

División de Educación Continua Facultad de Ingeniería-UNAM  
**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACION DE CARRETERAS**  
 (175 horas)

**Módulo III. CONSERVACION Y OPERACIÓN (43 horas)**

**COORDINADOR: M.I. RAÚL VICENTE OROZCO SANTOYO**

**1) CONSERVACION (32 h)**

PROFESOR	TEMA	FECHA (2000)	HORARIO
Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Introducción.</b> Actividades de los responsables Mantenimiento oportuno de los niveles de calidad	Lunes 17 de julio (9 horas)	8:30 a 9:00
	<b>Prácticas para la conservación de pavimentos</b> Soluciones alternativas para rehabilitación o reconstrucción. Costos relativos Análisis y justificación económica		9:00 a 13:30
Ricardo Méndez Ortiz	<b>Técnicas de rehabilitación y aspectos económicos</b>		15:00 a 19:00
Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Evaluación del comportamiento de pavimentos:</b> Causas de su deterioro. Prevención de la fatiga. Obtención de desplazamientos verticales y módulos elásticos con el deformómetro de impacto	Martes 18 de julio (8 horas)	8:30 a 11:30
	Calificación superficial y estructural de pavimentos Simulaciones con el método del elemento finito, Equipos no destructivos. Ejemplos de aplicación.		11:30 a 13:30
Juan Téllez Muñoz Enrique Villarreal Domínguez Juan Luis Cottier Caviedes Roberto Gómez Martínez	<b>Manifestaciones de deterioro en puentes y otras estructuras.</b> Inspección sistemática. Procedimientos innovadores para rehabilitación o reparación de elementos estructurales Alternativas de solución. Costos relativos		15:00 a 18:00
Saúl Castilló Aguilar	<b>Estrategia de la conservación del sistema carretero en México</b>	Miércoles 19 de julio (10 horas)	8:30 a 11:00
Mario González García	Sistema de simulación de estrategias de mantenimiento carretero (SISTER) y puentero (SIPUMEX)		11:00 a 13:30
Víctor Torres Verdín	Sistemas de administración de pavimentos		15:00 a 18:00
Bulmaro Cabrera Ruiz	<b>Reflexiones generales sobre proyectos carreteros y trascendencia en su conservación</b>		18:00 a 20:00 -
Miguel Barousse Moreno	<b>Sistemas de administración de puentes y su aplicación en México (SIAP).</b> Casos de aplicación	Jueves 20 de julio (5 horas)	8:30 a 12:00
Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>		12:00 a 13:30

**2) OPERACION (11 h)**

Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Introducción.</b> Actividades de los responsables. Vigilancia continua de los niveles de calidad	Jueves 20 de julio (3 horas)	15:00 a 15:30
Ricardo Méndez Ortiz	<b>La autopista.</b> Finalidad. Funciones primarias y secundarias Elementos constitutivos: puentes, viaductos y otras estructuras, casetas de cobro y servicios auxiliares, cortes y terraplenes, pavimento, túneles, obras de drenaje y complementarias		15:30 a 17:00
Abraham Ramírez Sabag	<b>Introducción a los sistemas inteligentes del transporte</b>		17:00 a 18:00
José Arias Dufourcq	<b>Administración de autopistas.</b> Estrategias económicas y financieras. Sistemas de evaluación y alternativas de rehabilitación Modernización. Ejemplos	Viernes 21 de julio (8 horas)	8:30 a 11:30
Leonardo César Luis Sibaja	Infraestructura atendida por el organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos. Índice de servicio		11:30 a 12:30
Enrique Acevedo López	<b>Sistemas de supervisión y control de calidad durante la conservación y operación de autopistas.</b> Atención continua Informes periódicos Mantenimiento del índice de servicio Señalamiento y pintura Técnicas de aplicación práctica. Sistemas de control automático en casetas		12:30 a 13:30
Raúl Vicente Orozco Santoyo Jesús Gallardo Rea	<b>Visita a la Autopista México-Cuernavaca</b>		15:00 a 17:30
Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>		17:30 a 18:00

DIRECTORIO

NOMBRE	DONDE TRABAJA	TELEFONOS
Juan Alberto Jimenez Clavel (Pasante de Ing. Civil) Esia, IPN		55-38-05-76 55-19-65-79 Zempoala N° 30-6 Col. Narvarte Del. Benito J.
Ing. José Rivas Salgado	DGCF Centro S.C.T. Edo de México Residente de Supervisión de Construcción. Artesanos N° 2, Centro, Lerma de Villada, Edo. de Méx.	(01-72) 13 34 39 14 88 86 joserivass@mexis.com
Ing. Emma Quiroz Cervantes Especialista en Puentes y Diseño	DEPFI Maestría en Construcción. Estudiante	57 01 24 53
Ing. Julio Quiñones Burciaga	S.C.T. - D.G.C.F., Centro S.C.T. Nuevo León - Residente de Supervisión de Construcción	(Residencia General) (01-8) 355 33 69
Ing. Liborio Eduardo Ramírez Flores	Centro S.C.T. Oaxaca Unidad General de Servicios Técnicos. Dirección: C: Oaxaca - Tehuantepec km. 615 Oaxaca, Oax.	(01-51) 5 79 23 5 78 12
Ing. Neftalí Arroyo Velasco	S.C.T. Conservación de Carreteras México D.F. Dir.: Magdalena N° 21 Col. del Valle C.P. 03100 Dpto. de Precios Unitarios	57 58 42 87 Tel. Parti. 56 82 51 53 ext. 42 ofc.
Ing. Jorge Washington León Zambrano	C.P.R. Asociados Guayaquil - Ecuador	(00-593-4) 31 03 32. 334511, 331880 FAX 313483
Ing. Pablo del Carmen Medina Ocheita	Centro S.C.T. Campeche Resia. Gral. de Conservación de Carreteras. Av. las Palmas S/N	(01-981) 815 2408 ext. 113 FAX 815 2883
Ing. Noe Estrada Rodríguez	Centro S.C.T. Campeche Residencia General de Carreteras Alimentadoras Av. Las Palmas S/N - Colonia Ermita	(01-981) 524-08 ext. 212 y 213 524-06 Directo
Ing. José Fernando López Nava	Centro S.C.T. Michoacán Unidad General de Servicios Técnicos. Dr. Salvador González # 173 Col. Cuauhtemoc Morelia, Mich.	(01-43) 12 19 76
J. Felipe González Hernández	Dir. Gral. Carrts. Fdls. Dirección Técnica - Altadena N° 23, Col. Napoles C.P. 03810 D.F.	5536- 0833 Dto. y Fax 5687-6199 ext. 228 fghernan@sct.gob.mx
Ing. Eduardo Flores Muños	Centro S.C.T. Veracruz Residencia Gral. de Carreteras Aumentadoras km 0 + 700 Carretera - Xalapa - Veracruz Col. Animas C.P. 91190 Xalapa, Ver.	(01-28) 127608 y 125279 101431, 187660 Casa gthuerta@sct.com.mx. mdelossa@sct.com.mx
Ing. José F. Bustamante Artiaga	Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)	244-1561 y 260 2762 casa
J. Deyanira Hernández Rodríguez	Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua) R.N.P.A.P.	(00-505)244 1561

Ing. Silvia Cecilia Casimiro Acuña Residencia Gral de Conservación de Carreteras. Residente de Supervisión Agua Pluvinia 01 633 1-15-03 OF. PART. AP  
 Ing. Humberto Enrique Carranza 01 633 8-59-59 OF. PART. HARMOSIL  
 01 62 60 26 79



DIRECTORIO

NOMBRE	DONDE TRABAJA	TELEFONOS
Ing. José Hayasaka Reyes	S.C.T. Dirección General de Conservación de Carreteras Unidad de Proyectos Especiales.	5682-5081 pepehaya@hotmail.com
Ing. Oscar L. Ortegol Ramírez	S.C.T. Chiapas Conservación de Carreteras	(01-961) 41916 y 41918
Ing. Cosme Reveles Hernández	S.C.T. Edo. de México Conservación	(01-72) 14-43-57
Ing. Héctor L. Sandoval Valle	S.C.T. Dirección General de Servicios Técnicos (Dirección de Estudios)	5534-9765
Ing. Victor Manuel Presilla Juárez	<i>ENY SILVIA MONTECUCO ABRIL</i> E.N.E.P. Aragón U.N.A.M. Postgrado Esp. - Puentes	01-42-124090 Ex +126 5879-7348 (015)
Yosellin Daniel Mercado	Subsecretaria de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Hidalgo	(01-771) 12141 10072 FAX 12680
Jesús Fco. Cedano Duran	Construcciones y Urbanizaciones Optimas S.A. de C.V.	5665-0449, 5665-2644 FAX 5665-1902 cedano1@starmedia.com
Ing. Germán Carniado Rodríguez	S.C.T. Unidad de Autopistas de Cuota	5519-9056 gcarniad@sct.gob.mx
Ing. Rubén Llaguno Morales	Dir. de Conservación de Carreteras Estatales de la Secretaria de Obras Publicas del Gob. del Estado de Hidalgo	(01-771) 1-11-32 FAX 1-26-80 RACHUCA, HGO
Ing. Humberto Maldonado Colin	S.C.T. Residencia Gral. de Conservación Centro S.C.T. Cuernavaca Mor. km. 1+ 200 Carretera Gua - Tepoztlan Col. Chamilpa Cuernavaca, Morelos.	(01-73) 133135 135611 FAX 133135
Jacob C. Reyes de la Cruz	S.C.T. D.G.C.F. (Dirección de Proyectos)	5523-9221
Ing. Carlos E. Verduzco Gonzalez	Servicios Tecs. Maz., Sin.	(01-69) 81-07-77
Ing. Alfonso Dominguez Loza	S.C.T. Estado de Jalisco Residencia General de Conservación	(01-35) 72-83-27 29-52-10
Ing. Jorge Bluhm Gutiérrez	S.C.T. Servicios Técnicos Zacatecas, Zac.	(01-4) 92 24 816
Ing. Rubén de Dios Sánchez	S.C.T. Guerrero Subdirección de Obra o Oficina de Supervisión	(01-747) 4-13-61 4 09 82
Ing. Eligio Cortes Miranda	S.C.T. Edo. de México Residente de Obra 14 - 1 Texcoco	(01-595) 1 16 62
M. en I. José Luis Castillo Soto	Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo Facultad e Ingenieria Morelia, Michoacan	(01-4) 3 16 73 59 3 16 72 05 jlcsoto@prodigy.net.mx
Raymundo Hernández Martínez	Centro S.C.T. Nuevo León: Unidad Gral. de Servicios Técnicos. Av. Benito Juárez y Corregidora; Palacio Federal 3 er. piso CD. Guadalupe N.L.	(01-8) 35 55 539
Ing. Jose D. Borges Mtz.	Centro SCT. Campeche, Resid. Gral. Conservacion Av. Las Palmas s/n. Est. Antigua Tamaulipas	01-981-52883 01-981-52408 Ext. 115

División de Educación Continua-Facultad de Ingeniería-UNAM  
**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE CARRETERAS**

(175 horas)

**Módulo III. CONSERVACION Y OPERACION**

(40 horas)

**COORDINADOR: M.I. RAUL VICENTE OROZCO SANTOYO**

**1) CONSERVACION (29 h)**

PROFESOR	TEMA	FECHA (2000)	HORARIO
Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Introducción</b> Actividades de los responsables. Mantenimiento oportuno de los niveles de calidad	Lunes 17 de julio (8 horas)	8:30 a 9:00
Ernesto Alonso Hernández Padilla	<b>Prácticas para la conservación de pavimentos</b> Soluciones alternativas para rehabilitación o reconstrucción. Costos relativos. Análisis y justificación económica		9:00 a 13:30
Ricardo Méndez Ortiz	<b>Técnicas de rehabilitación y aspectos económicos</b>		15:00 a 18:00
Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Evaluación del comportamiento de pavimentos:</b> Causas de su deterioro. Prevención de la fatiga. Obtención de desplazamientos verticales y módulos elásticos con el deformómetro de impacto. Calificación superficial y estructural de pavimentos. Simulaciones con el método del elemento finito, Equipos no destructivos. Ejemplos de aplicación	Martes 18 de julio (8 horas)	8:30 a 11:30
			11:30 a 13:30
Juan Téllez Muñoz Enrique Villarreal Domínguez Juan Luis Cottier Caviedes Roberto Gómez Martínez	<b>Manifestaciones de deterioro en puentes y otras estructuras.</b> Inspección sistemática. Procedimientos innovadores para rehabilitación o reparación de elementos estructurales. Alternativas de solución. Costos relativos		15:00 a 18:00
Rodolfo Téllez Gutiérrez Saúl Castillo Aguilar	<b>Estrategia de la conservación del sistema carretero en México</b>	Miércoles 19 de julio (8 horas)	8:30 a 11:00
Mario González García	Sistema de simulación de estrategias de mantenimiento carretero (SISTER) y puentero (SIPUMEX)		11:00 a 13:30
Víctor Torres Verdín	Sistemas de administración de pavimentos		15:30 a 18:00
Miguel Barousse Moreno	<b>Sistemas de administración de puentes y su aplicación en México (SIAP).</b> Casos de aplicación	Jueves 20 de julio	8:30 a 12:00
Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	(5 horas)	12:00 a 13:30

**2) OPERACION (11 h)**

Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Introducción.</b> Actividades de los responsables. Vigilancia continua de los niveles de calidad.	Jueves 20 de julio (3 horas)	15:00 a 15:30
Ricardo Méndez Ortiz	<b>La autopista.</b> Finalidad. Funciones primarias y secundarias. Elementos constitutivos: puentes, viaductos y otras estructuras, casetas de cobro y servicios auxiliares, cortes y terraplenes, pavimento, túneles, obras de drenaje y complementarias		15:30 a 18:00
José Arias Dufourcq	<b>Administración de autopistas.</b> Estrategias económicas y financieras. Sistemas de evaluación y alternativas de rehabilitación. Modernización. Ejemplos. Infraestructura atendida por el organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos. Índice de servicio. <b>Sistemas de supervisión y control de calidad durante la conservación y operación de autopistas.</b> Atención continua. Informes periódicos. Mantenimiento del índice de servicio. Señalamiento y pintura. Técnicas de aplicación práctica. Sistemas de control automático en casetas.	Viernes 21 de julio (8 horas)	8:30 a 11:30
Leonardo César Luis Sibaja			11:30 a 12:30
Enrique Acevedo López			12:30 a 13:30
Raúl Vicente Orozco Santoyo Jesús Gallardo Rea	<b>Visita a la Autopista México-Cuernavaca</b>		15:00 a 17:30
Raúl Vicente Orozco Santoyo	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>		17:30 a 18:00



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

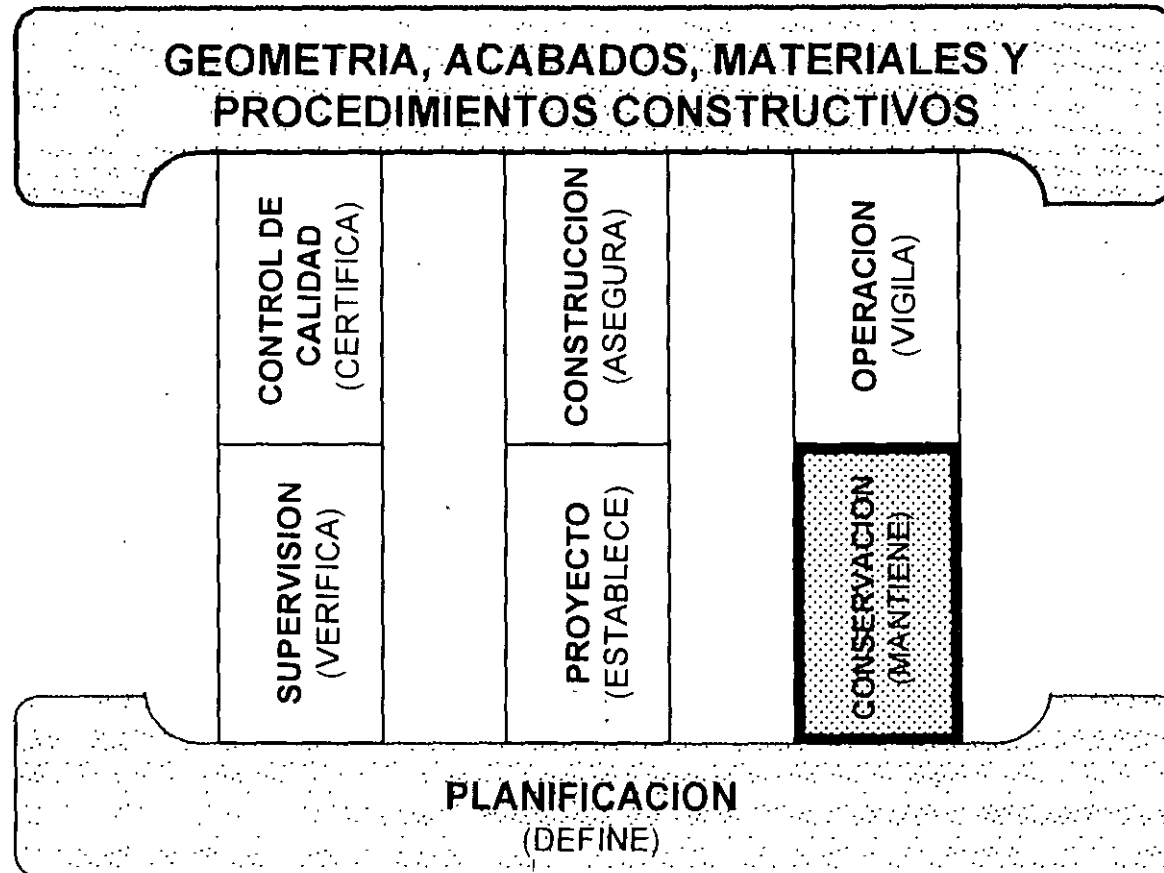
**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**INTRODUCCIÓN**

**EXPOSITOR: M. I. RAÚL VICENTE OROZCO SANTOYO  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

# RESPONSABLES DEL NIVEL DE CALIDAD EN CARRETERAS





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVCIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**PRACTICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS**

**EXPOSITOR: ING. ERNESTO ALONSO HERNANDEZ PADILLA  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

**CONSERVACION DE  
CARRETERAS EN**

**MEXICO**

1998

## DATOS RELEVANTES ACERCA DE MEXICO

<b>TERRITORIO</b>	
División política	31 Estados y un Distrito Federal
Superficie total	1 967 183 km <sup>2</sup>
Distribución según Clima	Porcentaje del Territorio
<i>Climas húmedos</i>	4.7%
<i>Climas subhúmedos</i>	23%
<i>Templados húmedos</i>	2.7%
<i>Templados subhúmedos</i>	20.5%
<i>Secos</i>	28.3%
<i>Muy secos</i>	20.8%

<b>DATOS DEMOGRÁFICOS</b>	
Población total	91.2 millones de habitantes <sup>1</sup>
Densidad de población	46.3 hab./km <sup>2</sup>

<b>DATOS ECONÓMICOS<sup>(2)</sup></b>	
Tasa de crecimiento	2.1% anual
Producto Interno Bruto <sup>(3)</sup>	3,174.8
Tasa de inflación	17.2%

<sup>1</sup> Fuente: Censo de Población y Vivienda 1995 (INEGI).  
<sup>2</sup> Fuente: Banco de México (1997).  
<sup>3</sup> Miles de millones de pesos (precios corrientes III 1997).  
 - Tipo de cambio al primer trimestre de 1998: 1 USD = 8.46 PESOS.

<b>INFRAESTRUCTURA CARRETERA<sup>(4)</sup></b>	
Longitud total de la red	321 739 km
<b>PAVIMENTADAS</b>	
<i>Libres</i>	98 233 km
<i>Cuota</i>	6 594 km
<b>NO PAVIMENTADAS</b>	
<i>Rurales</i>	165 681 km
<i>Brechas</i>	51 231 km
<b>DENSIDAD CARRETERA</b>	
<i>Total</i>	0.163 km/km <sup>2</sup>
<i>Pavimentadas</i>	0.053 km/km <sup>2</sup>

<b>RED FEDERAL DE CARRETERAS<sup>(5)</sup></b>	
Longitud total	41 727 km
<i>Red básica</i>	22 804 km
<i>Red secundaria</i>	18 923 km

<b>PUENTES</b>	
Número total de puentes	6 469
<i>Concreto reforzado</i>	4 988
<i>Concreto pretensado</i>	654
<i>Concreto reforzado y acero</i>	518
<i>Estructura espacial (Triángulo)</i>	60
<i>Acero</i>	150
<i>Mampostería</i>	99
Longitud total	219 371 m

<sup>4</sup> Fuente: 4o Informe de Gobierno (Cifras preliminares de 1997).  
<sup>5</sup> Fuente: Dirección General de Conservación de Carreteras (Julio 1997).  
 - Se refiere exclusivamente a la red libre de peaje.

<b>ESTADÍSTICAS DEL SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES</b>	
Total de vehículos que circulan por la Red de Carreteras <sup>(6)</sup>	12 440 499
<i>autobuses</i>	105 804
<i>camiones de carga</i>	3 896 007
<i>autos</i>	8 223 876
<i>otros</i>	214 812

El movimiento de pasajeros y carga por medio carretero con respecto a otros medios representa las siguientes cifras del total nacional.

<i>Pasajeros</i>	98.7%
<i>Carga</i>	60.2%

Las estadísticas nacionales en materia de seguridad vial son las siguientes

Accidentes ocurridos <sup>(7)</sup>	61 147
Indice de Accidentes (por millón de veh.-km.)	0.815 (1996)

Puntos Conflictivos en la Red Federal de Carreteras	716 (1997)
---	------------

<sup>6</sup> Fuente: (INEGI Dic. 1996).  
<sup>7</sup> Fuente: 4o Informe de Gobierno (Cifras preliminares de 1997).

<b>CONSERVACION DE LA RED FEDERAL DE CARRETERAS LIBRES DE PEAJE (PROGRAMA DE OBRAS 1998)<sup>(8)</sup></b>	
Presupuesto total	2 998.60
<i>Recursos fiscales</i>	2 031.85
<i>Crédito externo</i>	966.75
<b>Reconstrucción de Carreteras</b>	
<i>Reconstrucción de Puentes</i>	730.03
<i>Conservación Periódica</i>	110.56
<i>Puntos de Conflicto</i>	1 195.61
<i>Conservación Rutinaria</i>	94.25
<i>Emulsiones y asfaltos</i>	679.15
<i>Otros Subprogramas</i>	85.31
<i>Gasto Centralizado</i>	39.0
<i>Gasto Centralizado</i>	64.69

<b>Metas del Programa (km.)</b>	
<i>Reconstrucción (recursos fiscales)</i>	64.4
<i>Reconstrucción (crédito externo)</i>	743.9
<i>Conservación Periódica</i>	6 570.1
<i>Conservación Rutinaria</i>	41 727.0
<i>Número de Puntos de Conflicto</i>	382

<sup>8</sup> Cantidades en millones de pesos (precios corrientes).

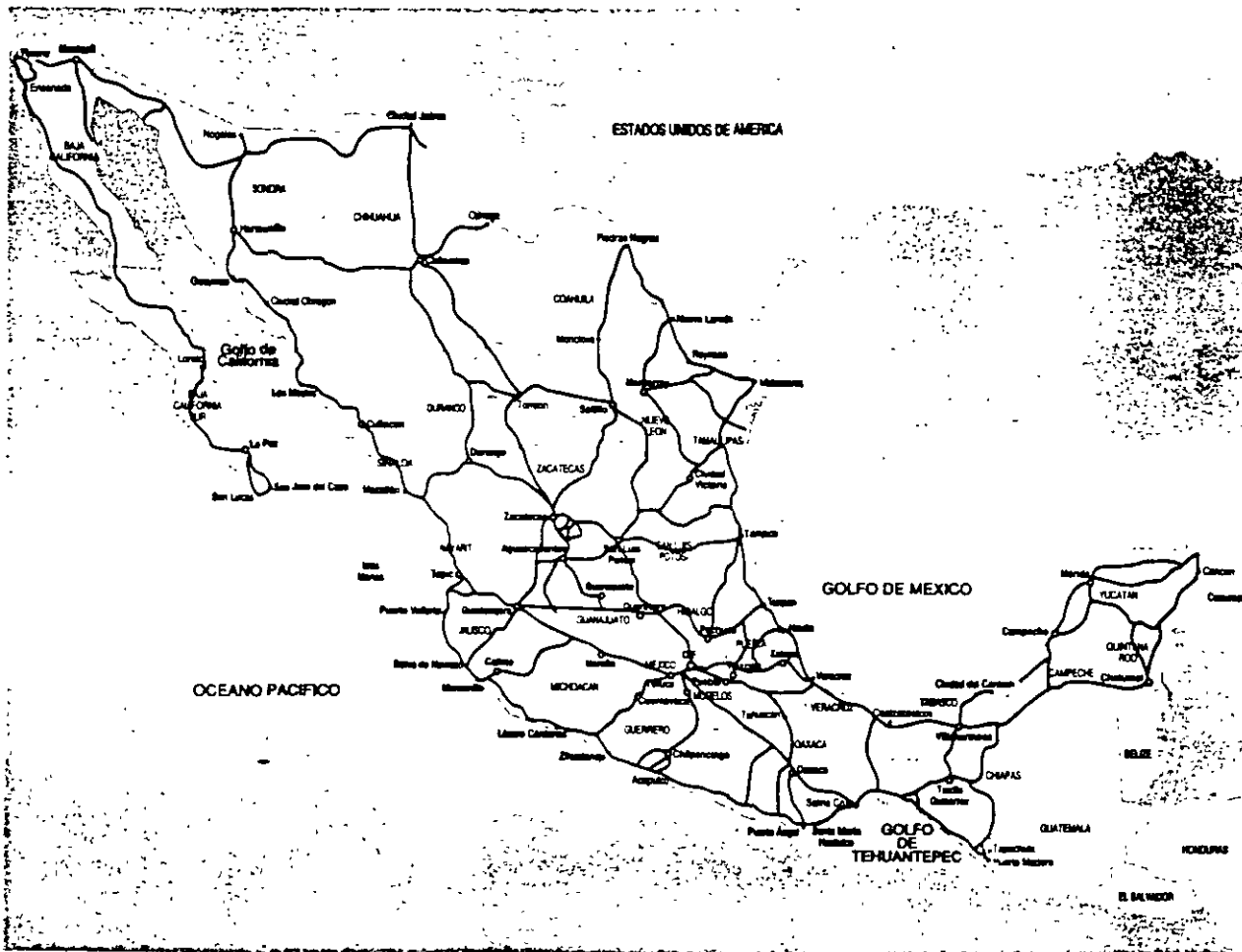
# 1.- OBJETIVOS DEL SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

El Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000, tiene como propósito plantear los objetivos, orientar las estrategias y precisar las acciones que habrán de seguirse en la presente administración, con el fin de que la infraestructura y los servicios en el Sector sean adecuados, modernos y suficientes.

En consecuencia, los objetivos fundamentales que se persiguen son:

- Conservar, modernizar y ampliar la infraestructura del transporte y las comunicaciones, a fin de impulsar el crecimiento económico, la integración regional y el desarrollo social.
- Mejorar la calidad, acceso, eficiencia y cobertura de los servicios de transporte y comunicaciones, con el propósito de apoyar la competitividad y productividad de la economía.
- Contar con la infraestructura y los servicios de transporte y comunicaciones, con niveles de seguridad suficientes que permitan el tránsito de personas y bienes, a través de las vías generales de comunicación, con tranquilidad y confianza.

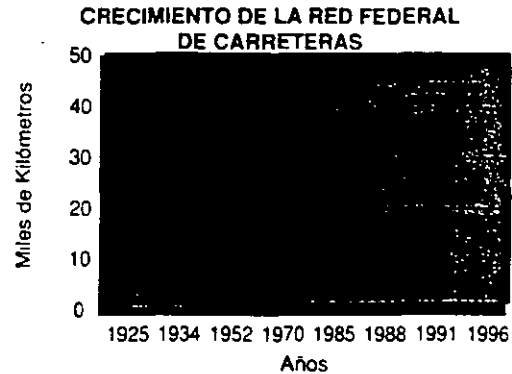
## RED FEDERAL DE CARRETERAS





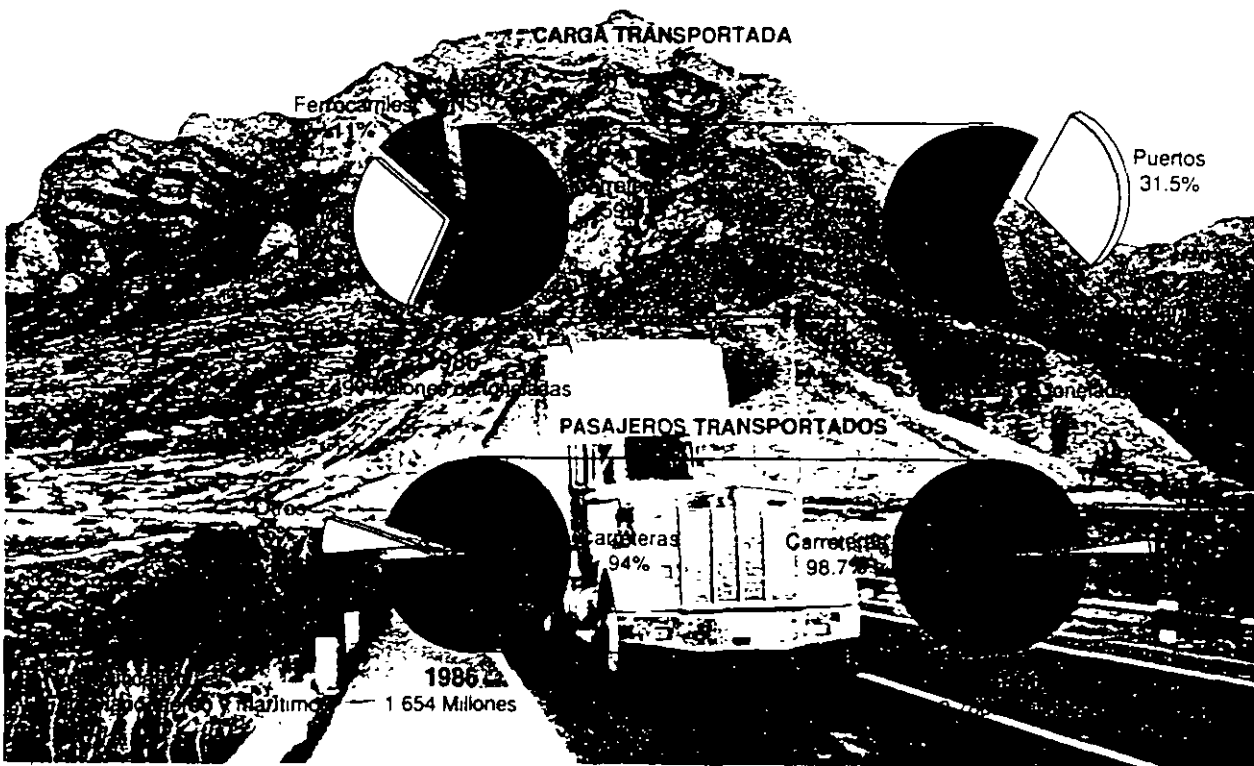
## 2. DIAGNOSTICO DE LA RED

Actualmente el sistema carretero nacional tiene una longitud de más de 300,000 Km. siendo 41,727 los que conforman la *red federal libre de peaje*; de éstos, el 53% tiene más de 30 años de servicio y sólo el 16% tiene menos de 15 años. Esto indica que la red mexicana fue diseñada y construida utilizando normas y técnicas que en la actualidad ya han sido superadas por las cargas de diseño autorizadas y por el incremento considerable en el número de vehículos que circula actualmente.



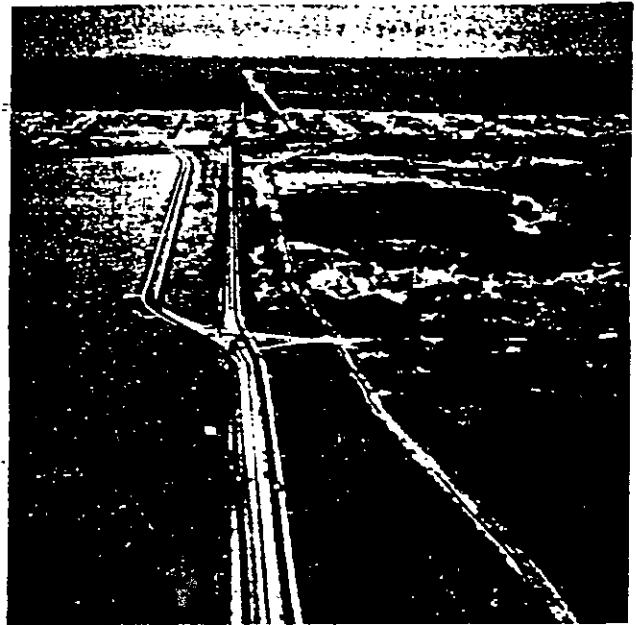
Si consideramos que en México el transporte carretero es el medio más importante debido al considerable número de pasajeros y carga que son movilizados a lo largo del territorio nacional, se comprende la importancia estratégica que tiene para la economía del país la conservación de su infraestructura carretera y la necesidad de incrementar su longitud.

Cabe señalar que el 21% de la longitud de la red federal soporta tránsitos diarios de más de 5,000 vehículos y el 29% tiene problemas de capacidad para atender sus tránsitos en condiciones óptimas de seguridad y economía, ya que durante los últimos 10 años la carga transportada por carretera en México se ha incrementado en un 32.5% y los pesos autorizados de los vehículos han crecido de manera importante, al pasar de 34 toneladas en 1960 a 66.5 en 1997. Asimismo, en el periodo de 1986 a 1996 los pasajeros transportados por carretera se han incrementado en un 76.9%.

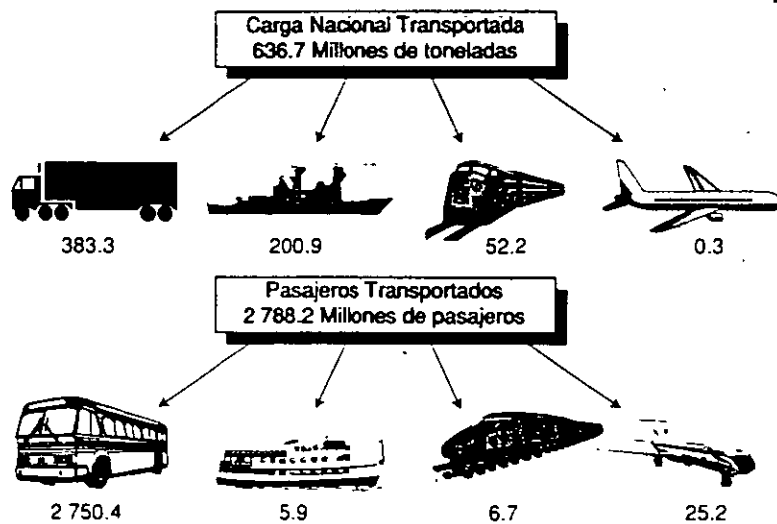


El tránsito carretero movilizó durante 1996 el 98.7% de los 2,788.2 millones de pasajeros internos nacionales y el 60.2% de un total de 637 millones de toneladas de carga. En la medida en que la red carretera opere en condiciones más favorables de fluidez y de seguridad del tránsito, aumentará su capacidad de proporcionar un transporte eficiente, con los consecuentes beneficios para la nación.

El estado actual de la red federal requiere mejoramientos sustanciales para enfrentar el crecimiento de los volúmenes y de las cargas unitarias del tránsito, que se producirán como consecuencia del Tratado de Libre Comercio entre México, Canadá y los Estados Unidos.



**TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN 1996**



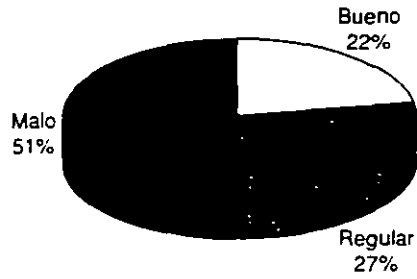
Por ello, se han diseñado estrategias alternas de mantenimiento comparándolas desde el punto de vista técnico-económico, a fin de recomendar para el futuro la más apropiada de acuerdo con las necesidades y recursos del país.

Para la definición de los programas de obras, se cuenta con un modelo de planeación de simulación de estrategias de mantenimiento vial, con el cual se ha logrado racionalizar el presupuesto asignado y asimismo, prever el comportamiento físico de la red en diversos horizontes de tiempo.

# EVOLUCION DEL ESTADO FISICO DE LA RED FEDERAL

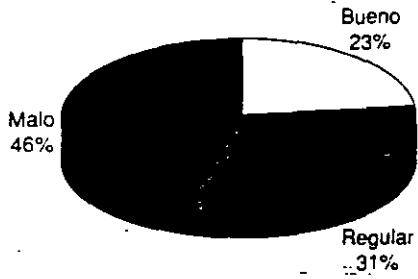
DICIEMBRE 1996

Red Total

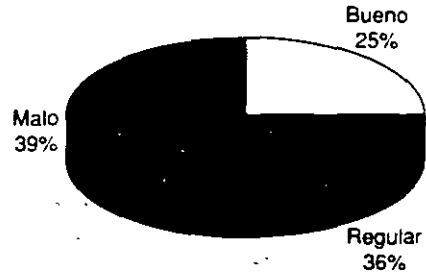


## ESTADO FISICO ESPERADO

Red Total a fines de 1997



Red Total a fines de 1998



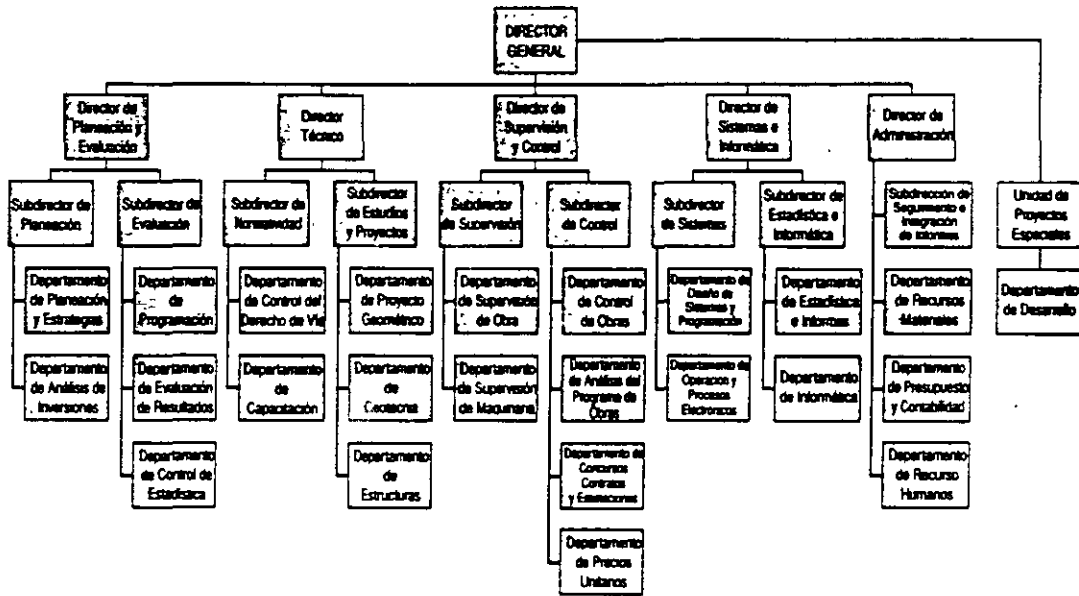
### 3. DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS

La *Dirección General de Conservación de Carreteras* (DGCC), dependiente de la Subsecretaría de Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), es una entidad cuyo objetivo principal es mantener en buenas condiciones de servicio la Red Federal de Carreteras libre de peaje con base en parámetros operativos y económicos.

Esta Dirección opera con carácter normativo de forma central en la ciudad de México, y cuenta con una Residencia General de Conservación dentro de los Centros SCT, que son los encargados de efectuar las obras en cada estado de la República Mexicana. Actualmente su plantilla en oficinas centrales es de 300 trabajadores.

Cabe mencionar que la *Dirección General de Carreteras Federales*, también dependiente de la Subsecretaría de Infraestructura, es la responsable de la modernización de caminos y la construcción de nueva infraestructura, la cual posteriormente es entregada a la DGCC para su conservación.

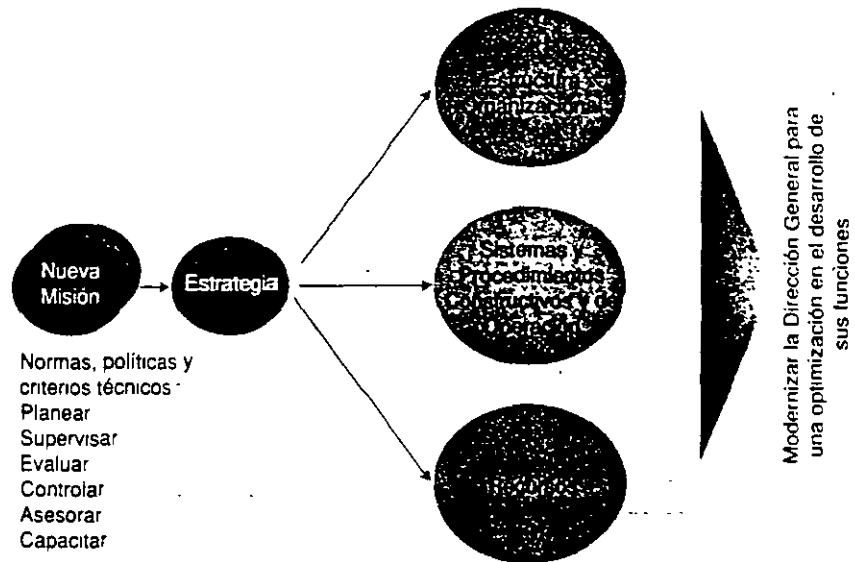
#### ORGANIGRAMA



## 4. EL CAMBIO ORGANIZACIONAL

La Dirección General de Conservación de Carreteras ha venido cambiando sus funciones de coordinadora de la ejecución de obras a la de rectora (normar, inspeccionar y apoyar). Anteriormente, era la unidad central que coordinaba la ejecución de la conservación de la Red Federal de Carreteras en cada uno de los Centros SCT, además de tener bajo su responsabilidad la construcción de obra pública.

En la actualidad, la DGCC es una dependencia normativa que realiza la planeación de las obras por efectuar, supervisa su ejecución, evalúa desviaciones, propone medidas correctivas y asesora técnicamente a las áreas involucradas.



Una de las atribuciones que el Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes asigna a esta Dirección General, es la de supervisar que las obras se ejecuten conforme a las características, especificaciones, proyectos, precios unitarios y programas aprobados de acuerdo con lo estipulado en los contratos de obra, cumpliendo con las leyes y tratados vigentes en la materia.

Otra más, es la de supervisar los trabajos de conservación de carreteras, puentes y caminos que realicen las unidades administrativas de la SCT.

A partir de 1995, al desconcentrarse la realización de los estudios y proyectos hacia los Centros SCT, comenzó a efectuarse también por contrato la revisión de tales trabajos, asegurándose de que las empresas contratistas cumplan cabalmente con la normatividad de la Secretaría y así lograr que las obras de reconstrucción y rehabilitación de tramos carreteros y de puentes sean de la mejor calidad.

En cuanto a los resultados de las acciones emprendidas en materia de conservación, la DGCC evalúa de manera mensual los avances físicos y financieros de las obras incluidas en su programa anual, detectando anomalías para instruir líneas de acción que permitan la realización de este programa en tiempo y calidad.

## 5. EL CAMBIO OPERATIVO

En la parte operativa, la DGCC ha comenzado a aplicar este cambio en tres rubros: la contratación de la conservación, la desconcentración de funciones y la descentralización de la red carretera.

Por lo que hace al esquema permanente para la conservación de carreteras, se han efectuado contrataciones con carácter multianual, para atacar a fondo y con mayor efectividad las necesidades de conservación de la red. Los objetivos que se pretenden alcanzar bajo este esquema son:

- Lograr mayor eficiencia en los trabajos de conservación.
- Racionalizar las estructuras responsables de la conservación en los Centros SCT.
- Tener mayor certidumbre en la disponibilidad de insumos para la conservación.
- Disponer de equipo y maquinaria adecuados en cualquier momento.
- Reducir los costos asociados a los trabajos de conservación.

