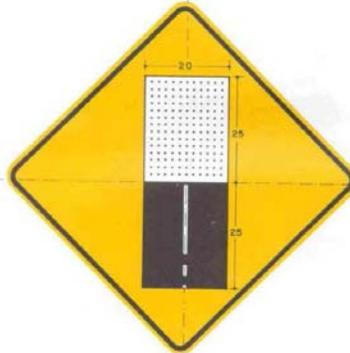
**SP-24 Anchura Libre**

Indica la proximidad de pasos estrechos o estructuras angostas que no permitan la circulación simultánea de dos vehículos. La anchura libre, aproximada al decímetro inferior, se indicará en un tablero adicional.



SP-27 Termina Pavimento

Indica la proximidad de la terminación del pavimento.

**SP-28 Superficie Derrapante**

Indica la proximidad de un tramo con pavimento resbaloso.

**SP-29 Pendiente Peligrosa**

Indica la proximidad de una pendiente descendente.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

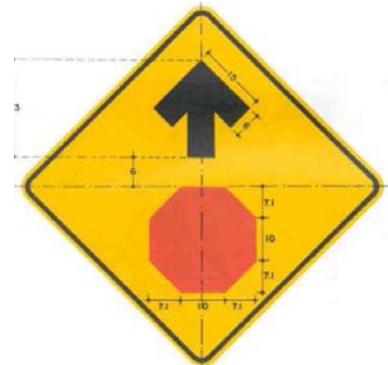
SP-30 Zona de Derrumbes

Indica la presencia de un tramo del camino donde puede encontrar derrumbes.



SP-31 Alto Próximo

Indica la proximidad de una señal de alto.



SP-32 Peatones

Indica la proximidad de lugares frecuentados por peatones o cruce especialmente destinados a ellos.



SP-33 Escolares

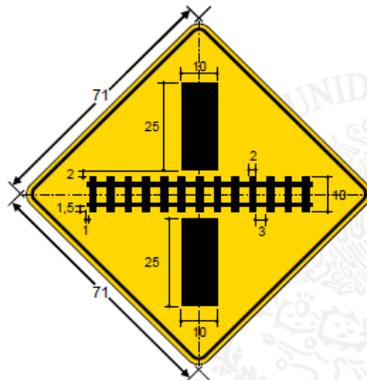
Indica la proximidad de una zona frecuentada por escolares o cruce especialmente destinados a ellos.

**SP-34 Ganado**

Indica la proximidad de un tramo frecuentado por ganado o bien la existencia de cruce para el mismo.

**SP-35 Cruce de Ferrocarril**

Indica la proximidad de un ferrocarril a nivel.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SP-39 Ciclistas

Indica la proximidad de un lugar frecuentado por ciclistas o un cruce especialmente para ellos.



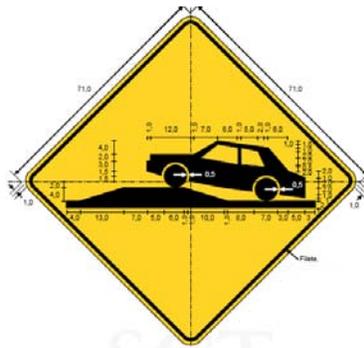
SP-40 Grava Suelta

Indica la proximidad de un tramo en el que existe grava suelta sobre la superficie de rodamiento.



SP-41 Reductor de Velocidad

Indica la proximidad de un dispositivo instalado sobre la superficie de rodamiento para controlar la velocidad de los vehículos



Anexo 3

Señales Restrictivas (SR)



Señales Restrictivas (SR)

A continuación se podrá apreciar cada una de las señales restrictivas que actualmente se manejan en las carreteras, autopistas y vialidades urbanas del país, así como una breve descripción de las mismas.

SR-6 Alto

Indica realizar alto total en un cruce de carreteras, un entronque, cruce de una vía férrea y en intersecciones urbanas.



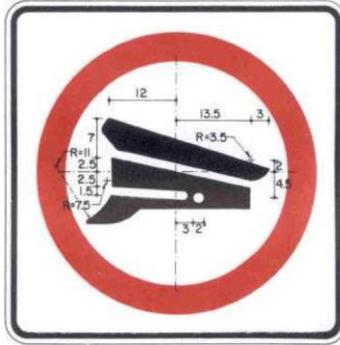
SR-7 Ceda el Paso

Indica que el conductor deberá detenerse o disminuir la velocidad.



SR-8 Inspección

Indica a los conductores detenerse en el lugar para revisión de alguna autoridad.

**SR-9 Velocidad**

Indica el límite máximo de velocidad.

**SR-10 Vuelta Continua Derecha**

Indica que en las intersecciones controladas por semáforos o por agentes, está permitida la vuelta derecha en forma continua.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SR-11 Circulación

Indica la obligación de circular en el sentido mostrado.



SR-11A Circulación

Indica el inicio de una faja separadora central.



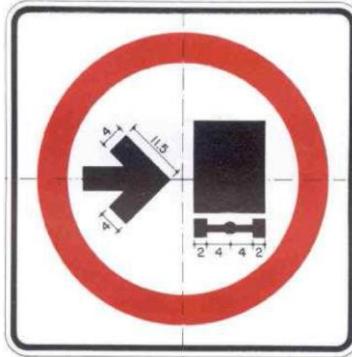
SR-12 Solo Vuelta a Izquierda

Indica que uno o más carriles deberán usarse exclusivamente para vuelta izquierda.

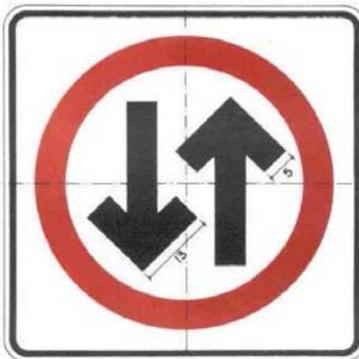


SR-13 Conserve su Derecha

Indica que los camiones deben circular por el carril de su derecha.

**SR-14 Doble Circulación**

Indica que en aquellas vías de un solo sentido cambian a dos carriles y se permite la doble circulación.

**SR-15 Altura Libre Restringida**

Indica la altura libre de un paso inferior u otra estructura.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SR-16 Anchura Libre Restringida

Indica que las dimensiones de alguna estructura no permiten el paso simultáneo de dos vehículos.



SR-17 Peso Restringido

Indica el peso permitido en puentes o algunos otros lugares del camino.



SR-18 Prohibido Rebasar

Indica los tramos en que no se permite rebasar.



SR-19 Parada Prohibida

Indica los lugares donde es prohibido el ascenso y descenso de pasajeros.

**SR-20 No Parar**

Indica en aquellos lugares donde no se permite el estacionamiento ni la detención momentánea de vehículos sobre la superficie del camino.

**SR-21 Estacionamiento Permitido**

Indica los sitios donde es permitido el estacionamiento.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SR-22 Prohibido Estacionarse

Indica los sitios donde esté prohibido el estacionamiento de vehículos.



SR-23 Prohibida Vuelta a la Derecha

Indica que no se permite la vuelta derecha.



SR-24 Prohibida la Vuelta a la Izquierda

Indica que no se permite la vuelta izquierda.



SR-25 Prohibido el Retorno

Indica que la vuelta en "U" no se permite por representar un riesgo mayor o causar inconvenientes al tránsito de vehículos.

**SR-26 Prohibido Seguir de Frente**

Indica que en una calle o carretera no se permite el tránsito de frente.

**SR-27 Prohibido el paso de Bicicletas, Vehículos Pesados y Motocicletas**

Se prohíbe la circulación de dichos vehículos en determinados tramos de la carretera o calle.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SR-28 Prohibido el paso de Vehículos de Tracción Animal

Se prohíbe la circulación de dichos vehículos sobre la carretera.



SR-29 Prohibido el paso de Maquinaria Pesada

Se prohíbe la circulación de dicha maquinaria sobre la carretera.



SR-30 Prohibido el paso a Bicicletas

Se prohíbe la circulación de este tipo de vehículos.



SR-31 Prohibido el paso a Peatones

Indica que el paso o cruce de peatones es peligroso y éstos tengan otro lugar por donde transitar o cruzar.

**SR-32 Prohibido el paso a Vehículos Pesados.**

Indica que no se permite el paso de vehículos pesados.

**SR-33 Prohibido el uso de Señales Acústicas**

Indica a los usuarios la prohibición de sonar la bocina, excepto para prevenir un accidente.



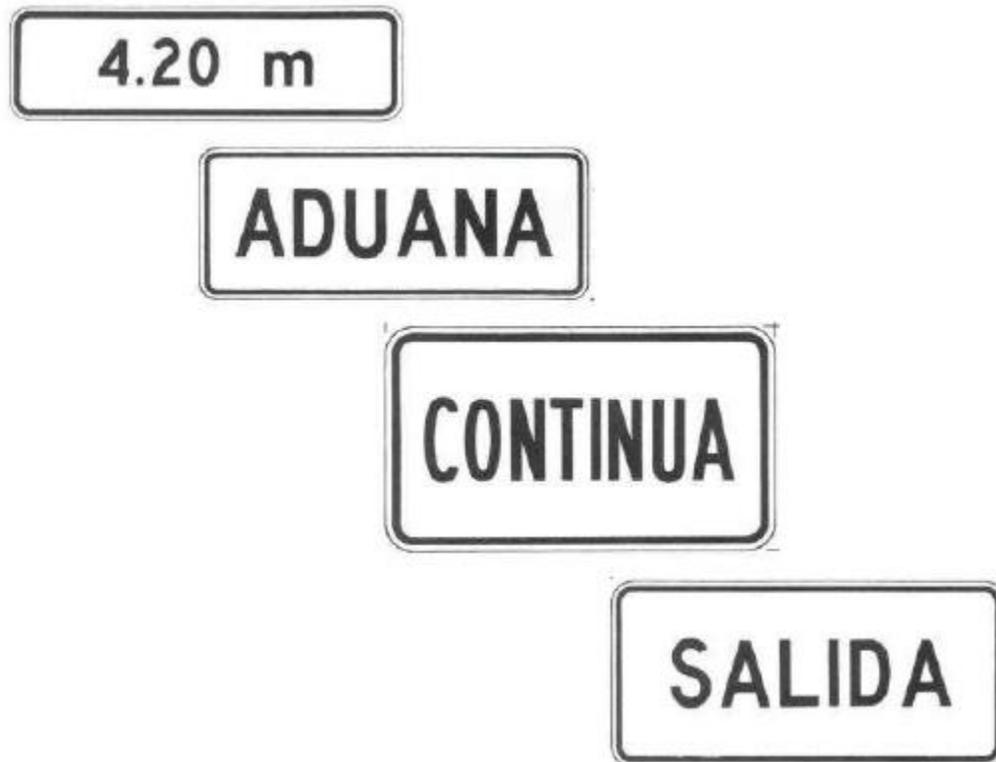
ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SR-34 Uso Obligatorio del Cinturón de Seguridad

Indica la obligatoriedad del uso del cinturón de seguridad.