La experiencia internacional de contratar la conservación rutinaria ha sido positiva, y en muchos organismos responsables de la administración de carreteras existe una marcada tendencia hacia la descentralización, la desconcentración de funciones y la privatización de trabajos.

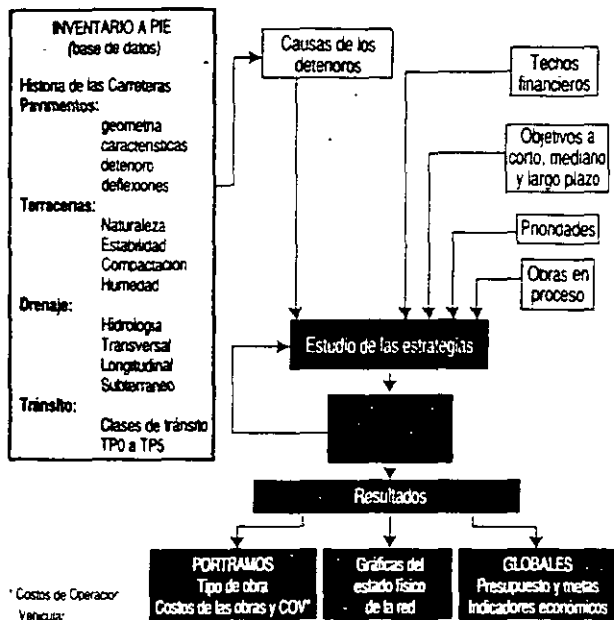
En 1996, se lanzó la convocatoria nacional para llevar a cabo la contratación de la conservación rutinaria en la modalidad multianual con una duración de cuatro años. A la fecha, se tienen ya contratados 20,000 km. lo que equivale al 88% de la red básica.

En cuanto a la desconcentración de funciones, la DGCC ha delegado las acciones siguientes:

- Análisis de precios unitarios estándar y determinación de los costos de conservación.
- Licitación de los estudios y proyectos de las obras bajo la responsabilidad de la DGCC.
- Dictámenes técnicos relativos a las solicitudes de permisos para la transportación de objetos voluminosos y/o de gran peso en las carreteras y puentes de jurisdicción federal.
- Licitación de las obras de conservación de la Red Federal de Carreteras.

En el plano de la descentralización, una de las diez estrategias contempladas dentro del Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes, es impulsar en coordinación con gobiernos estatales, programas de descentralización de funciones, responsabilidades y recursos del Sector, como la descentralización de la conservación de carreteras federales que cumple una función regional. De esta forma, la Red Federal secundaria será descentralizada en base a diversas líneas de acción que contemplan entre otras cosas: la transferencia de recursos financieros a los gobiernos estatales, el apoyo a la transferencia de tecnologías así como la capacitación de personal y la implementación de acciones técnicas.

## 6. EL SISTEMA DE GESTION VIAL



El transporte carretero, es una actividad que juega un papel importante en el crecimiento económico de un país. Una red eficiente de carreteras suele acelerar su economía global, así como también el proceso de desarrollo social.

La falta de mantenimiento en las carreteras resulta en un rápido deterioro de todo el universo de la red de un país, lo que ocasiona que no solamente se pierdan inversiones cuantiosas, sino que también se incrementen los costos de operación vehicular.

Una mejoría en la organización y en la toma de decisiones, ha permitido que la administración actual de carreteras compense las limitaciones presupuestales utilizando de manera óptima los recursos, de tal suerte que ha sido posible incrementar el nivel de servicio de la Red Federal de Carreteras, y de este modo apoyar al desarrollo económico y social del país.

Sin lugar a dudas, las herramientas actuales de gestión vial utilizadas en esta Dirección General, han sido factor fundamental para obtener resultados positivos. Sin embargo, los responsables de la planeación del mantenimiento vial, enfrentan anualmente problemas presupuestarios que no permiten realizar todas las obras de mantenimiento necesarias para mejorar de manera acelerada y significativa las condiciones de la red. La importancia de la Red Federal de Carreteras y las múltiples soluciones que pueden aplicarse a su conservación, hacen que la planeación y programación de las obras sea un problema difícil de resolver con técnicas convencionales, por lo cual es necesario llevar a cabo estas actividades partiendo de datos reales y confiables que permitan realizar la planeación con el mayor grado de exactitud posible.

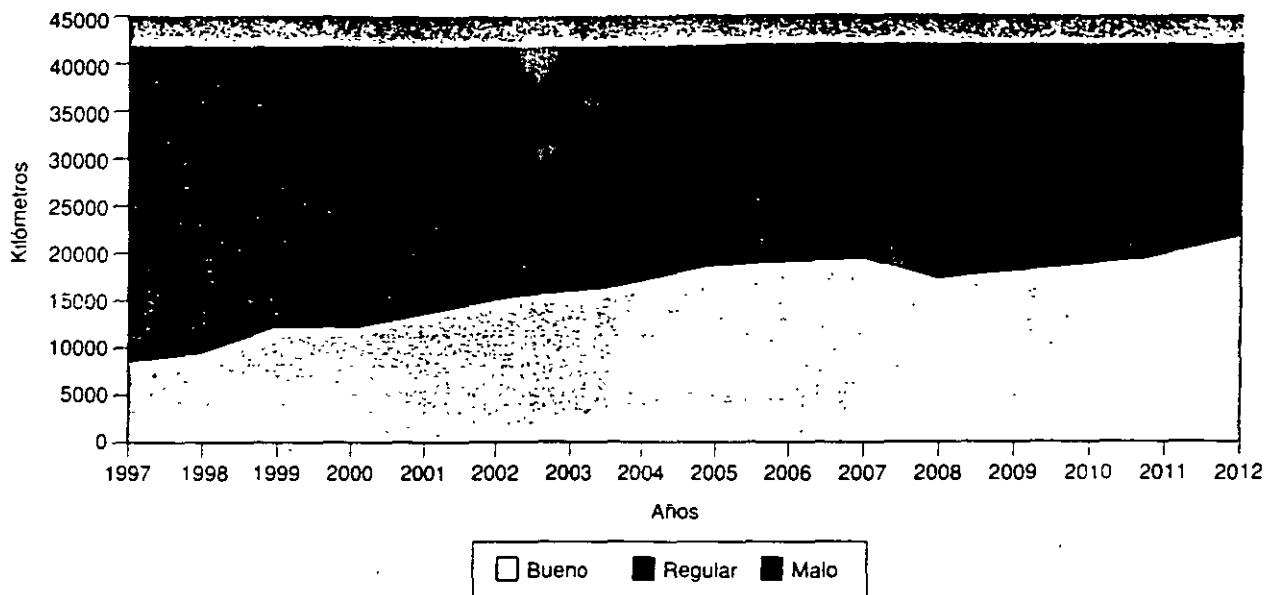
Desde hace aproximadamente 5 años, en diferentes etapas, se ha venido realizando la planeación a nivel nacional con un modelo de gestión vial, el cual está soportado en la información del estado físico de la Red Federal obtenido de la inspección visual de los caminos mediante el recorrido a pie de los tramos carreteros, el cual se lleva a cabo año con año en las diferentes entidades federativas del país.

Este recorrido ha permitido recopilar información suficiente para tener un conocimiento detallado de las características geométricas representativas de las carreteras, del estado físico y funcionalidad de las obras de drenaje, del tipo y naturaleza de los daños de la superficie de rodamiento e identificación de las capas que conforman la estructura de los pavimentos, además de los volúmenes de tránsito que circulan por la red, la ubicación de intersecciones, tipos de sección y condiciones del señalamiento.



# ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

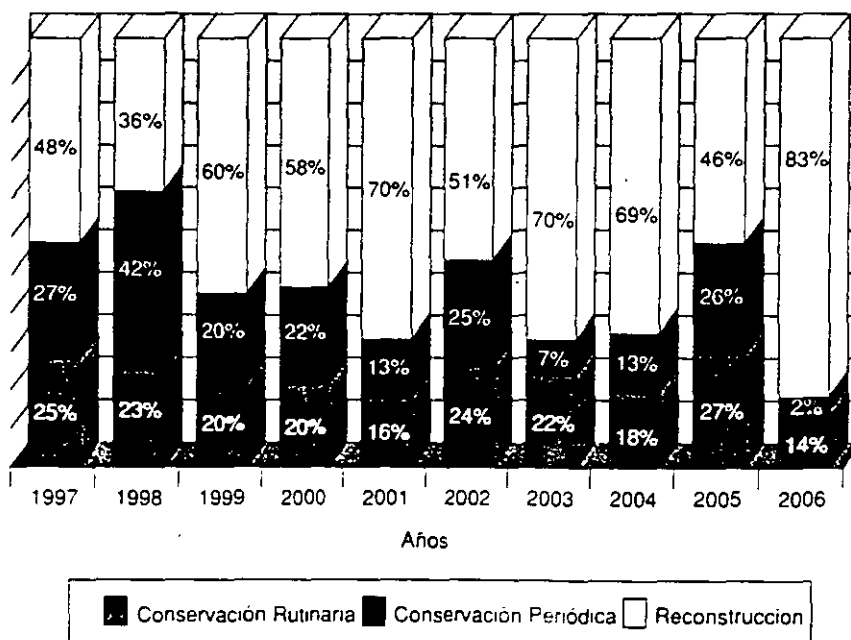
## EVOLUCION DE LA RED CONFORME A LA ESTRATEGIA 97a



La Dirección General de Conservación de Carreteras utiliza para la definición de los programas de obra, un modelo de planeación que determina los efectos de la aplicación de una política establecida de mantenimiento carretero; y predice las consecuencias técnicas y económicas sobre un horizonte determinado de planeación.

Este modelo puede prever a corto, mediano o largo plazo la evolución de la red mediante la aplicación de una estrategia de mantenimiento vial, en la cual se definen los trabajos necesarios para alcanzar las metas físicas considerando la disponibilidad de recursos. Actualmente, la estrategia en vigor es la denominada "97a".

## DISTRIBUCION PRESUPUESTAL ESTRATEGIA 97a





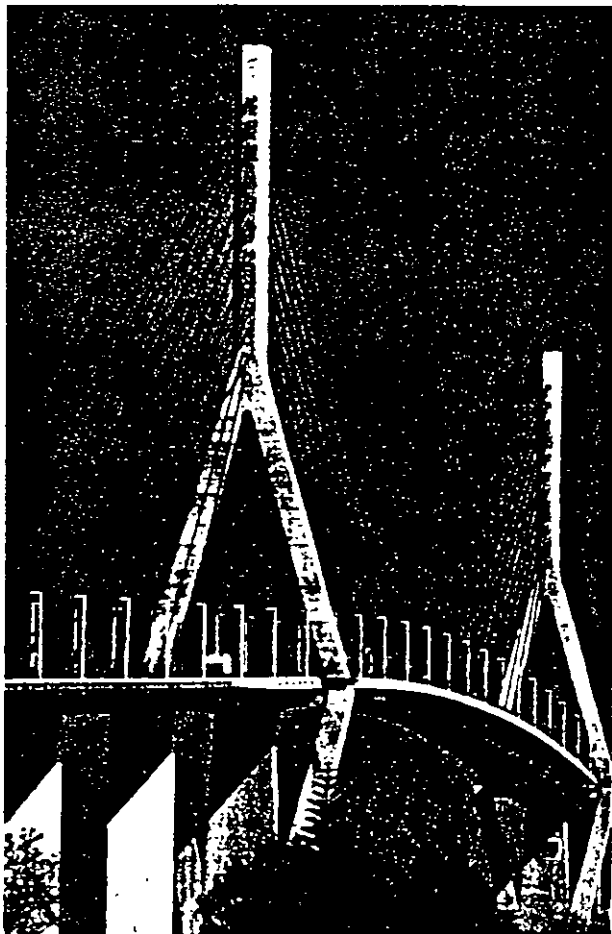
## 7. EL SISTEMA DE PUENTES DE MEXICO

La *Dirección General de Conservación de Carreteras* también atiende los 6,469 puentes pertenecientes a la Red Federal de Carreteras. Los puentes son un elemento de vital importancia en el sistema de transporte terrestre, por lo que para poder programar su conservación y rehabilitación se utiliza el Sistema de Puentes de México (SIPUMEX), cuyo desarrollo está basado en un sistema danés que fue adaptado a las necesidades del país.

Los objetivos fundamentales de este sistema son:

- Garantizar que el mantenimiento de los puentes de la Red Federal se lleve a cabo de manera óptima.
- Jerarquizar las necesidades de los proyectos de rehabilitación y de la ejecución de las obras.

La jerarquización de la atención de las estructuras, se efectúa a partir de un inventario que considera todas las características geométricas y estructurales de los puentes, su ubicación, su estado físico y la importancia del volumen de tránsito que soportan. Con ello, se logra optimizar la utilización de los recursos presupuestales asignados anualmente a este rubro.



El Sistema dispone de una serie de módulos especiales donde se mantiene registrado y actualizado el inventario de los puentes, la clasificación de su estado físico, fotografía de sus elementos, necesidades de mantenimiento menor y limpieza.

La base de datos del sistema es alimentada con información que proporcionan los Residentes de Conservación de Puentes en cada Centro SCT como resultado de sus inspecciones; misma que es analizada y validada en las oficinas centrales y después registrada en la base de datos para su actualización, lo cual se efectúa de forma anual.

Una vez registrada la información en la base de datos, mediante el módulo de jerarquización se obtiene la priorización de los puentes, utilizando como parámetros principales su calificación y el tránsito que circula sobre ellos.

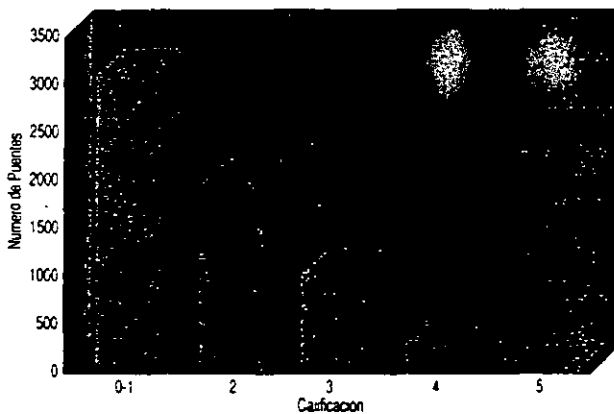
En base a la priorización, es posible programar la elaboración de los estudios y proyectos de rehabilitación correspondientes a los puentes seleccionados y posteriormente la ejecución de las obras respectivas. Al término de estos trabajos, la información es nuevamente actualizada.

El sistema de calificaciones del modelo varía de 5 a 0, siendo la primera la correspondiente a los puentes con daños estructurales importantes y que requieren atención en el mismo año de la inspección.

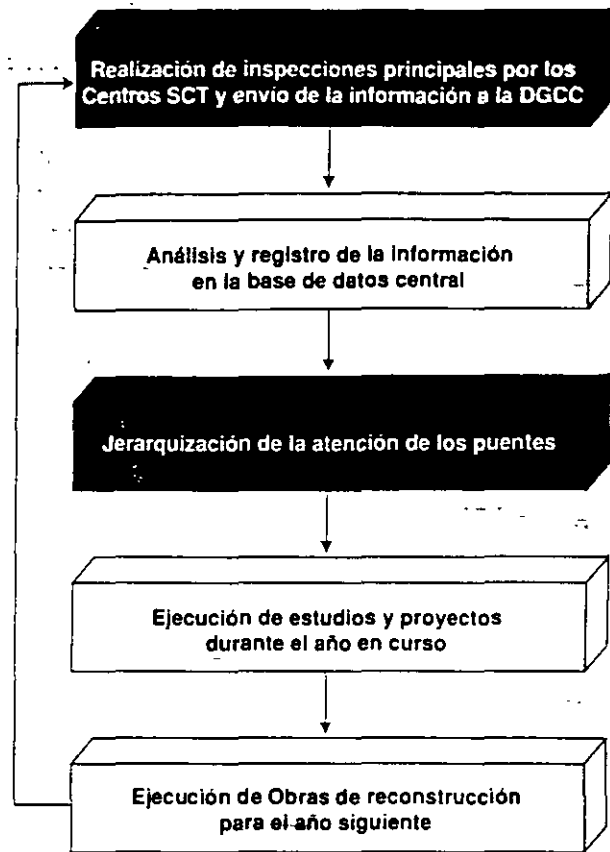
Los puentes con calificación de 4 tienen daños estructurales en menor grado, por lo que sus estructuras deben ser atendidas en un período de 1 a 5 años. Finalmente los puentes con calificación de 0 a 1, no requieren de reparación, ya que sus estructuras están en buen estado.

La base de datos y módulos adicionales, permiten además localizar los puentes por coordenadas geográficas, realizar análisis beneficio/costo, definir rutas para el transporte de cargas no reglamentadas, llevar un registro del historial de los puentes y, a futuro, disponer de un catálogo de precios unitarios para los trabajos de mantenimiento y rehabilitación de puentes.

**ESTADO FISICO DE LOS PUENTES DE LA RED FEDERAL (1997)**



**JERARQUIZACION PARA LA ATENCION DE PUENTES**



## B. SEGURIDAD VIAL

La responsabilidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en materia de seguridad vial, se vincula con el establecimiento de un adecuado diseño de construcción, mantenimiento y señalización de la infraestructura, así como la eficiente prestación de servicios. También con la realización de acciones de supervisión y vigilancia para su mejor uso, y la imposición de sanciones por las conductas que resulten violatorias de la normatividad vigente.

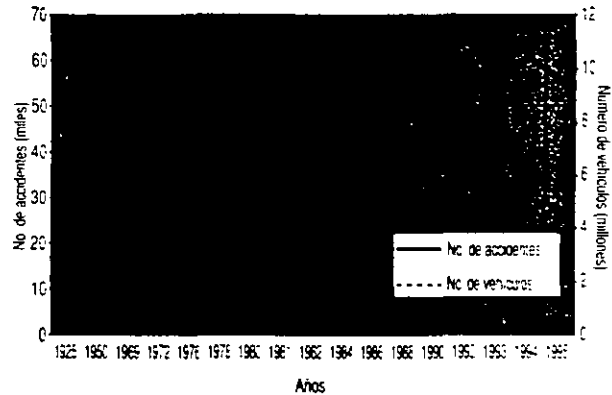
La promoción de un alto sentido de responsabilidad de todos los sectores sociales en las actividades tendientes a incrementar la seguridad de la vida humana y de los bienes, es el elemento esencial para hacer posible éste propósito.

Las acciones que se llevan a cabo actualmente en favor de la seguridad vial son las siguientes:

- Rectificación de trazos en tramos con curvas pronunciadas.
- Eliminación de puntos conflictivos que causan embotellamientos y accidentes, como puentes angostos, vados y cruceros peligrosos, entre otros
- Ampliación de secciones a través de la construcción de acotamientos y mejoramiento del señalamiento horizontal y vertical.
- Construcción de terceros carriles de ascenso en zonas con topografía difícil, entre otros.
- Ampliación a cuatro carriles de los tramos con mayor saturación.

De acuerdo con los registros correspondientes a los años de 1986 a 1994, el mayor índice de accidentes corresponde al año de 1991 con 1.189 como media nacional, mismo que se ha ido abatiendo en un 7% anual hasta llegar a un 0.815 en el año de 1996. Sin embargo, la sociedad mexicana ha tenido que lamentar

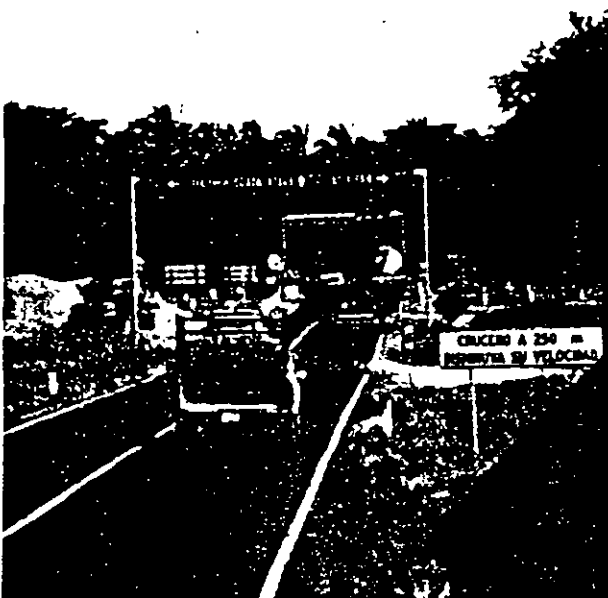
TENDENCIAS DE CRECIMIENTO EN EL PARQUE AUTOMOTRIZ Y EN EL NUMERO DE ACCIDENTES



en el mismo periodo el fallecimiento de poco más de 53.000 personas y los daños físicos sufridos por otras 353.256 como consecuencia de poco más de 643.000 percances de tránsito.

Esta incidencia de siniestros, aun cuando refleja un incremento medio anual del 2.1%, éste es imputable al crecimiento acelerado del parque vehicular nacional, a la alta utilización de la red y a su consecuente deterioro.

En el contexto nacional, la causa de los accidentes de tránsito es achacable en un 79% a conductores, 3% al peatón, 5% a la carretera, 7% al vehículo y 6% a los agentes naturales; esto es, que de cada 5 accidentes, 4 son atribuibles a las fallas del factor humano, siendo por exceso de velocidad un 53%; por invadir carriles contrarios un 16.0%, por alcances 8.0%, por virar indebidamente 5%, por la inobservancia del señalamiento el 3% y el 15% restante a otras circunstancias.



## 9. CAPACITACION

La capacitación constituye un compromiso que comparten los trabajadores y las autoridades, estimulando el desarrollo y la vocación del servidor público, ya que fortalece sus cualidades y sus capacidades personales. También constituye un elemento que vincula al servidor público con los objetivos, políticas y programas del Gobierno Federal, de sus Dependencias y Sectores.

El proyecto de Rehabilitación de Carreteras y Seguridad del Tráfico financiado por el crédito BIRF 3628-ME, que se ha llevado a cabo bajo la responsabilidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por conducto de la *Dirección General de Conservación de Carreteras*, tiene como uno de sus componentes principales un programa de capacitación dirigido al personal que labora en la rehabilitación y conservación de carreteras y puentes de la red federal.



Las acciones de conservación y mejoramiento son prioritarias, así como la terminación de obras en proceso y el mantenimiento de la red troncal de carreteras. Por ello, en la DGCC se busca propiciar la actualización y desarrollo de conocimientos, aptitudes y actitudes en los aspectos técnico, informático y administrativo, para mantener la integración y conformación de cuadros operativos, técnicos y profesionales que realicen las tareas con eficiencia y calidad.

El programa de capacitación contempló en 1997 una cantidad de 58,718 horas-hombre, la actualización y desarrollo de 2,613 servidores públicos que están distribuidos en puestos técnicos, operativos, mandos medios de áreas técnicas, residentes generales, residentes de obra, residentes de puentes, jefes de oficina técnica, supervisores de obra, cabos, sobrestantes, mecánicos y técnicos en informática.



Para ello, se prepararon 30 títulos por áreas de conocimiento y 126 cursos impartidos por instructores internos de la SCT y por instructores contratados. El programa de 1997, significó una erogación de 54 millones de pesos.

Con referencia a seminarios, conferencias, congresos y cursos abiertos, se tuvieron 157 participaciones de servidores públicos de ésta Unidad Administrativa en 44 eventos relacionados con la Conservación de Carreteras, de los cuales 12 fueron internacionales.

## 10. FINANCIAMIENTO DE OBRAS CON CREDITO EXTERNO

La ejecución del programa de conservación de la Red Federal de Carreteras se lleva a cabo principalmente con recursos fiscales, pero también se cuenta con apoyo financiero del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, mediante el crédito 3628-ME, el cual se firmó el 8 de julio de 1993, con el fin de apoyar el financiamiento de programas de inversiones de cuatro años (1993-1996). Sin embargo la fecha de cierre que se acordó fue hasta el 30 de junio del año 2000.

El costo total del proyecto asciende a US\$1,560 Millones, de los cuales US\$480 Millones provendrán del préstamo del Banco, es decir 31% del costo total.

Los objetivos del proyecto son:

- Realizar y proteger las inversiones en el sector.
- Apoyar medidas para mejorar el financiamiento.
- Reforzar institucionalmente a la Dirección General de Conservación de Carreteras.
- Mejorar la seguridad de las carreteras.

Los objetivos anteriores, se cumplirán a través de la implementación de tres grandes componentes:

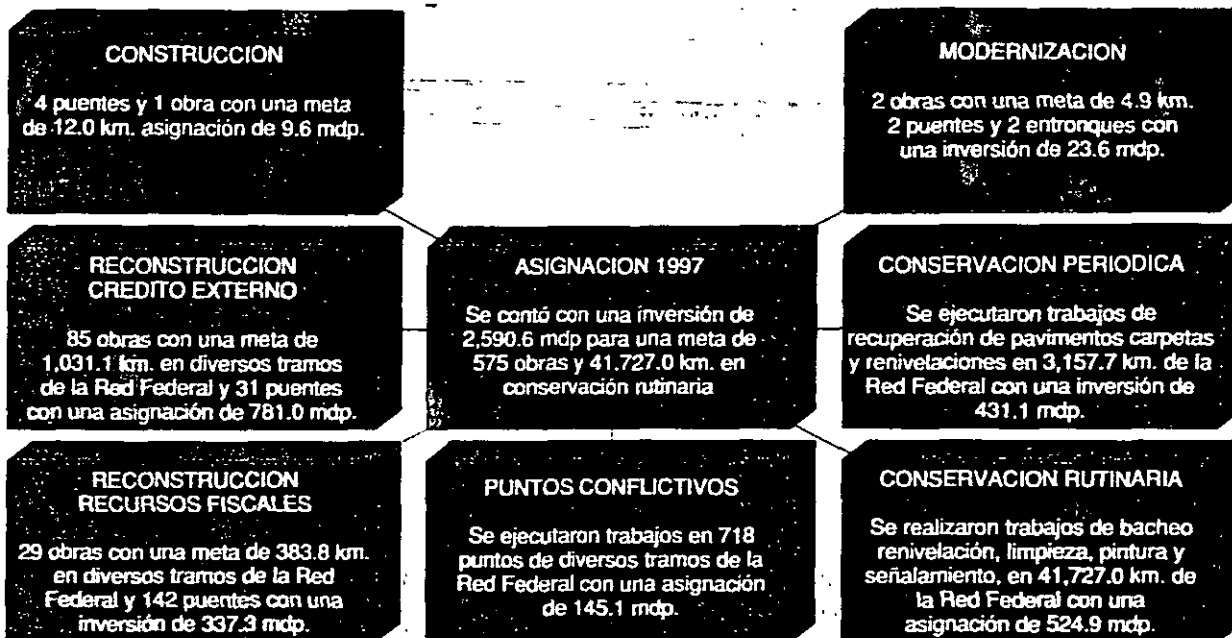
I) **Fortalecimiento Institucional**. Comprende el mejoramiento del Sector Carreteras y el entrenamiento de personal técnico de la Dirección General de Conservación de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

II) **Programa para la Rehabilitación y Conservación de Carreteras**. Este incluye las siguientes actividades:

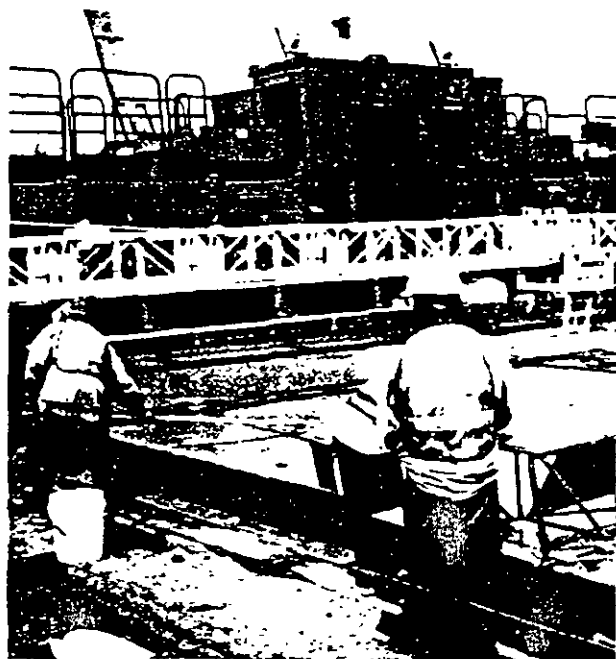
- i) Rehabilitación de 5,233 Km de la red carretera federal y Conservación Periódica de 21,844 Km de la misma, de los cuales a finales de 1996 se habían realizado 4,997.4 Km y 22,789.7 Km respectivamente.
- ii) Rehabilitación y Mejoramiento de 280 Puentes, habiéndose atendido 45 a finales de 1996.
- iii) Mantenimiento Regular Anual de 1,727 Km de la Red Federal.
- iv) Reparación de Tolerés de Mantenimiento.
- v) Adquisición de Equipos y Herramientas.
- vi) Servicios de Consultoría de Inversivos.

III) **Programa de Seguridad Vial**. Este componente fue diseñado por la C.T. con el objeto de reducir el número de eventos de tránsito y accidentes de tránsito y consisten en el mejoramiento de los puntos conflictivos en la carretera, adquisición de algunos equipos y la elaboración de manuales para implementar programas de Seguridad Vial en las áreas de Transporte y Medicina Preventiva.

## 11. PROGRAMA DE OBRAS REALIZADO EN 1997



Durante 1997, además de realizar labores de reconstrucción, conservación periódica y rutinaria, la DGCC atendió las emergencias que se presentaron en el año en diferentes tramos de la red carretera y ejecutó algunas obras de modernización y construcción para conservar la capacidad normal de la infraestructura carretera y para mejorar la seguridad de los usuarios, ya que la Dependencia encargada de construir y modernizar la Red Federal de Carreteras, es la *Dirección General de Carreteras Federales*, la cual ejerció 1,200 millones de pesos en la modernización de la Red Federal durante el mismo periodo.



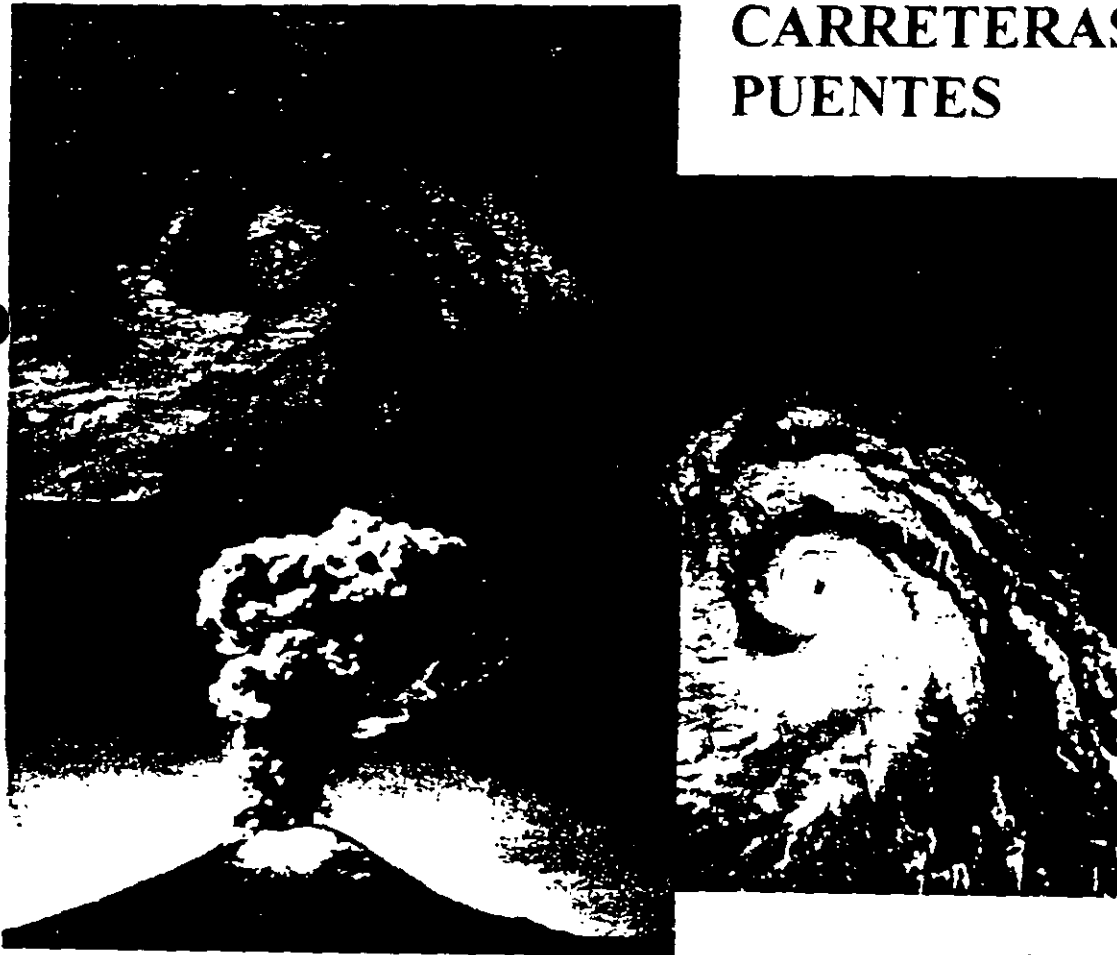
Las asignaciones para conservación periódica y rutinaria, sumaron en 1997 el 42.5% del total asignado, mientras que un 43.1% correspondió a obras de reconstrucción. Si bien, es necesario seguir dando mayor énfasis al Programa de Reconstrucción, dadas las condiciones deficientes de la estructura de los caminos, es deseable prever el reforzamiento del gasto presupuestal en los programas de Conservación, pues ello permitirá en el mediano plazo, reducir el gasto en el rubro de reconstrucción.

La DGCC, ha continuado con la instrumentación de una política abierta hacia la mayor participación del sector privado en las obras de conservación, construcción, reconstrucción y modernización. En 1997, la participación de este sector en la ejecución de obras por contrato alcanzó el 82.7% del total del monto asignado; el 17.3% restante fue ejecutado mediante obras por administración. De un total de 575 obras realizadas este año, 532 fueron efectuadas por empresas privadas.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

# MANUAL PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN CARRETERAS Y PUENTES



MÉXICO D.F. MAYO DEL 2000

*Por ti... nos comunicamos más y mejor*





INTRODUCCION	1
DEFINICION DE UN HURACAN	5
SISMOLOGIA EN MEXICO	19
DIRECCIONES DE INTERNET QUE INTERVIENEN EN SITUACIONES DE DESASTRES NATURALES	34
ACCIONES PARA AFRONTAR UNA EMERGENCIA	36
ANTES DE LA EMERGENCIA	43
DURANTE LA EMERGENCIA	52
DESPUES DE LA EMERGENCIA	54
EL PRINCIPAL OBJETIVO ES RESTABLECER EL SERVICIO	54
UTILIZACION DE RECURSOS FINANCIEROS EN EMERGENCIAS	58
TRABAJOS POR ADMINISTRACION	58
RECONSTRUCCION DE OBRAS DAÑADAS	62
TRABAJOS POR CONTRATO	64
ANEXO I (Formatos de Fonden y Nota Informativa)	66
ANEXO II (Acta Circunstanciada)	71
ANEXO III (Dictamen Técnico)	73
ANEXO IV (Recomendaciones Técnicas Generales)	75
ANEXO V (Formato de Acuerdo)	79
ANEXO VI (Solicitud para Comprometer Recursos en ejercicios siguientes)	82
ANEXO VII (Procedimiento Administrativo para Atención a Emergencias)	84
ANEXO VIII (Señalamiento más comúnmente utilizado en una emergencia)	97
ANEXO IX Prontuario de Materiales y Conceptos	106
ANEXO X Guía para el envío de puentes provisionales tipo BAYLE y de Pontones a cualquier Centro S.C.T.	111
ANEXO XI (Procedimiento para la instalación de puentes tipo BAYLE)	115
ANEXO XII (Procedimiento para la instalación de Pontones)	146





## INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica de la República Mexicana la hace más susceptible a los embates de los fenómenos naturales.

Las precipitaciones pluviales ocurridas los últimos años se consideran casi en su totalidad de record histórico en nuestro país, por lo que nos obliga a incrementar nuestra capacidad de prevención y respuesta ante los fenómenos naturales extraordinarios.

El presente manual de emergencias tiene como objetivo primordial el de ser una herramienta que permita prevenir y afrontar las situaciones antes, durante y después de ocurrir un desastre natural a través de un plan; su metodología y estrategia.

### DATOS GENERALES DE LA REPUBLICA MEXICANA

#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

País Situado en América del Norte, México colinda al norte con los Estados Unidos, al este con el Golfo de México y el Mar Caribe, al sur con Belice y Guatemala y al oeste con el Océano Pacífico. Tiene una superficie de 1'958,200 km<sup>2</sup>.



# TOPOGRAFIA

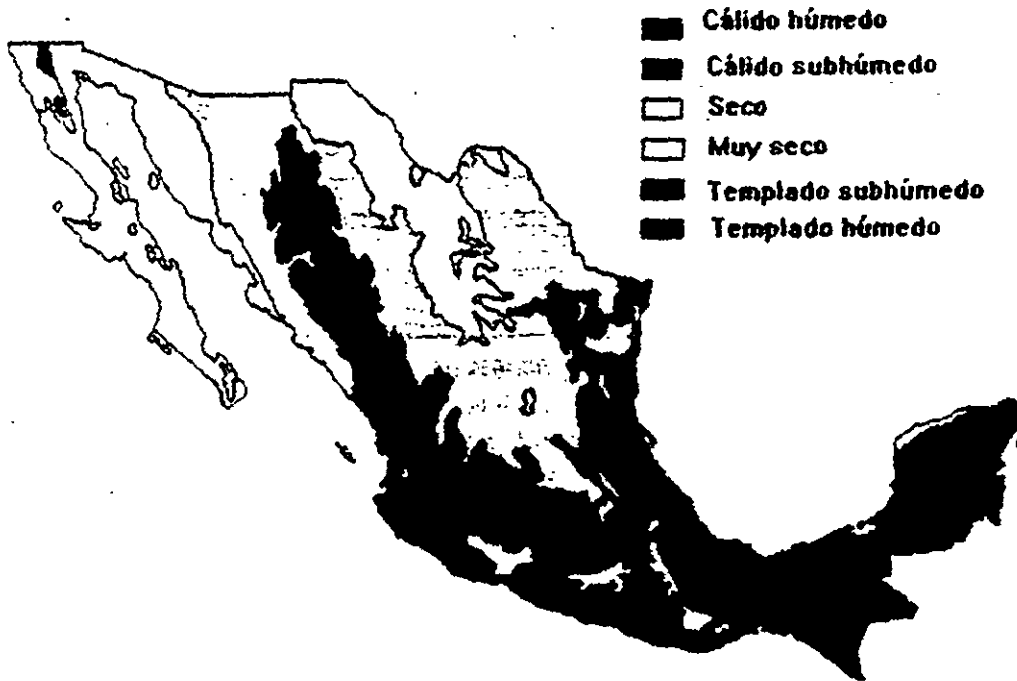


La mayor parte de México es una meseta elevada, flanqueada por sistemas montañosos que descienden abruptamente hasta las estrechas llanuras costeras situadas al este y al oeste. Las dos cadenas montañosas, la Sierra Madre Occidental al oeste y la Sierra Madre Oriental al este, confluyen en el sureste en una región llamada La Junta. En La Junta, las dos cordilleras forman la Sierra Madre del Sur, un laberinto de montañas volcánicas en las que se encuentran los picos más altos de México. La Sierra Madre del Sur conduce al Istmo de Tehuantepec, situado entre la Bahía de Campeche y el Golfo de Tehuantepec.

El rasgo topográfico más destacado del país es la meseta central, continuación de las llanuras del suroeste de los Estados Unidos. Abarca más de la mitad de la superficie total de México y sus laderas descienden de oeste a este y de sur a norte. Dos grandes valles forman notables depresiones en la meseta: el Bolsón de Mapimí, en el norte, y el Valle de México o Anáhuac, en México central. Las llanuras costeras son en general bajas y arenosas, aunque la costa del Pacífico está a menudo cortada por espolones. La Baja California, una península estrecha y alargada que se extiende unos 1,223 km. hacia el sur desde la punta noroeste del país, está atravesada por montañas que son una continuación de las cordilleras costeras del estado de California (EE.UU.). La Península de Yucatán, baja y plana, ocupa el extremo sureste del país.

# CLIMAS

## Principales tipos de clima de México



México está dividido en dos partes por el Trópico de Cáncer; por tanto, la mitad sur está incluida en la zona tórrida. En general, el clima varía en función de la altitud. La llamada tierra caliente comprende las bajas llanuras costeras que se extienden desde el nivel del mar hasta unos 900 m de altitud. El clima en esta zona es extremadamente húmedo, con temperaturas que oscilan entre 16 y 49° C. La tierra templada se extiende desde los 900 m hasta 1.800 m aproximadamente, con temperaturas medias entre 17 y 21 ° C. Por último, la tierra fría se extiende desde los 1.800 m y hasta los 2.750 m de altitud. La temperatura media oscila entre 15 y 17° C. La temporada de lluvias dura de mayo a octubre. Aunque algunas regiones del sur de México reciben entre unos 990 y 3.000 mm de lluvia al año, la mayor parte de México es seca. La media anual de precipitaciones es inferior a 635 mm en la tierra templada, de 460 mm en la tierra fría y de 250 milímetros en el semiárido norte.

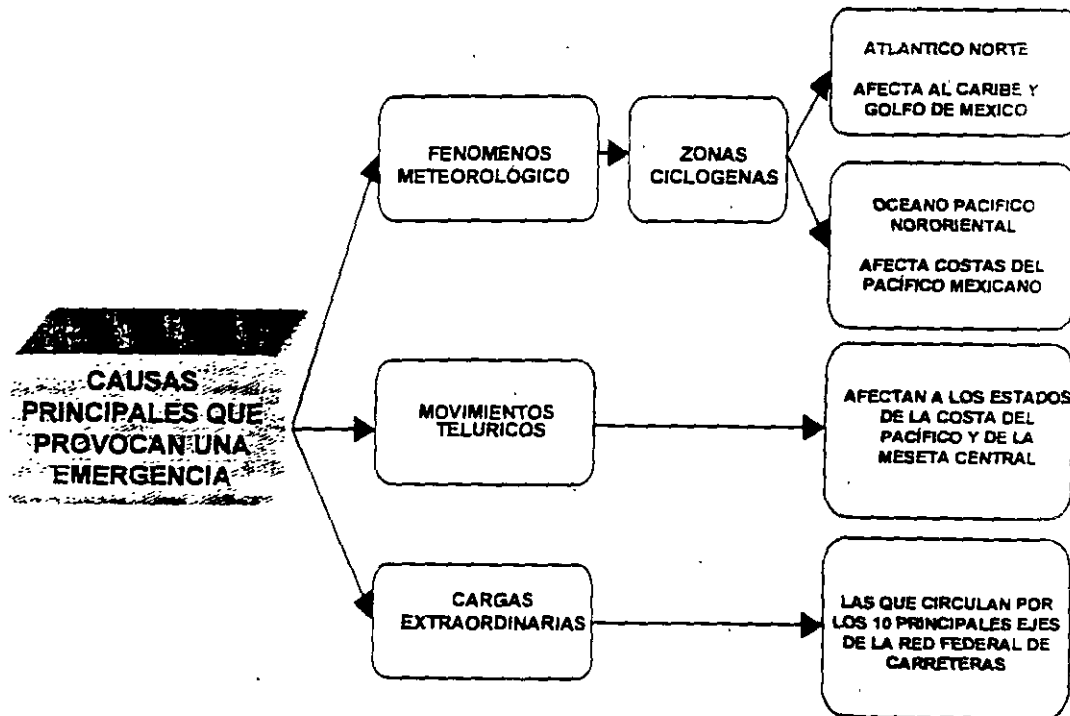
# EMERGENCIA EN CARRETERAS

## DEFINICION

Con el objeto de describir la manera más sencilla posible de organizarse ante una emergencia, que se origine por algún grupo de fenómenos naturales englobados en agentes geológicos e hidrometeorológicos, se presentan a continuación las generalidades, definiciones y acciones.

Cuando estos fenómenos generan consecuencias negativas, la magnitud de los daños difiere ampliamente por su origen, naturaleza, grado de predictibilidad y de control, así como por la rapidez con la que aparecen, por su alcance, y por los efectos destructivos ocasionados a la infraestructura carretera, afectando parcial o totalmente la transitabilidad.

Entenderemos como emergencia el efecto causado por desastres producidos por fenómenos naturales extraordinarios, cuya previsión no abarca la ubicación específica de los daños ni la magnitud de los mismos. Además su atención para restablecer el estado original de la obra requiere de recursos financieros superiores a los autorizados para el programa de reconstrucción y para la conservación periódica y rutinaria.



Los fenómenos naturales que periódicamente azotan a nuestro país, son entre otros: Ciclones, Huracanes, Depresiones y/o Tormentas Tropicales, Nevadas, Sismos, Precipitaciones Pluviales Extraordinarias, Inundaciones, Erupciones Volcánicas.

# HURACÁN

## DEFINICION

Descrito de la manera más sencilla posible, un huracán es un viento muy fuerte que se origina en el mar, que gira en forma de remolino acarreando humedad en enormes cantidades, y que al tocar áreas pobladas, generalmente causa daños importantes o incluso desastres.

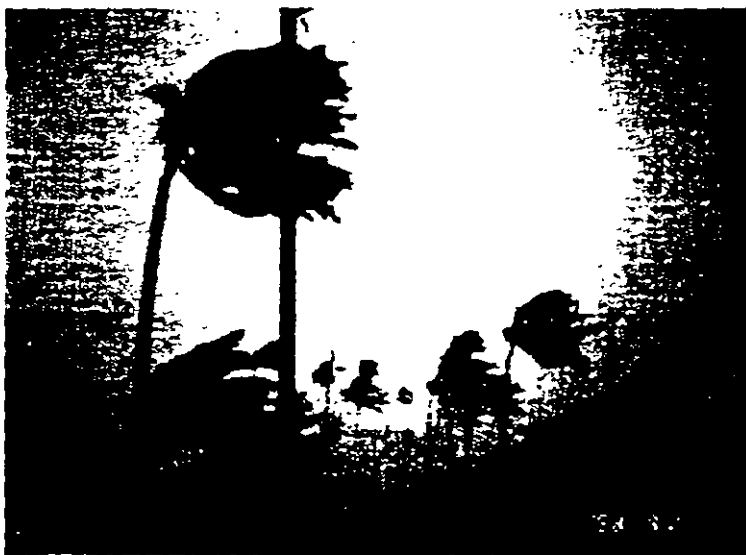
Al fenómeno se le conoce con varios nombres además de Huracán, por ejemplo: Ciclón, en la zona Centroamericana; Tifón, en el océano Pacífico y Bajo en el archipiélago Filipino.



## FUERZA Y DESARROLLO

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos editado por la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, un huracán tiene durante su desarrollo tres etapas principales y cada una recibe un nombre distintivo.

En su nacimiento se le denomina **Depresión Tropical**, y se caracteriza porque sus vientos máximos constantes tienen una velocidad menor o igual a 63 kilómetros por hora.



Posteriormente se le conoce como **Tormenta Tropical**, al alcanzar en sus vientos velocidades de entre 63 y 118 kilómetros por hora. En esta etapa se le asigna un nombre por orden de aparición anual y en términos alfabéticos, de conformidad con una lista de nombres predeterminados anualmente por el Comité de Huracanes de la Asociación Regional IV, de la Organización Meteorológica Mundial.

La tercera etapa se alcanza cuando la velocidad del viento llega a los 119 kilómetros por hora o más y es hasta entonces que recibe propiamente el nombre de **Huracán**.



Los huracanes se clasifican de acuerdo a la siguiente escala:

#### ESCALA DE HURACANES SAFFIR/SIMPSON

CATEGORIA	VIENTOS EN Km/Hr
UNO	119-153
DOS	154-177
TRES	178-209
CUATRO	210-249
CINCO	MAYOR DE 250

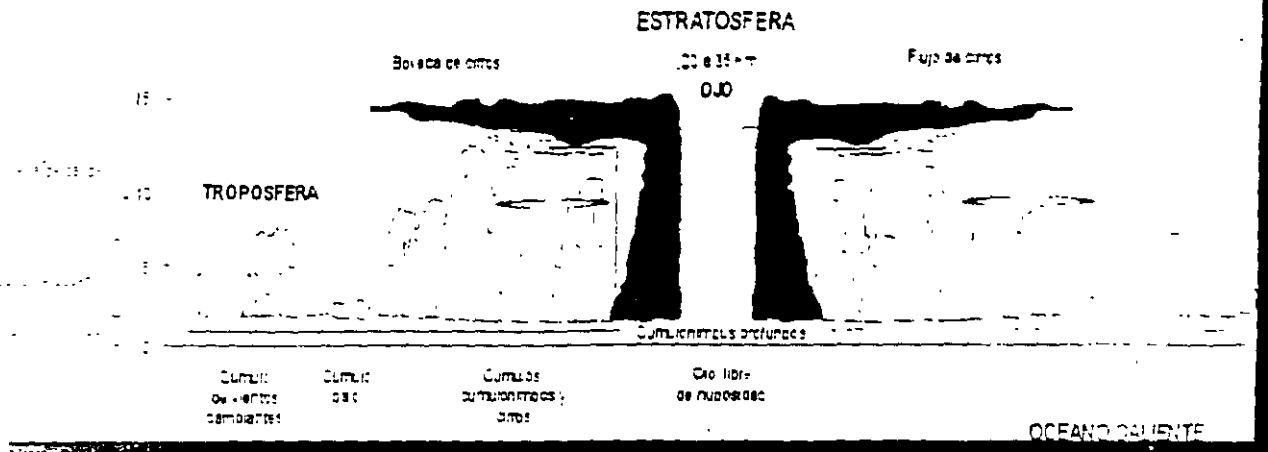
Esta escala es utilizada en los países de América del Norte, el Caribe, Centro América y el norte de Sudamérica.

#### ESTRUCTURA

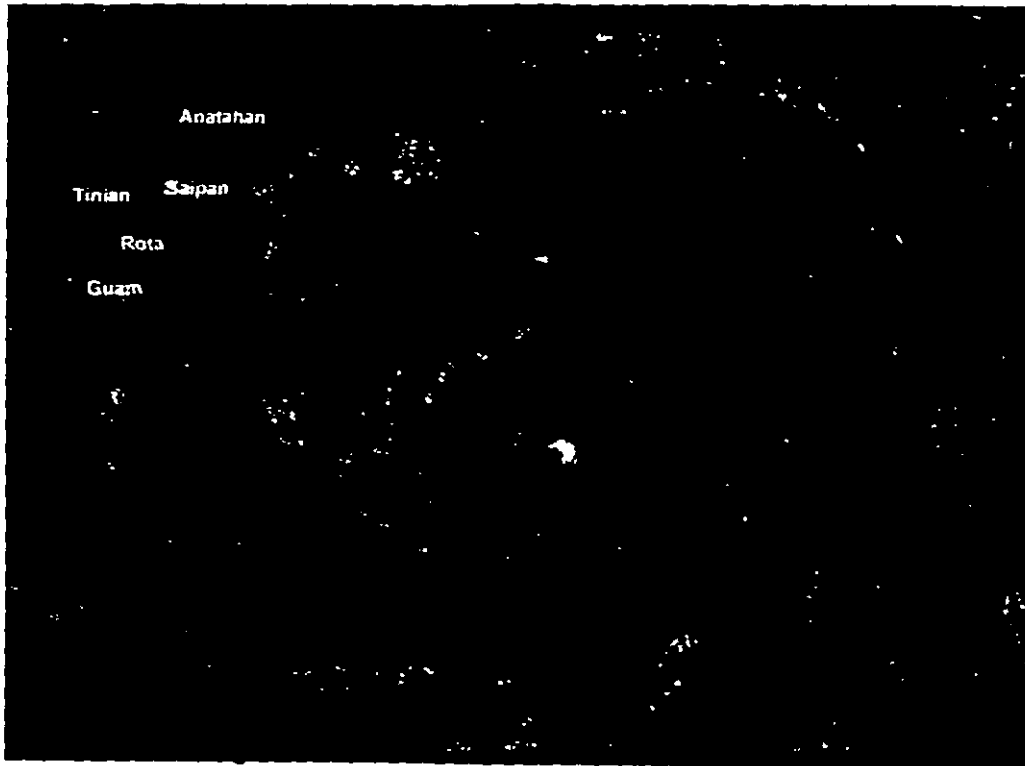
La temporada de huracanes da principio cuando el ecuador climático se mueve en dirección de los polos, llevando consigo altas temperaturas que calientan el aire y el agua del mar, dando lugar de esta forma al surgimiento de una zona de baja presión. Esto ocurre generalmente entre los meses de mayo y noviembre.

Los huracanes constan de cuatro componentes principales: ojo, capa de entrada, capa de ascenso y capa de salida:

## ESTRUCTURA DE UN HURACAN (corte vertical diametral)



El ojo del huracán o de la tormenta corresponde a una región casi circular con un diámetro de 20 a 35 km que está en su centro, carece de nubes y lluvias, en ella casi no sopla el viento.



La **capa de entrada** es la más cercana al mar, tiene una altura del orden de 1 km. Las corrientes con gran cantidad de humedad se dirigen a través de ella hacia el centro.

En la **capa de ascenso**, la humedad sube con vientos helicoidales a una capa superior donde están las nubes; no presenta convergencia ni divergencia de corrientes. La parte inferior comienza alrededor de 1 Km.

La capa de salida se encuentra a partir de los 6 Km. de elevación. Las corrientes salen del centro hacia el exterior y con la altura tienden a ser radiales. Su intensidad es de casi la mitad de las corrientes de entrada.

### VERIFICACIÓN DEL PRONOSTICO DE HURACANES PARA EL ATLÁNTICO (ESQUEMA DE W. GRAY)

AÑO	PRONOSTICO	OBSERVADO	VARIACION
84	10	13	3
85	10	11	1
86	7	6	-1
87	7	7	0
88	11	12	1
89	9	11	2
90	11	14	3
91	7	8	1
92	8	7	-1
93	10	8	-2
94	7	7	0
95	11	19	8
96	11	13	2
97	11	7	-4
98	10	14	4
99	14	12	-2
SUMA	154	169	31
PROMEDIO	9.63	10.56	0.94
VARIACION		CLASIFICACION DEL PRONOSTICO	
0		PERFECTO	
1		MUY BUENO	
2		BUENO	
3		REGULAR	
4 O MAS		MALO	

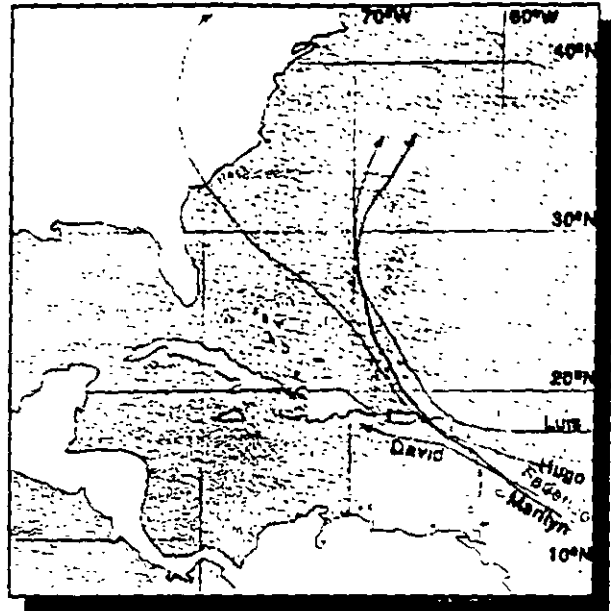


## ZONAS CICLÓGENAS QUE AFECTAN A MÉXICO (Cuna de huracanes)

A los sitios donde se generan los huracanes se les conoce como "Zonas Ciclógenas" y existen ocho en el planeta (cada zona ciclógena puede tener varias regiones matrices).

Dos zonas son las que afectan a nuestro país: Zona I, Atlántico Norte (esta es una cuna de huracanes del caribe que afecta a la costa del Golfo de México); y la Zona II, Océano Pacífico Nor-oriental (afecta a la costa del Pacífico mexicano).

Los huracanes que afectan al territorio mexicano tienen cuatro regiones matrices o de nacimiento:



La **primera** región matriz se ubica en el Golfo de Tehuantepec y se activa generalmente durante la última semana de mayo. Los huracanes que surgen en esta época tienden a viajar hacia el oeste, alejándose de México; los generados de julio en adelante, describen una parábola paralela a la costa del Pacífico y a veces llegan a penetrar en tierra.

La **segunda** región se localiza en la porción sur del Golfo de México, en la denominada "Sonda de Campeche" y los huracanes nacidos ahí aparecen a partir de junio con ruta norte o noreste, afectando a Veracruz y Tamaulipas.

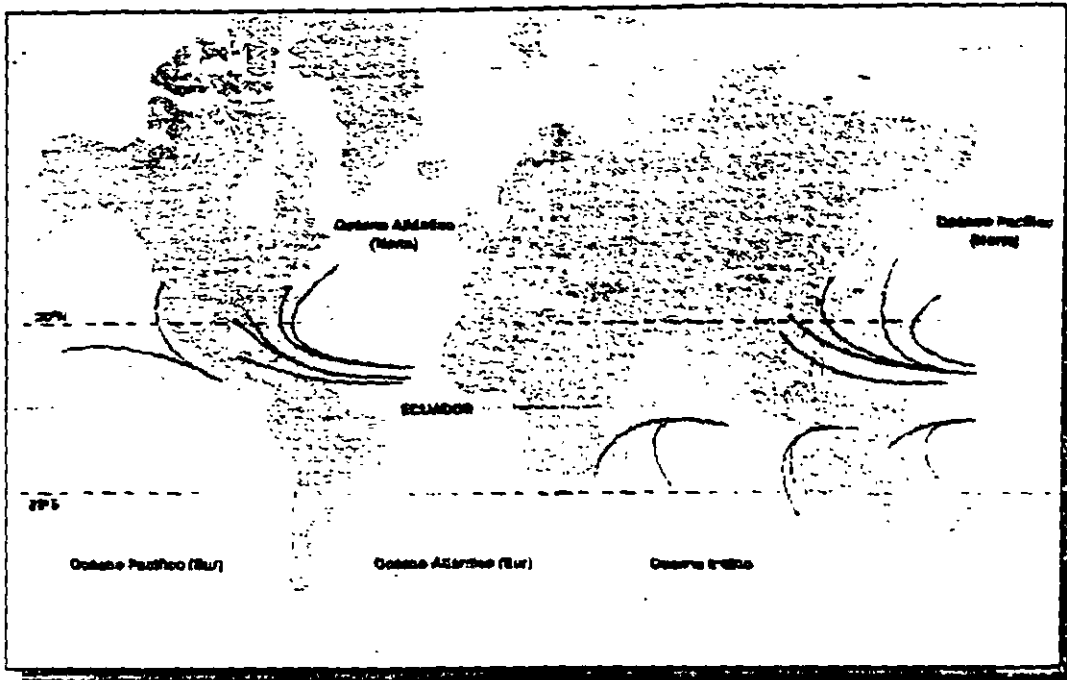
La **tercera** región matriz se encuentra en la región oriental del Mar Caribe y sus huracanes aparecen en julio y especialmente entre agosto y octubre. Estos huracanes presentan gran intensidad y largo recorrido; afectan frecuentemente a Yucatán y la Florida (E.U.).

La **cuarta** región se encuentra en la región tropical del Atlántico y se activa principalmente en agosto. Estos son huracanes de mayor potencia y recorrido que generalmente se dirigen al oeste, penetrando en el Mar Caribe, Yucatán, Tamaulipas y Veracruz.

Las regiones matrices no son estables en cuanto a su ubicación, ya que ésta obedece a la posición de los centros de máximo calentamiento marítimo, los que a su vez están influidos por las corrientes frías de California y contracorriente cálida ecuatorial en el Océano Pacífico, así como a la deriva de las ramificaciones de la corriente cálida del "Gulf Stream".

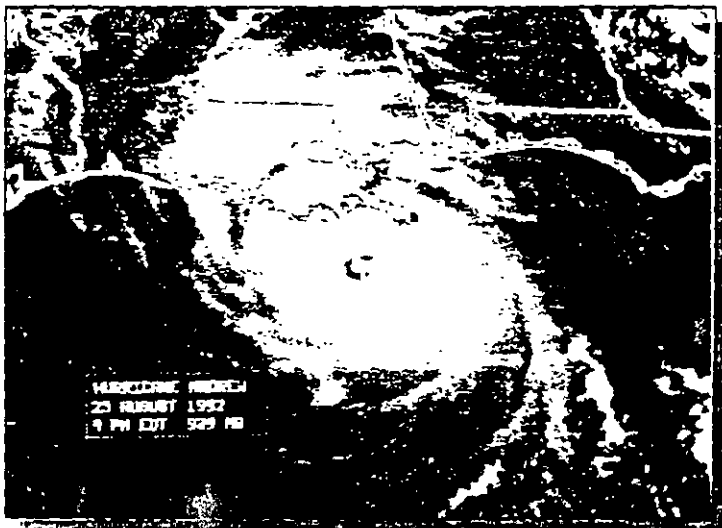
# TRAYECTORIA DE LOS HURACANES

En México, el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, ha pronosticado trayectorias de huracanes desde 1982, aprovechando las investigaciones que se han realizado en otros países.



Aunque en términos generales se conocen las rutas tradicionales de los huracanes, sus trayectorias reales presentan variaciones considerables y por tanto, a pesar de los avances en las predicciones de su deriva, éstas sólo pueden proporcionar un aviso con aproximadamente 24 horas de anticipación respecto al momento de la llegada a un determinado sitio.

En estas condiciones los efectos destructivos de un huracán pueden mitigarse mejorando el diseño de las edificaciones situadas en las zonas expuestas o mediante el aviso oportuno de la llegada de un huracán.



Debido a las características de los huracanes, su observación debe hacerse desde satélites especializados en meteorología. La información captada por estos satélites es transmitida a los Centros Meteorológicos que la procesan e interpretan para mantener informada a la población sobre el surgimiento y características de los huracanes.

## MECANISMOS GENERADORES DE DAÑOS DERIVADOS DE UN HURACÁN

La capacidad destructiva de un huracán se deriva de cuatro aspectos principales: el viento, la marea de tormenta, el oleaje y la lluvia.

**Viento:** Los vientos de un huracán son fuertes y arrachados, persisten por horas o inclusive días. Cuando un huracán pasa por un sitio, los vientos soplan en cierta dirección, luego disminuyen bruscamente al presentarse el ojo y, posteriormente se reinician en forma súbita actuando en dirección opuesta a la inicial. La energía cinética de los vientos ocasiona grandes fuerzas de arrastre que son capaces de transportar objetos pesados, derrumbar palmeras, destruir muros y dañar edificios y techados.

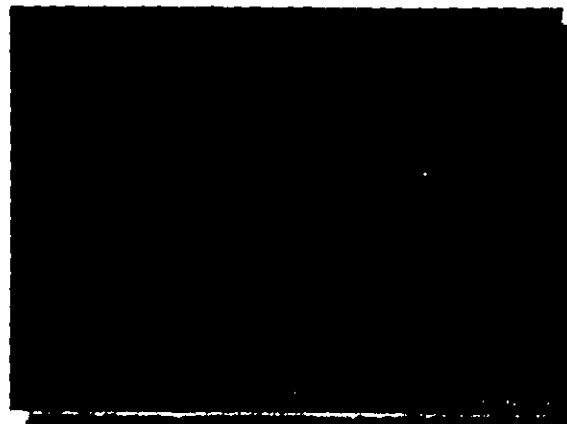


**Marea de Tormenta:** Se refiere a la sobreelevación del nivel medio del mar cerca de la costa, debido a la disminución de la presión atmosférica y a una fuerza cortante sobre la superficie del mar producida por los vientos; a ella se agrega la marea astronómica (producida por la Luna), lo cual puede dar lugar a inundaciones de grandes zonas de terreno cercanas al mar y dejar en tierra firme embarcaciones, una vez que se ha retirado el huracán.

En las páginas 13-14 y 15 se presentan las trayectorias y características principales de algunos huracanes que han afectado la República Mexicana.

Cuando el huracán se localiza en mar abierto, debido a la intensidad y duración de los vientos que se generan, el oleaje tiene un incremento considerable, el cual al llegar a la zona costera es muy peligroso debido a la altura y velocidad que alcanzan las olas, produciendo destrucción e inundaciones.

**Lluvia:** La gran cantidad de lluvia asociada con los huracanes es uno de los elementos que producen mayor destrucción en las zonas habitadas, debido a inundaciones, deslaves, erosión y deslizamientos de tierra producidos por avenidas y crecientes de los ríos y escurrimientos de los alrededores.



## AFECTABILIDAD

De acuerdo con los registros de penetración a tierra de diversas perturbaciones tropicales, la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, a través de la Comisión Nacional del Agua, ha identificado áreas o entidades federativas de México en las que ha penetrado al menos un huracán a tierra, indicando también los periodos de recurrencia de dichas penetraciones.

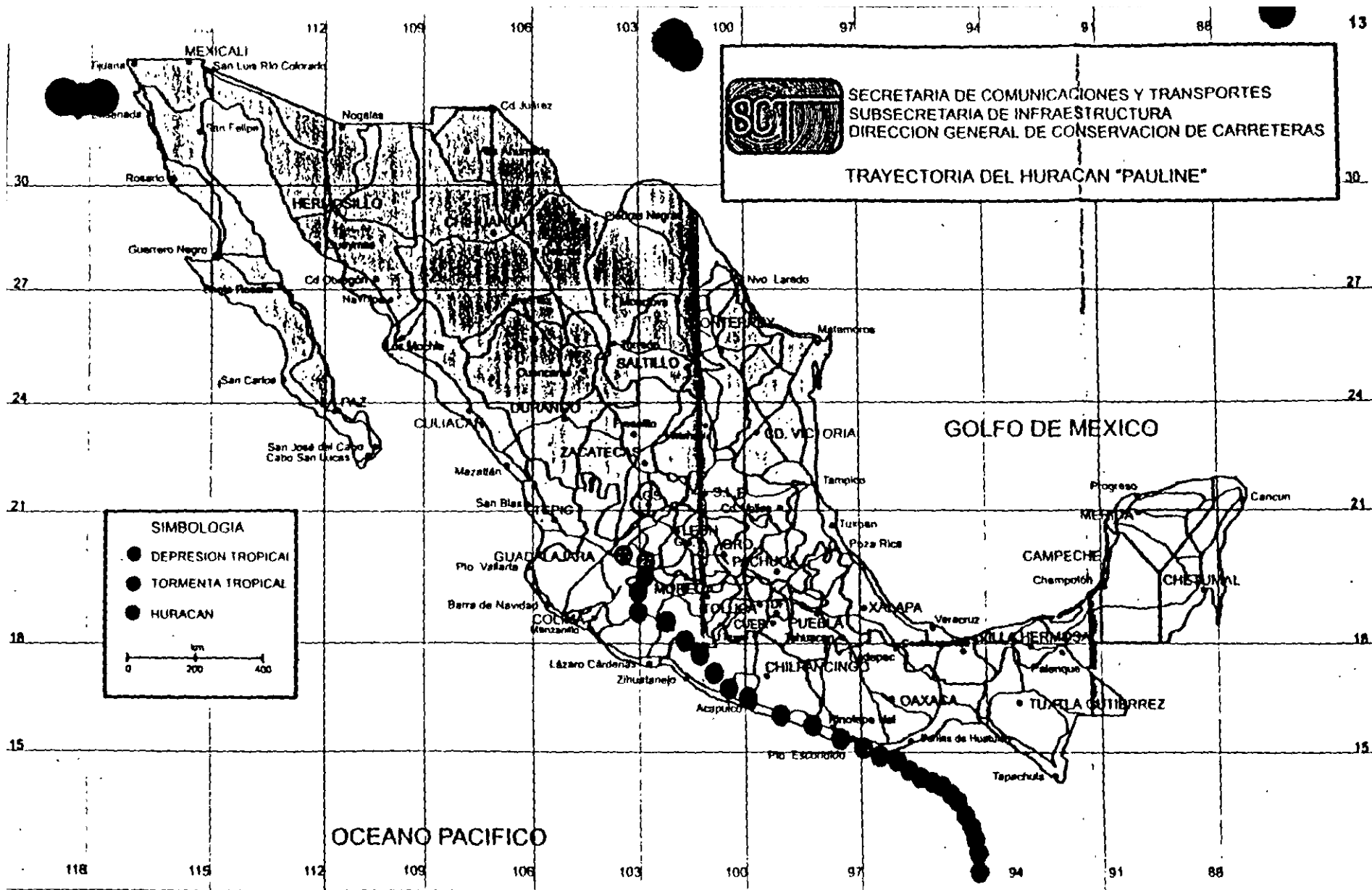
Con base en las zonas de ingreso, se infiere que los estados de Baja California Sur, Michoacán, Sinaloa y Sonora, presentan una mayor recurrencia de penetración (2 a 4 años en promedio). Debido a la existencia de importantes centros de población asentados a lo largo de sus costas, se ha estimado que aproximadamente 4 millones de personas están expuestas al fenómeno, lo que representa el 45% de la población total de estos estados, ubicada en un total de 26 municipios costeros:



En otras entidades, la recurrencia de penetración ciclónica oscila entre los 5 y los 7 años; en ellos se estima que aproximadamente 1.6 millones de personas están expuestas a sufrir sus efectos. Este grupo lo integran los estados de Campeche, Colima, Quintana Roo y Jalisco, en cuyos 12 municipios costeros se asienta el 29% de su población total.



Por último, el grupo conformado por las entidades de Nayarit, Guerrero, Tabasco, Tamaulipas, Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Yucatán, tiene un periodo de recurrencia o penetración de ciclones de 8 a 26 años. Es de observarse que este grupo se caracteriza por una mayor dispersión de su población costera, ya que se ha estimado que 4 millones de personas están expuestas al riesgo, en 176 municipios, población que significa el 23.9% del total.



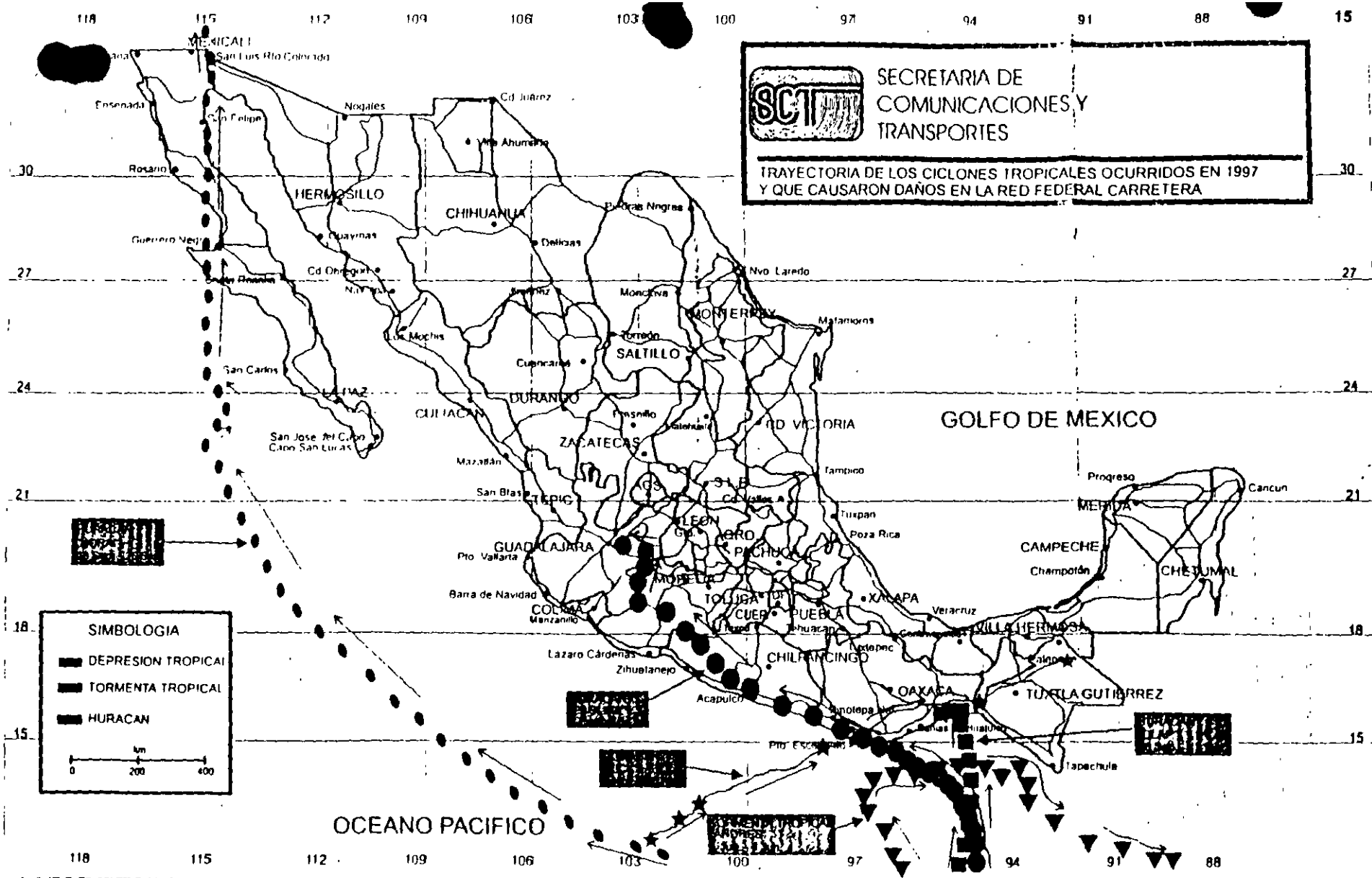


DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CALIFORNIA  
DIRECCIÓN DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS CICLONES QUE HAN CAUSADO DAÑO EN TERRITORIO NACIONAL DURANTE 1997

HURACAN PAULINE

FUENTE	Nº DE AVISO	FECHA	HORA	CLASIFICACION	CAT	LAT NTE	LONG OESTE	REFERENCIA DE CIUDADES, POBLACIONES O LOCALIDADES	MOVIMIENTO			VEL. DEL VIENTO		RADIO LLUVIAS KM	VIENTOS DE TORMENTA			AREAS DE AFECTACION	OLEAJE EN M	DIST EN KM	Nº DE AVISO
									DIRECCION	VEL. KM/HR	EST	DESDE EL CENTRO KM/HR	RACHAS KM/HR		VEL. KM/HR	DIST. KM	DIRECCION				
CFE	25	10/10/97	10:00	TEMPRESIN TROPICAL				JALISCO Y PALMIR													28
CFE	17	10/10/97	07:00	TEMPRESIN TROPICAL		19.4	102.8	EN EL NESTE DE APAZTECAN MOLIN	NOR OESTE			55	70	400	55	400	NESTE	REGION SUR Y REGION SUROESTE			27
CFE	26	10/10/97	04:00	TORRENTA TROPICAL		19.3	102.7	MOTUL, COLIMA Y JALISCO	NOR OESTE	15		55	75	400				PALMIR O NTE PALMIR O SUR Y CENTRO REG. CENTRO			26
CFE	23	10/10/97	01:00	TORRENTA TROPICAL		19.0	103.0	PALMIR CENTRAL, ZIQUATÁN Y PTO VALLARTA	NOR OESTE	20		65	90	400	65	230		MOTUL, COLIMA Y JALISCO	4	280	23
CFE	24	09/10/97	22:00	TORRENTA TROPICAL		18.7	100.1	PALMIR CENTRAL, ZIQUATÁN Y PTO VALLARTA	NOR OESTE	21		85	120	400	63	95	SUR OESTE	MOTUL, COLIMA Y JALISCO	4	280	24
CFE	23	09/10/97	19:00	TORRENTA TROPICAL		18.5	102.5	JALISCO, COLIMA, MOTUL Y OCCIDENTE QUERETERO	NOR OESTE	20		110	145	400	63	185	SUR Y NOR OESTE	ZONA COSTERA DE QUERETERO Y MOTULACAN	4	185	23
CFE	22	09/10/97	16:00	HURACAN	1	18.3	102.0	JALISCO, MOTUL Y OCCIDENTE DE QUERETERO	NOR OESTE	20		140	165	400	63	185	SUR Y NOR OESTE	ZONA COSTERA DE QUERETERO Y MOTULACAN	4	185	22
CFE	21	09/10/97	13:00	HURACAN	1	18.1	101.6	QUERETERO Y MOTULACAN	NOR OESTE	24		150	195	400	63	185	SUR Y NOR OESTE	ZONA COSTERA DE QUERETERO	4	185	21
CFE	20	09/10/97	10:00	HURACAN	2	17.8	101.2	QUERETERO Y MOTULACAN	NOR OESTE	25		155	195	400	63	185	SUR Y NOR OESTE	ZONA COSTERA DE QUERETERO	4	185	20
CFE	19	09/10/97	07:00	HURACAN	2	17.4	100.5	QUERETERO	NOR OESTE	24		160	200	300	63	185	SUR Y NOR OESTE	COSTERA DE SUR Y OCCIDENTE DE OAXACA	4	300	19
CFE	18	09/10/97	4:00	HURACAN	2	17.1	100.0	QUERETERO	NOR OESTE	24		165	205	300	63	185	SUR Y NOR OESTE	COSTERA DE SUR Y OCCIDENTE DE OAXACA	4	300	18
CFE	17	09/10/97	01:00	HURACAN	3	16.5	98.7	OAXACA Y QUERETERO	NOR OESTE	20		185	210	300	63	185	SUR Y NOR OESTE	ZONA COSTERA DE OAXACA Y QUERETERO	4	300	17
CFE	16	08/10/97	22:00	HURACAN	3	16.1	97.9	OAXACA Y QUERETERO	NOR OESTE	20		185	210	250	63	185	SUR Y NOR OESTE	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	16
CFE	15	08/10/97	19:00	HURACAN	3	15.9	97.3	OAXACA	NOR OESTE	19		185	230	200	63	185	TODAS DIRECCIONES	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	15
CFE	14	08/10/97	16:00	HURACAN	3	15.7	96.8	OAXACA	NOR OESTE	15		195	240	200	63	186	TODAS DIRECCIONES	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	14
CFE	13	08/10/97	13:00	HURACAN	3	15.3	96.2	OAXACA	NOR OESTE	11		200	240	200	63	185	TODAS DIRECCIONES	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	13
CFE	12	08/10/97	10:00	HURACAN	4	14.9	96.0	OAXACA Y PARTE ORIENTAL DE QUERETERO	NOR OESTE	11		215	260	400	63	185	TODAS DIRECCIONES	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	12
CFE	11	08/10/97	07:00	HURACAN	3	14.6	95.9	OAXACA, CHIAPAS Y QUERETERO	NOR OESTE	9		185	220	400	120	55	TODAS DIRECCIONES	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	11
CFE	10	08/10/97	04:00	HURACAN	3	14.4	95.8	OAXACA, CHIAPAS Y QUERETERO	NOR OESTE	9		185	220	400	120	55	TODAS DIRECCIONES	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	10
CFE	9	08/10/97	01:00	HURACAN	3	14.1	95.6	OAXACA, CHIAPAS Y QUERETERO	NOR OESTE	9		185	220	400	120	55	TODAS DIRECCIONES	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	9
CFE	8	07/10/97	22:00	HURACAN	3	13.9	95.6	OAXACA, CHIAPAS Y QUERETERO	NOR OESTE	9		185	220	400	120	55	TODAS DIRECCIONES	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	8
CFE	7	07/10/97	19:00	HURACAN	3	14.0	95.3	OAXACA, CHIAPAS Y QUERETERO			x	195	240	400	120	55	TODAS DIRECCIONES	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	7
CFE	6	07/10/97	16:00	HURACAN	3	13.8	95.1	OAXACA, CHIAPAS Y QUERETERO			x	195	240	400	120	55	TODAS DIRECCIONES	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	6
CFE	5	07/10/97	13:00	HURACAN	4	13.7	94.7	OAXACA, CHIAPAS Y QUERETERO	NOR NOR OESTE	7		215	260	400	120	55	TODAS DIRECCIONES	OAXACA, CHIAPAS Y QUERETERO	4	300	5
CFE	4	07/10/97	10:00	HURACAN	4	13.5	94.6	OAXACA, CHIAPAS Y QUERETERO	NOR NOR OESTE	7		215	260	400	120	55	TODAS DIRECCIONES	SUROESTE Y OTE REGION PALMIR O SUR	4	300	4
CFE	3	06/10/97	22:00	HURACAN	2	12.6	94.2	OAXACA Y CHIAPAS	NOR NOR OESTE	6		160	185	400	120	45	TODAS DIRECCIONES	SUROESTE Y OTE REGION PALMIR O SUR	4	300	3
CFE	2	06/10/97	16:00	HURACAN		12.2	94.1	COSTAS DE OAXACA Y CHIAPAS			x	120	150	350	120	50	TODAS DIRECCIONES	SUROESTE Y OTE REGION PALMIR O SUR	4	280	2
CFE	1	06/10/97	10:00	TORRENTA TROPICAL		11.8	94.1	OAXACA Y CHIAPAS	ESTE	6		100	120	350	65	140	TODAS DIRECCIONES	SUROESTE Y OTE REGION PALMIR O SUR	4	280	1



## FIN DEL HURACAN Y DE LA TEMPORADA

Un factor central en el fin de un huracán es la falta del sustento energético que le proporcionan las aguas cálidas; otro es que, al llegar a tierra, el contacto con la superficie irregular del terreno causa el ensanchamiento nuboso del meteoro y provoca su detención y disipación en fuertes lluvias; otra más, es que se encuentre con una corriente fría que lo disipa.

Con el inicio del otoño, las condiciones climáticas varían y entonces, se genera uniformidad en las temperaturas oceánicas debido a la mayor inclinación de los rayos solares sobre el hemisferio norte.

## SISTEMA DE ALERTA DE HURACÁN

En el marco del Sistema Nacional de Protección Civil, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural participa en el Programa de Prevención de Fenómenos Hidrometeorológicos con el propósito de contribuir a mitigar las catástrofes que ocasionan dichos fenómenos, mediante el mejoramiento de la capacidad para detectar, seguir y pronosticar las zonas de impacto.

En cuanto a los aspectos de vigilancia y difusión de datos sobre huracanes, el procedimiento es el siguiente:



Obtención de información por medio de satélites, observatorios y estaciones de radio sondeo de viento. Con el análisis de la información se realiza la predicción del desplazamiento e intensidad de los huracanes, en coordinación con los Centros Regionales de Huracanes de Miami, Flo. y San Francisco, Cal.



La información de los huracanes se suministra a la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación y a las Delegaciones Estatales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

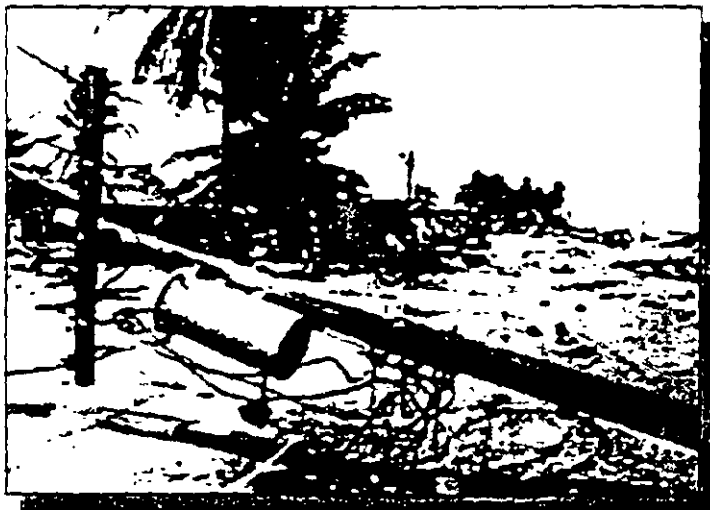
El *Subprograma de Información sobre Huracanes* se activa a partir de mayo y concluye en noviembre. Durante este lapso las redes de observación y telecomunicaciones funcionan en forma permanente, la disponibilidad de imágenes de satélite se tiene con una frecuencia de 30 minutos durante las 24 horas del día y con base en ello se emiten los boletines y avisos de *huracanes 3 veces al día, junto con la fotografía del satélite meteorológico, a las Delegaciones Estatales y a la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, para que a su vez alerte a las Unidades de Protección Civil, en la zona de riesgo (ver pagina 34).*

Una situación de emergencia es de verdadera desolación, sobre todo cuando las pérdidas materiales son cuantiosas, no se diga cuando hay pérdida de vidas humanas.

Ante una eventualidad de esta naturaleza, los técnicos de la Secretaría que están directamente involucrados en la atención de la emergencia se ven en una situación dramática y desesperante cuando no cuentan con los medios y recursos para presentar la mejor respuesta a los daños que sufren los tramos carreteros y los puentes.



Los usuarios de las carreteras, incluidos los vecinos de las poblaciones que son beneficiadas, siempre aplauden las respuestas inmediatas, sin considerar o importarle los medios por los que se dio la atención adecuada. En cambio, la sociedad entera reprueba y lamenta profundamente una emergencia sin respuesta o con una atención tardía.



Aunado a lo anterior, se puede afirmar que los daños económicos provocados por una emergencia carretera son cuantiosos, por todos los

servicios que se dejan de ofrecer y por la carga que se deja de mover, considerando que el autotransporte es el medio en que se mueve el 85% de la carga nacional y el 98% de pasajeros.

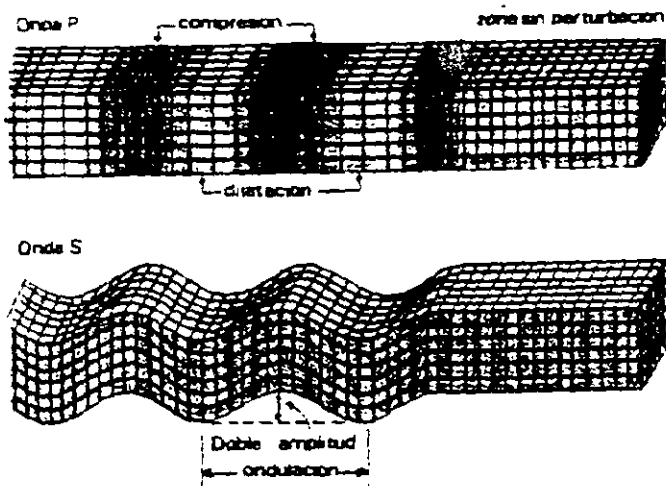
En México existen diecisiete entidades federativas muy expuestas a tormentas tropicales y huracanes, así como todas con excepción de Guanajuato, han sufrido situaciones de emergencias en los últimos cuatro años por causas meteorológicas como precipitaciones extraordinarias, heladas, tormentas tropicales y huracanes; como puede verse en la siguiente tabla:



# SISMOLOGIA EN MEXICO



La República Mexicana está situada en una de las regiones sísmicamente más activas del mundo. El estudio de la actividad sísmica en México es relativamente reciente; sin embargo, su observación tiene antecedentes remotos. Los primeros pobladores de México sufrieron los efectos de la actividad sísmica y volcánica en estas regiones dejando su testimonio de diversas maneras.



Aunque los temblores son fenómenos naturales incontrolables, es posible adoptar ciertas medidas preventivas de seguridad para minimizar sus efectos. Estas medidas, para que sean razonables, deben estar basadas en un amplio y preciso conocimiento de la sísmicidad de la región.

La costa occidental de México es una frontera de placas litosféricas, cuyo movimiento relativo se refleja en los grandes sismos registrados en esa zona. En la figura anterior se ilustra las formas de los movimientos de la tierra en las capas cercanas a la superficie, de acuerdo con las cuatro diferentes ondas sísmicas; la siguiente figura muestra, de manera simplificada, las trayectorias que siguen las ondas sísmicas (P o S) en su viaje del foco al punto de observación.