Tableros Adicionales para SR



Anexo 4

Señales Informativas (SI)



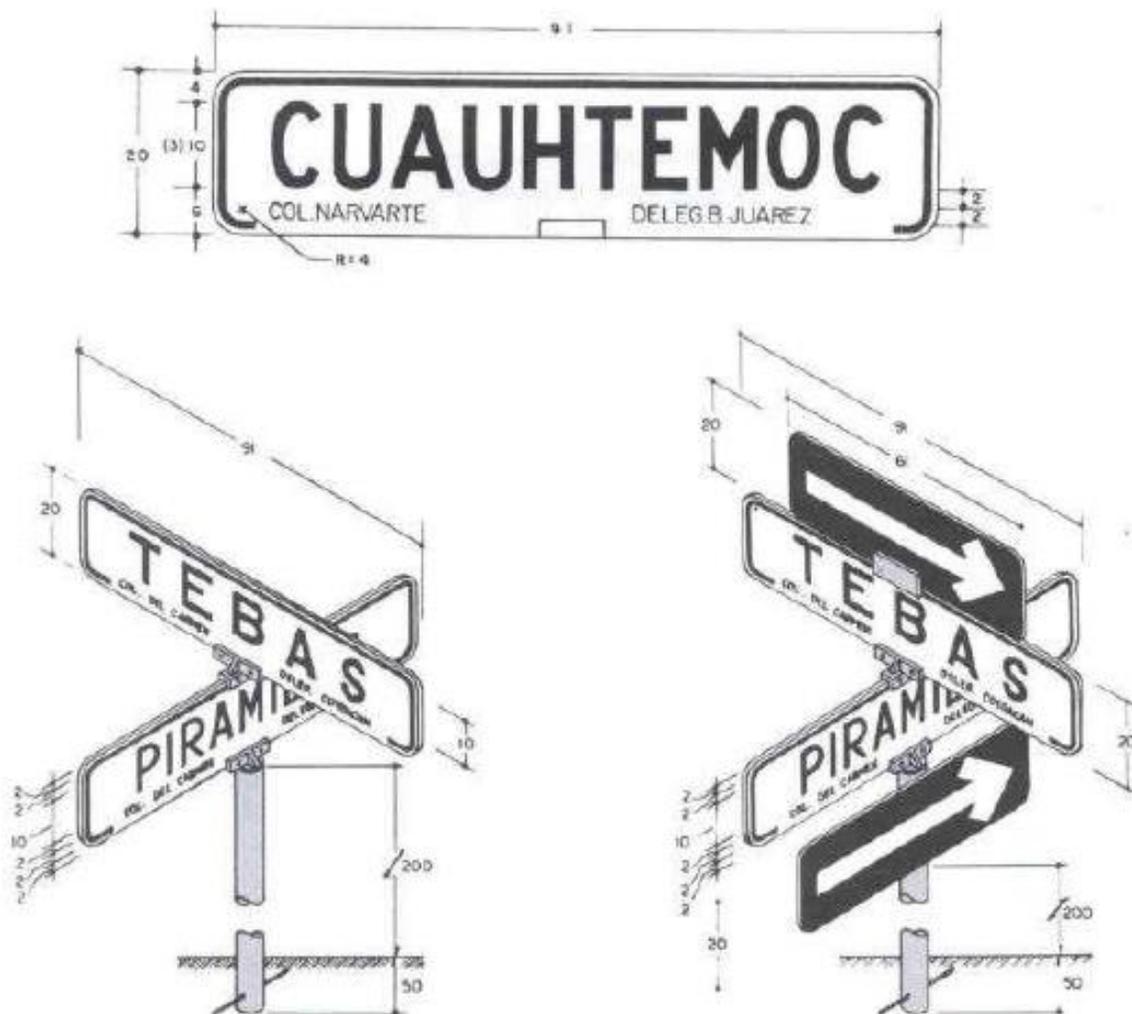
Señales Informativas (SI)

A continuación se podrá apreciar cada una de las señales de identificación que actualmente se manejan en las carreteras, autopistas y vialidades urbanas del país, así como una breve descripción de las mismas.

Señales Informativas de Identificación (SII)

SII-6 Nomenclatura de Calles

Indica calles y nomenclaturas.



SII-7 Escudo de Carretera Federal

Indica carreteras federales.



SII-8 Escudo de Carretera Federal Directa de Cuota

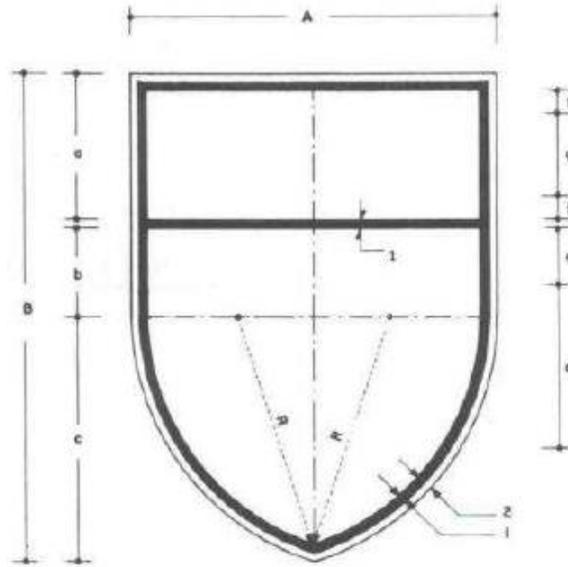
Indica carreteras federales de cuota.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

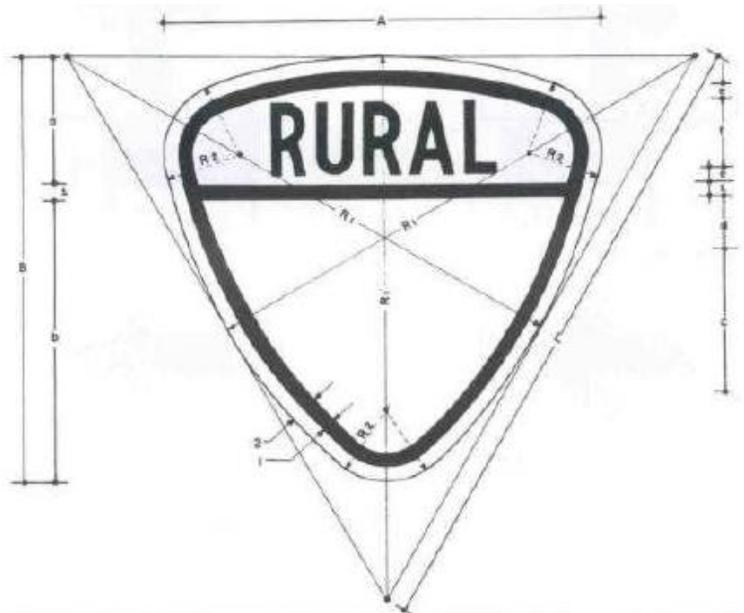
SII-9 Escudo de Carretera Estatal

Indica carreteras estatales.



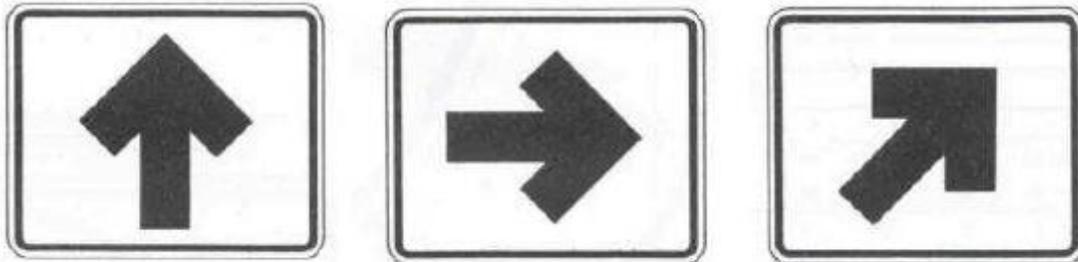
SII-10 Escudo de Camino Rural

Indica caminos rurales.



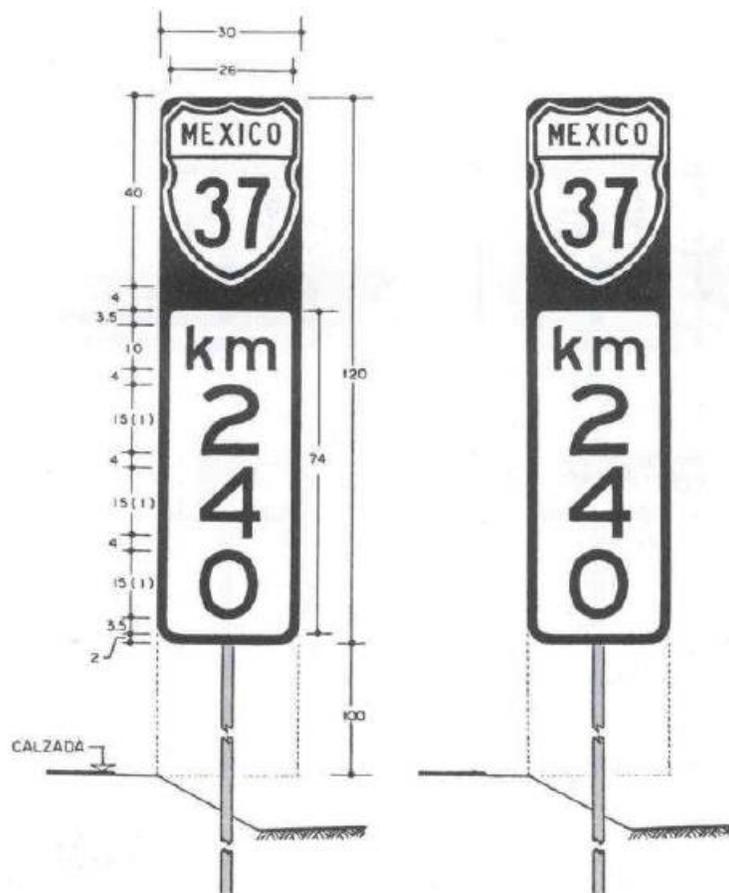
SII-11, SII-12, SII-13 Flechas de Frente, Horizontal y Diagonal

Esta señal se usará únicamente en conjunto con alguno de los escudos anteriores, para indicar la dirección en que continua la ruta identificada. Deberá ir debajo de la señal de ruta.



SII-14 Kilometraje con Ruta

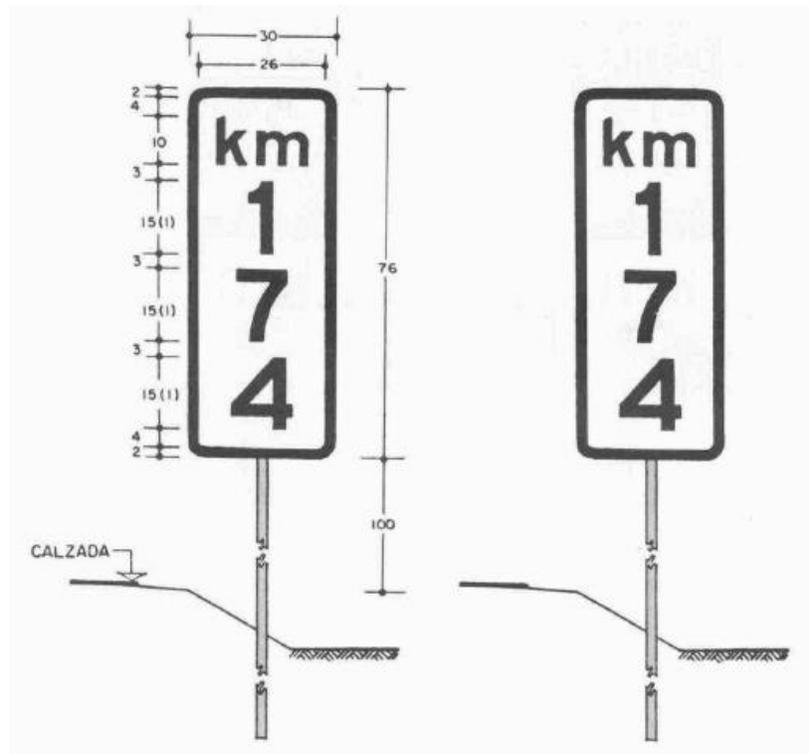
Identifica las carreteras según su número de ruta y kilometraje.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SII-15 Kilometraje sin Ruta

Indica el kilometraje de la carretera.