## Antecedentes

La medición de los temblores por medio de instrumentos se inició a fines del siglo pasado. En la época de Mariano Bárcena, se instaló en el Observatorio Meteorológico Central un sismógrafo tipo Sechi. Por ese tiempo, Juan Orozco y Berra se dedicó a observar estos fenómenos y a formar estadísticas, reuniendo importantes datos de temblores desde tiempos precolombinos, coleccionados con cuidado y publicados en la sociedad científica Antonio Alzate. El 5 de septiembre de 1910, por Decreto Presidencial se creó e inauguró el Servicio Sismológico Nacional como una dependencia del Instituto Geológico Nacional. Este evento se enmarcó dentro de los festejos conmemorativos del primer centenario de la iniciación de la Independencia Nacional. La red inicial estuvo constituida por el Observatorio Central de Tacubaya y estaciones ubicadas en Oaxaca, Mérida, Zacatecas, Mazatlán, Guadalajara y Monterrey. Se eligieron como detectores los sismógrafos Wiechert de período corto. Básicamente, estos sismógrafos con algunas modificaciones y mejoras han continuando en operación hasta nuestros días.

Hacia 1929, el Instituto Geológico Nacional pasó a ser el Instituto de Geología de la UNAM y el Servicio Sismológico formó parte de este nuevo Instituto. En 1949, se creó el Instituto de Geofísica y el Servicio Sismológico pasó a formar parte del mismo.

El Servicio Sismológico volvió a cobrar vida hacia 1965-1967, cuando se instalaron estaciones de mayor sensibilidad en Tehuantepec (PBJ), Vista Hermosa, Comitán, Toluca, León, Presa Infiernillo, Presa Mal Paso, Ciudad Universitaria, Tepoztlán y Popocatepetl. También se instaló por 1970 una red de estaciones en el noroeste, con el fin de observar la actividad sísmica del Golfo de California. Este conjunto de estaciones es controlado actualmente por el Centro de Investigaciones y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.



Hoy en día, el Servicio Sismológico opera una red de 35 estaciones la mayoría de las cuales envía su información en forma telemétrica a una oficina central ubicada en el Instituto de Geofísica en la Ciudad Universitaria en México D.F. Allí se registran y procesan los datos y son posteriormente publicados en los boletines de información sismológica. La información sismológica ya sea en forma de sismogramas o datos digitales, se suman al archivo de datos sismológicos del país, que datan desde la fundación del Servicio en 1910.

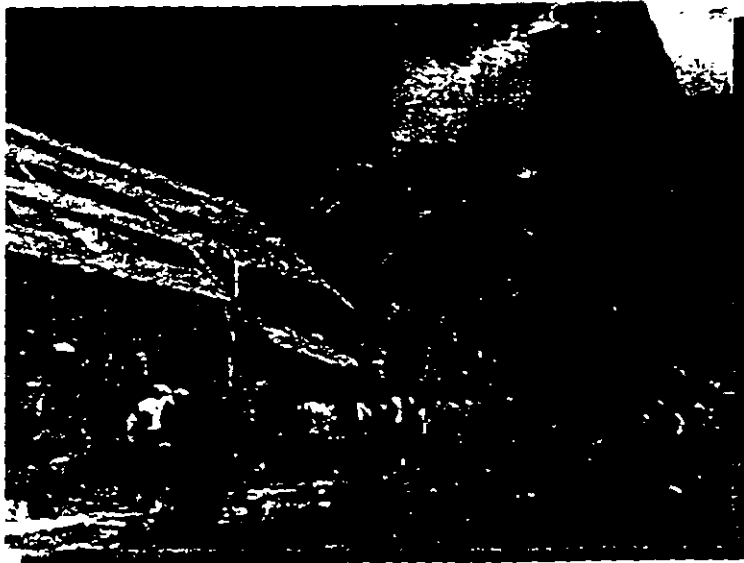
Desde 1978 a la fecha se han presentado 4 sismos en la costa occidental cuyas magnitudes son iguales o mayores a 7.6 en la escala de Richter.

Por ejemplo el de Ciudad Serdán, Puebla del 28 de agosto de 1973, que dejó un saldo aproximado de 600 muertos, cientos de heridos y muchos millones de pesos en daños materiales;

El 24 de octubre de 1980 otro devastador sismo destruyó la ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca y poblaciones aledañas, con un saldo de aproximadamente 55 víctimas.



Pero ha sido el del 19 de septiembre de 1985 el peor de la historia de México: 8.1 grados en la escala de Richter. Ocurrió a las 7:17 hrs., se estima que murieron 20,000 personas.



Este sismo se generó en las costas de Michoacán. Derrumbó muchas casas en Ciudad Guzmán y causó daños a edificios en Ixtapa, Zihuatanejo y Lázaro Cárdenas.

Provocó gran destrucción en la ciudad de México, principalmente en la zona centro, destruyó casi 2,000 edificios, levantó el pavimento y rompió las redes de tuberías en varias partes de la zona urbana. Económicamente se perdieron aproximadamente 4,000 millones de dólares.

Debido a las consecuencias catastróficas de este sismo surgieron diversas iniciativas para crear una institución que estudiara los aspectos técnicos de la prevención de desastres.

Por un lado, el Gobierno Federal estableció el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). Por otra parte, el Gobierno de Japón ofreció apoyo y asesoría en relación con la prevención de desastres sísmicos.

Finalmente, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) decidió apoyar a su personal académico de alto nivel en actividades de investigación y desarrollo en prevención de desastres.

Como producto de estas tres iniciativas se creó el 19 de Septiembre de 1988, el Centro Nacional de Prevención de Desastres - CENAPRED -, con carácter de órgano administrativo desconcentrado, subordinado a la Secretaría de Gobernación. Con el apoyo económico y técnico del Japón se construyeron las instalaciones del Centro; la UNAM aportó el terreno para su construcción y proporciona personal académico y técnico especializado. La Secretaría de Gobernación provee los recursos para su operación.

En la siguiente tabla se muestran los sismos de mayor intensidad registrados en nuestro país:

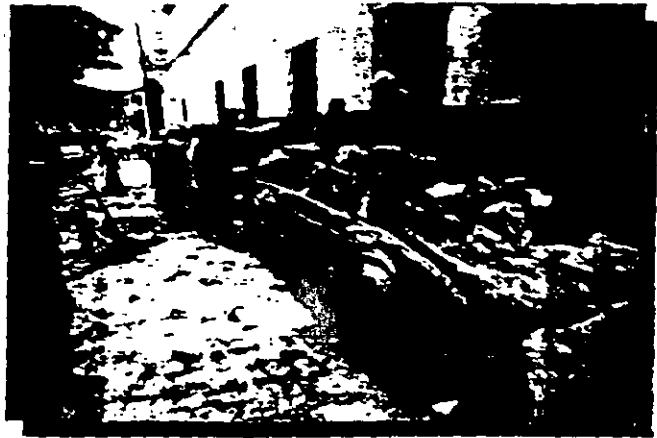
# SISMOS MÁS IMPORTANTES EN MEXICO

Fecha	Epicentro	Ciudades o Región	Magnitud	Intensidad	Estado, región o ciudades afectadas
1902 16 de enero	17.62 N 99.72W	Guerrero - Oaxaca	7.0	MODERADO	Se sintió también en Guerrero, Oaxaca, Colima, Michoacán, Querétaro, Puebla, Toluca y Guanajuato. Daños en Chilpancingo
1902 18 de abril	14.90N 91.50W	Chiapas - Guatemala	7.5	MODERADO	Se sintió en varias partes de la República
1902 23 de septiembre	16.58N 92.58W	Chiapas	7.7	FUERTE	Se sintió también en Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Jalapa, Tehuacán, Tlacotalpan, Veracruz y Puebla
1907 15 de abril	16.70 N 99.20W	Guerrero	7.6	FUERTE	Muy fuerte en Guerrero y Oaxaca. Con replica
1908 26 de marzo	16.70N 99.20W	Guerrero	7.5 y 7.0	MODERADO	2 movimientos. Fuerte en Guerrero y Michoacán
1909 30 de julio	16.80N 99.90W	Guerrero	7.2	MODERADO	Destructor en Acapulco
1911 7 de junio	19.66N 103.65W	Jalisco	7.6	FUERTE	Destructor en Cd. Guzmán, Jalisco. Daños en la Cd. de Mexico
1911 16 de diciembre	16.90N 100.67W	Guerrero	7.5	MODERADO	Se sintió también en Guerrero, Oaxaca y Michoacán
1914 29 de marzo	17.00N 92.00W	Chiapas	7.2	LEVE	Sentido también en Chiapas y Guatemala
1916 2 de junio	17.50N 95.00W	Oaxaca	7.0	LEVE	Sentido también en Chiapas, Oaxaca y Tabasco
1921 30 de abril	19.70N 104.30W	Jalisco - Colima	7.7	LEVE	-
1925 16 de Noviembre	18.00N 107.00W	-	7.0	LEVE	-
1925 10 de diciembre	15.50N 92.50W	Chiapas	7.0	LEVES	2 movimientos
1928 21 de marzo	15.67N 96.10W	Oaxaca	7.5	FUERTE	Muy fuerte en Oaxaca. Daños en varios puntos de la República
1928 16 de junio	16.33N 96.70W	Oaxaca	7.6	MODERADO	Daños en la Cd. de México. Se sintió también en Guerrero, Oaxaca y Michoacán. Una replica de M = 6.5
1928 4 de agosto	16.83N 97.61W	Oaxaca	7.4	MODERADO	Graves daños en Pinotepa Nacional. Se sintió en gran parte de la República
1928 8 de octubre	16.30N 97.30W	Oaxaca	7.5	MODERADO	Afectó las costas de Guerrero, Michoacán y Oaxaca
1931 14 de enero	16.34N 96.87W	Oaxaca	7.8	FUERTE	Se sintió en 14 estados de la República
1932 3 de junio	19.57N 104.42W	Jalisco	8.2	MODERADO	Muy fuerte en Colima y Jalisco. Con replicas
1932 18 de junio	19.50N 103.50W	Jalisco - Colima	7.8	LEVE	Sentido en Colima, Guerrero y Oaxaca. Una replica de M = 7.0
1934 29 de noviembre	19.00N 105.31W	Jalisco - Colima	7.0	LEVE	Violento en Ixtlán, Nayarit
1934 31 de diciembre	32.00N 114.75W	Golfo de Cortes	7.1	LEVE	Sentido también en las costas de Sinaloa
1935 14 de diciembre	14.75N 92.50W	Chiapas	7.3	LEVE	Fuerte en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
1937 25 de julio	18.45N 96.08W	Veracruz	7.3	LEVE	Fuerte en Veracruz, 34 muertos
1937 23 de diciembre	17.10N 98.07W	Guerrero - Oaxaca	7.4	LEVE	Sentido también en costas de Guerrero, Oaxaca y Michoacán
1938 2 de enero	16.13N 98.32W	Guerrero - Oaxaca	7.2	MODERADO	Destructor en Ometepec, Guerrero
1938 28 de junio	18.20N 99.50W	Guerrero	7.0	LEVE	Sentido también en Oaxaca y Guerrero

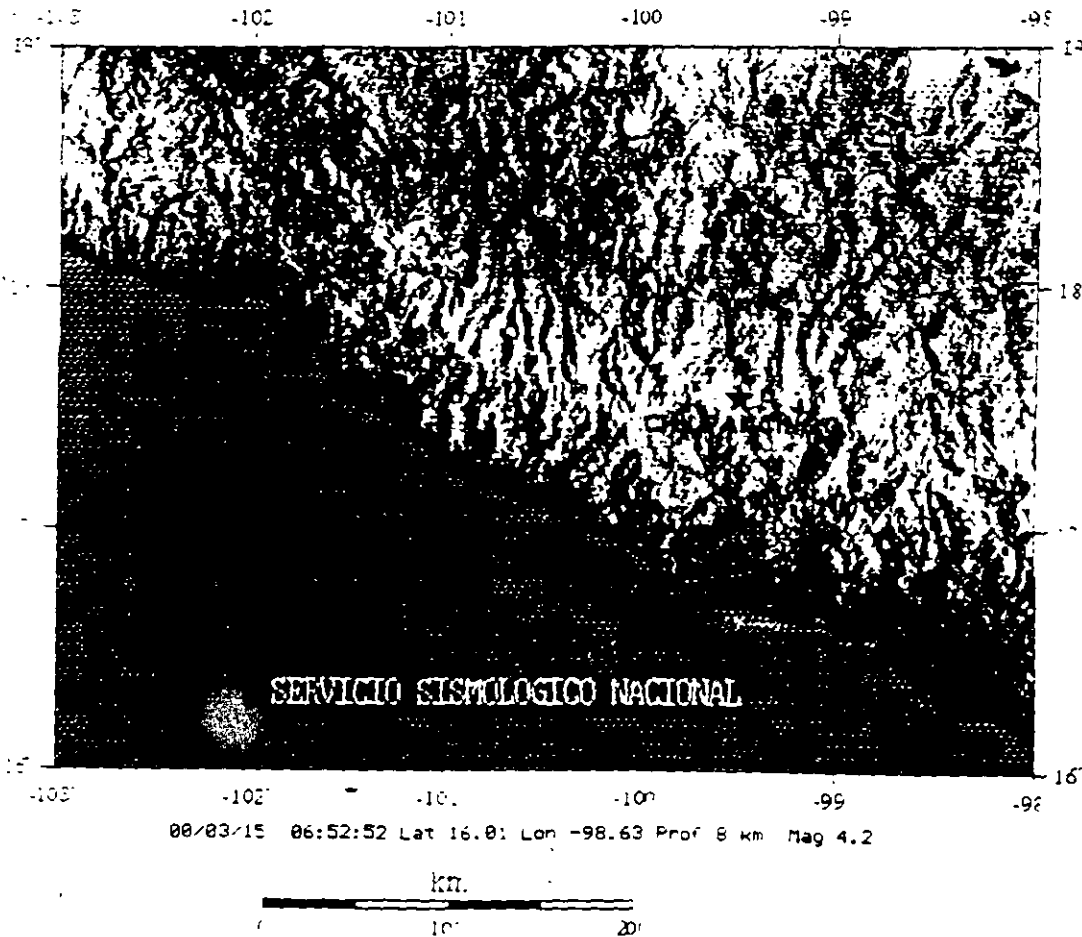
Fecha	Epicentro	Región Epicentral	Magnitud	Intensidad	Comentarios
1941 15 de abril	18.85N 102.94W	Michoacán	7.6	FUERTE	Daños en Colima, Michoacán y Jalisco. Una réplica de M = 5.5
1942 25 de noviembre	-	-	7.2	LEVE	Sentido también en las costas de Guerrero, Oaxaca y Michoacán
1943 22 de febrero	17.60N 101.10W	Guerrero	7.4	FUERTE	Sentido también en Guerrero, Oaxaca y Michoacán 75 muertos 4 réplicas, la mayor de M = 5.0
1948 6 de enero	17.00N 98.00W	Guerrero - Oaxaca	7.0	LEVE	Con réplicas de M = 6.0
1950 29 de septiembre	19.00N 107.00W	Océano Pacífico	7.0	LEVE	Sentido también en costas de Guerrero, Oaxaca y Michoacán Con réplica de M = 6.2
1950 23 de octubre	14.30N 91.80W	Chiapas	7.2	LEVE	Sentido también en Chiapas
1950 14 de diciembre	17.22N 98.12W	Guerrero - Oaxaca	7.2	LEVE	Sentido también en las costas de Guerrero, Oaxaca y Michoacán. Con réplica de M = 5.0
1957 28 de julio	17.11N 99.10W	Guerrero	7.8	FUERTE	Muchos daños. Dembó el monumento a la Independencia "El Angel". 160 muertos y heridos en Guerrero y D.F.
1962 11 de mayo	17.25N 99.58W	Guerrero	7.2	MODERADO	Sentido también en Guerrero, Oaxaca y Michoacán. Fuerte en Acapulco. Réplica de M = 5.0
1962 19 de mayo	17.12N 99.57W	Guerrero	7.1	MODERADO	Sentido también en Guerrero y Michoacán
1964 6 de julio	18.03N 100.77W	Guerrero	7.2	MODERADO	Daños en Tlatelolco. Se sintió también en Acapulco, Cuernavaca y Guadalajara
1968 2 de agosto	16.60N 97.80W	Oaxaca	7.3 y 5.1	LEVE	2 movimientos
1973 30 de enero	18.41N 103.02W	Michoacán	7.6	LEVE	Muy fuerte en Colima y Michoacán. 56 muertos. 505 heridos
1973 28 de agosto	18.25N 96.55W	Oaxaca	7.3	MODERADO	Muy fuerte en Orizaba, Córdoba, Tehuacan y Cd. Serdán. 600 muertos
1978 29 de noviembre	16.01N 96.57W	Oaxaca	7.6	MODERADO	Sentido en Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Guerrero y Morelos
1979 14 de marzo	17.75N 101.26W	Petalán, Guerrero	7.4	FUERTE	Dembó la Universidad Iberoamericana
1980 24 de octubre	18.17N 98.22W	Oaxaca	7.1	MODERADO	Fuerte en Oaxaca. 50 muertos. Sentido también en Veracruz, Guerrero y Puebla
1981 24 de octubre	18.05N 102.08W	Michoacán	7.0	MODERADO	Fuerte en Michoacán, Daños en el D.F.
1982 7 de junio	16.42N 98.25W	Guerrero - Oaxaca	7.0	MODERADO	Daños en 9 estados del centro de la república
1985 19 de septiembre	18.42N 102.47W	Michoacán	8.1	MUY FUERTE	Destrucción en la Cd. de México. Daños graves en Michoacán, Jalisco, Colima y Guerrero. 20,000 muertos
1985 20 de septiembre	17.83N 101.68W	Michoacán - Guerrero	7.6	FUERTE	Dembó edificios maltratados el día anterior. Pánico en la Cd. de México, en Michoacán causó daños a edificios en Ixtapa, Zihuatanejo, Lázaro Cárdenas y Ciudad Guzmán.
1995 9 de octubre	18.99N 104.26W	Colima	8.0	FUERTE	Daños en Manzanillo
1995 20 de octubre	16.81N 93.47W	Chiapas	7.1	LEVE	-
1996 24 de febrero	15.88N 97.98W	Oaxaca	7.1	LEVE	-
1997 11 de enero	18.34N 102.58W	Michoacán	7.1	LEVE	-
1999 15 de junio	18.13N 97.54W	Puebla	7.0	MODERADO	Daños en Puebla
1999 30 de septiembre	15.89N 97.07W	Oaxaca	7.4	FUERTE	Ocasiono daños severos en la red carretera de Oaxaca



El Servicio Sismológico ha jugado un papel importante en el desarrollo de la sismología en México, además de tener una función social y económica palpable. Afortunadamente en la última década los estudios de sismología en México han progresado más allá de la simple observación sismológica y se han formado distintos grupos de investigación que afrontan los diferentes problemas de la sismología.



Existen en la Universidad Nacional Autónoma de México dos de estos grupos de trabajo. El grupo del Instituto de Geofísica, concentrado en el Departamento de Sismología y Vulcanología, que además de realizar labores de investigación tiene a su cargo el Servicio Sismológico Nacional que es el vocero oficial de la UNAM en la divulgación de los parámetros de los temblores. El Instituto de Ingeniería enfoca su trabajo principalmente a problemas de riesgo sísmico y maneja una red de estaciones telemétricas (SISMEX).



Existe otro grupo de trabajo en el Centro de Investigaciones y de Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE), que enfoca su estudio entre otros aspectos a la actividad sísmica asociada tanto al Golfo de California como a la falla de San Andrés, igualmente operan la Red Sísmológica del Noroeste (RESNOR). Los diferentes grupos mantienen comunicación y frecuentemente se encuentran en congresos donde dan a conocer sus avances en el estudio de la Sismología.

Adicionalmente, existe interés en algunas instituciones de enseñanza superior en el interior de la República por el estudio de la sísmicidad regional y recientemente han enfocando sus esfuerzos a la consolidación de grupos de trabajo apropiados para el desarrollo de esta disciplina en sus localidades. En este sentido existen ya tres redes locales: la red de Oaxaca instalada y operada por el Instituto Tecnológico Regional de Oaxaca, la red de Puebla instalada en 1984 por la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Puebla y la Red Sísmológica de Colima (RESCO) instalada entre 1989 y 1991 por el Centro Universitario de Investigación en Ciencias Básicas de la Universidad de Colima.

A continuación se mencionan diversos sitios dentro de la red mundial de información INTERNET a los que se puede acudir para atención de los mismos (*ver página 34*).

## BASE MEXICANA DE DATOS DE SISMOS FUERTES

Volumen 1



## VOLCANES

La actividad volcánica es propia de sectores rigurosamente determinados del globo terrestre y coincide con las zonas móviles orogénicas, donde se han desarrollado profundas fracturas. La mayor parte de los volcanes actuales activos (casi un 60%) se concentra en la costa del Océano Pacífico, en la zona del denominado Anillo de Fuego del Pacífico.



Los volcanes producen una amplia variedad de peligros que pueden ocasionar pérdida de vidas humanas o daños a propiedades e infraestructura. Las grandes erupciones explosivas representan peligro para las poblaciones y las propiedades a cientos de kilómetros de distancia. Algunos de los peligros volcánicos ocurren incluso sin que el volcán esté en erupción, como es el caso de las avalanchas de escombros sobre poblaciones y carreteras.

### CLASIFICACION

Los volcanes se clasifican de acuerdo a su forma en cuatro tipos fundamentales:

- Conos basálticos
- Volcanes en escudo
- Conos de ceniza
- Volcanes compuestos o estratovolcanes

La mayoría de los volcanes son compuestos.

De acuerdo al tipo de erupción los volcanes se clasifican en:

- Tipo Hawaiiano
- Tipo Stromboliano
- Tipo Vulcaniano
- Tipo Peleeano

El tipo de erupción es determinado principalmente por la composición química de las lavas, por lo cual el carácter de la erupción puede cambiar con el tiempo en un mismo volcán si cambia la composición química del magma que lo alimenta.

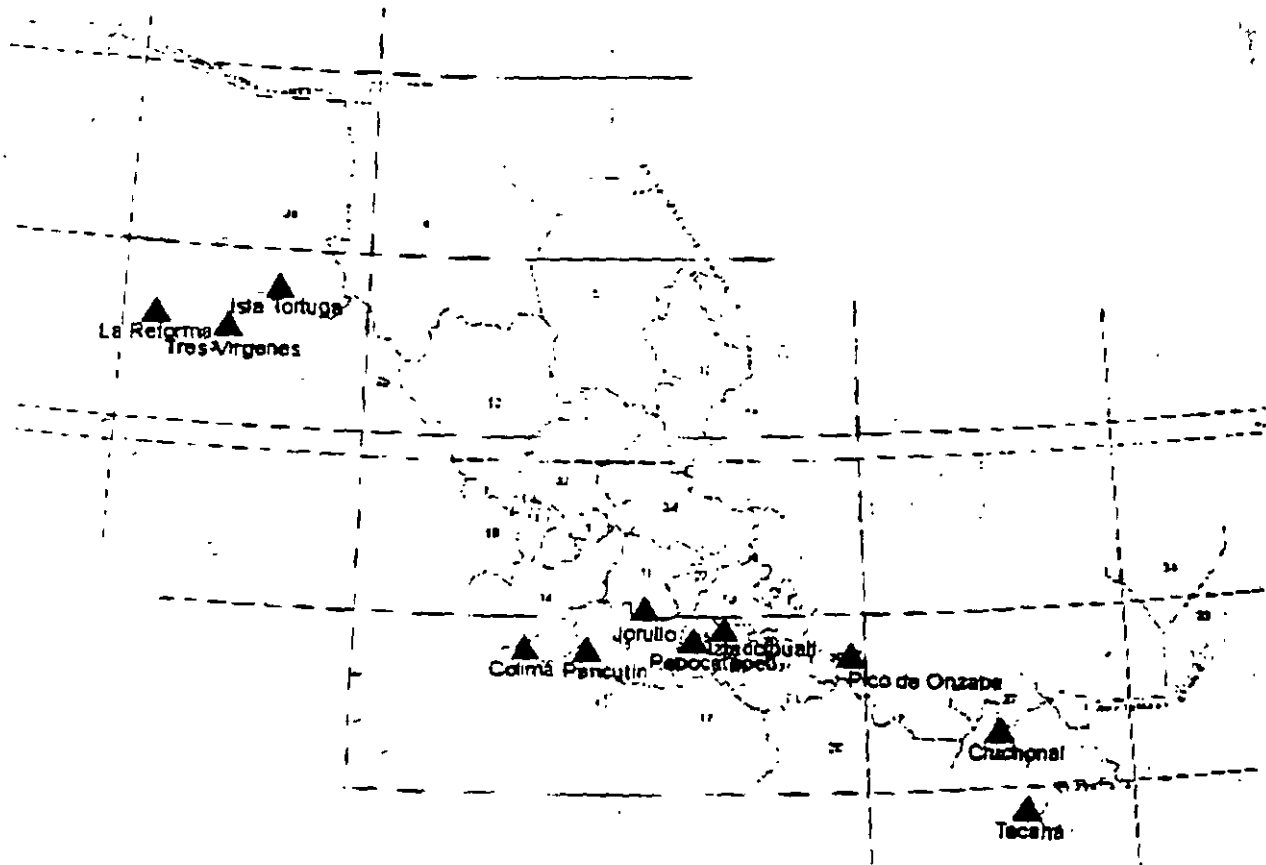


### VOLCANES ACTIVOS EN MÉXICO

Los volcanes que actualmente se monitorean por encontrarse activos son los siguientes:

- Colima
- El Chichonal
- Isla Tortuga
- Iztaccihuatl
- Jorullo
- La Reforma
- Parícutin
- Pico de Orizaba
- Popocatepetl
- Tacaná
- Tres Virgenes

Su ubicación se muestra en el mapa:



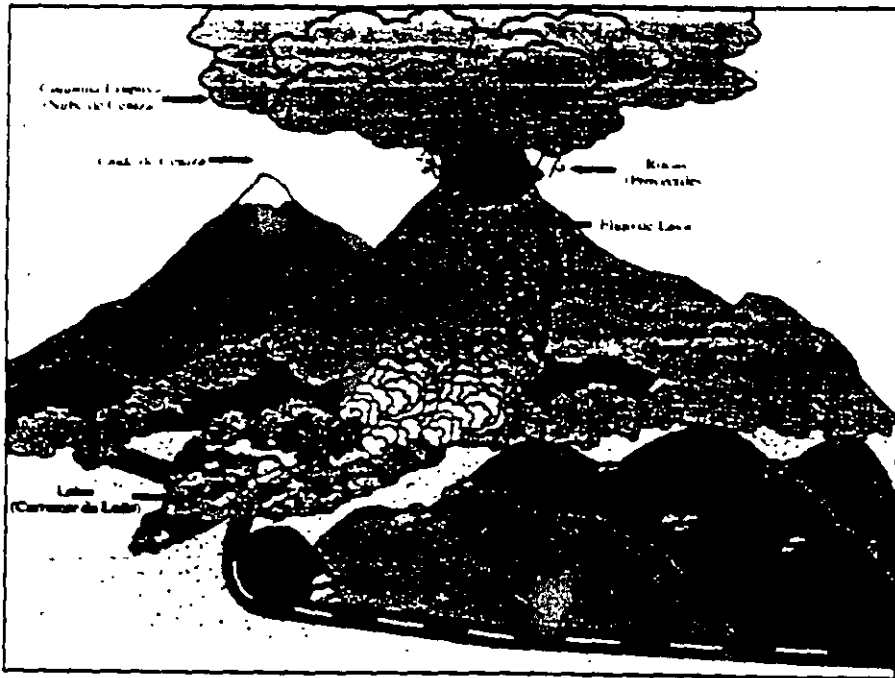
Esta última es la primera red en nuestro país destinada a la vigilancia de un volcán activo, el volcán de Colima o volcán del fuego situado en la frontera entre los estados de Colima y Jalisco. Así mismo el gobierno del Estado de Chiapas planea desplegar, en un breve lapso de tiempo, una red sismológica para la observación del volcán Tacaná; en relación con los fenómenos que dañan la infraestructura carretera, a continuación se mencionan diversos sitios dentro de la red mundial de información INTERNET a los que se puede acudir para atención de los mismos (ver página 34).

A continuación describiremos las medidas de contingencia tomadas para el volcán de Colima y el Popocatepetl.

### COLIMA

El Volcán de Colima suele presentar varios tipos de erupción, tendiendo a presentar una erupción explosiva de gran magnitud aproximadamente cada 100 años. Los datos más recientes de estas erupciones corresponden a 1913, y fueron de las más explosivas.

Se cuenta con un centro de monitoreo, así como con medidas preventivas en caso de erupción.



Con base en estos estudios es posible asegurar que si se repitiera una erupción como la de 1913, se estima que afectaría a varios poblados de los estados de Colima y Jalisco.

## PLAN OPERATIVO POPOCATEPETL

Con el fin de predecir erupciones volcánicas y alertar a las poblaciones, además del conocimiento científico, en 1994 se estableció el Comité de Planeación Plan Popocatepetl y un subcomité integrado por investigadores de la UNAM para estudiar permanentemente los eventos del volcán. Los resultados de las erupciones y la cuantificación de eventos sísmicos desde 1994 aparecen en las publicaciones del Centro Nacional de Prevención de Desastres.



La parte operativa del programa está a cargo de Unidades de Protección Civil de los gobiernos Estatales de Puebla, México y Morelos, mismos en los que se ubica el volcán, ya que en su cráter, se unen los límites de estas entidades. Estas Unidades en comunicación permanente con el CENAPRED, tiene implementado un Plan operativo de Contingencias, el cual de acuerdo con las previsiones determina la conveniencia de preparar la evacuación de determinados núcleos poblacionales, en función de su cercanía al volcán. Los estados cuentan con recursos federales y estatales y del CENAPRED para mantenerse alertas. El Ejército Nacional hace lo propio y esta emplazado en la zona, para actuar en casos de emergencia y dirigir y vigilar las posibles evacuaciones.



De acuerdo al Plan de Emergencia de los estados de Puebla, México y Morelos y en el marco del Programa de Atención a la población de las inmediaciones del Volcán Popocatepetl, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha participado activamente, realizando una serie de funciones específicas que a través de los Centros SCT y en Coordinación con los Gobiernos de los Estados, coadyuvarán como acciones preventivas y/o en caso de contingencia.

## FUNCIONES DE LA SCT DENTRO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

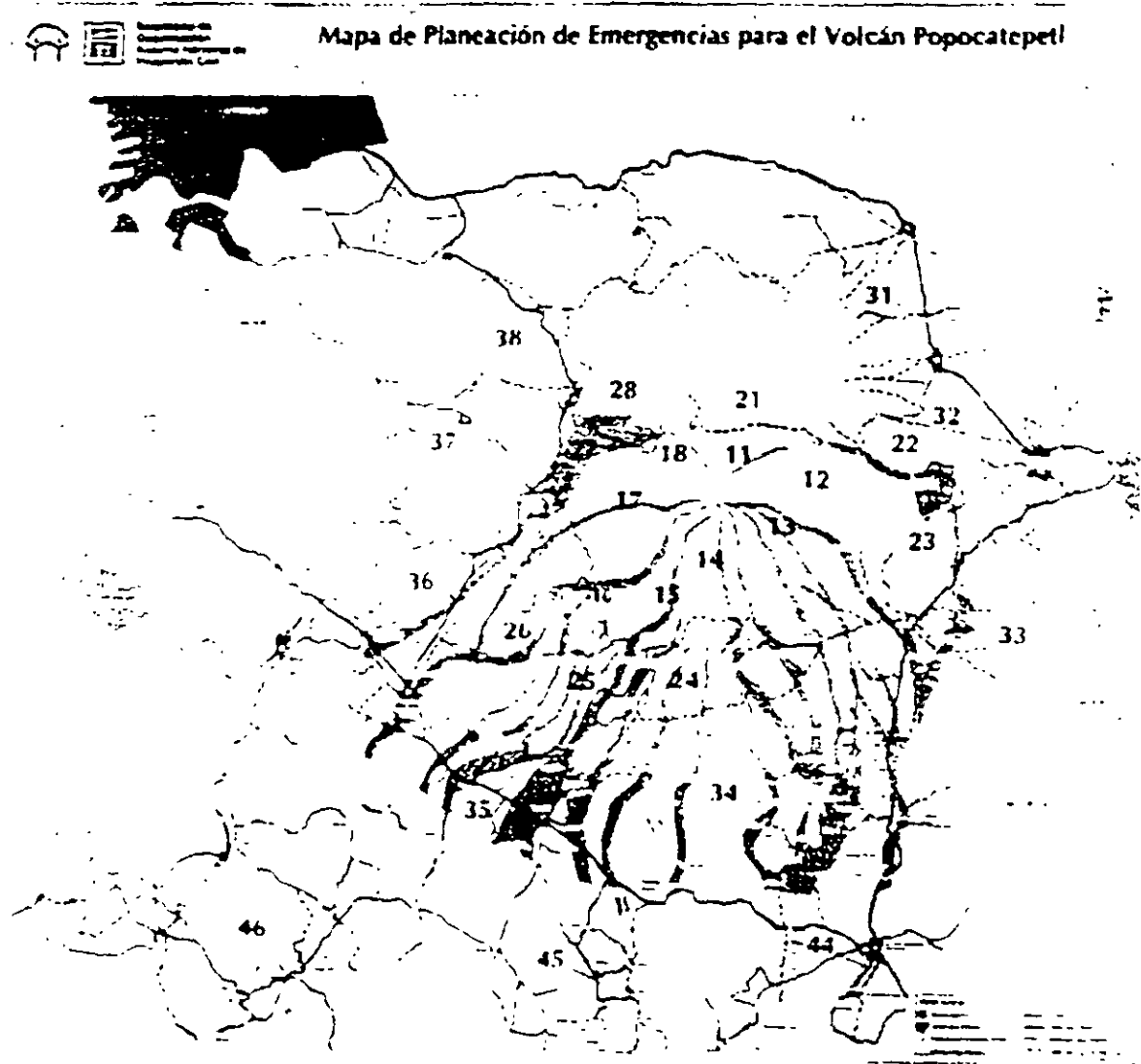
- Revisión, mantenimiento y atención de caminos. Dentro del Plan de Contingencias del Volcán, actualmente se atienden de manera permanente los caminos de esta zona para que operen en óptimas condiciones; asimismo se tiene una estrecha coordinación con los integrantes del Plan Operativo, para un posible cambio en las Rutas de Evacuación.



- Reportes periódicos de las condiciones físico-mecánicas de la maquinaria disponible en los Centros SCT Puebla, Morelos y México, y del estado de Tlaxcala como apoyo.
- Revisión y verificación de los servicios telefónicos considerados dentro del Plan de Contingencias del Volcán.
- Revisión periódica de las condiciones físico-mecánicas de los vehículos de transporte que participarían en posibles evacuaciones, a través de los Centros SCT.
- Planeación y distribución en Gabinete del parque vehicular que participaría en la evacuación, a través de los Centros SCT.



Finalmente, a partir de los eventos registrados en 1994 se elaboró un mapa actualizado de riegos volcánicos del Popocatepetl, en el que se identificaron y señalaron las áreas y peligros potenciales para poblaciones aledañas. Los riesgos que representan cada uno de estos peligros fueron analizados en función de su naturaleza (Macias, Carrasco y Siebe 1995).





## DIRECCIONES DE INTERNET QUE INTERVIENEN EN SITUACIONES DE DESASTRES NATURALES

SECRETARIA DE GOBERNACION	<a href="http://www.gobernacion.gob.mx">http://www.gobernacion.gob.mx</a>
COORDINACION GENERAL DE PROTECCION CIVIL	<a href="http://www.gobernacion.gob.mx/gEsp/cg_prot/">http://www.gobernacion.gob.mx/gEsp/cg_prot/</a>
CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES	<a href="http://www.cenapred.unam.mx">http://www.cenapred.unam.mx</a>
SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERIA Y RECURSOS HIDRAULICOS	<a href="http://www.sagar.gob.mx/sagar.htm">http://www.sagar.gob.mx/sagar.htm</a>
COMISION NACIONAL DEL AGUA, SERVICIO METEREOLOGICO NACIONAL	<a href="http://smn.cna.gob./SMN.html">http://smn.cna.gob./SMN.html</a>
SERVICIO SISMOLOGICO NACIONAL	<a href="http://www.ssn.unam.mx">http://www.ssn.unam.mx</a> <a href="http://sismo.igeofcu.unam.mx/acerca_de_sismos.html">http://sismo.igeofcu.unam.mx/acerca de sismos.html</a>
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD	<a href="http://www.cfe.gob.mx/geic/meteor2.html">http://www.cfe.gob.mx/geic/meteor2.html</a>
UNIVERSIDAD DE MICHOACAN	<a href="http://www.ccu.umich.mx/varios/clima/">http://www.ccu.umich.mx/varios/clima/</a>
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	<a href="http://www.sct.gob.mx/">http://www.sct.gob.mx/</a>
DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS	<a href="http://www.sct.gob.mx/marco_juridico/reglamento_interior/dgcc.html">http://www.sct.gob.mx/marco_juridico/reglamento_interior/dgcc.html</a>
THE WEATHER CHANNEL-MEXICO	<a href="http://www.weather.com/">http://www.weather.com/</a>
THE WEATHER CHANNEL-HOME PAGE	<a href="http://www.weather.com/homepage.html">http://www.weather.com/homepage.html</a>
THE WEATHER CHANNEL-WATHER MAPS	<a href="http://weather.com./weather/maps/">http://weather.com./weather/maps/</a>
YAHOO WEATHER FORECAST	<a href="http://weather.yahoo.com/weather/sat/mexsat_450x284.html">http://weather.yahoo.com/weather/sat/mexsat_450x284.html</a>
UNIVERSIDAD DE HAWAII	<a href="http://lumahai.soest.hawaii.edu/">http://lumahai.soest.hawaii.edu/</a>
CNN - WEATHER-IMAGES	<a href="http://www.cnn.com/WEATHER/images.html">http://www.cnn.com/WEATHER/images.html</a>
HURRICANES, TYPHOONS & TROPICAL CYCLONES	<a href="http://www.solar.ifa.hawaii.edu/tropical.html">http://www.solar.ifa.hawaii.edu/tropical.html</a>
APOYO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA DE PUERTO RICO	<a href="http://www.huracan.com/books/susan/">www.huracan.com/books/susan/</a>

## RESUMEN DAÑOS EN EMERGENCIAS 1995-1999

AÑO	FENOMENO NATURAL	ESTADOS	TRAMOS CARRETEROS	DERRUMBES M3	DES LAVES M3	OBRAS DE DRENAJE MENOR DESTRUIDAS	PUENTES		MONTO DE DAÑOS MDP
							COLAPSADOS	DAÑADOS	
1995	TORMENTA TROPICAL FELIX, HURACANES OPAL, ISMAEL Y ROXANNE	24	201	99,677	202,308	34	2	29	95.8
1996	HURACANES BORIS, ALMA, DOLLY, FAUSTO, HERNAN Y TORMENTAS TROPICALES CRISTINA Y DOUGLAS	38	306	150,004	127,076	25	8	3	41.2
1997	SISMO, HURACANES NORA, OLAF, PAULINE Y RICK	8	49	47,465	86,484	13	15	17	411.5
1998	HURACANES HOWARD, ISIS, JAVIER, LESTER Y MICH	36	540	82,968	140,935	36	14	30	719.4
1999	HURACAN GREG, SISMO, TORM TROP. # 8 Y LLUVIAS EXTRAORDINARIAS	11	54	1,633,820	147,183	64	5	59	1,017.3
<b>TOTAL</b>		<b>117</b>	<b>1,150</b>	<b>2,013,934</b>	<b>703,986</b>	<b>172</b>	<b>44</b>	<b>138</b>	<b>2,285</b>

FUENTE DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS

# ACCIONES PARA AFRONTAR UNA EMERGENCIA

## OBJETIVO:

Restablecer de manera inmediata la comunicación terrestre que permita el flujo de bienes y servicios, y brindar apoyo a la población que haya sido afectada.

Considerando lo anterior, es muy importante que los Centros S.C.T. cuenten con una guía de pasos a seguir para afrontar estas situaciones de emergencia, por lo que se requiere establecer las siguientes estrategias:



## FONDO DE DESASTRES NATURALES (FONDEN)



Ante la eventualidad de un desastre natural, la respuesta tradicional del Gobierno Federal, así como de los gobiernos estatales y municipales, consistía en la reorientación del gasto presupuestado para reparar, en la medida de lo posible, los daños sufridos en la infraestructura física y para atender a la población damnificada.

Lo anterior provocaba que, en ocasiones, los programas normales de las dependencias y entidades a quienes correspondía la atención inmediata del desastre sufrieran importantes alteraciones, o no se cumplieran cabalmente.

A partir de 1996 se constituyó dentro del Ramo 23 del Presupuesto de Egresos de la Federación el Fondo de Desastres Naturales (Fonden), con el propósito de atender eficaz y oportunamente los daños ocasionados a la población damnificada y a la infraestructura física pública no susceptible de aseguramiento (Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de febrero de 2000).



## RESUMEN DE LAS REGLAS DEL FONDEN:

### CAPITULO I

#### Sección II De la Prevención de Desastres Naturales

3. El Fonden tiene como objetivo atender los efectos de desastres naturales imprevisibles, cuya magnitud supere la capacidad de respuesta de las dependencias y entidades federales.
4. El Fonden es un complemento de las acciones que deben de llevarse a cabo para la prevención de desastres naturales.

Para fortalecer las acciones de prevención, las dependencias y entidades federales deberán incorporar de manera prioritaria en sus Presupuestos y Programas Operativos Anuales los efectos ocasionados por desastres naturales recurrentes.

5. En términos de lo establecido en el artículo 6 de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas, y los Lineamientos para la Contratación de Seguros sobre Bienes Patrimoniales, las dependencias y entidades federales deberán prever el mejor esquema de aseguramiento posible de sus bienes, con el fin de reducir el impacto financiero derivado de un desastre natural.

## CAPITULO II

### Del Objetivo del Fondo de Desastres Naturales

#### Fondo Revólvente

- VII. Apoyar de manera transitoria a dependencias y entidades federales para la reparación de infraestructura asegurada, asimismo, cubrir el diferencial resultante entre los reembolsos de los seguros y el costo de la restitución de las obras afectadas.
- VIII. Adquirir equipo y bienes muebles especializados que permitan responder con mayor eficacia y prontitud en la eventualidad de un desastre.

## CAPITULO III

### De las Definiciones de Desastres Naturales

12. Por desastre natural se entiende el fenómeno o fenómenos naturales concatenados o no que cuando acaecen en un tiempo y espacios limitados, causan daños severos no previsibles y cuya periodicidad es difícil o imposible de proyectar

## CAPITULO IV

### De las Reglas de Operación

#### Sección I

#### Del Destino de Recursos del Fonden

- II. Complementar los recursos de las dependencias y entidades federales que integran el Sistema Nacional de Protección Civil.

#### Sección II

#### De la Cobertura a la Infraestructura Pública

18. En el caso de daños a la infraestructura pública federal asegurada, se podrá solicitar apoyo transitorio del Fonden en tanto se reciba el pago del seguro correspondiente, para permitir a la dependencia o entidad federal iniciar la reparación de las obras de forma inmediata

Quando los montos recuperados de las compañías aseguradoras no sean suficientes para la restitución total de las obras aprobadas, el diferencial podrá ser cubierto con cargo al Fonden, observando los porcentajes de coparticipación establecidos en las presentes Reglas para la infraestructura pública.

19. La reparación o restitución de los daños tendrá el propósito de dejar a la infraestructura pública en condiciones operativas similares a las que prevalecían antes del siniestro. En los trabajos de reparación o restitución de daños se deberán incluir, en la medida de lo posible, acciones de mitigación para daños futuros, a través de normas de diseño o construcción que reduzcan su vulnerabilidad. Asimismo, se podrá apoyar la reconstrucción de la infraestructura dañada, con modificaciones técnicas, cuando ello así lo justifique. Igualmente se podrán destinar recursos del Fonden para realizar estudios y proyectos cuando las características técnicas del daño o de la obra lo ameriten.

## CAPITULO V

### De la Instrumentación

#### Sección I

#### Sobre la Declaratoria de Emergencia

42. Ante la inminencia o alta probabilidad de que ocurra un desastre natural la Secretaria de Gobernación (Segob) podrá emitir una declaratoria de emergencia y erogar con cargo al Fondo Revolvente asignado, los montos que considere necesarios para atenuar los efectos del posible desastre.

#### Sección II

#### Sobre la Declaratoria de Desastre Natural y el Acceso a los Recursos del Fonden

43. Ante un desastre natural, las dependencias y entidades federales podrán erogar los montos que consideren necesarios con el fin de dar atención a las necesidades prioritarias de la población.
44. Para acceder a los recursos del Fonden deberá haber una declaratoria de Desastre natural por parte de la Segob, a través de la Coordinación General de Protección Civil, de acuerdo con el siguiente procedimiento:
  1. Por petición escrita del C. Gobernador del Estado. La solicitud deberá recibirse en un plazo no mayor a siete días hábiles contados a partir de la ocurrencia del desastre; y
  2. Por petición escrita del C. Titular de una dependencia a la Segob por conducto de la Coordinación.

#### Sección III

#### Sobre la Presentación de solicitudes a la Comisión Intersecretarial Gasto Financiamiento

47. Una vez efectuada la Declaratoria de un desastre natural en términos de la Sección II de este Capítulo, se procederá conforme a lo siguiente:

Para el caso de daños cien por ciento federales, las dependencias y entidades federales harán el planteamiento de la problemática y de la consiguiente solicitud de recursos a la Comisión a través de la Segob, por conducto de la Coordinación. Dicha solicitud deberá ser suscrita invariablemente por el titular de la Dependencia o Entidad Federal Correspondiente

48. Las dependencias y entidades federales integrarán sus propuestas de acciones para la reparación de daños en el ámbito de sus respectivas competencias, debiendo incluir lo que corresponda de la siguiente información:

*(Ver formato página 67)*

Las solicitudes podrán considerar recursos indispensables para gastos de operación y supervisión, los cuales en ningún caso podrán ser superiores al tres por ciento de las acciones u obras de reparación de daños.

50. La presentación de las solicitudes por parte de las dependencias y entidades federales a la Coordinación, deberán efectuarse en un lapso no mayor de veinte días hábiles contados a partir de la publicación en el Diario Oficial de la Federación de la Declaratoria de Desastre Natural, siempre y cuando haya sido emitido por la Segob el aviso de término de la emergencia.
51. Para evaluar y cuantificar física y monetariamente la magnitud de los daños, las dependencias designarán a peritos valuadores, que podrán ser personal de la propia dependencia para que emitan los dictámenes técnicos respectivos.
52. Para la determinación y cuantificación de los daños y costos de reparación, los peritos y especialistas deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos:
  - I. Las condiciones físicas en que se consideraba el bien siniestrado previo al desastre, así como la antigüedad del mismo.
  - II. Los daños sufridos a causa del desastre natural, diferenciándolos, en la medida de lo posible, de aquellos derivados de omisiones en la realización de acciones de mantenimiento y conservación
53. El acuerdo de la Comisión deberá emitirse en un plazo no mayor a cinco días hábiles contados a partir de su reunión. Asimismo, las dependencias y entidades federales deberán gestionar en los siguientes días hábiles, a través de sus oficinas mayores o áreas equivalentes, la solicitud de ampliación líquida correspondiente ante la Secretaría por los montos aprobados en la resolución de ésta, quien a su vez, en un plazo no mayor a tres días hábiles posteriores a la recepción, autorizará los recursos a las dependencias.

## CAPITULO VI

De la Presupuestación

Sección II

Sobre el Fondo Revolvente

60. El fondo revolvente podrá cubrir lo siguiente:
  - VI Fletes, maniobras, combustibles y lubricantes exclusivamente para los vehículos que participen en las actividades de apoyo, así como para el traslado de recursos y damnificados
62. El Fondo Revolvente no podrá cubrir conceptos que se incluyan con cargo a las obras autorizadas por las dependencias ni el pago de servicios personales.

- 65.-III Recursos para las dependencias y entidades federales que lo requieren de manera temporal, en tanto éstas obtengan los reembolsos de los seguros correspondientes por los daños causados por los desastres naturales, los cuales deberán ser posteriormente reintegrados al Fideicomiso.
- IV. Recursos a las dependencias o entidades federales para la adquisición de bienes muebles conforme a lo señalado en la Sección V de este capítulo.

## CAPITULO VII

### Del Control, La Verificación y La Rendición de Cuentas

#### Sección I

#### Del Control y La Verificación del ejercicio del Gasto

76. Las dependencias y entidades federales serán responsables del ejercicio de los recursos que sean asignados para su ejercicio en forma directa.
77. Las dependencias y entidades federales deberán elaborar los informes correspondientes relacionados con la ejecución de las obras, dentro de los 40 días hábiles después de la conclusión de las obras y acciones.
80. Las dependencias y entidades federales que reciben recursos para la atención de desastres naturales, deberán:
- I. Contratar y realizar las obras públicas y las adquisiciones, respectivamente, de conformidad con lo dispuesto por la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas y los Reglamentos correspondientes, así como señalar las actividades que por su urgencia deban considerarse como casos de excepción.
81. Las dependencias y entidades federales responsables directas de la ejecución estarán encargadas de llevar el control de las obras y Adquisiciones efectuadas con motivo de los siniestros ocurridos, apegándose a la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.
83. En caso de que se detecten manejos inadecuados de recursos e incumplimiento al marco normativo aplicable, los Organos Internos de Control de las dependencias y entidades federales aplicarán las sanciones procedentes en términos de la ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos.

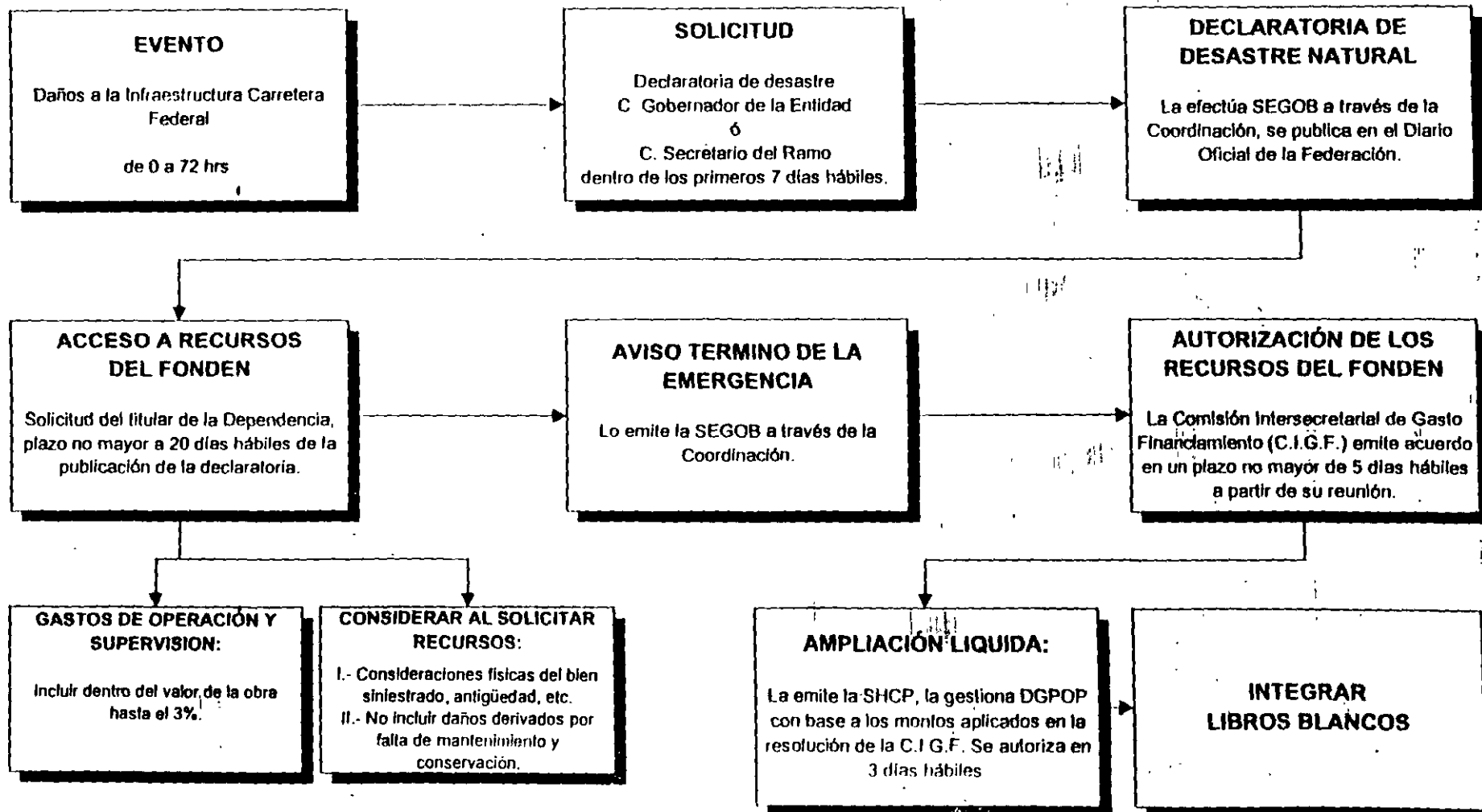
#### Sección II

#### De la Integración de los Libros Blancos

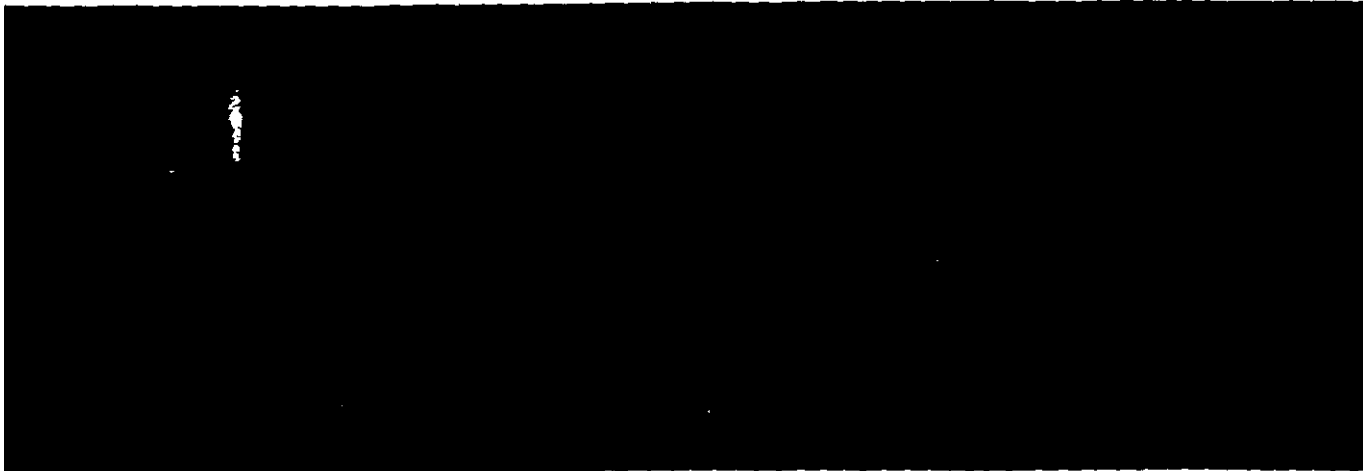
86. Con el propósito de conformar la evidencia documental de los trámites y operaciones que se realizan con motivo de la autorización, transferencia y aplicación de recursos federales del Fonden, del Fideicomiso Fonden y del Fondo Revolvente, las dependencias y entidades federales que sean responsables del ejercicio directo de estos recursos formularán un Libro Blanco para cada uno de los fondos citados. Su elaboración no deberá exceder 30 días hábiles después de terminados los informes a que se refiere el numeral 77.



# APLICACION FONDEN



## PROCEDIMIENTO:



### ANTES DE LA EMERGENCIA

Con el objeto de coordinar, controlar y optimizar todas y cada una de las acciones a seguir, se requiere:

a1 - Establecer un centro operativo en la Dirección General del Centro S.C.T.

**COORDINADOR GENERAL**  
DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO SCT



**COORDINADOR OPERATIVO**  
SUBDIRECTOR DE OBRAS

**EJECUTOR RESPONSABLE**  
RESIDENTE GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS

**EJECUTOR DIRECTO EN OBRA**  
RESIDENTE DE CONSERVACION DE CARRETERAS

**UNIDAD DE APOYO TECNICO**  
UNIDAD GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS

**UNIDAD DE APOYO MECANICO**  
SUPERINTENDENCIA GENERAL DE MAQUINARIA

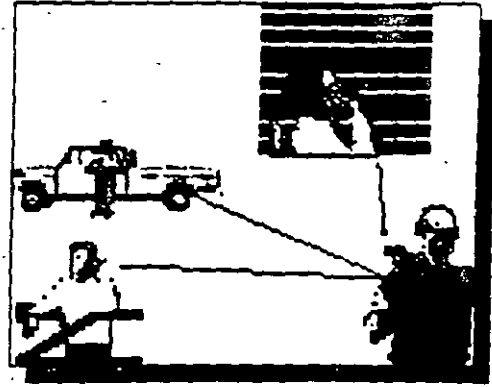
**UNIDAD DE APOYO ADMINISTRATIVO**  
SUBDIRECTOR DE ADMINISTRACION

**UNIDAD DE APOYO LEGAL**  
UNIDAD DE ASUNTOS JURIDICOS

**UNIDAD DE APOYO VIAL**  
COMANDANCIA DEL DESTACAMENTO DE LA POLICIA FEDERAL DE CAMINOS

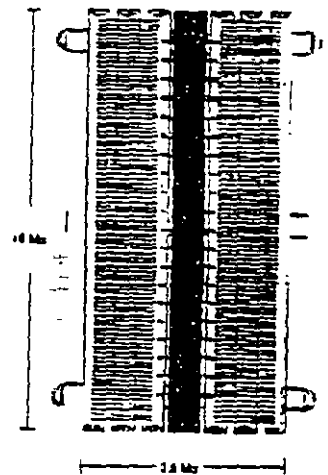
**UNIDAD DE APOYO DE LOS ORGANOS DE CONTROL**  
REPRESENTACION DE LA CONTRALORIA INTERNA DE LA SCT, DEPENDIENTE DE SECODAM

a2.- Rentar teléfonos celulares o satelitales para el Subdirector de Obra, Residente General de Conservación de Carreteras y Superintendente General del Parque de Maquinaria o conseguir teléfonos satelitales que garanticen una mayor cobertura en la comunicación.



a3.- De conformidad con las características que para el efecto se señalan en el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras, hacer acopio de señalamiento preventivo, en especial de precaución, indicadores de peligro y fantasmas. (Ver anexo VIII).

a4.- Fabricar y colocar en lugares estratégicos de la Entidad Federativa (cercanos a sitios en que se estime una alta probabilidad de que ocurran cortes carreteros), un número no menor de seis rampas construidas con tubería de acero cédula 40 de 10 pulgadas de diámetro o rieles de tren etc. y con longitud mínima de 10.0 m de largo y 3.5 m de ancho.

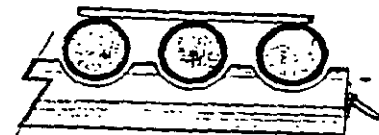


**RAMPA CON TUBERÍA; PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO  
CEDULA 40 O SIMILAR**

**ESPECIFICACIONES:**

Tubo CEDULA 40 ó similar  
Largo: 10 Mts.  
Diámetro: 10"  
Los tubos longitudinales se soldaran a los transversales.

**DETALLE DE INSERCIÓN**



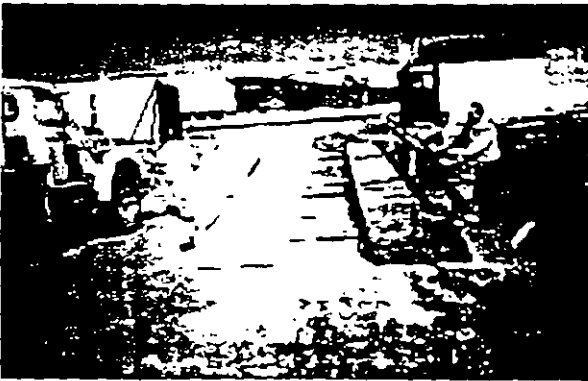
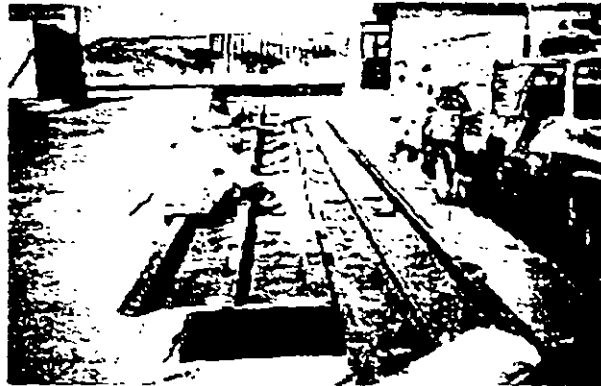
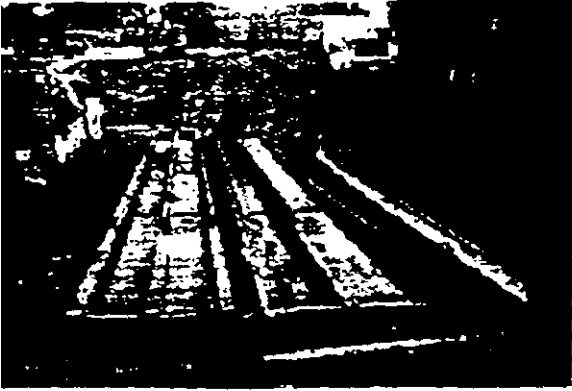
Soldadura 701 B

**TUBERÍA DE ACERO NEGRO  
10"**

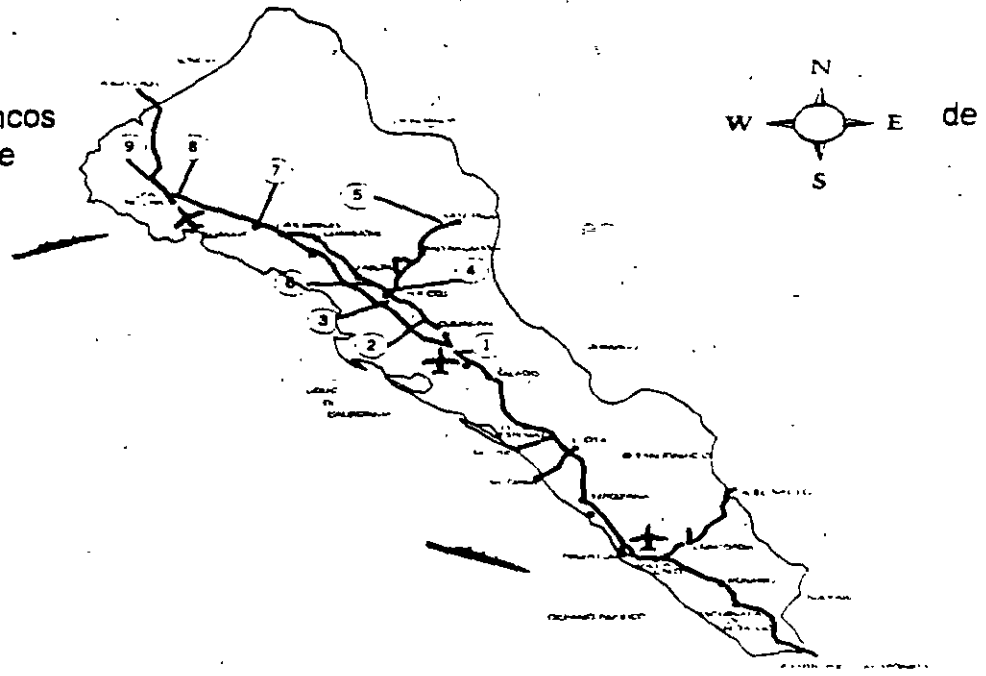


**PASO PEATONAL**

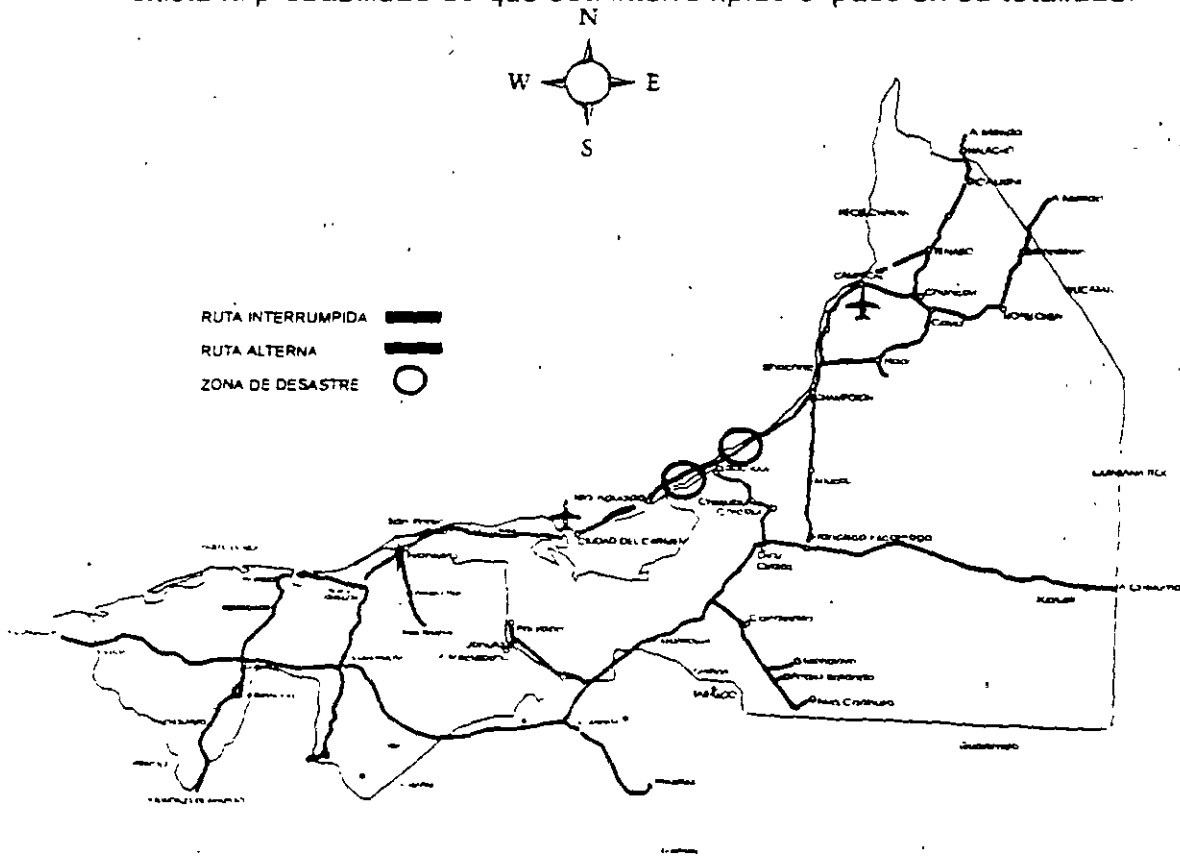
# PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO



La ubicación de los bancos materiales de la tabla se muestra en la figura:



a16.- Es conveniente tener un inventario de rutas alternas ya sea por medio de carreteras secundarias o caminos vecinales, para aquellas carreteras troncales en las que exista la probabilidad de que sea interrumpido el paso en su totalidad.





a17.- Será conveniente tener una lista tentativa de posibles daños que pudieran ser causados en los distintos tramos de la red carretera, así como soluciones probables en cada caso

a18.- Se deberá elaborar 'check list' (ver anexo IX Prontuario de Materiales y Conceptos) que permita repasar por las autoridades del Centro SCT y de nivel central todas las actividades necesarias, estas actividades deberán ser previas a los avisos que emiten los órganos que dan seguimiento a la temporada de huracanes

**Termina etapa antes de la emergencia.**

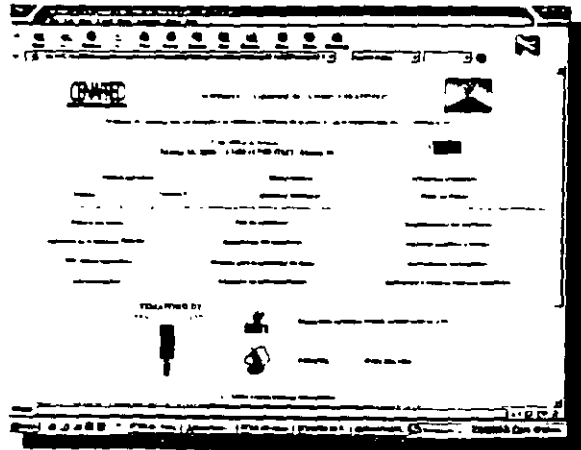
## DURANTE LA EMERGENCIA.

- b1.- Los integrantes del Centro Operativo, deberán de trasladarse de inmediato a las zonas donde se esté dando la situación de emergencia, recabando y valorando el estado físico de la red a cargo del Centro S.C.T., con el fin de ejecutar las acciones que correspondan tales como:



- A).- Informar de manera continua por la vía más rápida y oportuna la situación que guarda la emergencia.
- B).- Necesidades mínimas indispensables de señalamiento diurno y nocturno.
- C).- Acopio y concentración de personal, maquinaria, equipo y señalamiento necesario
- D).- Definir en su caso las rutas alternas a utilizar.
- E).- Alternativas probables de solución (preliminar).

- b2.- El Subdirector de Obras del Centro S.C.T. permanecerá de guardia en el Centro de Operaciones
- b3.- Un elemento de la Policía Federal de Caminos, con rango mínimo de Segundo Comandante, deberá servir de enlace entre el centro operativo y la corporación.
- b4.- Consultar la información referente a la naturaleza y característica de la Emergencia la cual se encuentra disponible en la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación y en las Delegaciones Estatales de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, y de la Comisión Nacional del Agua (via INTERNET, ver hoja 34) y Dependencias del Gobierno del Estado

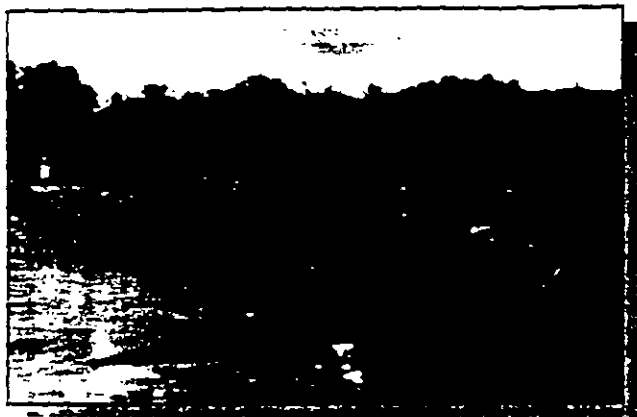


b5.- Preparar un informe sobre la situación que guarda el sector cada 12 horas o menos si las condiciones de operación cambian, ver anexo I.



b6.- Por conducto del Comité Estatal de Protección Civil, emitir boletines para mantener informada a la población sobre el estado que guarde la infraestructura carretera del Sector Comunicaciones y Transportes.

b7.- Se destaca la importancia que tiene el hecho de que el personal de la S.C.T. esté plenamente identificado con gorras o cascos con logotipo así como el vestuario de protección (botas, chalecos, etc.).



"Prontuario de Materiales y Conceptos")

b8.- En caso de que durante la emergencia haya resultado afectado un puente, deberá estudiarse la conveniencia de instalar un puente provisional tipo Bailey o de Pontones, siguiendo para ello los lineamientos establecidos en la " Guía para el envío de Puentes Provisionales tipo Bailey o de Pontones a cualquier Centro SCT en una Situación de Emergencias" (Véase Anexo X).

b9.- Repasar el punto a18 (anexo IX

b10 - De acuerdo con el artículo 26 de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas vigente, los trabajos se ejecutan.

**a.- Trabajos por administración**

(Se efectúan en la etapa de "Pasos provisionales")

**b.- Trabajos por contrato**

(Se efectúan en la etapa de "Reconstrucción de obra dañada")

Revisar anexo VII

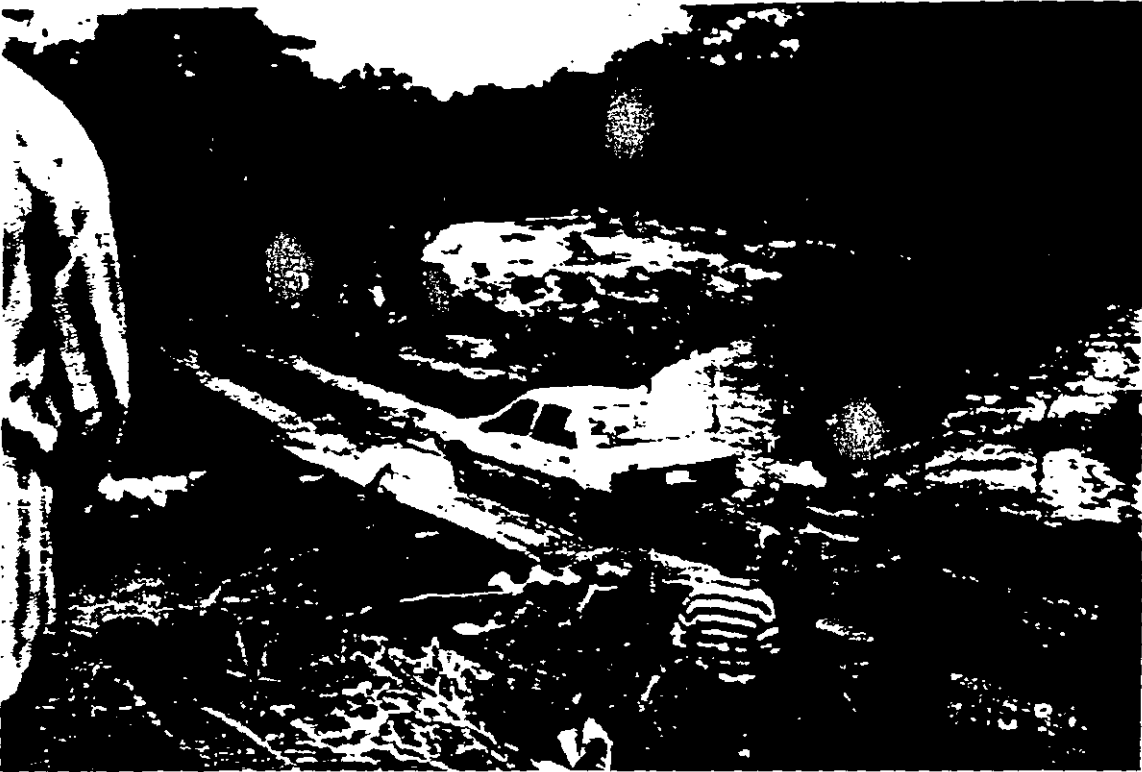
**termina etapa durante la emergencia**



## DESPUES DE LA EMERGENCIA

### c1.- El principal objetivo es restablecer el servicio

El principal objetivo de las actividades que se llevan a cabo después de una emergencia, es el restablecimiento de la comunicación, es decir, dar paso en el sitio en que el fenómeno natural causó el daño, en forma provisional y en el menor tiempo posible.

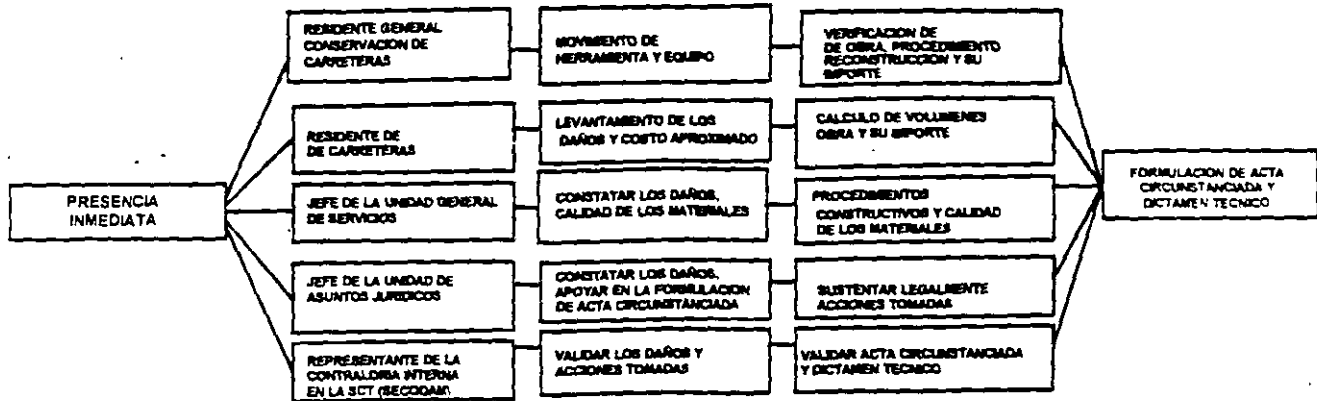


### Actividades:

- 1).- Recorrido por el Residente de Conservación para el levantamiento del reporte de daños, obteniendo fotografías y/o videofilm y toda la información que permita determinar la magnitud de los mismos para la elaboración del acta circunstanciada y dictamen técnico, ver anexos Nos. II y III.
- 2).- Respuesta inmediata del Residente; con la capacidad instalada gira instrucciones de las acciones a realizar, como colocación de señalamiento preventivo; traslado del personal, maquinaria y equipo.
- 3).- Si la magnitud de los daños rebasa la capacidad instalada, el Residente informa a la Residencia General y solicita el apoyo complementario (maquinaria, mano de obra, materiales).



4).- En esta etapa, todas las actividades las realiza la Dependencia manejándose los rubros de salarios, servicios y adquisiciones. (Trabajos por Administración), punto 7 y 8 y revisar anexo VII.



5).- Dependiendo de la magnitud de los daños, estos trabajos provisionales en zonas dañadas en el menor tiempo posible, lo que implica que el trabajo debe llevarse en forma continua.



6.- Recomendaciones para la etapa de pasos provisionales.

Se deberá establecer una estrategia para determinar el procedimiento constructivo a seguir para dar solución a cada lugar crítico donde se tenga la destrucción o el daño considerable al camino o alguna estructura, puente, etc.

Se cometan algunos procedimientos factibles de utilizar, siendo indispensable la experiencia de los técnicos de la dependencia, así como el conocimiento de la región para proponer soluciones prácticas que permitan un buen aprovechamiento de los recursos de maquinaria, equipo, materiales, recursos humanos, etc. Con que se cuenten, lo que permitirá dar paso en el menor tiempo posible.

Se recalca que cuando se está dando paso en forma provisional generalmente los vehículos que pueden circular son hasta unidades con peso de 3 toneladas, asimismo es importante considerar que en colapso de un puente los habitantes de lugares aledaños que utilizaban la estructura para comunicarse y obtener los insumos para el desarrollo de sus actividades, generalmente implementan un cruce a base de garruchas o poleas, etc. Que en la mayoría de los casos representan un alto riesgo de que ocurra un accidente; se deberá prever el contar con una pasarela que se colocará

en el sitio más adecuado en tanto se logre dar paso provisional a los vehículos. este implemento además de dar seguridad a los lugareños abate la presión política y crea calma a la población al contar con una forma rudimentaria de recibir apoyos.

## RECOMENDACIONES

I.- Si en una sección de terraplenes se presenta el colapso de una alcantarilla y el corte en la carretera es de una longitud de 5 a 12 m. se recomienda:



- A) Resolver a base de un piedraplén si se cuenta con piedra de gran tamaño en la zona.
- B) Colocación de una batería de tubos para alcantarilla de concreto con diámetro de 1.50 mts.
- C) Colocar una rampa a base de tubería, rieles, madera, etc. Explicación en el inciso a4 páginas 44 - 46.

II.- Cuando en una sección en balcón se pierde parte o toda la superficie de rodamiento, se recomienda:

- A) Ampliar la sección del camino hacia el corte siempre que la clasificación de los materiales sea factible de atacar con la maquinaria disponible.
- B) Colocar un muro seco o utilizar gaviones del lado donde se pierde la sección y proceder al relleno con material de buena calidad.

III.- Si se colapsa el puente y se tiene un cauce divagante en una gran extensión y se tiene material a base de arenas o cantos rodados de gran tamaño y el tirante es considerable y con alta velocidad, se recomienda:

- A) Construir un vado natural en el ancho total del cruce lo que permite restar velocidad y reducir el tirante del agua el cual no debe exceder de 20 cm.
- B) Distribuir el cauce en 2 o 3 sitios que permitan colocar rampas en claros de 10 a 12 m. Lo que nos dará un paso provisional sin tirante de agua en la superficie de rodamiento.
- C) Implementar lo necesario para colocar estructuras BAYLE, ver anexo XI.

IV.- Cuando se colapse un puente y se tenga un cruce con un tirante de agua permanente no menor de 50 cm. Y longitud menor a 50 m. Y el terreno del lecho del cruce sea a base de arena, limos, etc., se recomienda:



A) Implementar lo necesario para colocar un puente provisional a base de pontones ver anexo XII.

B) Implementar lo necesario para colocar estructura BAILEY, ver anexo XI.

V.- Cuando en una sección de balcón localizada sobre una cañada cercana al cruce un río, se pierde la superficie del camino y la obra de drenaje, se recomienda:

- A) Retrasar el camino, cuidando la pendiente para cruzar el cauce con un vado natural, buscando alojar la sección sobre el lado del corte, no importando la clasificación del material por lo que deberá proveerse el uso de explosivos.
- B) Se verá la posibilidad de recuperar la sección cortando sobre la cama del camino, lo que implicara incrementar la pendiente, sin embargo se logrará dar paso en el menor tiempo posible

**Termina etapa pasos provisionales**

## UTILIZACIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS EN EMERGENCIAS

### Trabajos por administración (Etapa: Pasos provisionales)

El control del ejercicio de los recursos aplicados, será competencia de la Subdirección de Administración del Centro S.C.T., misma que asignará fondos de contingencia a los servidores públicos que atiendan en forma directa los daños ocasionados, con el objeto de restablecer el paso vehicular y que estarán obligados a su devolución en efectivo, o con documentación comprobatoria. Es indispensable elaborar acuerdo de trabajos por administración; donde se incluyen los gastos de operación y supervisión de las 2 etapas tanto de pasos provisionales, como de la reconstrucción de obra dañada.

Se mencionan a continuación las partidas más comúnmente utilizadas.

- 1200. Remuneraciones al personal de carácter transitorio.**  
Asignación para la contratación de personal eventual de la región para los tres turnos incluyendo sábados y domingos durante el periodo de ejecución de los trabajos, mediante Listas de Raya.
- 1300. Remuneraciones adicionales y especiales**  
Asignación para liquidar el tiempo extraordinario necesario, incluyendo sábados y domingos, de todo el personal comisionado durante el periodo de ejecución de los trabajos, el artículo 46 de las condiciones generales de trabajo, dice: el tiempo extraordinario no podrá exceder de tres horas diarias ni de tres veces consecutivas a la semana. En los casos en que por razones de emergencia y con carácter excepcional de mayor tiempo extraordinario de labor, el pago a partir de la décima hora será con 200% por ciento adicional al salario correspondiente a dicha hora. El pago de tiempo extraordinario no podrá ser canjeado con pago por tiempo, por lo que en caso de ser necesario se liquidará el tiempo extra laborado efectivo mediante las nóminas correspondientes.
- 2200. Alimentos y utensilios**  
Asignación destinadas a la adquisición de productos alimenticios en la región para el personal comisionado en la ejecución de los trabajos y de los cuales se justificaran mediante los documentos comprobatorios de la zona ya sean notas o recibos firmados por los interesados.
- 2300. Materias Primas y Materiales de Producción**  
Asignación destinadas a la adquisición de toda clase de materias primas, refacciones, accesorios y herramientas menores.

- 2400. Materias y Artículos de Construcción**  
Asignación destinadas a la adquisición de materiales utilizados en: la construcción, reconstrucción, ampliación, adaptación, mejora, conservación y mantenimiento.
- 2500. Productos Químicos, Farmacéuticos y de Laboratorio**  
Asignación destinadas a la adquisición de materiales fotográficos y revelado los cuales son utilizados para la formulación de todos los informes de las diferentes etapas de la ejecución de todos y cada uno de los trabajos ejecutados.
- 2600. Combustibles, Lubricantes y Aditivos**  
Asignación que agrupa a las adquisición destinada para combustibles, lubricantes y aditivos de todo tipo, necesarios para el funcionamiento de la maquinaria y equipo necesario para la ejecución de todos los trabajos.
- 2700. Vestuario, Blancos, Prendas de Protección y Artículos Deportivos**  
Adquisición para toda clase de prendas especiales de protección y de equipo de campamento durante el tiempo que sea necesarios para el personal comisionado en la emergencia.
- 3100. Servicios Básicos**  
Asignación para el pago de teléfonos celulares necesarios para los funcionarios autorizados para ello y que estén ejecutando los trabajos necesarios y durante el tiempo que dure la contingencia.
- 3200. Servicios de Arrendamiento**  
Asignación destinadas a cubrir gastos de arrendamiento de campamentos, oficinas en la zona de la emergencia y maquinaria y equipo necesarios para complementar el equipo de la Dependencia.
- 3400. Servicios Comercial y Bancario**  
Asignación destinada para cubrir los gastos de fletes y maniobras del equipo y la maquinaria necesario.
- 3500. Servicios de Mantenimiento, Conservación e Instalaciones**  
Asignación destinada para el mantenimiento , conservación de toda clase de bienes muebles.
- 3700. Servicios de Traslado e Instalación**  
Asignación destinada para cubrir los servicios de traslado, instalación y viáticos del personal encargado de ejecutar los trabajos durante el periodo que duren éstos.

Con fundamento en la normatividad establecida por las Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Contraloría y Desarrollo Administrativo, así como en el Artículo 7º, fracciones IV y VI del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se expide la siguiente:

## **NORMA DE COMISIONES, VIATICOS NACIONALES, VIATICOS INTERNACIONALES Y PASAJES**

### **OBJETIVO**

Regular las comisiones oficiales; La asignación de viáticos nacionales, de viáticos internacionales y de pasajes a los servidores públicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, derivado de las funciones o tareas oficiales a desempeñar dentro o fuera del país, siempre y cuando sea en un lugar distinto al de su adscripción.

Esta norma es de observancia para las unidades administrativas centrales, órganos desconcentrados y centros SCT.

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

Las comisiones oficiales deben ser autorizadas por el Titular de la dependencia, o en su caso, por los Subsecretarios, Coordinadores Generales, Oficial Mayor o Directores Generales de las unidades administrativas centrales, centros S.C.T. y órganos desconcentrados, respecto de sus subordinados jerárquicos, y constituye la justificación para la asignación de viáticos y pasajes.

El ejercicio de las partidas 3701 – Pasajes Nacionales, 3702- Viáticos Nacionales, 3705 – Pasajes Internacionales, y 3706 – Viáticos en el Extranjero, se debe realizar estrictamente en función de las necesidades del servicio, así como de la asignación aprobada en el ejercicio fiscal correspondiente.

El ejercicio de las partidas de pasajes debe ser correlativo con la de viáticos, por lo que no se pueden conceder pasajes nacionales e internacionales sin el correspondiente oficio de comisión que consigne el periodo efectivo de la tarea conferida. Se exceptúa de lo anterior, lo previsto en el artículo 16 de la Ley Federal de los Trabajadores al Servicio del Estado y para pasajes locales.

El Titular de la Secretaría, o en su caso, los Subsecretarios, Coordinadores Generales, Oficial Mayor o Directores Generales de las unidades administrativas centrales, centros S.C.T. y órganos desconcentrados autorizarán las comisiones de sus subordinados jerárquicos en el ámbito geográfico nacional. La Oficialía Mayor es responsable de instrumentar los procedimientos administrativos para su operación (anexo).

Estar determinadas en el calendario de trabajo conforme a programas prioritarios, salvo que se trate de comisiones derivadas de situaciones urgentes, imprevistas y plenamente justificadas.

Apegarse a criterios de austeridad y aplicación racional de los recursos, y considerar lo siguiente:

### **PASAJES**

El ejercicio de los recursos por concepto de pasajes se debe realizar de conformidad con las necesidades del servicio y con estricto apego al presupuesto autorizado en el ejercicio fiscal respectivo.

## **VIATICOS**

### **OTORGAMIENTO**

Los montos anticipados por concepto de viáticos nacionales se deben otorgar en los términos del Artículo 64 fracción III, del Reglamento de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal.

Los viáticos para comisiones que deban desempeñarse en el interior del país, se otorgarán por un término no mayor de 90 días continuos o interrumpidos que pueden prorrogarse una sola vez, previa autorización del Oficial Mayor, hasta por un periodo de 90 días más, en el lapso de un año y en una misma población.