Señales Informativas de Destino (SID)

SID-8 Acceso a Poblado

Indica la presencia de poblados cercanos a la carretera conectados con esta mediante un acceso simple y su ramal correspondiente.



SID-9 Entronque

Se utiliza en las intersecciones rurales de tres ramas, a nivel o a desnivel, para indicar a los usuarios el nombre de la población que tiene como destino cada una de las ramas.



SID-10 Cruce

Se utilizarán en las intersecciones rurales de cuatro ramas, a nivel y a desnivel, para indicar a los usuarios el nombre de la población que tiene como destino cada una de las ramas.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SID-11 Confirmativa

Se usaran para indicar a los usuarios, después de su paso por una intersección o población, el nombre y la distancia por recorrer a las próximas poblaciones, además de confirmar la ruta seleccionada.



SID-12 Diagramática

Se utilizara en las intersecciones rurales a nivel o a desnivel y en retornos rurales, cuando la carretera sea de cuatro o más carriles, indicando al usuario, además de los destinos, la geometría de las trayectorias a seguir en el entronque.



SID-13 Bandera

Se utilizara en las intersecciones rurales o urbanas, a nivel o desnivel, indicando a los usuarios el nombre de la población que tiene como destino cada una de las ramas.

**SID-14 Bandera Doble**

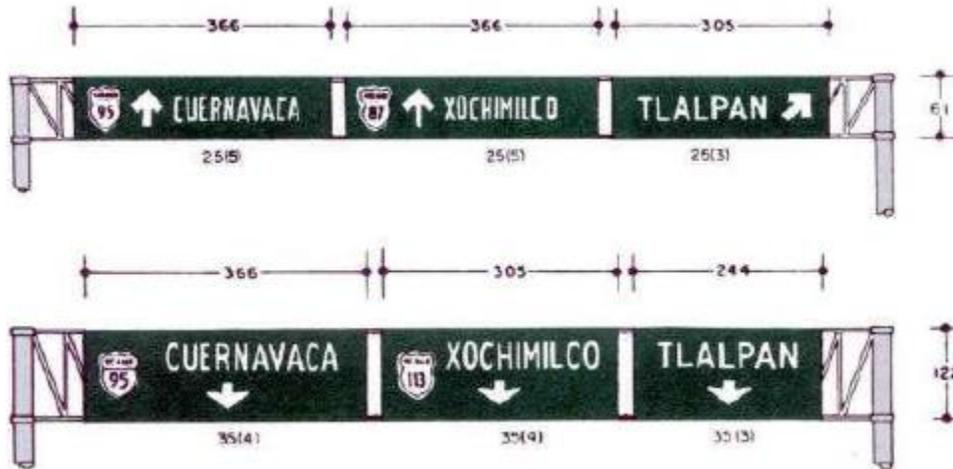
Se utilizaran en las bifurcaciones de las intersecciones rurales o urbanas a nivel o desnivel, para indicar a los usuarios el nombre de la población que tiene como destino cada una de las ramas.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SID-15 Puente

Se utilizarán en las ramas de las intersecciones rurales o urbanas, a nivel o desnivel, para indicar a los usuarios el nombre de la población o lugar que tiene como destino cada uno de las ramas o cada uno de los carriles.



Señales Informativas de Recomendación (SIR)

Indican disposiciones o recomendaciones de seguridad al viajar por carretera, autopista o vialidades urbanas.





Señales de Información General (SIG)

SIG-7 Lugar

Indica el nombre del poblado o lugar de interés al cual se está llegando.



SIG-8 Nombre de Obras

Indica el nombre de obras importantes por lo que cruza el usuario, colocándose al principio de la obra.



SIG-9 Límites Políticos

Indica el cruce de un límite político, ya sea Estados, Municipios, Delegaciones, Sectores, o Colonias.

**SIG-10 Control**

Indica la proximidad de un sitio en donde se debe hacer alto o un punto de control en las calles o carreteras, como casetas de cobro, inspección aduanal, forestal, militar, sanitaria, etc.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SIG-11 Sentido del Tránsito

Indica la dirección permitida para el tránsito de vehículos.



Señales Informativas de Servicios y Turísticas (SIST)

Señales de Servicios

SIS-1 Aeropuerto



SIS-2 Albergue



SIS-3 Área Recreativa**SIS-4 Auxilio Turístico****SIS-5 Campamento****SIS-6 Chalana**

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SIS-7 Depósito de Basura



SIS-8 Estacionamiento



SIS-9 Estacionamiento para Casas Rodantes



SIS-10 Estación de Ferrocarril



SIS-11 Gasolinera**SIS-12 Helipuerto****SIS-13 Hotel o Motel****SIS-14 Información**

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SIS-15 Metro



SIS-16 Mecánico



SIS-17 Médico



SIS-18 Muelle



SIS-19 Parada de Autobús**SIS-20 Parada de Tranvía****SIS-21 Parada de Trolebús****SIS-22 Restaurante**

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SIS-23 Sanitarios



SIS-24 Taxi



SIS-25 Teleférico



SIS-26 Teléfono



SIS-27 Transbordador**Señales Turísticas****SIT-1 Acueducto****SIT-2 Artesanías**

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

SIT-3 Balneario



SIT-4 Cascada



SIT-5 Gruta



SIT-6 Lago-Laguna

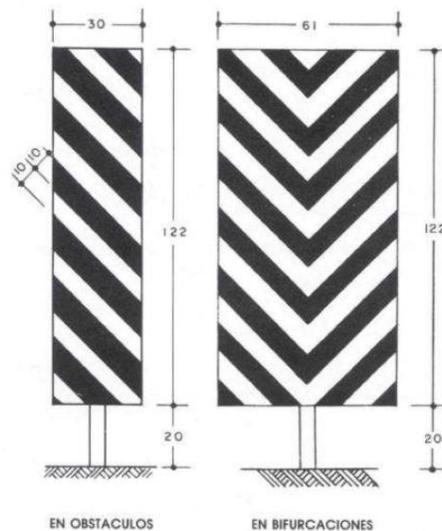


SIT-7 Monumento Colonial**SIT-8 Parque Nacional****SIT-9 Playa****SIT-10 Zona Arqueológica**

Señales Diversas (OD)

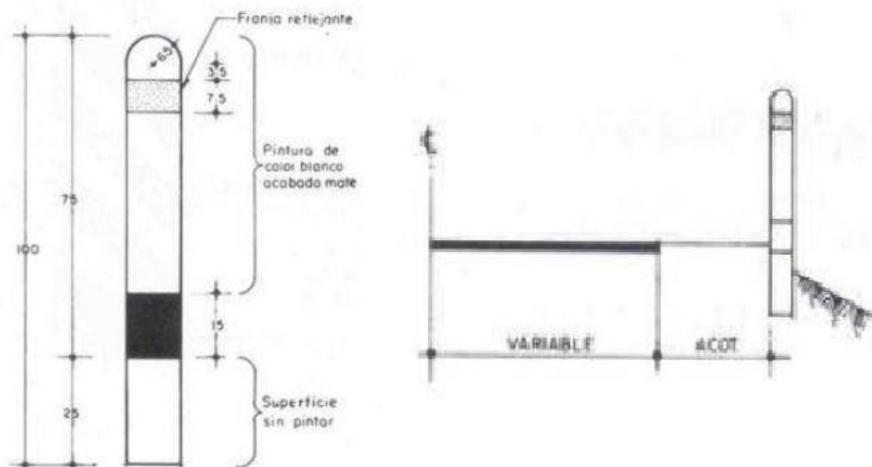
OD-5 Indicadores de Obstáculos

Se empleará en las bifurcaciones y frente a los obstáculos para indicar su presencia y llamar la atención del conductor.



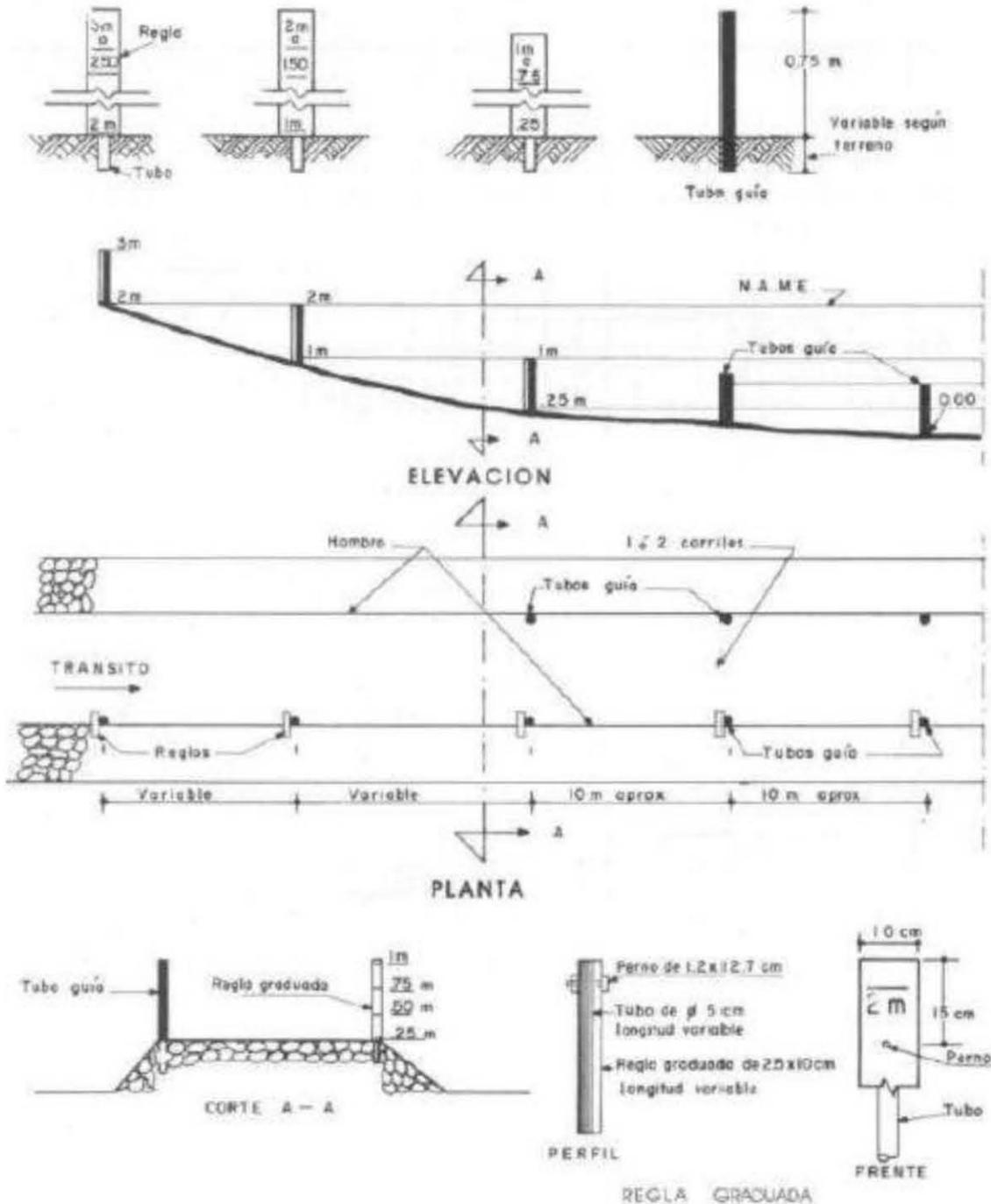
OD-6 Indicadores de Alineamiento

Se emplearan para delinear la orilla de una vía de circulación, en cambios de alineamiento horizontal, para señalar los extremos de muros de cabeza de alcantarillas y para marcar estrechamiento de una vía de circulación.