En caso de presentarse una contingencia el otorgamiento de viáticos deberá ser durante todo el tiempo que dure los trabajos necesarios para repararla quedando sin efecto el párrafo anterior

Al personal que por necesidad del servicio se le comisione por un tiempo menor de 24 horas y deba regresar el mismo día a su lugar de adscripción, se le deben otorgar las cuotas que se marcan en la tarifa de viáticos nacionales por un tiempo menor de 24 horas, las cuales comprenden los conceptos de alimentación, transporte urbano, propinas y cualquier otro gasto similar o conexo a éstos.

En caso de que el personal comisionado en el país utilice su propio vehículo para trasladarse al lugar de su comisión, la dependencia debe cubrir el costo de peajes y combustibles correspondientes.

### **COMPROBACION**

La comprobación de los importes otorgados con cargo a las partidas 3702 Viáticos Nacionales y 3706.- Viáticos en el Extranjero, se debe realizar a través del recibo firmado por el servidor público comisionado:

Una vez efectuada la comisión, los importes otorgados para viáticos nacionales se deberán comprobar en su totalidad mediante documentación que reúna los requisitos fiscales, expedida por los prestadores de servicios, conforme a la normatividad aplicable.

Tratándose de viáticos nacionales, cuyas comisiones se realicen en zonas rurales alejadas, de difícil acceso y que por su ubicación geográfica se dificulte la obtención de los referidos documentos fiscales, la comprobación de los recursos deberá hacerse mediante el desglose pormenorizado de estos gastos y el recibo firmado por el personal comisionado, mismo que deberá contar con el aval del Titular del área administrativa correspondiente.

### **PRESCRIPCION**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 35 de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal y 112 de la Ley Federal de los Trabajadores al Servicio del Estado, las acciones para exigir el pago de viáticos devengados a favor de servidores públicos prescribirán en un año contado a partir de la fecha en que éstos fueron ejercidos.

**Termina información sobre trabajos por administración.**



# **ANEXO I**

Formatos del Fonden  
y nota informativa

# **ANEXO II**

**Acta Circunstanciada**

## ACTA CIRCUNSTANCIADA

**LUGAR Y FECHA** En el poblado de \_\_\_\_\_, municipio de \_\_\_\_\_, siendo las horas del día \_\_\_\_\_ en el local que ocupan las oficinas de \_\_\_\_\_ de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, cita en \_\_\_\_\_.

**INTERVIENEN** El C. \_\_\_\_\_, Subdirector de Obras del Centro SCT; El C. \_\_\_\_\_, Jefe de la Unidad General de Servicios Técnicos, El C. \_\_\_\_\_, Residente General de Conservación de Carreteras; El C. \_\_\_\_\_, Residente de Conservación de Carreteras, El C. \_\_\_\_\_ de la Contraloría Interna; El C. \_\_\_\_\_, Jefe de la Unidad de Asuntos Jurídicos.

**MOTIVO** En uso de la palabra El C. \_\_\_\_\_ en su categoría de \_\_\_\_\_, lugar donde se actúa, manifiesta ante los presentes que esta acta se formula para hacer constar los daños ocasionados por \_\_\_\_\_ el (los) día (s) \_\_\_\_\_ mes de \_\_\_\_\_ del presente año.

**HECHOS** En el recorrido efectuado se observaron los daños ocasionados por \_\_\_\_\_ originando con volumen aproximado de \_\_\_\_\_, se hace necesaria la Reconstrucción de \_\_\_\_\_, cuya calidad de materiales de la zona es de \_\_\_\_\_ para lo cual se requiere equipo consistente en \_\_\_\_\_, siendo esto todo lo que se tiene que declarar.

**CONSTANCIAS** Se anexa copia de la relación de daños y su ubicación, así como fotografías de los mismos.

**FINAL** Se hace constar que esta diligencia concluye a las \_\_\_\_\_ horas del día \_\_\_\_\_, del mes de \_\_\_\_\_ de 199\_\_\_\_, ante la presencia de los asistentes quienes firman al calce y al margen dándose por terminada esta acta.

**EL SUBDIRECTOR DE OBRAS DEL CENTRO  
S.C.T.**

**EL JEFE DE LA UNIDAD GENERAL DE  
SERVICIOS TECNICOS DEL CENTRO S.C.T.**

**EL RESIDENTE GENERAL DE  
CONSERVACION DE CARRETERAS**

**EL RESIDENTE DE CONSERVACION DE  
CARRETERAS**

**EL JEFE DE LA UNIDAD DE ASUNTOS  
JURIDICOS**

**EL REPRESENTANTE DE LA CONTRALORIA  
INTERNA S.C.T. (SECODAM)**

Anexo II

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
CENTRO SCT, \_\_\_\_\_  
SUBDIRECCION DE OBRAS

DICTAMEN TECNICO NUM.: CSCT-6\_\_-RGCC-DT-00\_-9\_

DICTAMEN QUE SE ELABORA CON MOTIVO DE LA ADJUDICACION DIRECTA DEL  
CONTRATO RELATIVO A LOS TRABAJOS DE REPARACION DE:

\_\_\_\_\_ ENTRE LOS KMS. \_\_\_\_ AL \_\_\_\_ DEL TRAMO  
\_\_\_\_\_ DE LA CARRETERA \_\_\_\_\_.

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 81, fracción II de la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas en donde se establece que las dependencias y entidades bajo su responsabilidad podrán adjudicar directamente un contrato cuando peligre o se altere el orden social, la economía, los servicios públicos, la salubridad, la seguridad o el ambiente de alguna zona del país como consecuencia de desastres producidos por fenómenos naturales, en este caso por los efectos de \_\_\_\_\_ originadas por \_\_\_\_\_, que se presentaron en la región el (los) días) \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del presente año ocasionaron \_\_\_\_\_ entre los km. \_\_\_\_ al \_\_\_\_ del tramo \_\_\_\_\_, carretera \_\_\_\_\_.

De lo anteriormente mencionado se hicieron constar los daños con la intervención de personal adscrito al Centro SCT \_\_\_\_\_, determinándose que el fenómeno natural ha provocado una situación crítica que puede afectar la economía de la región al impedirse la comunicación de la zona y los usuarios se ven obligados a suspender toda actividad deseada, lo que provoca situaciones de alteración social, política y económica adversas, así como el peligro inminente en el tránsito vehicular del tramo citado, además la no atención inmediata incrementaría sustancialmente los costos de reconstrucción y operación.

Por las razones expuestas, se adjudica en forma directa los trabajos a la empresa \_\_\_\_\_, de nacionalidad mexicana, con un importe de \$ \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_00/100 M.N.), incluyendo I.V.A. por considerarse que reúne las mejores condiciones técnicas, económicas y de respuesta inmediata que garantiza satisfactoriamente el cumplimiento de las obligaciones requeridas, además de contar con la experiencia requerida para éste tipo de trabajo que tendrá un plazo de ejecución del \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 199\_\_ al \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_\_.

Para constancia y efectos a continuación firman el presente documento los que en el intervinieron, a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de mil novecientos noventa y \_\_\_\_\_, en la Ciudad de \_\_\_\_\_.

EL DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO S.C.T.

EL SUBDIRECTOR DE OBRAS

EL JEFE DE LA UNIDAD GENERAL DE  
SERVICIOS TECNICOS

EL RESIDENTE DE CONSERVACION DE  
CARRETERAS

EL JEFE DE LA UNIDAD DE ASUNTOS  
JURIDICOS

EL REPRESENTANTE DE LA CONTRALORIA  
INTERNA S.C.T. (SECODAM)

Anexo III

# SOCAVACION

Para fines de Ingeniería de Vías Terrestres, la socavación en cauces naturales cruzados por puentes puede clasificarse en dos tipos principales:

- 1.- Socavación General.- Es la que ocurre en condiciones normales, al presentarse una creciente y aumentar la capacidad de la corriente para arrastrar material de fondo; a lo largo de todo el cauce se produce una cierta profundidad de socavación. Durante el período de recesión de la creciente del río o arroyo, el material es depositado nuevamente
- 2.- Socavación Local.- Es la que ocurre cuando existe un obstáculo en la trayectoria del flujo, el cual induce la formación de vórtices que provocan la disminución de la elevación del fondo alrededor del obstáculo. Para los fines de esta nota, este obstáculo está representado por los apoyos de los puentes.

Para el cálculo de la socavación general puede utilizarse el método de Lischtvan-Lebediev, que considera como parámetros el gasto de la corriente, el tirante, el área hidráulica, las características de los materiales del fondo y la separación y dimensiones de los apoyos, entre otros.

Para calcular la socavación local existen más de veinte métodos, de los cuales se recomienda en esta nota utilizar el de Maza, el de Laursen, el de la Universidad Tecnológica de Dinamarca y el de Neill, para que, con base en los diferentes resultados, se elija un valor de diseño por parte del proyectista. Los diferentes parámetros considerados por los métodos anteriores son: el ancho de la pila, el tirante, la velocidad y el ángulo de esviajamiento.

En cuanto a las obras de protección contra la socavación, han demostrado ser más efectivas aquellas constituidas por pedraplenes colocados a volteo, sin ningún junteo, por presentar muchas ventajas:

- a) Restan intensidad a los vórtices;
- b) La estructura es flexible y sus elementos se reacomodan solos cuando se forma alguna depresión en su vecindad;
- c) evitan la expulsión de material fino a su través;
- d) su diseño es sencillo.

Puesto que el esviaje de una pila respecto a la dirección de la corriente es un parámetro muy importante que puede aumentar la socavación del ángulo de ataque, debe tenerse muy especial cuidado en observar si éste es importante (más de  $10^\circ$ ) durante las inspecciones de las estructuras, a fin de tomar medidas preventivas.

Para el detalle de los métodos de cálculo de la socavación, pueden consultarse las siguientes publicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

- Socavación en Cauces Naturales.
- Socavación Local en Pilas.

## **ESTRATEGIAS PROPUESTAS PARA LA CONSTRUCCION DE PUENTES Y OBRAS MENORES DE DRENAJE**

Las experiencias obtenidas por la observación del comportamiento hidráulico de los puentes y obras menores de drenaje ante avenidas extraordinarias, así como por las situaciones de emergencia que han sufrido tales estructuras de la red federal libre de peaje a causa de la ocurrencia de crecientes extremas de ríos y arroyos, permiten plantear las siguientes situaciones y recomendaciones desde el punto de vista de drenaje para puentes y alcantarillas.

1. Las estructuras que drenan corrientes con cauces de avenidas muy amplios generalmente estrechan la sección de dichos cauces, por lo que durante las crecientes importantes trabajan forzosamente, lo que propicia en gran número de casos el colapso de la estructura debido al fenómeno de la socavación.

Considerando lo anterior, conviene que los puentes existentes que produzcan tal estrechamiento del escurrimiento en cauces amplios, cuenten con terraplenes "fusibles" que puedan ser cortados fácilmente por la corriente cuando ésta alcance un tirante 50 cm menor que el de diseño y evitar así que el puente trabaje forzosamente desde el punto de vista hidráulico, con la posible consecuencia de su colapso. Dichos terraplenes "fusibles" consisten en terracerías con altura igual a dicho tirante de diseño, para que el agua sobrepase el nivel de rasante de la carretera y la erosione, con su consecuente corte; además, los terraplenes fusibles se construyen con material puramente friccionante sin protección contra tal erosión.

2. Los puentes que drenan corrientes con cauces encajonados (bien definidos) llegan a fallar por socavación cuando este fenómeno no fue debidamente analizado en los estudios básicos para el proyecto de las estructuras, o cuando el caudal de las avenidas máximas fue subestimado. En otras ocasiones, cuando existe estrechamiento y los apoyos extremos están ubicados dentro del cauce, éstos pueden ser flanqueados por la corriente, y ser afectados por la socavación, a tal grado que pudiera colapsarse la estructura.

Anexo IV

Se deberá tener especial cuidado en proyectar de forma adecuada la estructura, considerando un gasto de diseño debidamente analizado y una profundidad de desplante suficiente de su cimentación para evitar la falla por socavación. De esta forma también se minimizará la probabilidad de que el puente sea flanqueado por la corriente al sufrir la erosión y corte de los terraplenes de acceso.

Es frecuente encontrar en la actualidad, sobre todo en cortes en balcón, obras menores de drenaje consistentes en uno o más tubos con diámetros muy pequeños - entre 60 y 90 cm.-, obras que si bien pudieran ser suficientes desde el punto de vista hidráulico, no lo son para los caudales sólidos consistentes en troncos de árboles, ramazón, palotada, sedimentos desde arenas hasta boleos grandes, y basura. Ello provoca que el agua pase por encima de la rasante y erosione los taludes de aguas abajo, provocándose deslaves que finalmente destruyen carretera y alcantarilla..

Así, es necesario que las obras menores de drenaje se proyecten con dimensiones suficientes que puedan dar paso no sólo al caudal líquido sino también a los cuerpos que pueda arrastrar la corriente, así se duplique, triplique o multiplique por un factor mayor el área que requiérese la obra para drenar exclusivamente el gasto líquido. En cualquier caso, es recomendable que la dimensión mínima de una obra menor de drenaje sea de 1.2 m., a fin de que sea posible efectuar su limpieza sin dificultad.

Finalmente, se recomienda eliminar el uso de tubos metálicos para construir o reconstruir alcantarillas, en todas la regios costeras o en aquéllas en que exista la posibilidad de que ocurra el fenómeno de corrosión.

# **ANEXO V**

## **Formato de acuerdo**



DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE  
CARRETERAS  
DIRECCION DE SUPERVISION Y CONTROL  
SUBDIRECCION DE CONTROL  
DEPARTAMENTO DE CONCURSOS, CONTRATOS Y  
ESTIMACIONES

Ciudad de México,

C.  
Secretario de Contraloría y Desarrollo  
Administrativo  
P r e s e n t e

En cumplimiento por lo dispuesto en el artículo 42, tercer párrafo de la Ley de Adquisiciones y obras Públicas y a las previsiones del numeral 1.14 de los "Lineamientos para el Oportuno y Estricto Cumplimiento del Régimen Jurídico de las Adquisiciones, Arrendamientos, Prestación de Servicios de cualquier naturaleza, Obras Públicas y Servicios relacionados con éstas", adjunto le envío en el formato respectivo debidamente requisitado, la información relativa a la contratación, de obra pública que adelante se describe y que esta Secretaría adjudicó sin mediar el procedimiento de licitación pública.

Describir cada una de las obras (descripción de trabajos, kilómetro a kilómetro, tramo y carretera).

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarte un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E ,  
SUFRAGIO EFECTIVO. NO REELECCIÓN.  
EL SECRETARIO**

ANEXOS: Formato LAOP-80 DNOP y Dictamen de Adjudicación.

ccp C. Subsecretario de Infraestructura.  
ccp C. Coordinador General de Planeación y Centros SCT  
ccp. C. Contralor Interno en la SCT  
ccp. C. Director General de Asuntos Jurídicos.  
ccp C. Director General de Conservación de Carreteras.  
ccp. C. Director General del Centro SCT "xxxxx"  
ccp. CC. Director de Supervisión y Control de la DGCC  
ccp. C. Director de Administración de la DGCC.

Anexo V

# **ANEXO VI**

**Solicitud para comprometer recursos en ejercicios siguientes**

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS  
DIRECCION DE SUPERVISION Y CONTROL  
SUBDIRECCION DE CONTROL  
DEPARTAMENTO DE CONCURSOS, CONTRATOS  
Y ESTIMACIONES

Ciudad de México,

C.

Director General de Programación,  
Organización y Presupuesto,  
Insurgentes Sur No. 325, 8º Piso  
Colonia Nápoles  
México, D.F.

Con la finalidad de estar en condiciones de atender adecuadamente la contratación por emergencia de supervisión, debido a las excesivas precipitaciones pluviales en la Entidad de \_\_\_\_\_.

Esta Unidad Administrativa solicita a esa similar a su merecido cargo, en términos de lo dispuesto por los Artículos 30 de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal y 42 de su Reglamento sea tan amable de gestionar ante al Secretaría de Hacienda y Crédito Público "SHCP" las autorizaciones correspondientes para comprometer en las contrataciones en cuestión, recursos con cargo al Presupuesto de Egresos de \_\_\_\_\_ un importe de \_\_\_\_\_.

Es importante mencionar que esta Dirección General ha promovido el trámite de transferencia de recursos presupuestales correspondiente, ante la S.H.C.P., para cubrir este compromiso durante el presente ejercicio. Además de que para el próximo año, el Programa Nacional de Conservación de Carreteras 19999 considera recursos presupuestales para el Subprograma de Supervisión.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE,  
EL DIRECTOR GENERAL.

C.

c.c.p. C. Subsecretario de Infraestructura.-Centro Nacional S.C.T.  
c.c.p. C. Oficial Mayor del Ramo. Centro Nacional S.C.T.  
c.c.p. C. Director General de Asuntos Jurídicos-Centro Nacional SCT.  
c.c.p. C. Director de Supervisión y Control.-Oficinas.  
c.c.p. C. Director de Administración.-Oficinas  
c.c.p. Archivo de la Jefatura de D.G.C.C.

Anexo VI

# **ANEXO VII**

Procedimiento Administrativo para  
Atención a Emergencias

DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS  
DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN  
SUBDIRECCIÓN DE SEGUIMIENTO E INTEGRACIÓN DE INFORMES

## MANUAL DE ACTIVIDADES PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN EL ÁMBITO DE LAS RESIDENCIAS GENERALES DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
		<b>ANTES DE LA EMERGENCIA</b>	
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	01	<p>DEPOSITA EN LAS RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN "TEXCOCO" Y "VERACRUZ" PUNTES PROVISIONALES TIPO BAILEY Y PONTONES QUE PODRAN SER UTILIZADOS EN LA ATENCIÓN DE LAS EMERGENCIAS, PREVIA SOLICITUD ESCRITA AL DIRECTOR GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.</p> <p>LOS GASTOS DE TRASLADO E INSTALACIÓN, SERÁN POR CUENTA DEL CENTRO SCT QUE LOS SOLICITE, DE ACUERDO CON LO INDICADO EN EL OFICIO CIRCULAR 107.423.214 DEL 16 DE NOVIEMBRE DE 1999 E INSTRUCTIVO ANEXO.</p>	OFICIO CIRCULAR
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	02	CONOCE DE UNA POSIBLE EMERGENCIA EN LA JURISDICCIÓN DEL CENTRO SCT.	
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	03	<p>ESTABLECE DE INMEDIATO UN <b>CENTRO OPERATIVO</b> A SU CARGO, INTEGRADO POR LOS SIGUIENTES SERVIDORES PÚBLICOS DEL PROPIO CENTRO SCT:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>COORDINADOR GENERAL</b> DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO SCT</li> <li>- <b>COORDINADOR OPERATIVO</b> SUBDIRECTOR DE OBRAS</li> <li>- <b>COORDINADOR ADMINISTRATIVO</b> SUBDIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN</li> <li>- <b>EJECUTOR RESPONSABLE</b> RESIDENTE GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS</li> <li>- <b>EJECUTOR DIRECTO EN OBRA</b> RESIDENTE DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS RESIDENTE DE PUNTES</li> <li>- <b>UNIDAD DE APOYO TÉCNICO</b> JEFE DE LA UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS</li> <li>- <b>UNIDAD DE APOYO MECÁNICO</b> SUPERINTENDENTE GENERAL DE MAQUINARIA</li> <li>- <b>UNIDAD DE APOYO LEGAL</b> JEFE DE LA UNIDAD DE ASUNTOS JURÍDICOS</li> <li>- <b>UNIDAD DE APOYO VIAL</b> COMANDANTE DEL DESTACAMENTO DE LA POLICÍA FEDERAL DE CAMINOS</li> </ul>	MINUTA DE TRABAJO
SUBDIRECCION DE ADMINISTRACIÓN	04	PREPARA ARRENDAMIENTO DE TELÉFONOS SATELITALES MÓVILES PARA LOS CC. SUBDIRECTOR DE OBRAS, RESIDENTE GENERAL DE CONSERVACIÓN, SUPERINTENDENTE GENERAL DEL PARQUE DE MAQUINARIA Y RESIDENTES DE CONSERVACIÓN Y PUNTES.	CONTRATO DE ARRENDAMIENTO

RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
SUBDIRECCION DE ADMINISTRACIÓN	05	PREPARA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS EN EFECTIVO. PARA PAGAR GASTOS URGENTES Y EN SU CASO ENTREGAR FONDOS REVOLVENTES A LOS RESIDENTES DE OBRA, DE PUENTES Y SUPERINTENDENTES DE MANTENIMIENTO ENCARGADOS DE ATENDER LA EMERGENCIA.  EN CASO DE QUE NO SE PRESENTE LA EMERGENCIA, SE DEPOSITARAN DE INMEDIATO LOS RECURSOS EXTRAÍDOS.	RECIBO DE GASTOS POR COMPROBAR  DEPOSITO BANCARIO
SUBDIRECCION DE ADMINISTRACIÓN	06	PREVÉ LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS, SI LA EMERGENCIA SUCEDE EN DÍAS INHÁBILES.	RECIBO DE GASTOS POR COMPROBAR
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	07	ALMACENA 1000 M <sup>3</sup> DE MATERIAL FRICCIONANTE (GRAVA Y ARENA).	PEDIDO Y FACTURA
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	08	ADQUIERE 2000 COSTALES DE ARENA Y 30 TUBOS DE CONCRETO REFORZADO DE 105 CM DE DIÁMETRO COMO MÍNIMO. CABLES, LÁMINAS, ETC.	PEDIDO Y FACTURA
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	09	PREPARA LISTA DE BANCOS DE MATERIALES Y ALMACENES DE MATERIALES INCLUYENDO UBICACIÓN Y CAPACIDAD	RELACION DE BANCOS Y ALMACENES.
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	10	RELACIONA RUTAS ALTERNAS DE CARRETERAS SECUNDARIAS O CAMINOS VECINALES, PARA AQUELLAS CARRETERAS TRONCALES EN LAS QUE EXISTA LA PROBABILIDAD DE QUE SEA INTERRUPTIDO EL PASO EN SU TOTALIDAD	PLANOS Y CROQUIS
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	11	ELABORA LISTA DE POSIBLES DAÑOS EN LOS DISTINTOS TRAMOS DE LA RED CARRETERA, ASÍ COMO LAS SOLUCIONES PROBABLES EN CADA CASO.	RELACION DE LUGARES Y PROPUESTA
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	12	RECOLECTA SEÑALAMIENTO, EN ESPECIAL DE PRECAUCIÓN E INDICADORES DE PELIGRO	ORDEN DE TRASLADO
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	13	PREPARA INVENTARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO DE LOS PARTICULARES CERCANOS AL LUGAR DEL POSIBLE SINIESTRO, PARA TENER LOCALIZADO EL EQUIPO QUE PUEDA REQUERIRSE Y RENTARSE.	INVENTARIO
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	14	PREVÉ EL ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE EN LUGARES ESTRATÉGICOS	PEDIDO Y FACTURA
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	15	PREVIENE  LA DISPONIBILIDAD DE LA SIGUIENTE MAQUINARIA Y EQUIPO, PROPIEDAD DE LA DEPENDENCIA, EN UNA ZONA CERCANA A LOS POSIBLES DAÑOS:  - 1 TRACTOR DE ORUGAS - 1 MOTOCONFORMADORA - 4 CAMIONES DE VOLTEO - 1 CARGADOR FRONTAL - 1 COMPACTADOR - 1 RETROEXCAVADORA - 1 TRACTOCAMIÓN CON CAMA BAJA - 1 EQUIPO DE LUBRICACIÓN MÓVIL	ORDEN DE TRASLADO

RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	15	PREVIENE: LA DISPONIBILIDAD DE VEHÍCULOS DE APOYO, PROPIEDAD DE LA DEPENDENCIA. HERRAMIENTAS DE CAMPO COMO SON: CARRETILLAS, PALAS, PICOS, AZADONES, ETC. EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA EL PERSONAL COMO SON: CHAMARRAS, IMPERMEABLES, CHALECOS, CASCOS, BOTAS, ETC. <b>RESALTANDO EL LOGOTIPO "SCT"</b>	
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	16	PREPARA RELACIÓN DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS QUE ESTÉN TRABAJANDO CERCA DEL POSIBLE LUGAR DE LA EMERGENCIA, PARA SU PROBABLE CONTRATACIÓN.	RELACIÓN POR ESCRITO
SUPERINTENDENCIA GENERAL DE MAQUINARIA	17	FABRICA Y COLOCA EN LUGARES ESTRATÉGICOS DEL ESTADO UN NUMERO NO MENOR DE 6 RAMPAS CONSTRUIDAS CON TUBERÍA DE ACERO Y LONGITUD MÍNIMA DE 10 METROS.	PEDIDO, FACTURA Y ORDEN DE TRABAJO
SUPERINTENDENCIA GENERAL DE MAQUINARIA	18	UBICA ESTRATÉGICAMENTE UNA ESTACIÓN REPETIDORA MÓVIL QUE PERMITA LA COMUNICACIÓN POR RADIO.  PROPORCIONA RADIOS PORTÁTILES AL RESIDENTE GENERAL RESIDENTES DE OBRA, DE PUENTES Y SUPERINTENDENTES DE MANTENIMIENTO.  ESTABLECE EN LA CENTRAL DE RADIOCOMUNICACIÓN, LA DISPONIBILIDAD DE PERSONAL LAS 24 HORAS DEL DÍA.	ORDEN DE TRASLADO
SUPERINTENDENCIA GENERAL DE MAQUINARIA	19	PREVÉ LA DISPONIBILIDAD DE UNA PLANTA DE LUZ PORTÁTIL A BASE DE COMBUSTIBLE CON CAPACIDAD MÍNIMA DE 4 H.P. EN LOS POSIBLES TRAMOS POR DAÑARSE, DE ACUERDO A LA ACTIVIDAD 10.	ORDEN DE TRASLADO
SUPERINTENDENCIA GENERAL DE MAQUINARIA	20	PREPARA RELACIÓN DE RADIOAFICIONADOS, EN COORDINACIÓN CON LA SUBDIRECCION DE COMUNICACIONES DEL CENTRO SCT.	RELACIÓN ESCRITA
SUPERINTENDENCIA GENERAL DE MAQUINARIA	21	TRASLADA LA MAQUINARIA Y EL EQUIPO NECESARIO A LUGARES ESTRATÉGICOS, EN LOS POSIBLES TRAMOS POR DAÑARSE, DE ACUERDO A LA ACTIVIDAD 10, E INDICA ENTRE OTRAS ACTIVIDADES A LOS SUPERINTENDENTES DE MANTENIMIENTO, LO SIGUIENTE:  - PERMANECER EN COORDINACION CON LA RESIDENCIA DE OBRAS Y DE PUENTES, RESPECTO A LA MAQUINARIA Y EQUIPO DISPONIBLE PARA ATENDER LA EMERGENCIA.  - PREVEER EL OPORTUNO SUMINISTRO DE REFACCIONES PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPO.  - PREVENIR EL SUMINISTRO OPORTUNO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES PARA LA MAQUINARIA Y EQUIPO.	ORDEN DE TRASLADO  INDICACIONES VERBALES Y ESCRITAS

RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
		<b>DURANTE LA EMERGENCIA</b>	
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	22	<p>ACUDE A LA ZONA CERCANA EN DONDE SE PRESENTA LA EMERGENCIA, RECABA INFORMACIÓN PRELIMINAR E INSTRUYE A LAS RESIDENCIAS DE CONSERVACION Y DE PUENTES, PARA EFECTUAR UN RECORRIDO POR LOS TRAMOS DAÑADOS, CON EL OBJETO DE EVALUAR EL ESTADO FÍSICO DE LA RED CARRETERA, PARA DEFINIR LAS ACCIONES A SEGUIR.</p> <p>EFECTUA LA APERTURA DE UN DIARIO DE EMERGENCIAS, DONDE SE ANOTARAN LAS ORDENES VERBALES Y ESCRITAS DICTADAS A LAS RESIDENCIAS, ASI COMO LAS ACCIONES REALIZADAS DURANTE EL DIA DE QUE SE TRATE.</p> <p>EN SU CASO Y DE IGUAL MANERA PROCEDERAN LAS RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN, RECONSTRUCCIÓN Y PUENTES.</p>	<p>INFORMES VERBALES</p> <p>DIARIO DE EMERGENCIA</p> <p>INFORMES VERBALES DIARIO DE EMERGENCIA</p>
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	23	INFORMA A LA SUPERIORIDAD DE MANERA CONTINUA LA SITUACIÓN QUE GUARDA LA EMERGENCIA.	INFORMES POR RADIO Y TELÉFONO
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	24	ESTIMA EL SEÑALAMIENTO MÍNIMO POR UTILIZAR, DIURNO Y NOCTURNO.	CÁLCULOS
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	25	GIRA INSTRUCCIONES A LOS RESIDENTES DE OBRA, PARA CONCENTRAR PERSONAL, MAQUINARIA Y EQUIPO NECESARIO AL LUGAR DEL SINIESTRO Y PREPARAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA ENVASADA Y ALIMENTOS.	INSTRUCCIONES VERBALES
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	26	DEFINE RUTAS ALTERNAS POR UTILIZAR.	PLANOS Y CROQUIS
SUBDIRECCIÓN DE OBRAS	27	PERMANECE EN ESTADO DE ALERTA EN EL CENTRO SCT, PARA REALIZAR FUNCIONES DE APOYO Y ENLACE CON OTRAS ÁREAS.	INFORMES POR RADIO, TELEFONICOS Y ESCRITOS
COMANDANCIA DE LA POLICIA FEDERAL DE CAMINOS	28	COORDINA ACTIVIDADES ENTRE EL CENTRO OPERATIVO Y LA CORPORACIÓN DE LA POLICIA FEDERAL DE CAMINOS	REPORTES POR RADIO
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	29	CONSULTA EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL DE LA SECRETARIA DE GOBERNACIÓN, EN LAS DELEGACIONES ESTATALES DE LA SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL Y DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO DEL ESTADO, LA INFORMACIÓN REFERENTE AL POSIBLE SINIESTRO.	INFORMES POR LA VÍA MAS RÁPIDA
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	30	EMITE INFORMES A LA SUPERIORIDAD SOBRE LA SITUACIÓN QUE GUARDA EL SECTOR, CON PERIODICIDAD DE 12 HORAS.	INFORMES POR LA VÍA MAS RÁPIDA
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	31	POR CONDUCTO DEL COMITÉ ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL, EMITE BOLETINES PARA MANTENER INFORMADA A LA POBLACIÓN SOBRE EL ESTADO QUE GUARDA EL SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.	BOLETINES POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	32	COORDINA LAS ACTIVIDADES DEL CENTRO OPERATIVO.	INSTRUCCIONES VERBALES Y POR ESCRITO



RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
		<b>DESPUÉS DE LA EMERGENCIA</b>	
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE RECONSTRUCCIÓN Y DE PUENTES	33	RECORRE EL TRAMO PARA ELABORAR REPORTE DE DAÑOS, OBTENIENDO FOTOGRAFÍAS Y/O VIDEOFILM, CON TODA LA INFORMACIÓN QUE PERMITA DETERMINAR LA MAGNITUD DE LOS DAÑOS OCASIONADOS.	INFORMES FOTOGRAFICOS Y/O VÍDEO
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE RECONSTRUCCIÓN Y DE PUENTES	34	ORDENA A SU PERSONAL ATENCIÓN INMEDIATA PARA REPARAR LOS DAÑOS QUE PERMITAN LA OPERACIÓN DE LA CARRETERA Y DE LOS PUENTES.	INSTRUCCIONES VERBALES
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE RECONSTRUCCIÓN Y DE PUENTES	35	EFFECTÚA LAS ACCIONES PARA REALIZAR LA COLOCACIÓN DE SEÑALAMIENTO ESPECIAL, TRASLADO DEL PERSONAL, MAQUINARIA Y EQUIPO.	INSTRUCCIONES VERBALES
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE RECONSTRUCCIÓN Y DE PUENTES	36	INFORMA A LA RESIDENCIA GENERAL SOBRE LOS DAÑOS QUE REBASAN LA CAPACIDAD INSTALADA Y SOLICITA APOYO COMPLEMENTARIO DE MAQUINARIA, MANO DE OBRA Y MATERIALES.	INFORMES POR RADIO Y TELÉFONO
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE RECONSTRUCCIÓN Y DE PUENTES	37	EVALÚA LOS DAÑOS SUFRIDOS, CALCULA UN COSTO APROXIMADO E INFORMA A LA RESIDENCIA GENERAL.	CROQUIS E INFORMES POR ESCRITO
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	38	RECIBE INFORMES, VERIFICA VOLÚMENES DE OBRA, PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION O RECONSTRUCCIÓN, IMPORTES E INFORMA A LA UNIDAD GENERAL SERVICIOS TÉCNICOS, LA PARTE EN QUE DEBA INTERVENIR.	INFORME Y CÁLCULOS POR ESCRITO
CENTRO OPERATIVO	39	ELABORA ACTA CIRCUNSTANCIADA DETALLANDO LOS DAÑOS OCASIONADOS Y LAS ACCIONES PARA REHABILITAR EL PASO VEHICULAR EN PUENTES Y TRAMOS CARRETEROS. ACTA QUE SERÁ FIRMADA DE CONFORMIDAD POR EL PERSONAL QUE INTEGRA EL CENTRO OPERATIVO.	ACTA CIRCUNSTANCIADA
DIRECCIÓN GENERAL CENTRO SCT	40	SOLICITA EN SU CASO AL DIRECTOR GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS LOS PUENTES PROVISIONALES TIPO BAILEY Y PONTONES NECESARIOS.	SOLICITUD ESCRITA ENVIADA POR LA VÍA MÁS RÁPIDA.
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	41	RECIBE SOLICITUD Y POR MEDIO DE OFICIO AUTORIZA LA SALIDA DE LOS PUENTES PROVISIONALES Y PONTONES AL LUGAR DE LA EMERGENCIA	OFICIO
UNIDAD DE ASUNTOS JURÍDICOS	42	RECABA INFORMACIÓN Y PRUEBAS QUE SUSTENTEN LEGALMENTE LAS ACCIONES TOMADAS POR EL CENTRO OPERATIVO PARA ATENDER LA EMERGENCIA, DE ACUERDO CON EL ACTA CIRCUNSTANCIADA	INFORMES, REPORTES, FOTOS, VIDEOS Y OTROS

RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS	43	COORDINADAMENTE CON LA RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS, RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN, DE RECONSTRUCCIÓN Y DE PUENTES RECORRE LOS TRAMOS AFECTADOS, A FIN DE OBTENER INFORMACION Y ESTAR EN POSIBILIDADES DE EMITIR EL DICTAMEN TECNICO, SOBRE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS A SEGUIR, PARA LOS TRAMOS Y TIPO DE OBRAS PARA DRENAJE MAYOR Y MENOR, ASÍ COMO DE PUENTES.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS	44	REALIZA PRUEBAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES POR UTILIZAR Y PROPONE BANCOS DE MATERIALES PETREOS POR UTILIZAR.	REPORTES POR ESCRITO
SUBDIRECCIÓN DE OBRAS	45	INTEGRA CON CIFRAS APROXIMADAS CATALOGO DE CONCEPTOS, VOLÚMENES DE OBRA, PRESUPUESTO CON PRECIOS UNITARIOS DE TABULADOR DE LA DEPENDENCIA, ACTUALIZADOS SEGUN LOS AJUSTES DE COSTOS O RELATIVOS DE LA SECODAM. PROGRAMAS DE OBRAS Y EMITE DICTAMEN TÉCNICO. PARA LA AUTORIZACION DE LOS PRECIOS UNITARIOS	DICTAMEN TÉCNICO
SUBDIRECCIÓN DE OBRAS	46	DETERMINA DE ACUERDO CON EL DICTAMEN TÉCNICO. LOS TRABAJOS QUE SE REALIZARAN POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA Y POR CONTRATO, DANDO AVISO POR ESCRITO A LA RESIDENCIA GENERAL. PARA QUE INICIEN DE INMEDIATO LOS TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA.	INFORME POR ESCRITO
SUBDIRECCION DE OBRAS	47	ANALIZA Y SELECCIONA LAS EMPRESAS CON CAPACIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA, DE ACUERDO CON LA RELACIÓN CITADA EN LA ACTIVIDAD 15 E INFORMA A LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT.	ANÁLISIS POR ESCRITO. INFORME POR ESCRITO.
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	48	RECIBE INFORME DE LA SUBDIRECCION DE OBRAS Y SOLICITA OPINIÓN A LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS.	INFORME POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS	49	RECIBE SOLICITUD DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT Y EMITE OPINIÓN	OPINIÓN POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	50	RECIBE Y TRASLADA OPINIÓN A LA SUBDIRECCIÓN DE OBRAS. CON INSTRUCCIONES AL RESPECTO	INSTRUCCIONES POR ESCRITO
SUBDIRECCION DE OBRAS	51	RECIBE OPINIÓN E INSTRUCCIONES Y PROCEDE A EJECUTARLAS. COMUNICANDO POR ESCRITO LAS INSTRUCCIONES A LA RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS.	INSTRUCCIONES POR ESCRITO
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS	52	RECIBE COMUNICACIÓN DE LA SUBDIRECCION DE OBRAS Y PROCEDE A DICTAR INSTRUCCIONES A LAS RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN, PARA QUE INICIEN LOS TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA Y LES COMUNICA LOS TRABAJOS QUE SE EJECUTARÁN POR CONTRATO	INSTRUCCIONES POR ESCRITO

RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
		<b>ADJUDICACIÓN DIRECTA DE CONTRATOS DE OBRA PÚBLICA</b>	
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	53	ENTREGA INVITACIÓN A LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS CERCANAS PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS DE EMERGENCIA, CON PRECIOS PROVISIONALES DE TABULADOR DE LA SCT, ACTUALIZADOS SEGUN AJUSTES DE COSTOS O RELATIVOS DE LA SECODAM, DE ACUERDO CON LA SELECCIÓN INDICADA EN LA ACTIVIDAD 44 E INFORMA A LA SUBDIRECCIÓN DE OBRAS.	INVITACIÓN POR ESCRITO
SUBDIRECCIÓN DE OBRAS	54	RECIBE INVITACIÓN ACEPTADA POR LA EMPRESA Y PROCEDE A ELABORAR CONTRATO DE OBRA PÚBLICA, FUNDAMENTADO EN EL ARTÍCULO 42 FRACCIÓN V DE LA LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LA MISMA CON CIFRAS PROVISIONALES, INDICANDO EL TIPO DE PRECIOS QUE REGIRÁN EN EL CONTRATO.  LOS PRECIOS FUERA DE TABULADOR SERÁN ANALIZADOS Y CONCILIADOS ENTRE LA RESIDENCIA DE OBRAS Y LA CONTRATISTA, AGREGANDO LOS JUSTIFICANTES DE LOS INSUMOS, MANO DE OBRA, MAQUINARIA Y EQUIPO	CONTRATO DE OBRA PUBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT.	55	FORMALIZA CONTRATO MEDIANTE FIRMAS DEL PERSONAL DEL CENTRO SCT QUE INTERVIENE Y DE LA PROPIA EMPRESA.	CONTRATO DE OBRA PUBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT.	56	CADA FIN DE MES INFORMA CONTRATACIÓN A LA CONTRALORIA INTERNA EN LA SCT, ANEXANDO COPIA DEL DICTAMEN QUE SIRVIÓ DE BASE	INFORME POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	57	RECIBE INFORME DE CONTRATACION Y ELABORA ACUERDO CON LA SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA CELEBRAR CONTRATOS DE SUPERVISIÓN DE OBRA.	ACUERDO
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y EMPRESA CONSTRUCTORA	58	ANALIZAN Y DETERMINAN LOS PRECIOS UNITARIOS DEFINITIVOS CON LAS CONDICIONES REALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, PARA SU AUTORIZACIÓN Y PAGO POR PARTE DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
		<b>TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA.</b>	
SUBDIRECCION DE ADMINISTRACIÓN	59	PROPORCIONA FONDO REVOLVENTE A LAS RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE PUENTES Y SUPERINTENDENCIAS DE MANTENIMIENTO PARA GASTOS EMERGENTES	RECIBO DE GASTOS POR COMPROBAR
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE PUENTES Y SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO	60	RECIBE FONDO REVOLVENTE Y EFECTÚA COMPRA DE BIENES Y SERVICIOS NECESARIOS, PROCURANDO RECABAR DOCUMENTOS COMPROBATORIOS QUE REÚNAN LOS REQUISITOS FISCALES	RECIBO DE GASTOS POR COMPROBAR

RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
		EN AQUELLOS CASOS QUE NO SEA POSIBLE OBTENERLOS. SE DEBE ELABORAR UN RECIBO DE PAGO QUE INDIQUE FECHA, CONCEPTO DEL GASTO, IMPORTE, NOMBRE, FIRMA Y DOMICILIO DE QUIEN RECIBE EL PAGO Y FORMULA UNA "RELACIÓN DE GASTOS EXENTOS DE COMPROBACIÓN" DETALLANDO FECHA, CONCEPTO, IMPORTE DEL GASTO Y TOTAL DE GASTOS, QUE DEBERÁ ESTAR AUTORIZADA POR LA RESIDENCIA GENERAL Y/O SUPERINTENDENCIA GENERAL DEL PARQUE DE MAQUINARIA.	RELACIÓN DE GASTOS EXENTOS DE COMPROBACIÓN
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE PUENTES Y SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO	61	CONTRATA DE SER NECESARIO, PERSONAL EVENTUAL DE LA MISMA LOCALIDAD, APLICANDO EL TABULADOR SALARIAL DE LA SCT. EL PAGO SE REALIZA EN EFECTIVO MEDIANTE "LISTA DE RAYA", FIRMADA POR EL PROPIO PERSONAL Y AUTORIZADA POR LA RESIDENCIA GENERAL.	LISTA DE RAYA
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE PUENTES Y SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO	62	PAGA EN EFECTIVO GASTOS NECESARIOS PARA ATENDER LA EMERGENCIA, RECABA LOS COMPROBANTES, O EN SU CASO ELABORA RECIBO DE PAGO DE GASTOS EXENTOS DE COMPROBACIÓN.	FACTURAS, RECIBOS DE PERSONAS NO REGISTRADAS FISCALMENTE
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE PUENTES Y SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO	63	COMPRUEBA ANTE LA SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN LOS GASTOS EFECTUADOS Y EN SU CASO SOLICITA UNA REPOSICIÓN HASTA EL IMPORTE INICIAL QUE SE LE PROPORCIONÓ.	COMPROBANTES VARIOS
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE PUENTES Y SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO	64	DEVUELVE A LA SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN EN EFECTIVO O DOCUMENTOS EL FONDO REVOLVENTE QUE SE LE OTORGÓ, E INFORMA POR ESCRITO A LA RESIDENCIA GENERAL.	RECIBO DE GASTOS POR COMPROBAR
SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN	65	RECIBE DOCUMENTOS COMPROBATORIOS DE LOS GASTOS EFECTUADOS, EN SU CASO REPONE EL FONDO Y AL TÉRMINO DE LA ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA RECUPERA LOS FONDOS REVOLVENTES OTORGADOS EN EFECTIVO O EN DOCUMENTOS	RECIBO DE GASTOS POR COMPROBAR
SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN	66	REGISTRA OPERACIONES Y DEPOSITA EN BANCO EL EFECTIVO RECOGIDO.	DEPOSITO BANCARIO
<b>TRABAJOS POR CONTRATO</b>			
SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN	67	RECIBE DOCUMENTOS COMPROBATORIOS DE GASTOS Y ESTIMACIONES DE OBRA PUBLICA A CONTRATO, DERIVADOS DE LA EMERGENCIA, REvisa, AUTORIZA, REGISTRA Y PAGA A LOS BENEFICIARIOS INICIALMENTE CON CARGO A LAS DISPONIBILIDADES PRESUPUESTALES DEL CENTRO SCT.	PEDIDOS, FACTURAS, CONTRATOS DE SERVICIOS, NOMINAS ORDINARIAS Y EXTRAORDINARIAS, VIÁTICOS, GASTOS DE ALIMENTACIÓN, ESTIMACIONES DE OBRA PUBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO S.C.T	68	INFORMA MONTO APROXIMADO DEL COSTO DE LA EMERGENCIA A LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y DIRECCIÓN GENERAL DE PROGRAMACIÓN, ORGANIZACIÓN Y PRESUPUESTO.	INFORME POR ESCRITO

RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	69.	RECIBE INFORME DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT SOBRE EL COSTO DE LA EMERGENCIA Y ELABORA ACUERDO PARA LA SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA. Y GESTIONA EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE PROGRAMACIÓN, ORGANIZACIÓN Y PRESUPUESTO LA RADICACIÓN DE RECURSOS AL CENTRO SCT.	INFORME POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DE PROGRAMACIÓN, ORGANIZACIÓN Y PRESUPUESTO.	70	RECIBE INFORME Y ACUERDO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT Y DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS SOBRE EL COSTO DE LA EMERGENCIA. CONCILIA CIFRAS Y GESTIONA OBTENCIÓN DE RECURSOS.	INFORME POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DE PROGRAMACIÓN, ORGANIZACIÓN Y PRESUPUESTO.	71	OBTIENE Y RADICA RECURSOS AL CENTRO SCT, E INFORMA A LA SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT.	INFORME POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	72	RECIBE INFORME Y RECURSOS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE PROGRAMACIÓN, ORGANIZACIÓN Y PRESUPUESTO, PARA ATENDER LA EMERGENCIA Y REGULARIZA SU PRESUPUESTO ANUAL.	INFORME POR ESCRITO
		<p><b>FONDO DE DESASTRES NATURALES</b></p> <p>SI LOS DAÑOS OCASIONADOS POR EL DESASTRE NATURAL FUERON DE TAL MAGNITUD QUE HUBO DECLARATORIA DE EMERGENCIA, SE PODRA ACCEDER A LOS RECURSOS ECONÓMICOS DEL FONDEN, PARA LO CUAL SE DEBEN TENER PRESENTES LAS REGLAS DE OPERACIÓN DEL FONDO DE DESASTRES NATURALES, PUBLICADAS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 29 DE FEBRERO DEL 2000.</p> <p>NO OBSTANTE LO ANTERIOR, LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES DE LAS RESIDENCIAS GENERALES DE CONSERVACIÓN SEGUIRÁN SIENDO IGUALES, LA ÚNICA VARIABLE SERA EL ORIGEN DE LOS RECURSOS Y EL PROCEDIMIENTO PARA LA PRESENTACIÓN Y PAGO DE LAS ESTIMACIONES DE OBRA A CONTRATO.</p>	
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y DE PUENTES	73	COMUNICA A LA RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS, LA TERMINACION DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS POR ADMINISTRACION DIRECTA O POR CONTRATO POR CONTRATO REQUIERE A LA EMPRESA LA FIANZA DE VICIOS OCULTOS Y ELABORA ACTAS DE ENTREGA-RECEPCIÓN.	AVISO DE TERMINACIÓN DE OBRA ACTA DE ENTREGA RECEPCIÓN
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS.	74	RECIBE DE LAS RESIDENCIAS DE OBRA, INFORME DE TERMINACION DE LOS TRABAJOS Y COMUNICA A LA SUBDIRECCION DE OBRAS LA TERMINACION DE LOS TRABAJOS YA SEA POR ADMINISTRACION DIRECTA O POR CONTRATO, REMITIENDO LA FIANZA DE VICIOS OCULTOS.	INFORME POR ESCRITO Y FIANZA DE VICIOS OCULTOS.