OD-8 Reglas y Tubos Guía para Vados

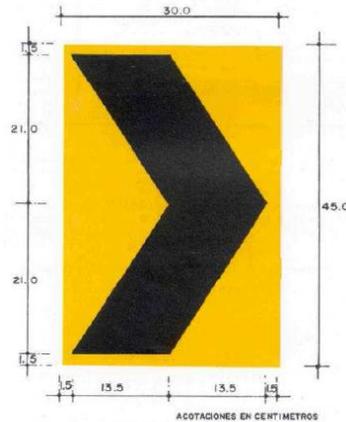
Se utilizarán en caminos para indicar a los conductores el tirante máximo de agua que van a encontrar sobre un vado, por lo cual, las reglas deberán estar graduadas y fijadas a los postes.



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.

OD-12 Indicadores de Curvas Peligrosas

Se utilizarán como complemento al tratamiento normal de señalamiento del camino, cuando haya cambios peligrosos en el alineamiento horizontal, con el propósito de proporcionar un énfasis adicional y una mejor orientación a los conductores.



OD-13 Señales de Mensaje Cambiable

Son señales generalmente elevadas, que se utilizan para informar a los usuarios, mediante mensajes luminosos y en tiempo real, sobre el estado del tránsito en la carretera o vialidad urbana, el estado físico del camino y la existencia de algún peligro potencial derivado por la ocurrencia de un accidente, la realización de trabajos que afecten el arroyo vial o por cualquier otra causa, así como para transmitir recomendaciones útiles que faciliten la conducción segura y eficaz de los vehículos.



Anexo 5

Certificación Perfilógrafo Tipo

California



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo. C.P. 76703 Sanfondilla, Pedro Escobedo,
Gto. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 1 de 13

DATOS DEL CLIENTE

Nombre: _____
Dirección: _____
R.F.C.: _____ Teléfono: _____
Nombre del Representante: _____
Correo electrónico: _____

DATOS DEL ELEMENTO EN ESTUDIO

Descripción: PERFILÓGRAFO
Número de Serie: 421208 Fecha de recepción: 20150223
Muestreo: No aplica

DATOS DEL ENSAYO

Fecha de realización: 20150223 al 20150224
Método utilizado: ASTM E 1274 – 03 (reaprobada 2012) – Apartado 5 y 8.
Norma de referencia: ASTM E 1274 – 03 (reaprobada 2012) – Apartado 5 y 8.

OBSERVACIONES

Ninguna.

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en la verificación del equipo en estudio.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Gallardo, C.P 76703 Sanlandia, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 2 de 13

RESULTADOS

-  En lo que respecta a las características físicas del equipo, estas se cumplen de acuerdo al procedimiento de prueba utilizado. Las condiciones tales como la presión de inflado, la temperatura ambiente, la velocidad inducida al equipo en el acto de ejecutar la prueba, entre otras, el cliente manifiesta son a las que habitualmente trabaja el perfilógrafo en estudio; se recomienda, las mantenga constantes para no agregar variables que afecten el desempeño del equipo.
-  El desempeño del odómetro de acuerdo al procedimiento de prueba utilizado para la verificación del equipo en estudio, muestra que el promedio de las desviaciones registradas por el equipo es 0.00 %, contra el 0.8% establecido en la norma correspondiente; de lo anterior se concluye que el odómetro se encuentra en condiciones adecuadas para realizar las mediciones.
-  La respuesta a las mediciones del índice de perfil que entrega el equipo se observa un desempeño adecuado, el cual presenta un coeficiente de correlación de 0.996 de la tendencia de sus resultados respecto a los valores de referencia. El análisis estadístico muestra que $P(T \leq t) = 0.99686$ de dos colas, el cual es mayor a 0.05, para lo que no hay evidencia de que el perfilógrafo en verificación registre valores diferentes a los valores de referencia.
-  Con base al análisis estadístico de los datos, el Perfilógrafo marca AMES ENGINEERING, con el número de serie 421208, no requiere ecuación de ajuste, sin embargo se proporciona por ser útil para verificaciones sucesivas del equipo.

$$IP_{\text{CORREGIDO}} = 1.0036 (IP_{\text{EQUIPO}})$$

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev. 9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo. C.P. 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Gro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 3 de 13

CONTENIDO

CONTENIDO.....	3
ILUSTRACIONES.....	3
TABLAS.....	3
ANTECEDENTES.....	4
1. SOBRE LAS DIMENSIONES DEL EQUIPO.....	4
2. VERIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL ODÓMETRO.....	5
3. VERIFICACIÓN DE LA RESPUESTA A LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE PERFIL (IP).....	6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	11
FIRMAS.....	12
ANEXO 1. CONCENTRADO DE LOS VALORES.....	13

ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Verificación del funcionamiento y parametros del equipo de GESYC.....	5
Ilustración 3.1 Procedimiento de calibración del perfilógrafo en la escala vertical.....	7
Ilustración 3.3 Valores de IP obtenidos por el equipo en estudio contra los de referencia.....	9
Ilustración 3.4 Valores de IP corregidos dado la Ecuación de Ajuste.....	10

TABLAS

Tabla 1.1 Dimensiones del equipo Perfilógrafo de la empresa GESYC.....	4
Tabla 2.1 Resumen de las distancias registradas en la verificación del odómetro.....	6
Tabla 3.1 Resumen de los valores registrados por el equipo y valores de referencia para cada tramo.....	8
Tabla 4.2 Análisis estadístico, prueba de significancia.....	9

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Golindo, C.P. 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 4 de 13

ANTECEDENTES

La empresa [REDACTED] solicita al Instituto Mexicano del Transporte (IMT) la verificación de un Perfilógrafo marca AMES ENGINEERING, con el número de serie 421208. Dicha verificación es llevada a cabo en los Laboratorios de la Coordinación de Infraestructura del IMT en Querétaro, por el Grupo de Mecánica de Suelos y Materiales Granulares; en donde se realizaron mediciones del índice de perfil (IP) en tramos carreteros de referencia, asimismo la verificación de las dimensiones requeridas en el diseño del equipo.

La verificación del perfilógrafo se realizó con el equipo de trabajo conformado por el Ing. [REDACTED] así como personal de la empresa [REDACTED].

1. SOBRE LAS DIMENSIONES DEL EQUIPO

El procedimiento utilizado para la verificación del Perfilógrafo establece algunas de las dimensiones con las cuales debe contar el equipo para garantizar su correcto funcionamiento. A continuación se muestra el listado de componentes y las dimensiones con las cuales debe contar el perfilógrafo así como los valores que el equipo presenta.

Tabla 1.1 Dimensiones del equipo Perfilógrafo de la empresa [REDACTED]

Concepto	Equipo	Normativa	Cumple
Longitud (m) :	7.64	>7.6	<input checked="" type="checkbox"/>
Localización de la rueda sensora (m) [al centro] :	3.82	3.8	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro de la rueda sensora (cm) :	15.0	>15.0	<input checked="" type="checkbox"/>
Distancia longitudinal mínima entre ruedas (cm) :	51.0	>30.00	<input checked="" type="checkbox"/>
Distancia longitudinal máxima entre ruedas (cm) :	77.0	---	<input checked="" type="checkbox"/>
Presión de inflado llanta sensora (lb):	25	25	<input checked="" type="checkbox"/>
Número de ruedas:	12	12	<input checked="" type="checkbox"/>

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev. 9. 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo. C.P 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo.
Geo. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 5 de 13

De acuerdo con la Tabla 1.1, el equipo cumple las especificaciones conforme al procedimiento de prueba utilizado y las condiciones a las cuales fue ensayado, tales como la presión de inflado, la temperatura ambiente, la velocidad inducida al equipo en el momento de ejecutar la prueba, entre otras, y que son aquellas a las cuales el cliente opera el equipo, asimismo se hace la recomendación de mantenerlas constantes para evitar que alteren el desempeño del mismo (Ilustración 1.1).



Ilustración 1.1 Verificación del funcionamiento y parámetros del equipo de [REDACTED]

2. VERIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL ODÓMETRO

Para la correcta medición del índice de perfil (IP) en tramos carreteros se requiere que el desempeño del odómetro sea el adecuado, debido a que el algoritmo con el cual se obtiene el IP está en función de la distancia, por lo que en caso de existir error de consideración en su determinación los valores emitidos no reflejarán la realidad del parámetro que se desea medir.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9. 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Gallardo, C.P. 76703 Sanfandilla, Pedro Escobedo,
Gro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 6 de 13

Para la verificación del desempeño del odómetro, se lleva el equipo hasta un tramo de referencia de 200 m y en él se hace circular siguiendo una trayectoria de puntos marcados en dicho tramo, partiendo del reposo desde un punto de referencia al final del tramo con respecto a otro punto de referencia. La distancia reportada por el equipo tiene una tolerancia de $\pm 0.8\%$ de la distancia total, de modo que si el equipo no cumple con dichos requisitos, el operador deberá realizar los ajustes necesarios para cumplir con los valores permisibles. La prueba tiene como finalidad registrar cuatro repeticiones de la distancia reportada, con el objetivo de garantizar la repetitividad de los resultados, los cuales son considerados a partir del último ajuste, en caso de haberlo. Los valores obtenidos son los mostrados a continuación en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Resumen de las distancias registradas en la verificación del odómetro.

Repeticiones	Medida		Referencia		Error %
1	200.0	m	200	m	0.00%
2	200.0	m	200	m	0.00%
3	200.0	m	200	m	0.00%
4	200.0	m	200	m	0.00%
Promedio	200.0	m	200	m	0.00%

De acuerdo con el procedimiento de prueba utilizado para la verificación del equipo en estudio, el porcentaje de error promedio de las mediciones registradas por el equipo debe ser menor al 0.8% (0.0% en este caso), por lo que se considera que el odómetro se encuentra en condiciones adecuadas para realizar las mediciones del IP.

3. VERIFICACIÓN DE LA RESPUESTA A LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE PERFIL (IP).

Antes de realizar las mediciones del índice de perfil (IP) sobre los tramos carreteros se requiere calibrar en la escala vertical, donde el equipo cuenta con un bloque de 1 pulgada de altura y una placa base. La placa debe de ser plana y en general, con un espesor menor a 25.4mm; y la altura del bloque de $25.4 + 0.25$ mm. En la Ilustración 3.1 se observa el procedimiento de esta calibración.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev. 9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo. C.P 76703 Sanandilla, Pedro Escobedo,
Gro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 7 de 13



Ilustración 3.1 Procedimiento de calibración del perfilógrafo en la escala vertical.

Una vez calibrado el equipo en la escala vertical, se procedió a realizar la verificación del índice de perfil (IP) en centímetros por kilómetro (cm/km). Para la verificación del IP, se lleva el equipo a varios tramos de referencia de 200 m, los cuales se encuentran en las cercanías del Instituto y están marcados con una determinada trayectoria (Ilustración 3.2); sobre dichos puntos circula el equipo a una velocidad no mayor a 5 km/h de acuerdo a la norma de referencia. La velocidad promedio de circulación a la que se verificó el equipo fue 4,4 km/hr, con un promedio de recorrido de 2 min 44 seg para 200 m.

Para cada uno de los tramos de referencia se obtiene un total de cuatro registros, es decir, dos mediciones en sentido del flujo y dos mediciones en contraflujo, para garantizar la repetitividad y consistencia de los resultados emitidos por el equipo; asimismo en caso de tener alguna discrepancia, corregir y recomendar posibles soluciones. Los promedios de los registros del equipo son comparados con los valores de referencia, obteniendo la desviación y la ecuación de ajuste para el equipo. Los resultados de todas las mediciones obtenidas por el equipo para cada tramo se reportan al final del presente documento (ANEXO 1). La Tabla 3.1 muestra en resumen los valores promedio para cada tramo registrados por el equipo y los valores referencia, así como la variación respecto a estos últimos.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo, C.P. 76703 Sanfandilia, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 8 de 13



Ilustración 3.2 Recorrido sobre los tramos de referencia para la verificación del perfilógrafo.

Tabla 3.1 Resumen de los valores registrados por el equipo y valores de referencia para cada tramo.

TRAMO	IP EQUIPO GESYC	IP REFERENCIA	DESV. ESTANDAR
1B	88.21	91.26	1.60
2A	108.50	106.23	2.83
2B	90.56	93.94	5.72
6-A	13.59	13.78	1.15
6-B	25.56	24.12	0.52
6-C	37.53	35.10	1.38
8-C	35.51	34.23	0.94
8-D	53.93	52.65	0.56
8-E	25.75	27.25	3.50

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev. 9. 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo. C.P. 76703 Sanfondillo, Pedro Escobedo,
Gro. Tel. (443) 214 97 77 Fax (443) 214 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 9 de 13

El gráfico Ilustración 3.3 muestra la dispersión generada por los resultados obtenidos con el equipo en estudio, comparados con los valores registrados por el equipo de referencia.

Comparación de Índice de Perfil (IP)

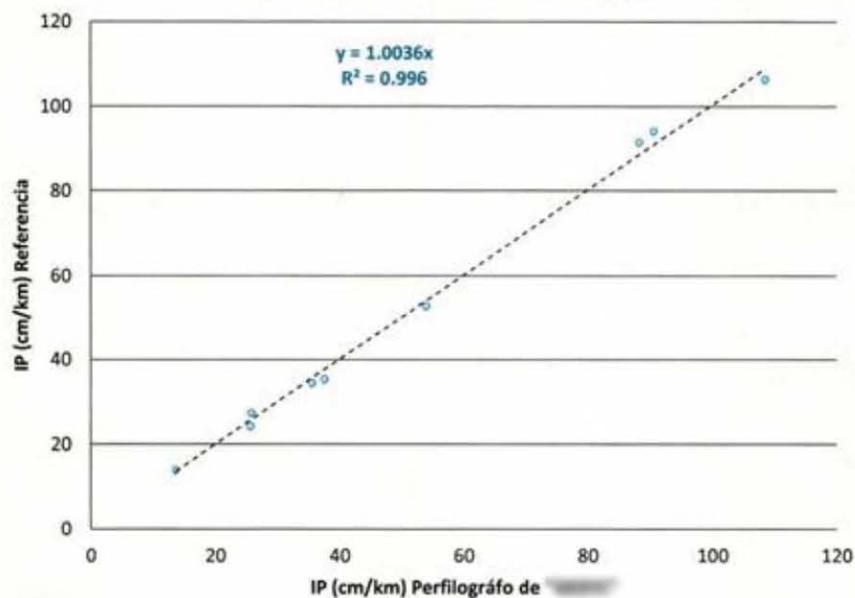


Ilustración 3.3 Valores de IP obtenidos por el equipo en estudio contra los de referencia.

Tabla 4.2 Análisis estadístico, prueba de significancia.

	IP	IP Referencia
Media	53.23778	53.17278
Varianza	1165.65920	1210.14458
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	16	
Estadístico t	0.00400	
P(T<=t) dos colas	0.99686	
Valor crítico de t (dos colas)	2.11991	

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo, C.P 76703 Sanfondillo, Pedro Escobedo,
Gto. Tel. (443) 216 97 77 Fax (443) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 10 de 13

En el gráfico Ilustración 3.3, se puede observar la correlación de los datos, con un ajuste de $R^2=0.996$; asimismo, se presenta el análisis estadístico donde $P(T \leq t) = 0.99686$ de dos colas, mayor a 0.05, por lo cual no hay evidencia de que el perfilógrafo en verificación registre valores diferentes a los valores de los tramos de referencia. A continuación se proporciona la Ecuación de Ajuste por ser útil para verificaciones sucesivas del equipo. Ecuación de Ajuste:

$$IP_{CORREGIDO} = 1.0036 (IP_{EQUIPO})$$

Corrección del Índice de Perfil

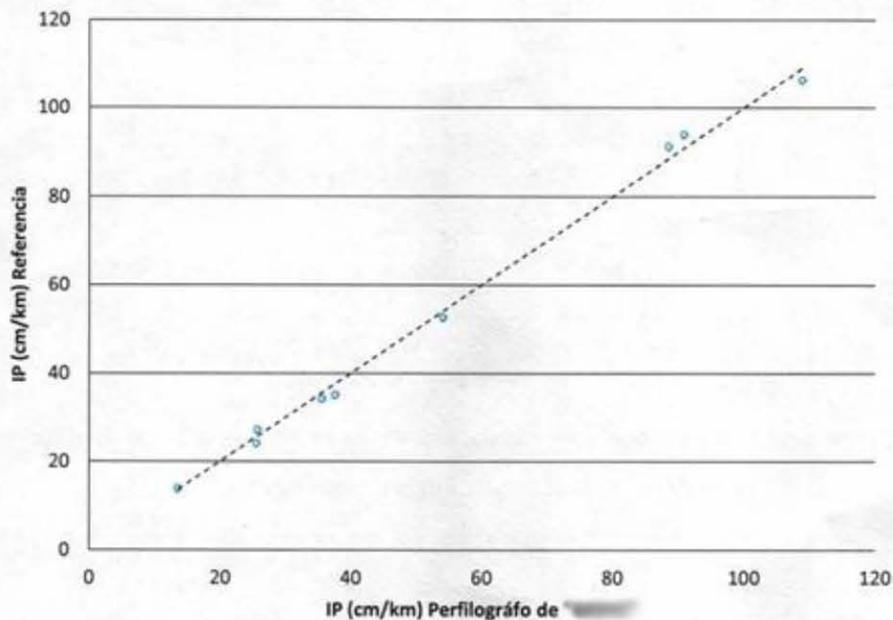


Ilustración 3.4 Valores de IP corregidos dado la Ecuación de Ajuste.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev. 9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo. C.P 76703 Santandilla, Pedro Escobedo,
Gro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 11 de 13

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

-  En lo que respecta a las características físicas del equipo, estas se cumplen de acuerdo al procedimiento de prueba utilizado. Las condiciones tales como la presión de inflado, la temperatura ambiente, la velocidad inducida al equipo en el acto de ejecutar la prueba, entre otras, el cliente manifiesta son a las que habitualmente trabaja el perfilógrafo en estudio; se recomienda, las mantenga constantes para no agregar variables que afecten el desempeño del equipo.
-  El desempeño del odómetro de acuerdo al procedimiento de prueba utilizado para la verificación del equipo en estudio, muestra que el promedio de las desviaciones registradas por el equipo es 0.00 %, contra el 0.8% establecido en la norma correspondiente; de lo anterior se concluye que el odómetro se encuentra en condiciones adecuadas para realizar las mediciones.
-  La respuesta a las mediciones del índice de perfil que entrega el equipo se observa un desempeño adecuado, el cual presenta un coeficiente de correlación de 0.996 de la tendencia de sus resultados respecto a los valores de referencia. El análisis estadístico muestra que $P(T \leq t) = 0.99686$ de dos colas, el cual es mayor a 0.05, para lo que no hay evidencia de que el perfilógrafo en verificación registre valores diferentes a los valores de referencia.
-  Con base al análisis estadístico de los datos, el Perfilógrafo marca AMES ENGINEERING, con el número de serie 421208, no requiere ecuación de ajuste, sin embargo se proporciona por ser útil para verificaciones sucesivas del equipo.

$$IP_{\text{CORREGIDO}} = 1.0036 (IP_{\text{EQUIPO}})$$

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo. C.P 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14A
Fecha de emisión: 20150303
Página: 13 de 13

ANEXO 1. CONCENTRADO DE VALORES

VALORES EQUIPO EN ESTUDIO										
TRAMO	CADENAMIENTO	IP (cm/km)				PROMEDIO	DESV. EST.	% C.V.	IP REFERENCIA	DESV. EST. REF.
		1	2	3	4					
1B	10+780-10+981	90.20	88.35	88.00	86.30	88.21	1.60	1.8%	91.26	0.49
2A	12+000-12+200	112.40	105.65	107.80	108.15	108.50	2.83	2.6%	106.23	1.19
2B	12+000-12+200	94.15	96.30	83.8	88.00	90.56	5.72	6.3%	93.94	1.65
6-A	3+600-3+400	12.75	15.00	14.05	12.56	13.59	1.15	8.5%	13.78	1.78
6-B	3+400-3+200	26.25	25.00	25.6	25.40	25.56	0.52	2.0%	24.12	1.84
6-C	3+200-3+000	37.30	37.00	39.5	36.30	37.53	1.38	3.7%	35.10	0.83
8-C	1+200-1+400	35.90	34.6	36.65	34.90	35.51	0.94	2.6%	34.23	1.23
8-D	0+000-0+200	54.30	54.50	53.50	53.40	53.93	0.56	1.0%	52.65	27.25
8-E	0+200-0+000	26.50	28.00	20.6	27.90	25.75	3.50	13.6%	27.25	0.56

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

Anexo 6

Certificación DFT





Instituto
Mexicano del
Transporte

**Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura**

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Guanajuato, C.P. 36703 Oro, Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: 166/14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 1 de 13

DATOS DEL CLIENTE

Nombre: _____
Dirección: _____
R.F.C.: _____
Nombre del representante: _____
Teléfono: _____ Fax: (____) _____
Correo electrónico: _____

DATOS DEL ELEMENTO EN ESTUDIO

Descripción: Verificación del equipo Dynamic Friction Tester DFT
Identificación: NAC0065 Fecha de recepción: 2015-02-25
Muestreo: No Aplica

DATOS DEL ENSAYO

Fecha de realización: 2015-02-25
Método utilizado: Verificación del equipo DFT
Norma de referencia: ASTM E 670

OBSERVACIONES

Se verificó el cumplimiento de las características físicas del equipo (nuevo) de acuerdo a la normativa aplicable, y se realizaron mediciones con dicho equipo sobre tramos a los cuales, previamente, se les determinó la resistencia al deslizamiento por parte de este Instituto.

RESULTADOS

En lo que sigue se presentan los resultados obtenidos por el equipo sobre cada tramo de referencia para los cuales previamente se determinó el valor de resistencia al deslizamiento.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo. C.P 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel: (442) 216 97 77 Fax: (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES GRANULARES

Informe No.: 166/14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 2 de 13

RESULTADOS

- El equipo determina la distancia de medición de manera adecuada, lo cual se puede verificar en la tabla 1, en donde se observa que la diferencia máxima entre la distancia registrada por el equipo y la longitud de referencia de 2000 metros, en todos los casos fue menor o igual a 0.1%.
- Las determinaciones de la fricción se realizaron en la rodera izquierda en todos los tramos de estudio, previamente verificados por este Instituto, tal como lo indica la normativa SCT.
- A partir de la determinación del coeficiente de fricción, con el equipo evaluado, y comparando contra las mediciones de un equipo de referencia (Mu Meter), sobre varios tramos patrón, se puede observar que existe un coeficiente de correlación de 0.9315 para la ecuación de correlación encontrada entre ambas series de datos, en este caso:
- Coef. de fricción de ref. = $1.4061x - 0.1467$ (Coef. de fricción del equipo).
- Debido a lo anterior se considera necesario realizar ajustes de fricción, con la ecuación de correlación obtenida.
- Se concluye que el equipo cumple actualmente con las especificaciones establecidas por el fabricante y puede ser utilizado para determinar el coeficiente de fricción de acuerdo con la norma ASTM E 670, tanto para autopistas como para aeropuertos.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

**Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura**

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Gallindo", Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro. C.P. 76703 Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/ 14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 3 de 13

ÍNDICE

1. Inspección del equipo en estudio.	4
2. Verificación del odómetro del equipo en estudio.	5
5. Mediciones de fricción con el equipo en estudio sobre tramos de referencia.	6
6. Observaciones.	12
7. - Bibliografía	13

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Determinación de la respuesta del odómetro del equipo al circular por un tramo de referencia de 2000 metros.	5
Tabla 2 Mediciones del coeficiente de fricción con el equipo en estudio sobre todos los tramos de prueba a una velocidad de 75 km/h.	9
Tabla 3 Coeficiente de fricción para el equipo en estudio y el de referencia sobre todos los tramos de prueba a una velocidad de 75 km/h.	10

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Equipo DFT perteneciente al cliente.	4
Figura 2 Placa de identificación del Equipo perteneciente al cliente.	4
Figura 3 Recorrido del equipo en el Tramo 2.	7
Figura 4. Recorrido del equipo en el Tramo 4.	7
Figura 5 Recorrido del equipo en los Tramos 8C y 8D.	8
Figura 6 Recorrido del equipo en los Tramos 9 y 11.	8
Figura 7 Gráfica de Valores del coeficiente de fricción para cada tramo de referencia obtenidos con el equipo en estudio y comparados con el equipo de referencia.	10

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo, C.P. 76703 Sanfondillo, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (4421) 216 97 77 Fax (4421) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 4 de 13

1. Inspección del equipo en estudio.

Se verificó que los componentes del equipo estuvieran de acuerdo con la norma ASTM E 670. El presente reporte fue elaborado por el Ingeniero



Figura 1 Equipo DFT perteneciente al cliente.