RESPONSABLE	Nº	ACTIVIDAD	DOCUMENTO
SUBDIRECCION DE OBRAS	75	RECIBE INFORME DE LA RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y ELABORA OFICIO PARA COMUNICAR LA TERMINACIÓN DE TRABAJOS A LA SECRETARIA DE CONTRALORIA Y DESARROLLO ADMINISTRATIVO, SECRETARIA DE HACIENDA Y CRÉDITO PUBLICO Y A OFICINAS CENTRALES DE LA SCT, CON LA FIRMA DE LA DIRECCION GENERAL DEL CENTRO SCT.	OFICIO DE TERMINACION DE TRABAJOS
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	76	RECIBE, FIRMA Y ENVÍA OFICIO A LAS DIVERSAS AUTORIDADES, COMUNICANDO LA TERMINACIÓN DE LOS TRABAJOS.	OFICIO
SUBDIRECCION DE OBRAS, RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS Y SUPERINTENDENCIA GENERAL DEL PARQUE DE MAQUINARIA.	77	<p>INTEGRA DOCUMENTACIÓN COMPROBATORIA DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA Y POR CONTRATO:</p> <p><b>POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOCUMENTOS PAGADOS CON FONDO REVOLVENTE</li> <li>• DOCUMENTOS PAGADOS VÍA LÍNEA DE CRÉDITO.</li> </ul> <p><b>POR CONTRATO: (LIBROS BLANCOS)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DIARIO DE OBRA</li> <li>• ACTA CIRCUNSTANCIADA</li> <li>• ÁLBUM FOTOGRÁFICO DE DAÑOS SUFRIDOS</li> <li>• ACUERDO CON EL C. SUBSECRETARIO DE INFRAESTRUCTURA PARA LA AUTORIZACIÓN DE LA CONTRATACIÓN SIN MEDIAR LICITACIÓN PUBLICA. (ADJUDICACIÓN DIRECTA).</li> <li>• DICTAMEN TÉCNICO</li> <li>• INVITACIÓN INMEDIATA A LAS EMPRESAS</li> <li>• INICIO INMEDIATO DE LOS TRABAJOS (BITÁCORA)</li> <li>• DATOS BÁSICOS DE COSTOS.</li> <li>• ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS, DE COSTOS INDIRECTOS Y DE COSTOS DE FINANCIAMIENTO</li> <li>• PROGRAMAS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, DE LA UTILIZACIÓN DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN, DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES Y EQUIPO DE INSTALACIÓN PERMANENTE Y UTILIZACIÓN DE PERSONAL TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y DE SERVICIOS.</li> <li>• CATALOGO DE CONCEPTOS.</li> <li>• CONTRATO</li> <li>• BITACORA DE OBRA</li> <li>• ESPECIFICACIONES GENERALES</li> <li>• AVISO DE INICIACIÓN Y CONTROL DE OBRA</li> </ul>	<p>DOCUMENTOS VARIOS</p> <p>PEDIDOS, FACTURAS CONTRATOS, RELACIÓN DE PAGOS EXENTOS DE COMPROBACIÓN, ETC</p>

RESPONSABLE	Nº	A C T I V I D A D	DOCUMENTO
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• FIANZA PARA GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO DEL CONTRATO</li> <li>• FIANZAS PARA GARANTIZAR LA CORRECTA INVERSIÓN DE LOS ANTICIPOS</li> <li>• ESTIMACIONES Y NUMEROS GENERADORES</li> <li>• REVALIDACIONES Y CONVENIOS AL CONTRATO</li> <li>• SECCIONES TRANSVERSALES</li> <li>• OFICIOS DE SOLICITUD DE PRORROGAS AL PROGRAMA Y DE LA AUTORIZACIÓN CORRESPONDIENTE</li> <li>• OFICIOS DE SOLICITUD DE AJUSTES DE COSTOS Y DE AUTORIZACIÓN CORRESPONDIENTE</li> <li>• REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD</li> <li>• ÁLBUM FOTOGRÁFICO ( ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LA OBRA)</li> <li>• CONTROL DE AVANCE DE OBRA</li> <li>• CONCENTRADO DE VOLÚMENES DE OBRA POR CONCEPTO</li> <li>• DOCUMENTO COMPROBATORIOS DE PAGO DE ESTIMACIONES</li> <li>• OFICIO DE SOLICITUD Y DE AUTORIZACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS EXTRAORDINARIOS Y ANÁLISIS CORRESPONDIENTES</li> <li>• OFICIO DE COMUNICACIÓN A LA CONTRALORÍA INTERNA EN LA SCT SOBRE LOS CONTRATOS CELEBRADOS DE ACUERDO CON EL ARTICULO 41 CUARTO PÁRRAFO DE LA LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LA MISMA.</li> <li>• ACTA CIRCUNSTANCIADA Y DEMÁS DOCUMENTOS RELATIVOS, EN LOS CASOS DE RESCISIÓN</li> <li>• PLANOS ACTUALIZADOS</li> <li>• AVISO DE TERMINACIÓN Y RECEPCIÓN DE OBRA</li> <li>• ESTIMACIÓN DE FINIQUITO</li> <li>• FIANZA CONTRA VICIOS OCULTOS O CUALQUIER OTRA RESPONSABILIDAD EN QUE HUBIERE INCURRIDO EL CONTRATISTA</li> <li>• ACTA DE ENTREGA - RECEPCIÓN</li> <li>• CORRESPONDENCIA DEPENDENCIA- CONTRATISTA Y OFICINAS CENTRALES- RESIDENCIA DE SUPERVISIÓN.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>SI EL CONTRATO FUE POR INVITACIÓN A CUANDO MENOS TRES PERSONAS, EL EXPEDIENTE DEBERÁ ADECUARSE AL ORDEN ANTES CITADO.</b></p>	

RESPONSABLE	Nº	ACTIVIDAD	DOCUMENTO
		<p align="center"><b>ASEGURAMIENTO INTEGRAL DE LA RED CARRETERA FEDERAL PAVIMENTADA LIBRE DE PEAJE</b></p> <p>SI LAS CARACTERÍSTICAS Y MONTOS DE LOS DAÑOS OCASIONADOS POR EL DESASTRE NATURAL; SE ENCUADRAN DENTRO DE LOS SUPUESTOS ESTABLECIDOS EN EL SEGURO CARRETERO, LA SCT Y LA COMPAÑÍA ASEGURADORA ESTABLECERÁN RELACIÓN INMEDIATA PARA LA EVALUACIÓN FÍSICA Y MONETARIA DE LOS DAÑOS, CON EL APOYO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y DE LAS RESIDENCIAS GENERALES DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, HASTA LLEGAR A UNA CIFRA CONCILIADA QUE SERÁ ENTERADA A FAVOR DE LA TESORERÍA DE LA FEDERACIÓN. DE ACUERDO CON EL CONTRATO CELEBRADO QUE LES FUE ENVIADO A LOS DIRECTORES GENERALES DE CENTROS SCT MEDIANTE EL OFICIO CIRCULAR NÚMERO 107.307.130/99 DE FECHA 18 DE NOVIEMBRE DE 1999.</p>	
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	78	ATIENDE AL PERSONAL DE LOS ÓRGANOS DE CONTROL QUE PRACTICAN AUDITORÍAS Y EN SU CASO DESAHOGAN LAS OBSERVACIONES QUE SE DERIVEN AL RESPECTO.	OFICIO DE COMISIÓN CÉDULA DE OBSERVACIONES Y DE SEGUIMIENTO
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	79	DEVUELVE MEDIANTE OFICIO A LAS RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN "TEXCOCO" Y "VERACRUZ" LOS PUENTES PROVISIONALES TIPO BAILEY Y PONTONES UTILIZADOS EN LA EMERGENCIA Y QUE FUERON SOLICITADOS PREVIAMENTE A LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.	OFICIO



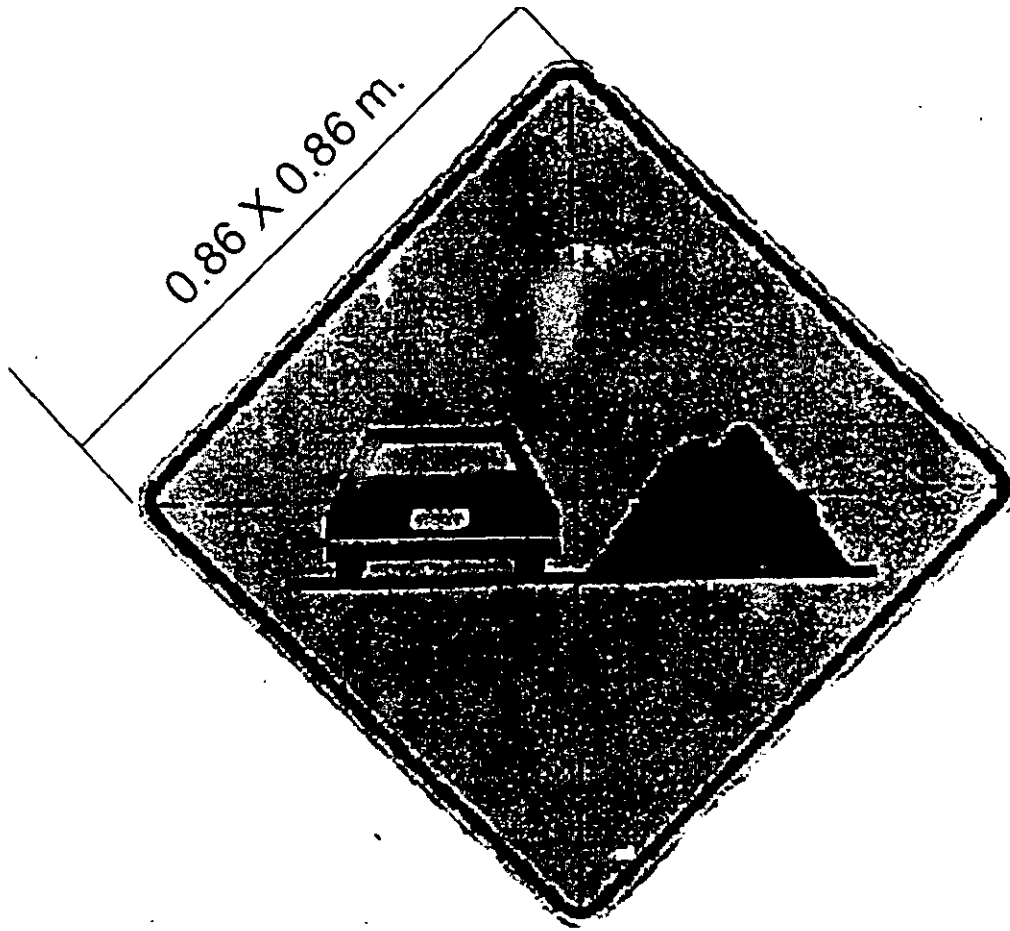
# **ANEXO VIII**

**Señalamiento más comúnmente  
utilizado en una Emergencia**

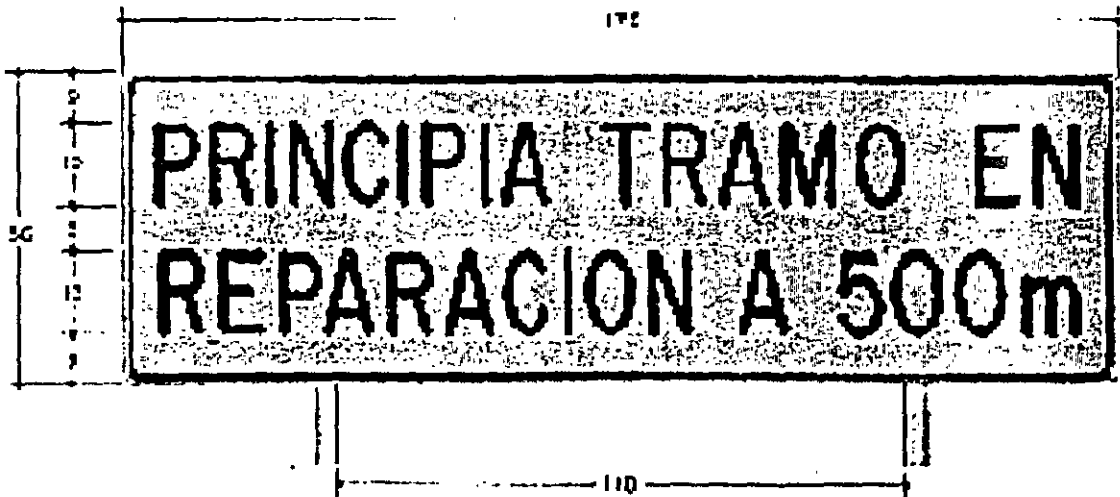
Fuente: Manual de dispositivos para control de  
tránsito en calles y carreteras



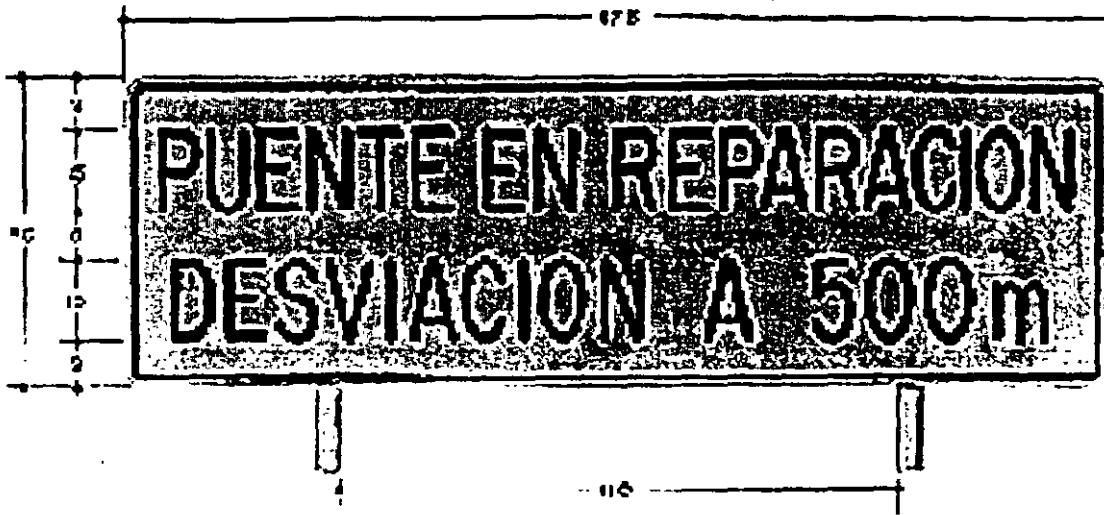
DPP – OBRAS EN EL CAMINO



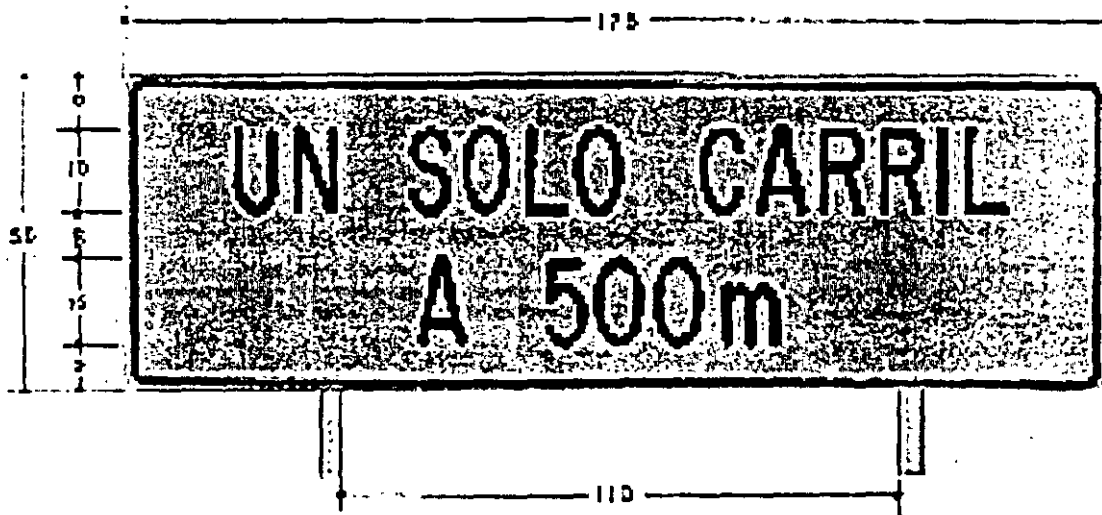
DPP – MATERIAL ACAMELLONADO



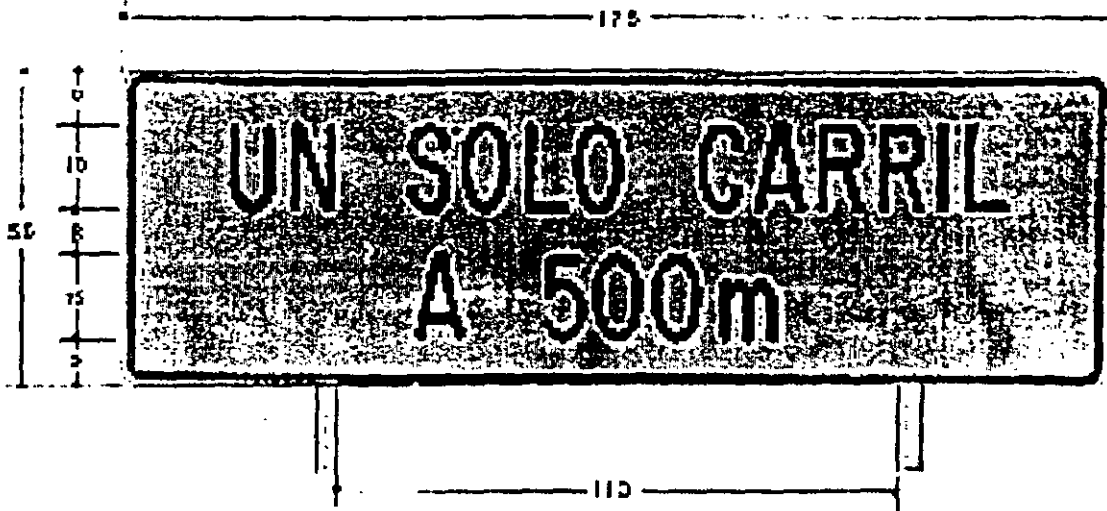
DPI SEÑALES PREVIAS



DPI SEÑALES PREVIAS



DPI SEÑALES PREVIAS



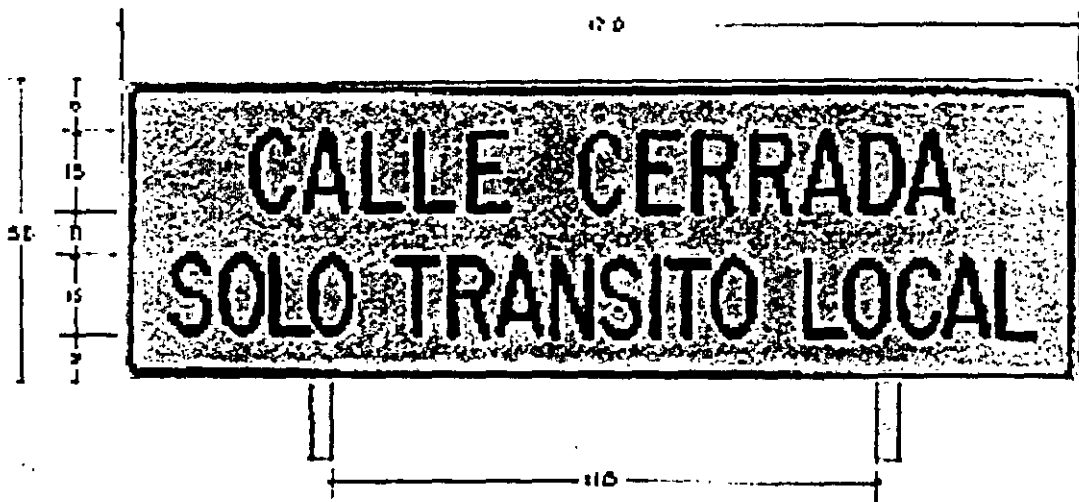
DPI SEÑALES PREVIAS



DPI SEÑALES PREVIAS



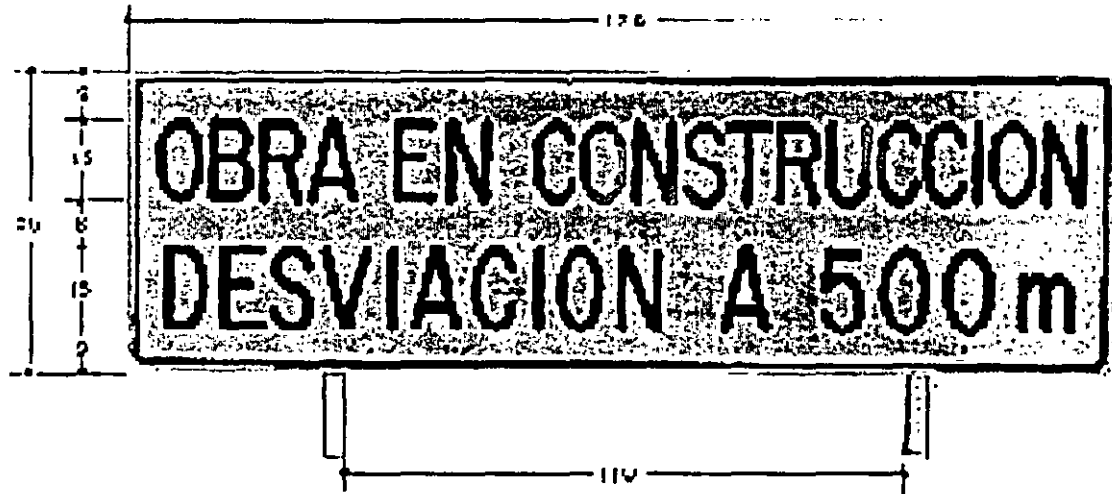
DPI-8 SEÑALES DECISIVAS



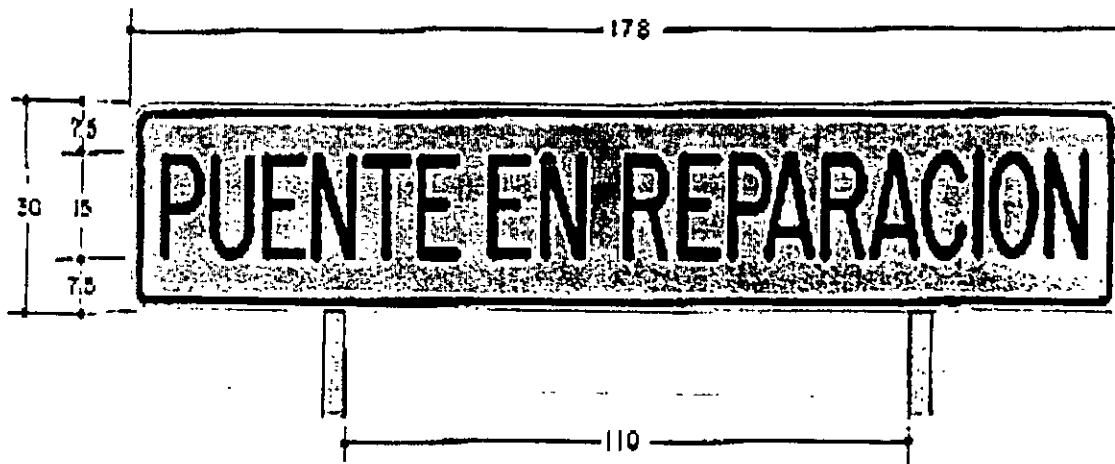
DPI SEÑALES PREVIAS



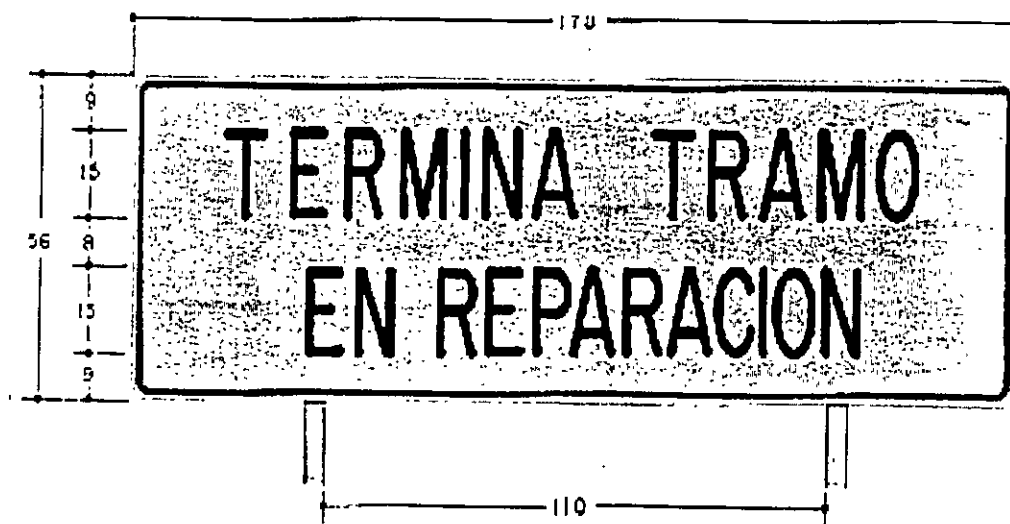
DPI SEÑALES PREVIAS



DPI SEÑALES PREVIAS



DPI-8 SEÑALES DECISIVAS

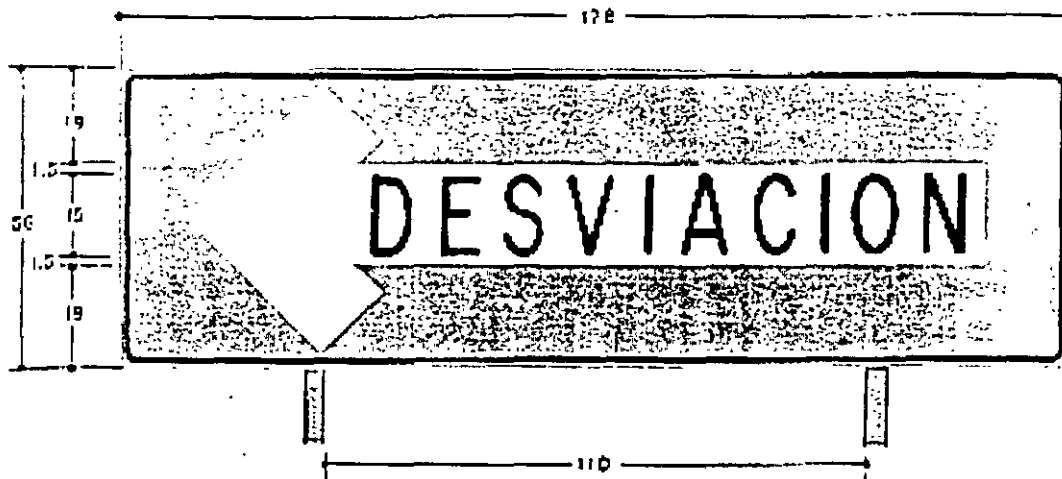


DPI-9 SEÑALES CONFIRMATIVAS





DPI SEÑALES PREVIAS



DPI SEÑALES PREVIAS

# **ANEXO IX**

Prontuario de Materiales y Conceptos

# Prontuario de Materiales y Conceptos

## A.- ANTES DE LA EMERGENCIA

- a1.- Establecer un centro operativo en la Dirección General del Centro S.C.T.
- a2.- Rentar teléfonos celulares o satelitales para el Subdirector de Obra, Residente General de Conservación de Carreteras y Superintendente General del Parque de Maquinaria.
- a3.- Hacer acopio de señalamiento preventivo, en especial de precaución, indicadores de peligro y fantasmas.
- a4.- Fabricar y colocar en lugares estratégicos de la Entidad Federativa, un número no menor de seis rampas construidas con tubería de acero cédula 40 de 10 pulgadas de diámetro o rieles de tren etc. y con longitud mínima de 10.0 m de largo y 3.5 m de ancho
- a5.- Se deberá contar con 2,000 costales de arena y 30 tubos de concreto reforzado de 120 centímetros de diámetro como mínimo.
- a6.- Todas las Residencias en que pueda presentarse una emergencia deberán contar con un almacén de material friccionante (grava y arena), cuyo volumen no debe ser menor de 1,000 m<sup>3</sup>.
- a7.- Elaborar un inventario de los recursos disponibles, maquinaria y equipo de los particulares.
- a8.- Se trasladará la maquinaria y el equipo necesario a puntos estratégicos.
- a9 - Las Residencias Generales de Conservación de Carreteras deberán contar como mínimo de maquinaria y equipo:
  - Un tractor de oruga
  - Una motoconformadora
  - Cuatro camiones de volteo
  - Un cargador
  - Un compactador
  - Una retroexcavadora
  - Una camioneta taller-móvil de las que existen en los parques de maquinaria y un tracto camión con su cama baja para realizar los movimientos de maquinaria o tubos.

- a10.- Prever la disponibilidad de recursos en efectivo para solventar la adquisición en la región de todo lo que sea necesario para atender la contingencia en forma urgente.
- a11.- Se deberá disponer de una estación repetidora móvil que permita la comunicación por radio.
- a12.- Se preverá la disponibilidad de una planta de luz portátil a base de combustible, de por lo menos 4HP.
- a13.- Se deberá prever el almacenamiento de combustible en lugares estratégicos.
- a14.- Se elaborará un inventario de radioaficionados.
- a15.- Contar con una lista de bancos y almacenes de materiales en la que se incluya su ubicación y capacidad, se tendrá una cantidad destinada a emergencia de todo tipo de material de que se disponga.
- a16.- Es conveniente tener un inventario de rutas alternas ya sea por medio de carreteras secundarias o caminos vecinales, para aquellas carreteras troncales en las que exista la probabilidad de que sea interrumpido el paso en su totalidad.
- a17.- Elaborar una lista de posibles daños que pudieran ser causados en los distintos tramos de la red carretera, así como soluciones probables en cada caso.
- a18.- Las autoridades del Centro SCT y de nivel central deberán repasar todas las actividades previas.

## **B.- DURANTE LA EMERGENCIA.**

- b1.- Los integrantes del Centro Operativo, deberán de trasladarse de inmediato a las zonas donde se esté dando la situación de emergencia, recabando y valorando el estado físico de la red a cargo del Centro S.C.T , con el fin de ejecutar las acciones que correspondan tales como:
  - A).- Informar de manera continua por la vía más rápida y oportuna la situación que guarda la emergencia.
  - B).- Necesidades mínimas indispensables de señalamiento diurno y nocturno
  - C).- Acopio y concentración de personal, maquinaria, equipo y señalamiento necesario.
  - D).- Definir en su caso las rutas alternas a utilizar.

**E).- Alternativas probables de solución (preliminar):**

- b2.- El Subdirector de Obras del Centro S.C.T. permanecerá de guardia en el Centro de Operaciones.
- b3.- Un elemento de la Policía Federal de Caminos, con rango mínimo de Segundo Comandante, deberá servir de enlace entre el centro operativo y la corporación.
- b4.- Consultar la información sobre a las características de la Emergencia, disponible en la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación y en las Delegaciones Estatales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, y de la Comisión Nacional del Agua y Dependencias del Gobierno del Estado.
- b5.- Preparar un informe sobre la situación que guarda el sector cada 12 horas o menos si las condiciones de operación cambian.
- b6.- Por conducto del Comité Estatal de Protección Civil, emitir boletines para mantener informada a la población sobre el estado que guarde la infraestructura carretera del Sector Comunicaciones y Transportes.
- b7.- El personal de la S.C.T. debe contar con gorras o cascos con logotipo así como el vestuario de protección (botas, chalecos, etc.).
- b8.- En caso de que durante la emergencia se afecte un puente, deberá estudiarse la conveniencia de instalar un puente provisional tipo Bailey o de Pontones.
- b9.- Repasar puntos importantes.
- b10.- De acuerdo con el artículo 26 de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas vigente, los trabajos se ejecutan:
  - a.- Trabajos por administración  
(Se efectúan en la etapa de "Pasos provisionales")
  - b.- Trabajos por contrato  
(Se efectúan en la etapa de "Reconstrucción de obra dañada")

**C.- DESPUES DE LA EMERGENCIA**

- c1.- El objetivo principal es restablecer la comunicación, es decir, dar paso en el sitio en que el fenómeno natural causó el daño, en forma provisional y en el menor tiempo posible.

- 1).- El Residente de Conservación debe realizar recorridos para el levantamiento del reporte de daños, obteniendo toda la información que permita determinar la magnitud de los mismos para la elaboración del acta circunstanciada y dictamen técnico.
- 2).- Respuesta inmediata del Residente; con la capacidad instalada gira instrucciones de las acciones a realizar, como colocación de señalamiento preventivo; traslado del personal, maquinaria y equipo.
- 3).- Si la magnitud de los daños rebasa la capacidad instalada, el Residente informa a la Residencia General y solicita el apoyo complementario (maquinaria, mano de obra, materiales).
- 4).- En esta etapa, todas las actividades las realiza la Dependencia manejándose los rubros de salarios, servicios y adquisiciones.
- 5).- Se deberá establecer una estrategia para determinar el procedimiento constructivo a seguir para dar solución a cada lugar crítico donde se tenga la destrucción o el daño considerable al camino o alguna estructura, puente, etc.

## **C2.- RECONSTRUCCIÓN DE OBRAS DAÑADAS**

Realizar trabajos de atención inmediata, que permitan la operación de las carreteras en forma provisional, se debe integrar la documentación para proceder a la contratación de los trabajos definitivos.

Es importante recalcar que dicha documentación, debe ser elaborada en el menor tiempo posible.

1. Tomar en consideración que una vez que se cuenten los estudios y proyectos definitivos, deben efectuarse los ajustes a los contratos, cuidando de no rebasar los porcentajes que señala la nueva ley de obras públicas para efectuar convenios, ya que los montos que autorice el Fonden, no pueden incrementarse bajo ninguna circunstancia.
2. Cuando los compromisos contractuales rebasen el año fiscal, los centros S.C.T. Deben hacer las gestiones para informar y solicitar autorización de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con base en los artículos 30 de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal y los artículos 7, 23 de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.
3. Se ratifica que los Centros S.C.T. deben considerar y prever los gastos de operación (indirectos) y supervisión cuando las obras comprendan dos ejercicios fiscales dentro de sus propuestas.

# **ANEXO X**

Guía para el envío de puentes provisionales tipo BAYLE y de Pontones a cualquier Centro S.C.T.

**GUÍA PARA EL ENVÍO DE PUENTES PROVISIONALES TIPO BAILEY Y DE PONTONES A CUALQUIER CENTRO SCT EN UNA SITUACION DE EMERGENCIA**

SITUACION	ACCIONES	RESPONSABLE(S)
1. Se presenta una situación eventual de emergencia que corta el paso en algún punto de la red federal, lo que demanda la probable instalación de un puente Bailey o de pontones	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Se lleva a cabo la revisión del punto interrumpido y se evalúa la instalación de un puente Bailey o de pontones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Residente General de Conservación de Carreteras del Centro SCT en emergencia</li> <li>◊ Residente de Puentes del Centro SCT en emergencia</li> <li>◊ Dirección General Adjunta Técnica de la DGCC</li> </ul>
2. Se determina la necesidad de utilizar estructuras de un puente Bailey o de pontones	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Se solicita al C. Director General de Conservación de Carreteras la autorización para utilizar un puente Bailey o de pontones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Director General del Centro SCT en emergencia.</li> </ul>
3. El C. Director General de Conservación de Carreteras instruye el envío de un puente Bailey o de pontones	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Se hacen los preparativos para enviar las estructuras del puente al punto requerido. Entre estos preparativos se encuentran:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruir al personal de la Residencia de Texcoco o de Veracruz para que organice el equipo y se tengan los recursos necesarios para llevar a cabo la carga de las estructuras tales como personal, maquinas, combustibles, etc.</li> <li>• Instruir al Superintendente General del Parque de Maquinaria del Centro SCT en emergencia para que informe la ruta más adecuada para llegar al sitio de conflicto.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Jefe del Departamento de Supervisión de Maquinaria.</li> <li>◊ Residente (s) Generales de Conservación de los Centros SCT México y Veracruz</li> <li>◊ Superintendente General del Parque de Maquinaria del Centro SCT en emergencia</li> </ul>
4. Renta de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Se cotiza con empresas transportistas el envío de estructuras para que en un lapso no mayor de 5 hr se presenten las unidades rentadas en Texcoco o en Veracruz para ser cargadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Departamento de Supervisión de Maquinaria (en el caso de los puentes Bailey)</li> <li>◊ Superintendente General del Parque de Maquinaria del Centro SCT Veracruz (en el caso de los puentes de pontones)</li> </ul>



**GUÍA PARA EL ENVÍO DE PUENTES PROVISIONALES TIPO BAILEY Y DE PONTONES A CUALQUIER CENTRO SCT EN UNA SITUACION DE EMERGENCIA**

SITUACION	ACCIONES	RESPONSABLE(S)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Para cubrir el respectivo pago, las empresas transportistas proporcionará un número de cuenta bancaria donde el Centro SCT en emergencia depositará el importe del transporte.</li> <li>◊ Una vez efectuado el deposito, enviará copia de la ficha del depósito vía fax a la empresa transportista y al Departamento de Supervisión de Maquinaria (en el caso de los puentes Bailey) o al Superintendente General del Parque de Maquinaria del Centro SCT Veracruz (en el caso de los puentes de pontones), con lo cual la empresa transportista envía de inmediato sus vehículos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Residente General de Conservación de Carreteras y Subdirector de Administración del Centro SCT en emergencia.</li> <li>◊ Empresa transportista contratada.</li> </ul>
5. Recepción de las estructuras de los puentes Bailey o de pontones en depósito	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ El Centro SCT en emergencia enviará a la Residencia de Texcoco o de Veracruz una persona responsable de hacer la recepción de las piezas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Residente General de Conservación de Carreteras del Centro SCT en emergencia</li> </ul>
6. Envío de los Puentes Bailey o de pontones y comisión de personal para el armado de los puentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Personal de la Residencia de Texcoco o de Veracruz hará la carga de las estructuras de los puentes. En el caso de los puentes Bailey, será de acuerdo con una lista proporcionada por la Dirección General Adjunta Técnica de esta unidad administrativa. Una vez efectuada la carga, la empresa transportista contratada realizará el traslado de las piezas.</li> <li>◊ Se comisionará personal de las Residencias de Obras en Texcoco o Veracruz que hayan participado en otras ocasiones para que apoyen el armado e instalación de los puentes</li> <li>◊ De los Centros SCT en emergencia se enviará personal de apoyo al punto de emergencia para el armado y lanzamiento de las estructuras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Personal de la Residencia de Obra en Texcoco y de Veracruz</li> <li>◊ Departamento de Supervisión de Maquinaria, DGCC.</li> <li>◊ Residentes Generales de Conservación del Centro SCT México o Veracruz</li> <li>◊ Residente de Puentes y Superintendente General del Parque de Maquinaria del Centro</li> </ul>



# **ANEXO XI**

Procedimiento para la instalación  
de puentes tipo BAYLE

## **PUNTES METÁLICOS PREFABRICADOS "MABEY" (BAILEY)**

Las estructuras "Mabey" son estructuras modulares de acero de alta resistencia galvanizado proyectadas para formar un puente simple de tablero inferior, es decir, la superficie de rodamiento de la calzada está soportada por dos vigas principales.

Las vigas principales están compuestas de un cierto número de paneles unidos con pernos, extremo a extremo y conectados lateralmente, cuando sea necesario, para formar vigas rígidas de una orilla a otra.

Los travesaños que soportan la calzada se colocan sobre los cordones inferiores de los paneles, conectando y distanciando correctamente las vigas principales, al mismo tiempo que soportan las armazones de acero de la calzada.

En todos los tipos de estructuras, el panel es el componente básico y la manera mediante la cual se agrupan unos paneles con otros determina la carga que puede soportar la estructura.

Dentro de las características principales del concepto de puente modular se tiene:

- Puentes de claro y capacidad variable que pueden ser construidos con calidad y rapidez ya que sus elementos se pueden intercambiar sin mayor problema.
- Existen tablas preestablecidas que determinan las características del puente según el claro y la capacidad de carga requerida.
- Los puentes pueden ser construidos fácilmente por mano de obra no calificada bajo la supervisión de un Ingeniero.
- Las partes que lo conforman se transportan con relativa facilidad y, con una cimentación simple en un mínimo de tiempo las estructuras pueden ser puestas en servicio.
- Todas las piezas son galvanizadas, lo que implica un mantenimiento mínimo y el sistema piso de acero puede llevar asfalto si lo requiere. El sistema es apropiado también para su aplicación permanente.

El panel es la parte más importante de la estructura y es un armazón soldado integrado por dos cordones unidos por montantes verticales y diagonales; en un extremo del panel, ambos cordones terminan en un muñón perforado y en el otro extremo en dos cartelas perforadas. Los paneles se ensamblan unos con otros por el extremo mediante el acoplamiento de los muñones con las cartelas, insertando el perno a través de los agujeros correspondientes y posteriormente estos llevan unos seguros (ver Figura 1)

A los dos cordones del panel se les denomina "cordón superior" y "cordón inferior", siendo éste último identificable por las cuatro placas de apoyo de los travesaños adyacentes a los montantes.