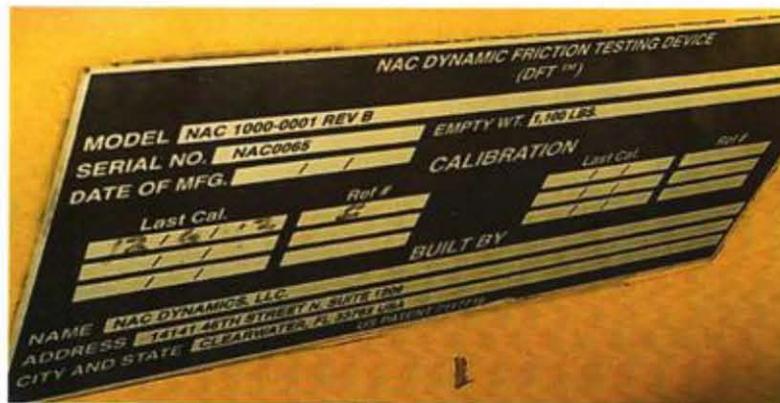


Figura 2 Placa de identificación del Equipo perteneciente al cliente.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9. 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

**Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura**

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Gallardo", Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro, C.P. 74703 Qro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/ 14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 5 de 13

2. Verificación del odómetro del equipo en estudio.

La verificación de la distancia del equipo en estudio se realizó en un tramo de 2000 m, previamente verificado con cinta. En la Tabla 1 se presentan los resultados de dichas mediciones y se puede observar que el equipo presenta valores, en las diferentes repeticiones, que resultaron cercanos a los 2000 m. A continuación se presentan los resultados obtenidos, en donde se puede observar que la diferencia entre las distancias medidas con el equipo y las de referencia, son iguales o menores al 0.1% permisible.

Tabla 1 Determinación de la respuesta del odómetro del equipo al circular por un tramo de referencia de 2000 metros.

Recorrido inicial = 2000

Ajustes = 3

Recorrido (No)	Distancia (m)	Diferencia	
		(m)	(%)
1	1998.00	-2	-0.10%
2	1999.00	-1	-0.05%
3	1998.00	-2	-0.10%
4	1998.00	-2	-0.10%

Promedio 1998.25

Desv. Std. 0.58

C.V. (%) 0.029%

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo, C.P 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 6 de 13

3. Mediciones de fricción con el equipo en estudio sobre tramos de referencia.

Las mediciones de fricción, con el equipo en estudio, se realizaron sobre varios tramos de referencia de 200 m de longitud cada uno, para una velocidad de 75 km/h y en cuatro ocasiones cada tramo.

Los tramos evaluados se enlistan a continuación:

<i>Tramos de prueba para mediciones del coef. de fricción</i>			
<i>Tramo</i>	<i>Sub-tramo</i>	<i>Descripción del tramo</i>	<i>Cadenamiento</i>
TRAMO 2		400 m sobre la carretera San Fandila-La Venta.	
	2A	200 m, Sentido A, IMT-La Venta.	km 12+000 a 12+200
	2B	200 m, Sentido A, IMT-La Venta.	km 12+200 a 12+400
TRAMO 4	Único	200 m, Sentido B, IMT-San Fandila	km 11+000 a 10+800
TRAMO 8		400 m sobre el circuito principal de la pista de pruebas del IMT.	
	8C	Sentido A, pista de pruebas del IMT.	km 1+200 a 1+400
	8D	Sentido A, pista de pruebas del IMT.	km 0+200 a 0+400
TRAMO 9		Sobre tramo de carretera Querétaro-Galindo, único carril, sentido B.	
	9A	Sentido B, San Fandila-El Colorado	km 8+000 a 7+800
	9B	Sentido B, San Fandila-El Colorado	km 7+800 a 7+600
TRAMO 11		Sobre tramo de carretera El Colorado-Sanfandila.	
	11A	Sentido A, El Colorado-Sanfandila.	km 8+000 a 8+200
	11B	Sentido A, El Colorado-Sanfandila.	km 8+200 a 8+400

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev 9, 20130806

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

**Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura**

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Gallindo", Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro. C.P. 76703 Grs. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: 166/14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 7 de 13

En las figuras siguientes se presenta la ubicación de los tramos evaluados con el equipo en estudio.



Figura 3 Recorrido del equipo en el Tramo 2.



Figura 4. Recorrido del equipo en el Tramo 4.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9. 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo, C.P. 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Gro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 8 de 13



Figura 5 Recorrido del equipo en los Tramos 8C y 8D.



Figura 6 Recorrido del equipo en los Tramos 9 y 11.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado: Querétaro. C.P. 76703 Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: 166/14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 9 de 13

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos por el equipo en estudio, para las cuatro mediciones realizadas sobre los tramos de referencia, en donde se pueden apreciar los promedios, la desviación estándar y el coeficiente de variación obtenidos por el equipo y en la Tabla 3 se presentan los promedios de dichas mediciones por tramo comparadas con los correspondientes valores determinados con el equipo de referencia.

Tabla 2 Mediciones del coeficiente de fricción con el equipo en estudio sobre todos los tramos de prueba a una velocidad de 75 km/h.

Tramo	Coeficiente de fricción (Equipo)				Promedio	Desv. Std	C.V.
	1	2	3	4			
2a	0.30	0.27	0.31	0.34	0.31	0.03	9.5%
2b	0.44	0.46	0.50	0.55	0.49	0.05	10.0%
4	0.31	0.34	0.37	0.38	0.35	0.03	9.0%
8d	0.72	0.72	0.77	0.78	0.75	0.03	4.3%
8c	0.73	0.79	0.79	0.81	0.78	0.03	4.4%
9a	0.22	0.18	0.20	0.24	0.21	0.03	12.3%
9b	0.27	0.23	0.27	0.29	0.27	0.03	9.5%
11a	0.27	0.27	0.29	0.30	0.28	0.02	5.3%
11b	0.35	0.32	0.34	0.36	0.34	0.02	5.0%

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+ 000 carretera Querétaro-Gallardo, C.P. 76703 Sanlandia, Pedro Escobedo,
Gto. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 10 de 13

Tabla 3 Coeficiente de fricción para el equipo en estudio y el de referencia sobre todos los tramos de prueba a una velocidad de 75 km/h.

Tramo	Coeficiente de fricción	
	ReferencialMT	Equipo DFT
2a	0.32	0.31
2b	0.37	0.49
4	0.36	0.35
8d	0.67	0.75
8c	0.62	0.78
9a	0.27	0.21
9b	0.29	0.27
11a	0.33	0.28
11b	0.39	0.34

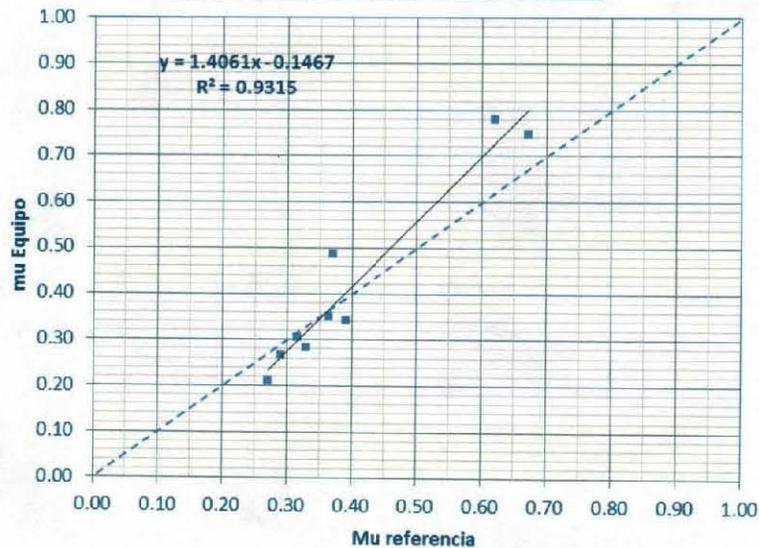


Figura 7 Gráfica de Valores del coeficiente de fricción para cada tramo de referencia obtenidos con el equipo en estudio y comparados con el equipo de referencia.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Andrés, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro. C.P. 76703 Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: 166/ 14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 11 de 13

En la figura 7 se presentan los valores de fricción obtenidos con el equipo de la empresa y comparados contra los obtenidos con el Mu-Meter de referencia IMT para los tramos evaluados. A partir de dicha figura, se puede observar que existe un coeficiente de correlación de 0.9315 para la ecuación de correlación encontrada entre ambas series de datos, que en este caso es la siguiente:

$$\text{Coef. de fricción de ref.} = 1.4061 x - 0.1467$$

Donde x es el coef. de fricción obtenido con el equipo de la empresa

Debido a lo anterior se considera necesario realizar ajustes de fricción, utilizando la ecuación de correlación obtenida.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo. C.P. 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: 166/14C
Fecha de emisión: 2015-02-25
Página: 12 de 13

6. Observaciones.

- El equipo determina la distancia de medición de manera adecuada, lo cual se puede verificar en la tabla 1, en donde se observa que la diferencia máxima entre la distancia registrada por el equipo y la longitud de referencia de 2000 metros, es igual o menor a 0.1%.
- A partir de la determinación del coeficiente de fricción, con el equipo evaluado y comparado con las mediciones realizadas con el equipo de referencia (Mu-Meter IMT), sobre varios tramos patrón, se puede observar que existe un coeficiente de correlación de 0.9315 para la ecuación de correlación encontrada entre ambas series de datos, en este caso:
- Coef. de fricción de ref. = 1.4061×0.1467 (Coef. de fricción del equipo).
- Debido a lo anterior se considera necesario realizar ajustes de fricción, con la ecuación de correlación obtenida. Sin embargo se presenta como referencia para futuras verificaciones.
- Por lo anteriormente expuesto se concluye que el equipo cumple actualmente con las especificaciones establecidas por el fabricante y puede ser utilizado para determinar el coeficiente de fricción de acuerdo con la normativa ASTM E 670, tanto para autopistas como para aeropuertos.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

Anexo 7

Certificación Mu-Meter (CFT)



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

En 12-000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandila, Apdo. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro, C. P. 76703 Qro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: 166/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 1 de 18

DATOS DEL CLIENTE

Nombre: _____
Dirección: _____
R.F.C.: _____
Nombre del representante: _____
Teléfono: _____ Fax: (____) _____
Correo electrónico: _____

DATOS DEL ELEMENTO EN ESTUDIO

Descripción: Verificación del equipo Continuous Friction Tester CFT
Identificación: 05OPT0814 Fecha de recepción: 2015-04-13
Muestreo: No Aplica

DATOS DEL ENSAYO

Fecha de realización: 2015-04-13 a 2015-04-16
Método utilizado: Verificación de equipo CFT
Norma de referencia: ASTM E 670

OBSERVACIONES

Se verificó el cumplimiento de las características físicas del equipo de acuerdo a la normativa aplicable, y se realizaron mediciones con dicho equipo sobre tramos a los cuales, previamente, se les determinó la resistencia al deslizamiento por parte de este Instituto.

RESULTADOS

En lo que sigue se presentan los resultados obtenidos por el equipo sobre cada tramo de referencia para los cuales previamente se determinó el valor de resistencia al deslizamiento.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev. 9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+ 000 carretera Querétaro-Galindo, C. P 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (4421) 216 97 77 Fax (4421) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I.66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 2 de 18

RESULTADOS

- ✎ El equipo determina la distancia de medición de manera adecuada, lo cual se puede verificar en la tabla 1, en donde se observa que la diferencia máxima entre la distancia registrada por el equipo y la longitud de referencia de 2000 metros, en todos los casos, fue menor a 0.1%.
- ✎ El gasto del equipo de medición es de 116.20 l/min, el cual se apega a los parámetros que marca el diseño del equipo para una velocidad de 75 km/h.
- ✎ En cuanto al ángulo de apertura de las llantas de medición del equipo, éste resultó de 8.12° contra el 7.5° ± 0.75° que establece la norma, con lo cual se comprueba que el equipo cumple con este requisito.
- ✎ El equipo CFT se encuentra sujeto en el centro del vehículo de arrastre por lo que se le indicó al conductor recargarse hacia la rodera derecha para realizar las mediciones correspondientes al tramo evaluado tal como lo marca la normativa SCT. Se recomendó ubicar el equipo en el lado derecho del vehículo alineado al neumático tal como lo indica la norma.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro. C.P. 74703 Qro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: 166/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 3 de 18

RESULTADOS

- ✦ A partir de la determinación del coeficiente de fricción, con el equipo evaluado, y comparando contra las mediciones de un equipo de referencia (mu meter), sobre varios tramos patrón, se puede observar que existe un coeficiente de correlación de 0.9474 para la ecuación de correlación encontrada entre ambas series de datos, en este caso:
- ✦ Coef. de fricción de ref. = $1.2243x - 0.1822$ (x - Coef. de fricción del equipo).
- ✦ Debido a lo anterior se considera necesario realizar ajustes de fricción, con la ecuación de correlación obtenida.
- ✦ Se concluye que el equipo cumple actualmente con las especificaciones establecidas por el fabricante y puede ser utilizado para determinar el coeficiente de fricción de acuerdo con la norma ASTM E 670, tanto para autopistas como para aeropuertos.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1-IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+ 000 carretera Querétaro-Galindo. C. P 74703 Sanfandilla, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (4421) 216 97 77 Fax (4421) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 4 de 18

ÍNDICE

1. Inspección del equipo en estudio.	5
2. Verificación del odómetro del equipo en estudio.	6
3. Determinación del gasto del equipo en estudio.	7
4. Verificación de ángulo de abertura de llantas en la posición de medición	9
5. Mediciones de fricción con el equipo en estudio sobre tramos de referencia.	10
6. Observaciones.	16
7. - Bibliografía	17
8. - Participantes y firmas	17

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Determinación de la respuesta del odómetro del equipo al circular por un tramo de referencia de 2000 metros.	6
Tabla 2 Determinación del gasto de entrega del equipo para una velocidad de 75 km/h.	8
Tabla 3 Mediciones del coeficiente de fricción por el equipo en estudio sobre todos los tramos de prueba a una velocidad de 75 km/h.	14
Tabla 4 Coeficiente de fricción para el equipo en estudio y el de referencia sobre todos los tramos de prueba a una velocidad de 75 km/h.	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Equipo CFT perteneciente al cliente.	5
Figura 2 Placa de identificación del Equipo Mu meter perteneciente al cliente.	5
Figura 3 Determinación del ancho de franja mojada para la determinación del gasto por unidad de ancho.	7
Figura 4 Equipo durante el proceso de verificación del gasto proporcionado por el equipo a la velocidad de operación.	8
Figura 5 Trazo de la proyección de las ruedas en posición de medición de la fricción.	9
Figura 6 Trazos auxiliares para determinar el ángulo de inclinación de la trayectoria de las ruedas en posición de medición de fricción.	9
Figura 7 Recorrido del equipo en el Tramo 2.	11
Figura 8 Recorrido del equipo Tramos 4.	11
Figura 9 Recorrido del equipo en los Tramos 8C y 8D.	12
Figura 10 Recorrido del equipo en los Tramos 9 y 11.	12
Figura 11 Equipo durante el proceso de medición de la fricción en un tramo de referencia.	13
Figura 12 Gráfica de Valores del coeficiente de fricción para cada tramo de referencia obtenidos con el equipo en estudio y comparados con el equipo de referencia.	15

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

En 12-000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro, C. P. 76703 Qro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: 166/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 5 de 18

1. Inspección del equipo en estudio.

Se verificó que los componentes del equipo estuvieran de acuerdo con la norma ASTM E 670. El presente reporte fue elaborado por el Ingeniero *[Nombre Redactado]*



Figura 1 Equipo CFT perteneciente al cliente.



Figura 2 Placa de identificación del Equipo Mu meter perteneciente al cliente.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev. 9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+ 000 carretera Querétaro-Galindo, C.P 76703 Sanfandilla, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 6 de 18

2. Verificación del odómetro del equipo en estudio.

La verificación de la distancia del equipo en estudio se realizó en un tramo de 2000 m, previamente verificado con cinta. Se recorrió el tramo, en tres ocasiones; en la Tabla 1 se presentan los resultados de dichas mediciones y se puede observar que el equipo presenta valores, en las diferentes repeticiones, que resultaron cercanos a los 2000 m. A continuación se presentan los resultados obtenidos, en donde se puede observar que la diferencia entre las distancias medidas con el equipo y las de referencia, es menor al 0.1% permisible.

Tabla 1 Determinación de la respuesta del odómetro del equipo al circular por un tramo de referencia de 2000 metros.

Recorrido inicial = 2000
Ajustes = 3

Recorrido (No)	Distancia (m)	Diferencia	
		(m)	(%)
1	2000.00	0	0.00%
2	2000.00	0	0.00%
3	1998.00	-2	-0.10%
4	2001.01	1.01	0.05%

Promedio 1999.75
Desv. Std. 1.15
C.V. (%) 0.058%

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandilla, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro. C. P. 76703 Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 7 de 18

3. Determinación del gasto del equipo en estudio.

Se determinó el gasto de agua que el equipo entrega por minuto al circular a una velocidad de 75 km/h que es la velocidad de operación del equipo. El gasto registrado se muestra en la Tabla 2.

En la Figura 3 se puede observar la determinación del ancho de la franja mojada que el equipo registra cuando realiza las determinaciones de fricción.



Figura 3 Determinación del ancho de franja mojada para la determinación del gasto por unidad de ancho.

En la Figura 4 se puede apreciar el procedimiento desarrollado para la medición del gasto de agua entregado por el equipo para ambas boquillas y en la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos.

La medición del flujo de agua del equipo se determinó con la cantidad de agua arrojada durante 60 segundos por ambas boquillas. La cantidad de agua, en promedio en cuatro determinaciones, resultó de 116.20 litros por minuto, para ambas boquillas el cuál se encuentra dentro del rango permitido para una velocidad del vehículo de 75 km/h para lo cual está diseñado el equipo.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+ 000 carretera Querétaro-Galindo. C. P 74703 Sanfandilla, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (4421) 216 97 77 Fax (4421) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 8 de 18



Figura 4 Equipo durante el proceso de verificación del gasto proporcionado por el equipo a la velocidad de operación.

Tabla 2 Determinación del gasto de entrega del equipo para una velocidad de 75 km/h.

Boquilla 1 y 2

Tiempo (s)	Volumen (litros)	Volumen (litros)
60	120.1	120.10
60	116.86	116.86
60	110	110.00
60	117.82	117.82

Promedio 116.20
Desv. Std. 5.16
C.V (%) 4.44%

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandilla, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro. C.P. 76703 Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 9 de 18

4. Verificación de ángulo de abertura de llantas en la posición de medición

Se verificó el ángulo de abertura de las ruedas en posición de medición de fricción, proyectando las líneas de los ejes de las ruedas como se muestra en la Figura 5, posteriormente se complementan los trazos de tal manera que se tenga un esquema como el presentado en la Figura 6, en este caso se obtuvo un ángulo de 8.12° que se encuentra en el rango comprendido entre 6.75° y 8.25° que establece la norma ASTM correspondiente.

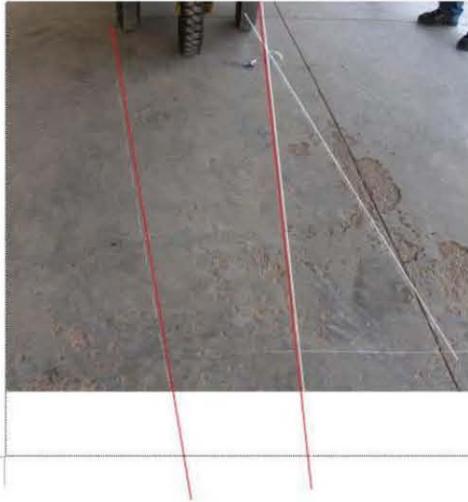


Figura 5 Trazo de la proyección de las ruedas en posición de medición de la fricción

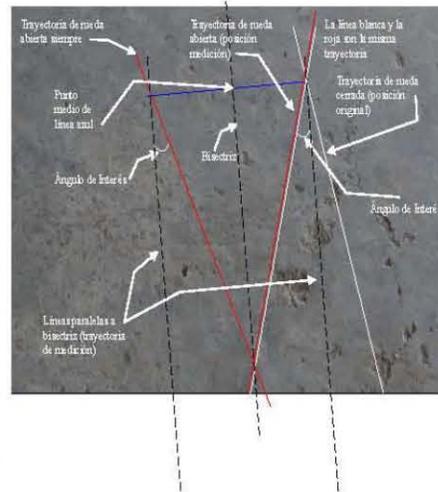


Figura 6 Trazos auxiliares para determinar el ángulo de inclinación de la trayectoria de las ruedas en posición de medición de fricción.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo, C. P 74703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (4421) 216 97 77 Fax (4421) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 10 de 18

5. Mediciones de fricción con el equipo en estudio sobre tramos de referencia.

Las mediciones de fricción, con el equipo en estudio, se realizaron sobre varios tramos de referencia de 200 m de longitud cada uno, para una velocidad de 75 km/h y en cuatro ocasiones cada tramo.

Los tramos evaluados se enlistan a continuación:

En las figuras siguientes se presenta la ubicación de los tramos evaluados con el equipo en estudio.

<i>Tramos de prueba para mediciones del coef. de fricción</i>			
<i>Tramo</i>	<i>Sub-tramo</i>	<i>Descripción del tramo</i>	<i>Cadenamiento</i>
TRAMO 2		<i>400 m sobre la carretera San Fandila-La Venta.</i>	
	2A	200 m, Sentido A, IMT-La Venta.	km 12+000 a 12+200
	2B	200 m, Sentido A, IMT-La Venta.	km 12+200 a 12+400
TRAMO 4	Unico	<i>200 m, Sentido B, IMT-San Fandila</i>	km 11+000 a 10+800
TRAMO 8		<i>400 m sobre el circuito principal de la pista de pruebas del IMT.</i>	
	8C	Sentido A, pista de pruebas del IMT.	km 1+200 a 1+400
	8D	Sentido A, pista de pruebas del IMT.	km 0+200 a 0+400
TRAMO 9		<i>Sobre tramo de carretera Querétaro-Galindo, único carril, sentido B.</i>	
	9A	Sentido B, San Fandila-El Colorado	km 8+000 a 7+800
	9B	Sentido B, San Fandila-El Colorado	km 7+800 a 7+600
TRAMO 11		<i>Sobre tramo de carretera El Colorado-Sanfandila.</i>	
	11A	Sentido A, El Colorado-Sanfandila.	km 8+000 a 8+200
	11B	Sentido A, El Colorado-Sanfandila.	km 8+200 a 8+400

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandilla, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro. C. P. 76703 Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 11 de 18



Figura 7 Recorrido del equipo en el Tramo 2.

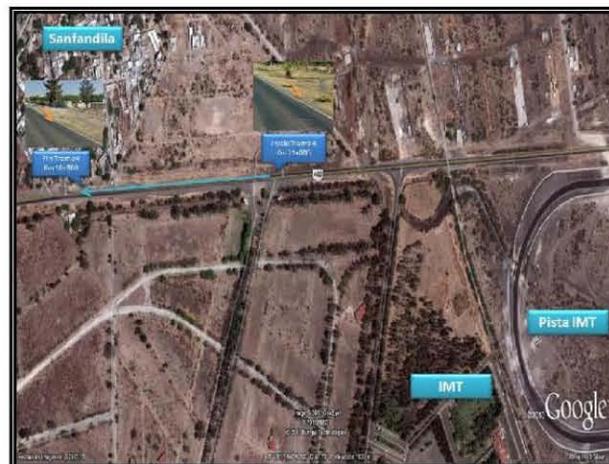


Figura 8. Recorrido del equipo en el Tramo 4.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+ 000 carretera Querétaro-Galindo. C. P 74703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (4421) 216 97 77 Fax (4421) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 12 de 18



Figura 9 Recorrido del equipo en los Tramos 8C y 8D.



Figura 10 Recorrido del equipo en los Tramos 9 y 11.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandilla, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro. C. P. 76703 Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 13 de 18

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos por el equipo en estudio, para las cuatro mediciones realizadas sobre los tramos de referencia, en donde se pueden apreciar los promedios, la desviación estándar y el coeficiente de variación obtenidos por el equipo y en la Tabla 4 se presentan los promedios de dichas mediciones por tramo comparadas con los correspondientes determinados con el equipo de referencia.



Figura 11 Equipo en verificación durante el proceso de medición de la fricción en tramo de referencia.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Em. 12* 000 carretera Querétaro-Galindo, C.P 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 2030

**INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES**

Informe No.: 166/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 14 de 18

Tabla 3 Mediciones del coeficiente de fricción realizadas por el equipo en estudio sobre todos los tramos de prueba a una velocidad de 75 km/h.

Tramo	Coeficiente de fricción (Equipo)				Promedio	Desv. Std.	C.V.
	1	2	3	4			
2a	0.47	0.49	0.47	0.49	0.48	0.01	2.4%
2b	0.42	0.46	0.42	0.46	0.44	0.02	5.2%
4	0.45	0.47	0.47	0.45	0.46	0.01	2.5%
8d	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.00	0.0%
8c	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.00	0.0%
9a	0.34	0.37	0.39	0.37	0.37	0.02	5.6%
9b	0.31	0.35	0.36	0.35	0.34	0.02	6.5%
11a	0.51	0.50	0.51	0.50	0.51	0.01	1.1%
11b	0.60	0.60	0.59	0.60	0.60	0.01	0.8%

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev 9, 20130808

F1 IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

En 12*000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro C. P. 74703 Qro. Tel. (442) 214 97 77 Fax (442) 214 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: 166/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 15 de 18

Tabla 4 Coeficiente de fricción para el equipo de estudio y el de referencia sobre todos los tramos de prueba a una velocidad de 75 km/h.

Tramo	Coeficiente de fricción	
	referencia IMT	Equipo
2a	0.40	0.48
2b	0.38	0.44
4	0.37	0.46
8d	0.67	0.66
8c	0.61	0.66
9a	0.23	0.37
9b	0.26	0.34
11a	0.47	0.51
11b	0.50	0.60

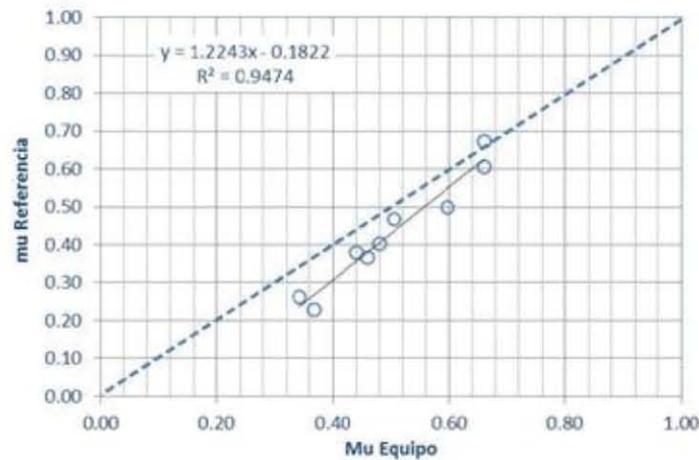


Figura 12 Gráfica de Valores del coeficiente de fricción para cada tramo de referencia obtenidos con el equipo en estudio y comparados con el equipo de referencia.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev. 9, 20130808

F1 IP-006



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km. 12+000 carretera Querétaro-Galindo, C.P. 74703 Sanfandila, Pedro Escobedo,
Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS
GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 16 de 18

En la figura 12 se presentan los valores de fricción obtenidos con el CFT y comparados contra los obtenidos con el mu meter de referencia, para los tramos evaluados. a partir de dicha figura, se puede observar que existe un coeficiente de correlación de 0.9474 para la ecuación de correlación encontrada entre ambas series de datos, que en este caso es:

Coef. de fricción de ref. = $1.2243x - 0.1822$ (Coef. de fricción del equipo de la empresa)

Debido a lo anterior se considera necesario realizar ajustes de fricción, con la ecuación de correlación obtenida.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev 9, 20130808

F1-IP-006

ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



Instituto
Mexicano del
Transporte

Instituto Mexicano del Transporte
División de Laboratorios de Infraestructura

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado-Galindo", Parque Tecnológico San Fandilla, Mpio. de Pedro Escobedo,
Estado Querétaro. C.P. 76703 Qro. Tel. (442) 216 97 77 Fax (442) 216 97 77 ext. 3033

INFORME DE RESULTADOS GRUPO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES GRANULARES

Informe No.: I 66/14B
Fecha de emisión: 2015-04-17
Página: 17 de 18

6. Observaciones.

- ✎ El equipo determina la distancia de medición de manera adecuada, lo cual se puede verificar en la tabla 1, en donde se observa que la diferencia máxima entre la distancia registrada por el equipo y la longitud de referencia de 2000 metros, en todos los casos, fue menor a 0.1%.
- ✎ El gasto del equipo de medición es 116.20 l/min, el cual se apega a los parámetros que marca el diseño del equipo para una velocidad de 75 km/h.
- ✎ En cuanto al ángulo de apertura de las llantas de medición del equipo, éste resultó de 8.12° contra el 7.5° ± 0.75° que establece la norma, con lo cual se comprueba que el equipo cumple con este requisito.
- ✎ El equipo CFT se encuentra sujeto en el centro del vehículo de arrastre por lo que se le indicó al conductor recargarse hacia la rodera derecha para realizar las mediciones correspondientes al tramo evaluado tal como lo marca la normativa SCT. Se recomendó ubicar el equipo en el lado derecho del vehículo alineado al neumático tal como lo indica la norma.
- ✎ A partir de la determinación del coeficiente de fricción, con el equipo evaluado, y comparado contra las mediciones con un equipo de referencia (mu meter), sobre varios tramos patrón, se puede observar que existe un coeficiente de correlación 0.9474 para la ecuación de correlación encontrada entre ambas series de datos, en este caso:
- ✎ Coef. de fricción de ref. = 1.2243x-0.1822 (Coef. de fricción del equipo).
- ✎ Debido a lo anterior se considera necesario realizar ajustes de fricción, con la ecuación de correlación obtenida.
- ✎ Por lo anteriormente expuesto se concluye que el equipo cumple actualmente con las especificaciones establecidas por el fabricante y puede ser utilizado para determinar el coeficiente de fricción de acuerdo con la normativa ASTM E 670, tanto para autopistas como para aeropuertos.

- Este informe de resultados corresponde al elemento(s) en estudio cuya identificación y descripción se especifica
- Se prohíbe la reproducción parcial de este documento sin la autorización escrita del Instituto Mexicano del Transporte.

Rev.9, 20130808

F1 IP-006

Anexo 8

Certificado de Calibración

Reflectómetro Horizontal



Anexo 9

Certificado de Calibración

Reflectómetro Vertical



ÍNDICES DEL CONTROL DE CALIDAD EN LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS DE LA RED CARRETERA NACIONAL.



8581 AERO DRIVE, SAN DIEGO, CALIFORNIA 92123 PHONE (858) 279-8034 FAX (858) 576-9286 WEBSITE: www.gamma-sci.com

REPORT OF CALIBRATION REPORT NO.: 0005499-001

DESCRIPTION: 922 WHITE CALIBRATION STANDARD

MODEL: 66983

MANUFACTURER: GAMMA SCIENTIFIC

CALIBRATION DATE: 29-Apr-2010

CUSTOMER: JASON FREIGHT

TEMP(°C): 23.5

SERIAL NUMBER: GA0339

TECHNICIAN: P.Chewy

RECALL DATE: 29-Apr-2011

SALES ORDER/RMN: 5499

REL HUMIDITY(%): 38.5



PROCEDURE: These samples were measured at Gamma Scientific in accordance with test methods outlined in FTMS 370 and ASTM D4061. In general all equipment meets the requirements of ASTM E809 (Standard Practice for Measuring Photometric Characteristics of Retroreflection), E810 (Standard Test Method for Coefficient of Retroreflection of Retroreflective Sheeting) In general ASTM E809, Standard Practice for Measuring Photometric Characteristics of Retroreflection, Procedure A the ratio method is used to determine the retroreflection values of customer submitted samples.

INCOMING INSPECTION: New Unit

RESULTS:

Coefficient of retroreflection $R_A = \text{cd} / \text{lux} / \text{m}^2$

WHITE

CAL STD	OBSERVATION ANGLE	ENTRANCE ANGLE	Ra
	0.2	-4.0	315.0
	0.5		130.0

NOTE: Measurement area = $5.0671 \times 10^{-4} \text{m}^2$, Measurement diameter = 2.54cm

All calibrations are performed using internationally recognized standards calibrated by the National Institute of Standards and Technology (NIST) for use at Gamma Scientific. The NIST test numbers for each standard used are listed below. Gamma Scientific certifies that this instrument was adjusted to the nominal calibration value in accordance with ANSI/NCSL Z540-1-1994. The information shown on this certificate applies only to the instrument identified above and may not be reproduced, except in full, without prior written consent from Gamma Scientific.

SPECIAL NOTES: New Unit

Julie Atwood
Quality Assurance Manager

STANDARDS: 5000-16 S/N:GS-1012
NIST #844/275350-07
NIST #844/275348-07/1

Accept	Reject

Gamma Scientific Test No: ROC 107
Last Modified: 16 November 2006

Page 1 of 1