También en el cordón inferior, cerca de cada extremo, hay un agujero ovalado horizontal que recibe las diagonales de arriostramiento. Tanto el cordón superior como el inferior tienen cada uno un par de placas taladradas para alojamiento de pernos de cordón o tornillos; éstos son para ensamblar un panel encima del otro o como en el caso de las estructuras colocadas en Chiapas para los cordones de refuerzo.



Figura 1. Pernos colocados ya con su seguro.

Además en ambos cordones hay un par de agujeros en los que se coloca el bastidor d arriostramiento; el agujero más cercano al cordón superior se emplea también para fijar e tornapuntas y la placa de unión.

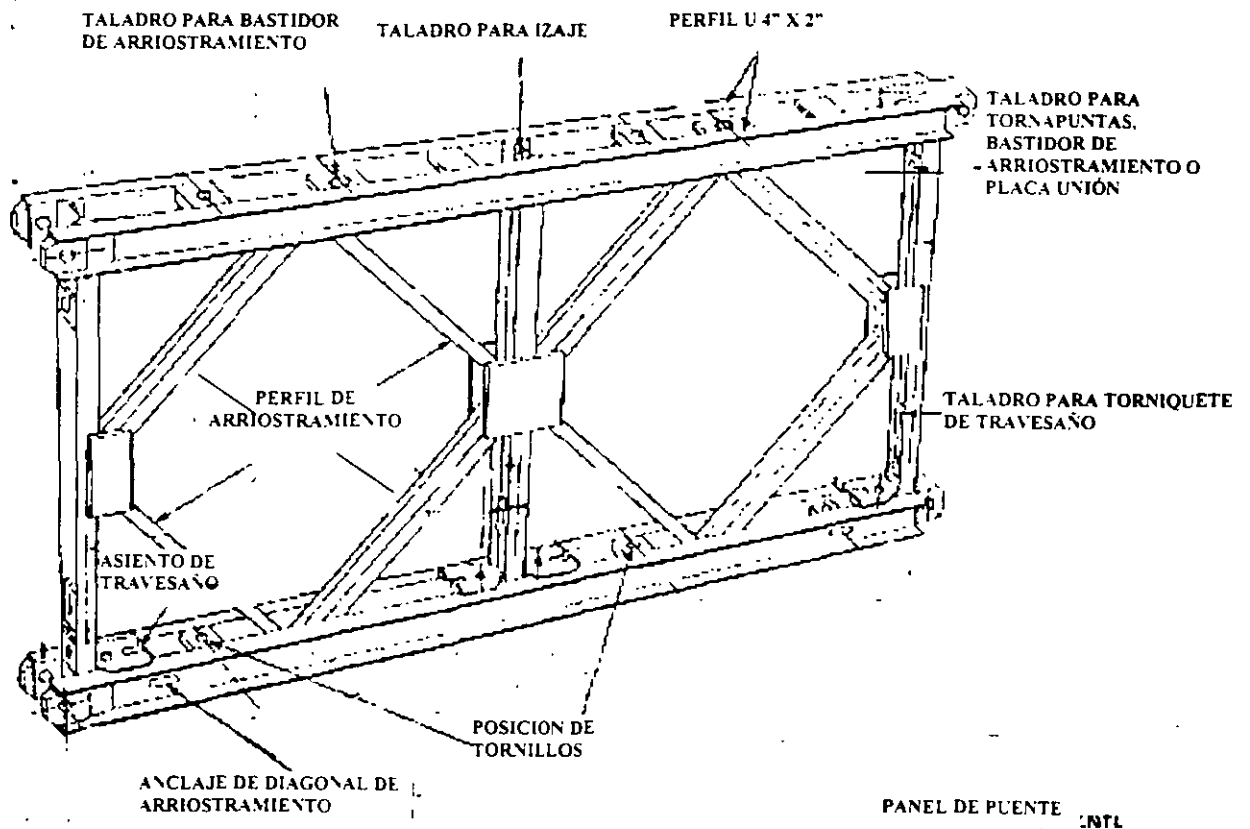


Figura 2. Panel del sistema modular

El puente "Mabey" más simple es aquel en el que una sola fila o viga de paneles a lo largo de cada lado de la estructura forman la viga maestra. A este tipo de estructura se le llama **Simple Simple**.

Una fila adicional de paneles a cada lado convierte este puente en **Doble Simple**.

Si en este puente Doble Simple se colocan dos filas adicionales de paneles sobre los existentes el puente de doble piso se llama **Doble Doble**.

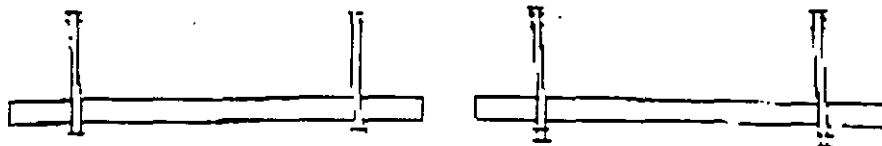
Con esto se puede definir cualquier tipo de puente de viga compuesta por medio de dos palabras. la primera indica el número de paneles situados uno al lado de otro y la segunda indica el número de paneles que van uno encima de otro.

Normalmente se emplean siete tipos de construcción para armar la gama completa de puentes de tablero inferior y son los siguientes, junto con las abreviaturas por las que se reconoce:

Simple Simple.....	(SS)
Doble Simple.....	(DS)
Triple Simple.....	(TS)
Doble Doble.....	(DD)
Triple Doble.....	(TD)
Doble Triple.....	(DT)
Triple Triple.....	(TT)

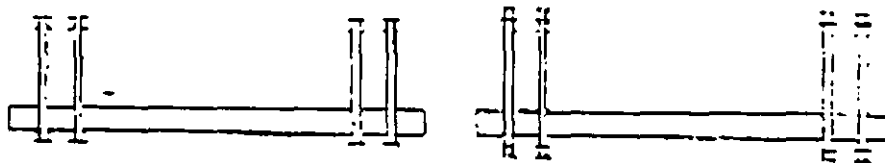
Con excepción de la Doble triple y Triple Triple, las diversas estructuras que se indican anteriormente pueden ser reforzadas acoplando cordones de refuerzo en la parte superior e inferior de cada viga. La estructura reforzada se identifica por adición de la letra "R".

La construcción Simple Doble (una viga de dos pisos de altura) no se emplea ya que en este tipo de estructuras no es estable cuando se usa en puentes de tablero inferior.



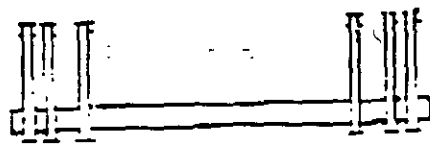
SIMPLE SIMPLE

SIMPLE SIMPLE REFORZADO



DOBLE SIMPLE

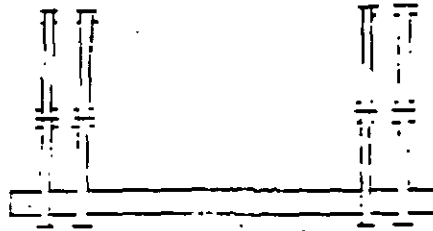
DOBLE SIMPLE REFORZADO



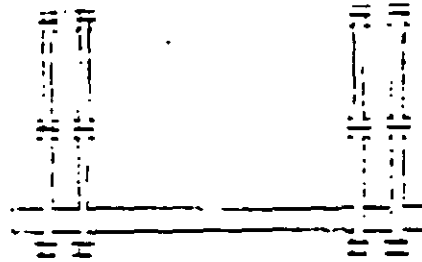
TRIPLE SIMPLE



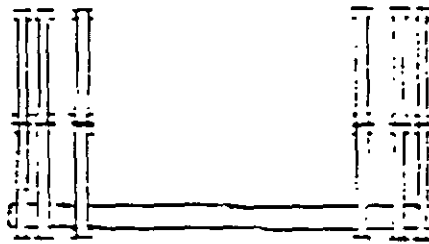
TRIPLE REFORZADO



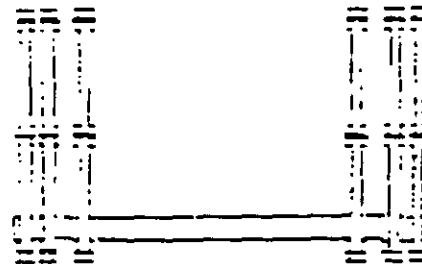
DOBLE DOBLE



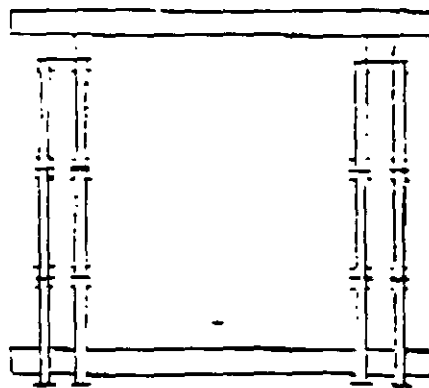
DOBLE DOBLE REFORZADO



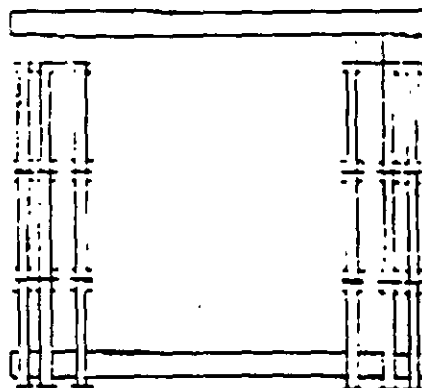
TRIPLE DOBLE



TRIPLE DOBLE REFORZADO



TRIPLE DOBLE



TRIPLE DOBLE REFORZADO

Figura 3. Tipos de arreglos

El sistema normal para armar los puentes "Mabey", es ensamblar el puente completo sobre rodillos en una orilla, con una estructura ligera (llamada morro de lanzamiento o nariz, hecha de paneles normales, es decir no reforzados) acoplada al extremo delantero del puente. La estructura completa se desliza sobre los rodillos y es lanzada a través del cauce del río o de la barranca. La nariz se construye con los mismos elementos normales, usados en el puente y los componentes de una nariz desmontada, pueden devolverse al almacén o ser usados en el puente.

La versatilidad del sistema se ve reflejada en que no se necesitan equipos sofisticados e inclusive el lanzamiento, si el claro no es muy grande, se puede realizar con esfuerzo humano solamente.

Esta es una vista del sistema en su forma más simple:

Paneles	Van conectados extremo a extremo para formar las vigas principales
Travesaños	Cruzan las vigas principales conectándolas unas con otras y soportan la superficie de rodamiento.
Bastidor	Estos conectan los paneles y travesaños completando la estructura y estabilizando la cuerda superior e inferior del panel de compresión.
Atiesadores	Se conectan diagonalmente entre los travesaños y forman con estos y las cuerdas inferiores de los paneles un contraventeo horizontal para resistir el viento y equilibrar las fuerzas entre los paneles.
Atiesador vertical	Se conectan diagonalmente entre la parte superior e inferior del travesaño para actuar en conjunto; estos tirantes verticales actúan en tensión para estabilizar los travesaños.

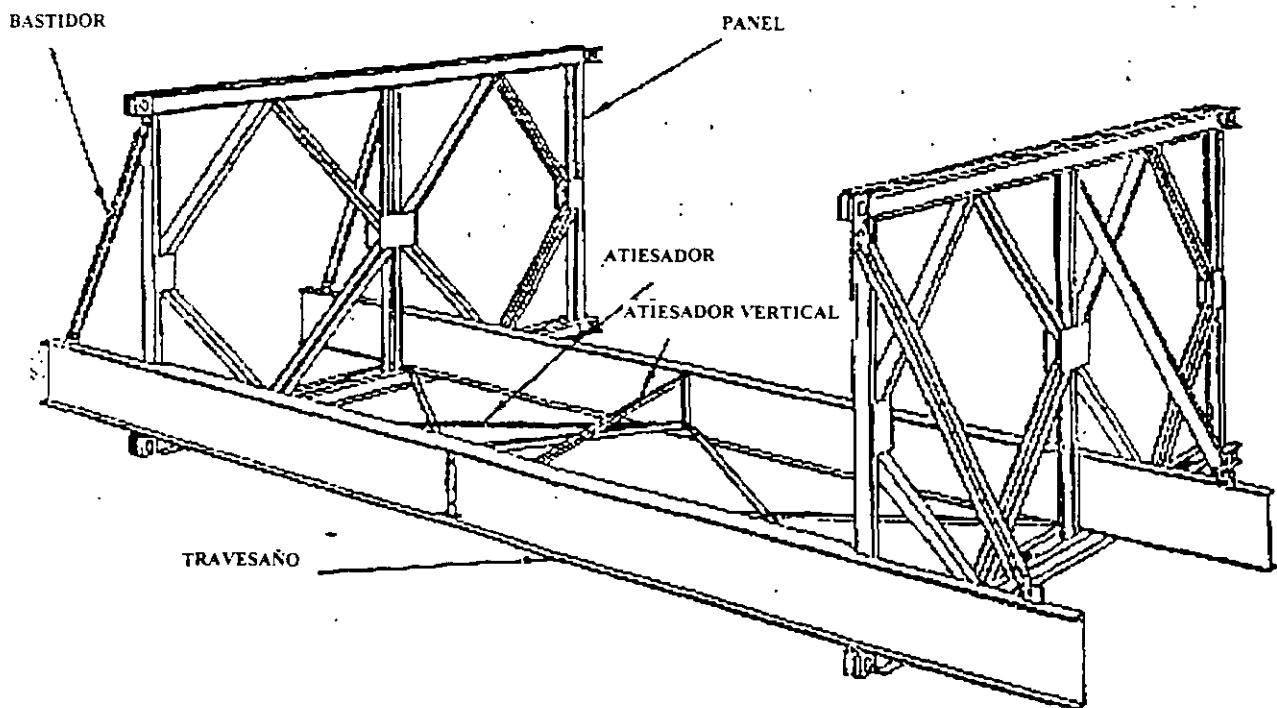


Figura 4.



Para el armado de la estructura "Mabey", una vez definido el ancho de calzada y longitud de la estructura, en primer lugar se procede a la construcción de los terraplenes que deben incluir un ancho mínimo de 8.00 m. y espacio suficiente para poder armar la longitud total del puente para su posterior lanzamiento.

Es importante que durante la construcción de los terraplenes a nivel donde se arma el puente se vigile la adecuada calidad de los materiales y su compactación así como la protección necesaria para soportar las avenidas, ya que sobre éstos se apoyará la zapata de la estructura y en una cierta etapa del lanzamiento todo el peso del puente recae sobre la zapata y el dispositivo basculante que incluye los rodillos, lo cual puede provocar fallas de talud y en el menor de los casos asentamientos que al desnivelar la estructura provoquen deformaciones y esfuerzos no deseables, éstos principalmente de torsión.

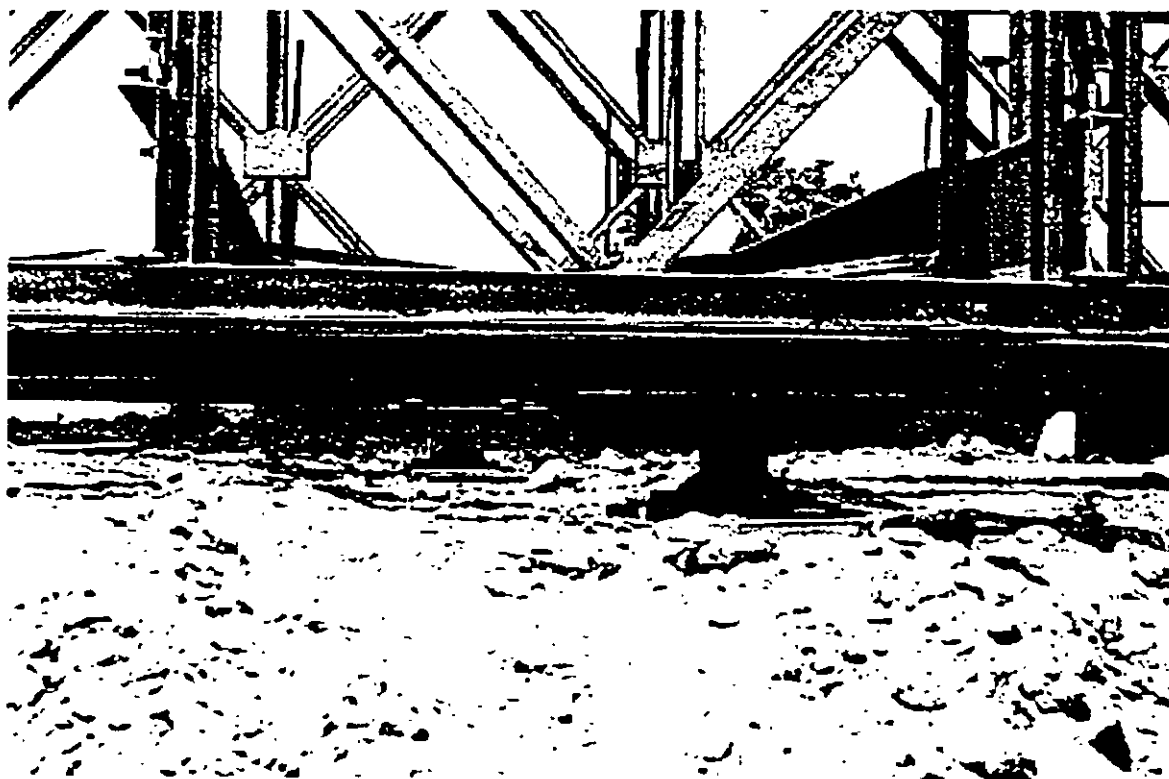


Figura 5. Apreciese el rodillo basculante, que es recomendable que se coloque en la parte más cercana al borde del terraplen de lanzamiento.

Para reducir el programa de trabajo los terraplenes deben construirse de ser posible mientras se llevan a cabo las maniobras de transportación de piezas, debido a que es recomendable contar con el área donde se ensamblará el puente y otra adyacente para estibar todos los componentes; la estiba deberá realizarse con mucho cuidado para no dañar las partes galvanizadas y se hará sobre madera para evitar el contacto con el suelo.

Paralelamente y de acuerdo a las circunstancias de la obra se debe establecer un esquema general de trabajo para que se dé paso a los vehículos, por medio de vados o sobre baterías de tubos que permitan el paso del agua como se aprecia en la Figura 6.

Es necesario crear, en su caso, un terraplén fusible a fin de que las avenidas rompan a través de este, sin dañar los terraplenes que soportan la estructura.

Sobre los terraplenes de acceso ya terminados se debe prever la colocación de señalamientos verticales preventivos y restrictivos, donde se indique la capacidad de carga que para el caso del puente "Cintalapa" en Chiapas fue de 40 toneladas de carga máxima y velocidad de 10 km/hr.



Figura 6 Paso provisional

En función de los materiales de que se disponga de acuerdo a la emergencia, las zapatas se pueden construir de troncos o durmientes, o bien si se dispone de tiempo, de concreto armado. Su ubicación será 1.5 veces el ancho de la zapata dentro del talud, aproximadamente a 2.50 a 3.00 m. procurando ganar área hidráulica.

El procedimiento consiste en realizar una excavación de aproximadamente 1.50 X 1.50 m. y 0.60 m. de profundidad. Se compacta firmemente el fondo de la excavación y se tiende en posición lateral la primera cama de 4 troncos o durmientes de 1.20 m. de longitud y aproximadamente 0.25 m. de peralte, se confinan con material grava-arena y se vuelven a nivelar en ambas direcciones en sentido del lanzamiento; se colocan otras 4 piezas y se vuelven a confinar con material grava-arena; en caso de contar con placa de acero de 1.00 x 1.00 m. y 1/2" de espesor, se colocará y sobre esta placa se apoyará la pieza trapezoidal que tiene un sistema de rodilla que permite movimientos basculantes y sobre ésta, la pieza rectangular metálica que contiene un par de rodillos y el sistema de frenado.

La primer actividad propia del ensamblaje de la estructura, consiste en poner el cordón de reforzamiento a los paneles. Estos se fijan por medio de unos tornillos con tuerca y cada módulo lleva cuatro tornillos en el cordón inferior y cuatro en el cordón superior. Dicha actividad se puede apreciar en la Figura 7, además se puede observar el acoplador (con pintura) donde descansa el travesaño.



Figura 7.

Una vez construidas las dos zapatas (una por cada viga principal) en el mismo eje transversal al eje de proyecto, desde bancos provisionales se coloca el primer travesaño de 6.85 x 0.41 m. y posteriormente se coloca el primer panel; se atornillan y después se procede a colocar el primer panel del lado contrario, como se ve en la Figura 8.

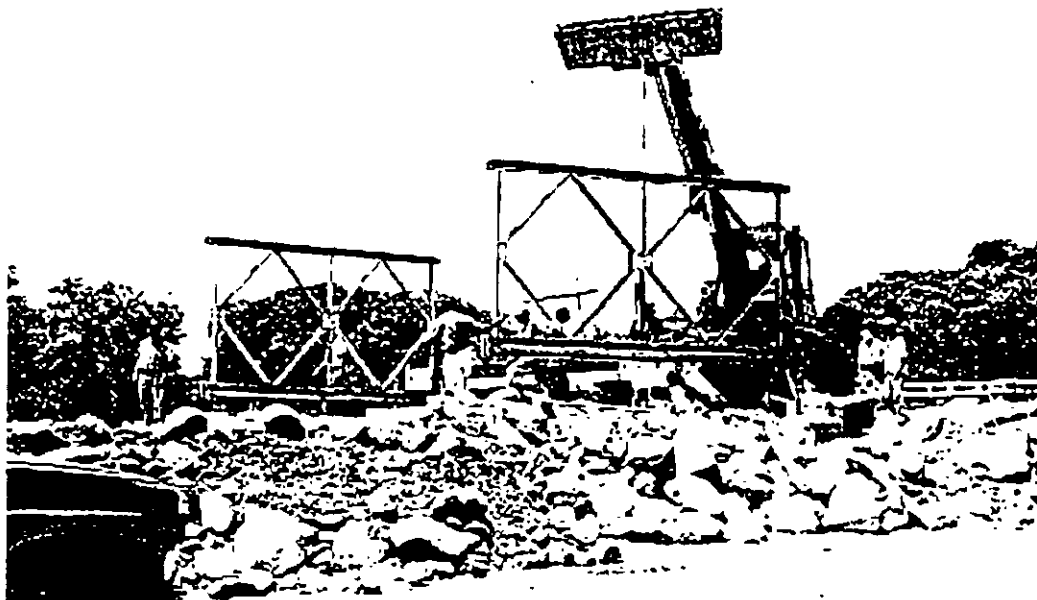


Figura 8.

El paso siguiente es colocar el travesaño inmediato que irá a la mitad del módulo, en el acoplador que se mencionó antes para después continuar con el que va en el extremo y posteriormente iniciar el proceso en la segunda etapa de módulos.

Conforme se va avanzando con el armado de los paneles, se van colocando ródillos auxiliares de lanzamiento a cada 8.5 m. aproximadamente para permitir la nivelación de la estructura.

Una vez que se ha avanzado aproximadamente el 30% de la longitud total, se procede a la colocación de los atiesadores y contraventeos o bastidores, para rigidizar la estructura (Fig. 9).

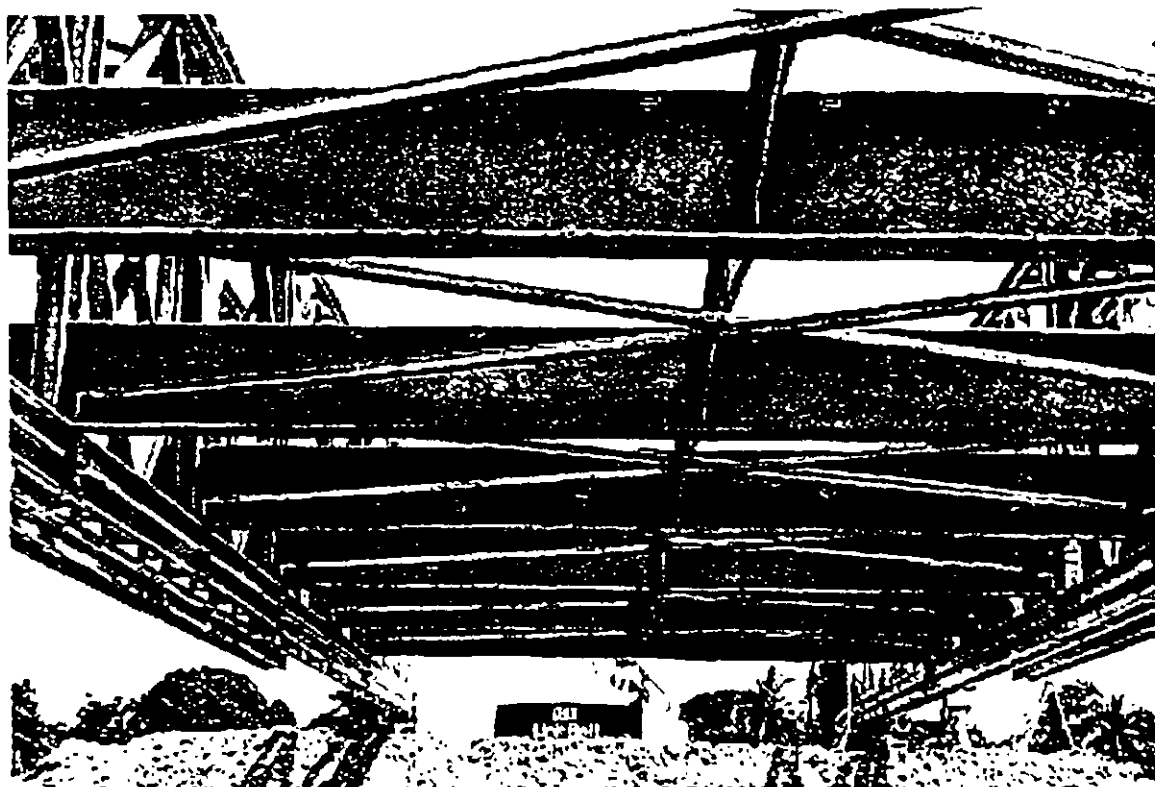


Figura 9 Obsérvese los atiesadores horizontales y verticales

Durante el armado, una vez que se ha alcanzado un 40% de la longitud total, es posible pivotar o alinear el puente si se requiere para mejorar su alineamiento.

Adicionalmente, a los 4.20 m. efectivos de calzada que puede variar a 3.15, 7.35 y 10.5 m. para alojar varios carriles, se les puede colocar en cantiliver una pasarela peatonal de 1.20 m. que incluye pasamanos, aunque hay que mencionar que el pasamanos del fabricante tiene una altura de cerca de 80 cm. en su pasamanos mas bajo, por lo que es recomendable ponerle una tela de gallinero o algo que sirva como barrera para evitar accidentes.

Es importante que durante el lanzamiento de cada sección, se vigile la nivelación transversal al eje para evitar torsiones; cumpliendo lo anterior se observa que los distintos componentes ensamblan casi perfectamente, por lo que no deberá abocardarse las piezas, evitando además dañar el galvanizado que está garantizado por 30 años. En contados casos será necesario aplicar palancas o bien auxiliarse con una grúa para lograr los ensambles.

En caso de no contar con espacio suficiente en los terraplenes para el armado de todos los módulos, se pueden realizar lanzamientos parciales para despejar el área y continuar con el armado.

Para claros relativamente grandes como la estructura 2 del puente "Cintalapa" que es una estructura Doble Simple Reforzada de cerca de 58 m. de longitud, se utilizó un terraplén auxiliar a la mitad del claro para facilitar el empujado; Una vez terminado este terraplén se retira (ver Figuras 10 y 14); se hace evidente que este puente tuvo como mínimo dos etapas de empujado, la primera hasta el terraplén provisional y la segunda al terraplén definitivo.



Figura 10 Construcción del terraplén auxiliar al centro del claro aproximadamente.

Es de vital importancia distinguir los paneles reforzados que son los que se colocan en las partes extremas, estos paneles se pueden identificar en campo, porque en las piezas verticales del panel llevan soldada una solera adicional en los postes extremos en la parte inferior del módulo; tales piezas son las que transmitirán las cargas directamente a los apoyos, inicialmente a los provisionales y posteriormente a los definitivos (Ver Figura 11).

A pesar de que a todo lo largo del puente se coloca el cordón de refuerzo, estos paneles de los extremos no se refuerzan para la transmisión de cargas, por lo que se recomienda que durante el estibaje estas piezas se identifiquen y aislen de los demás paneles estándar, y así se tengan a la mano cuando se vayan a ocupar o para tener cuidado de que no vayan a ensamblarse en la parte central del puente.

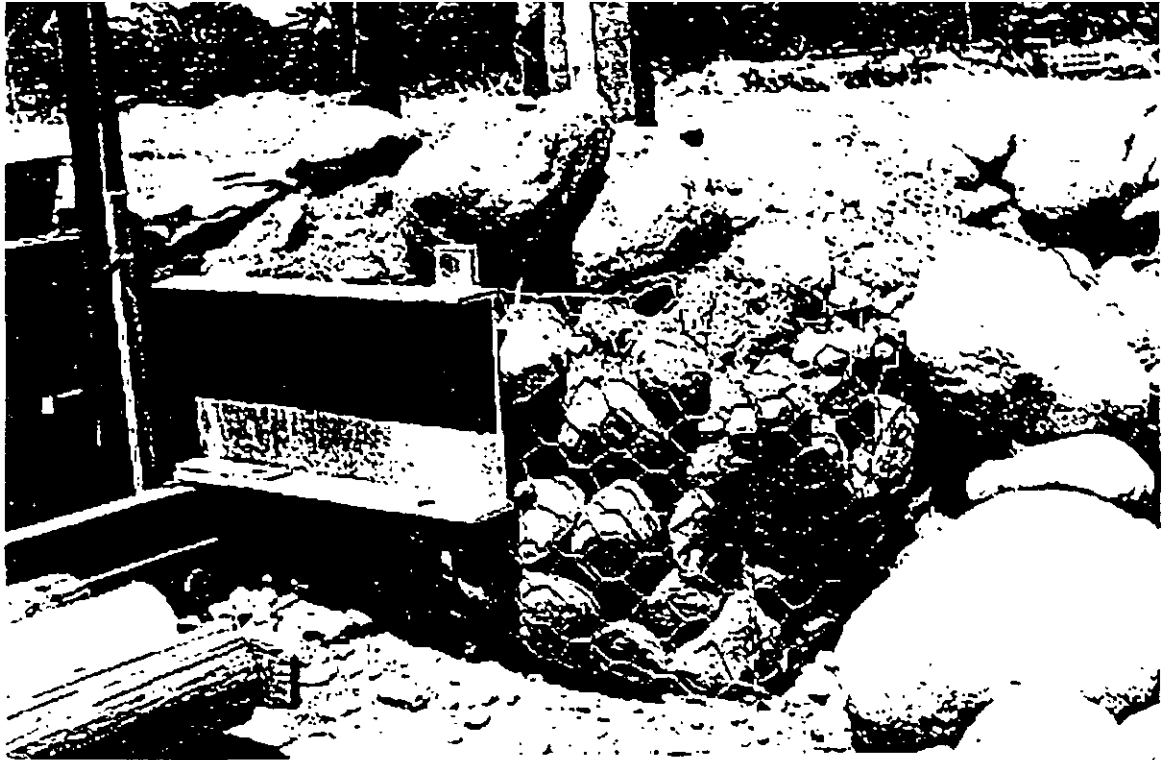


Figura 11. Panel de extremo reforzado con una solera en la base.

En esta etapa el terraplén que recibirá la estructura estará ya terminado y los rodillos que servirán de apoyo ya estarán colocados y alineados; para realizar el empujado final o único si no se realizó de manera parcial (Figura 12).

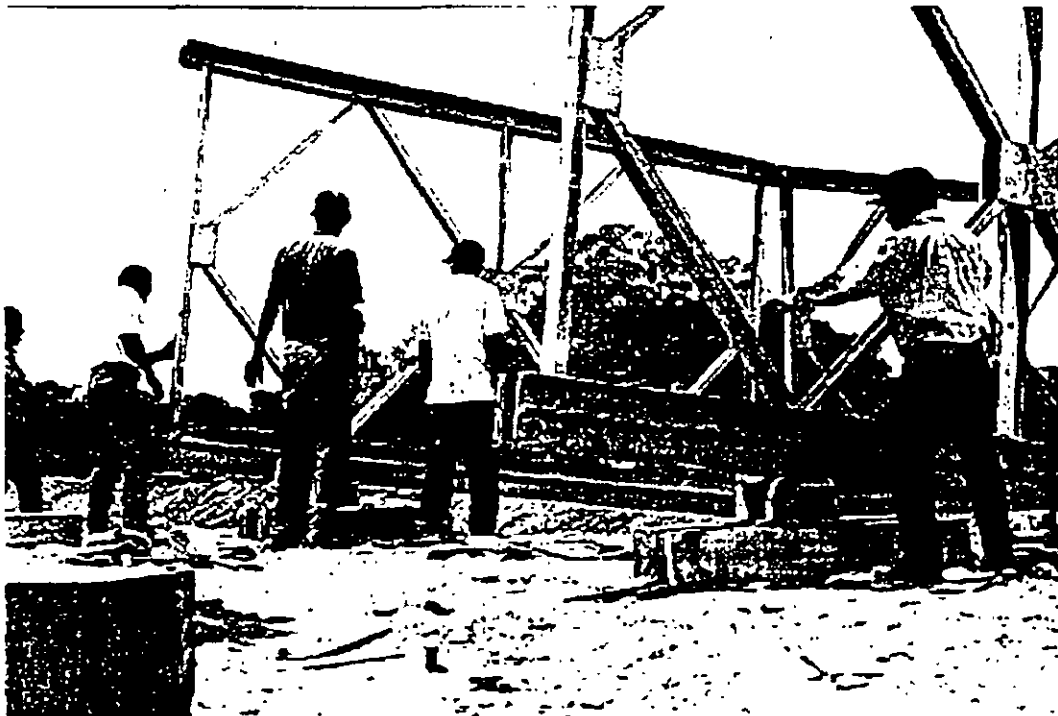


Figura 12 Empujado final.

Al terminar el empujado, lo siguiente es retirar los módulos que sirven de nariz a la estructura. Para el puente "Cintalapa" (estructura 1) que consta de 9 módulos, la nariz estaba formada por 2 módulos rectos y para la estructura 2, que tiene 13 módulos, se utilizaron dos módulos, pero el primero estaba girado respecto a los otros, lo cual se logra por medio de un acoplador que se coloca en la parte inferior entre los módulos para así lograr la posición deseada (ver Figura 13). Este acoplador, al igual que los módulos, tiene de un lado un muñón perforado y del otro un par de cartelas también perforadas, en estas perforaciones es donde entran los pernos que asegurarán esta pieza que da la posición al módulo para realizar la maniobra.

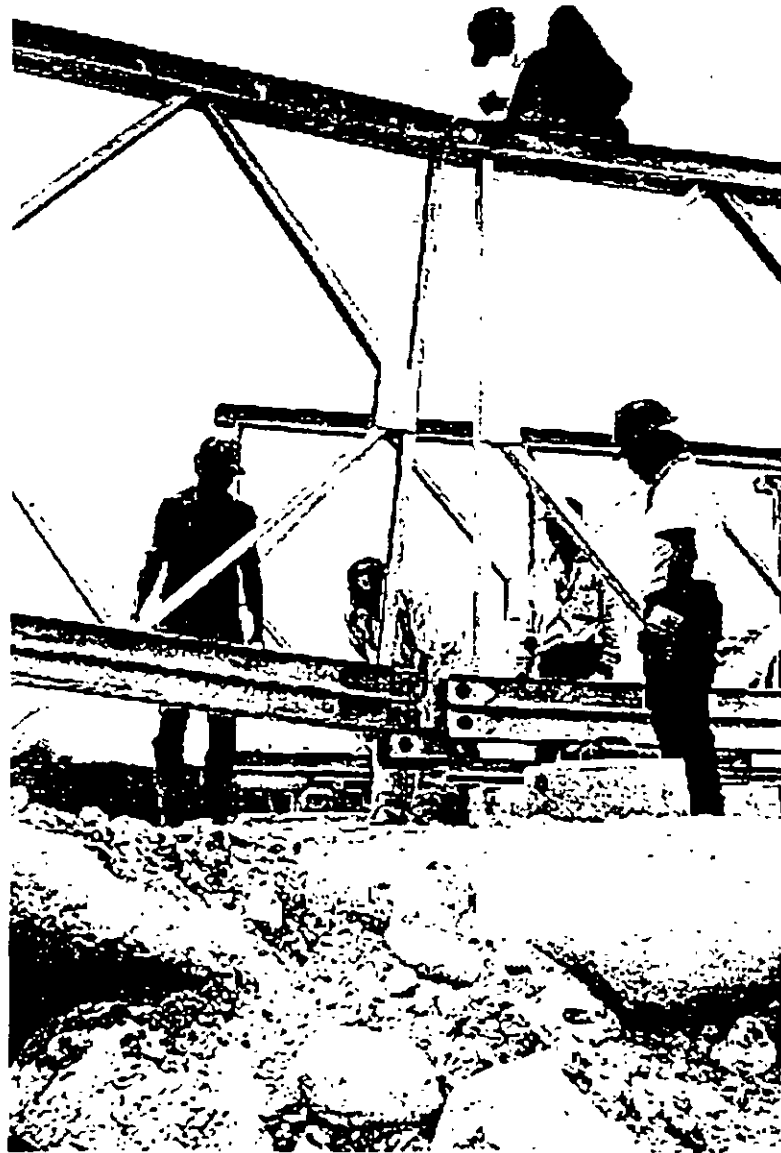


Figura 13 Vista de como se retira el acoplador de la parte inferior de los módulos. Posteriormente se retira el perno del cordón superior para el retiro de la nariz.

Una vez terminado el empujado y el retiro de la nariz, se procede a demoler el terraplén provisional, si es que lo hubo (Figura 14), previo retiro de los rodillos que se colocan en el mismo.

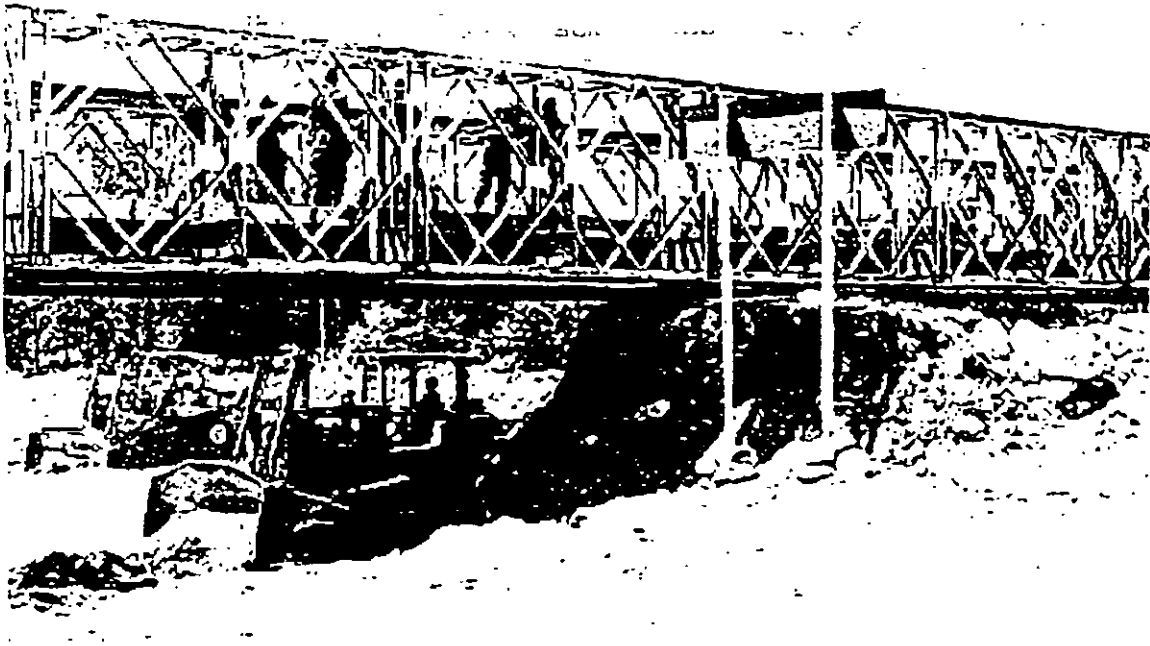


Figura 14 Demolición del terraplén provisional.

Simultáneamente se trabaja en el cambio de apoyos provisionales por los apoyos definitivos (Figura 15), la colocación del sistema de piso y el montaje en cantiliver del paso peatonal si estuviera contemplado.

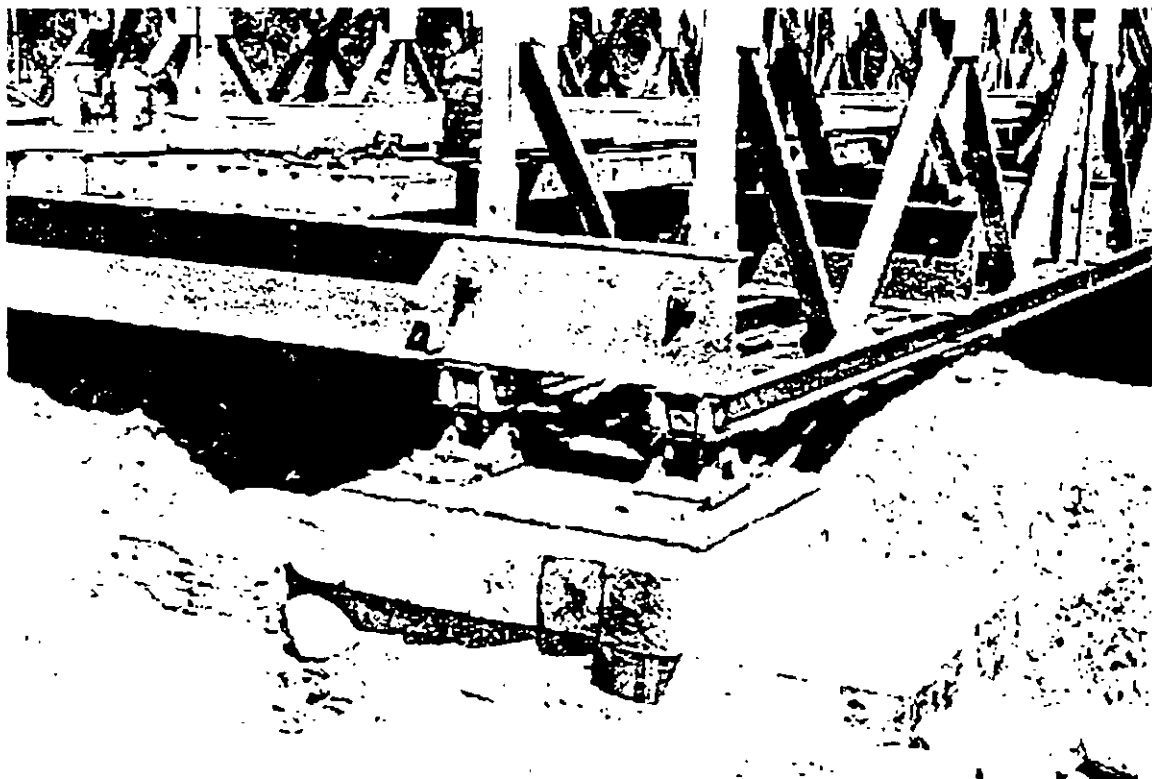


Figura 15. Vista de los apoyos definitivos



El sistema de piso está formado por piezas metálicas rectangulares de 2.25 X 1.05 m. y 0.10 cm. de peralte con un peso de 130 Kg. aproximadamente, integrados por perfiles de sección canal conformando una pieza ortotrópica sobre la cual se solda una placa de acero tipo industrial, la cual se apoya sobre las vigas transversales sujeta con cuatro tornillos, los cuales se aprietan con llaves hexagonales tipo Allen.

En caso de disponer del equipo, se puede emplear una grúa pequeña de 20 toneladas para acelerar su colocación.

Es recomendable que el sistema de piso se coloque al final, ya que para las maniobras de empujado el peso de este haría que las maniobras fueran más difíciles. En la Figura 16 se puede observar como se coloca el sistema de piso y también se muestra la placa que sirve de guarnición y que se fija con cuatro tornillos

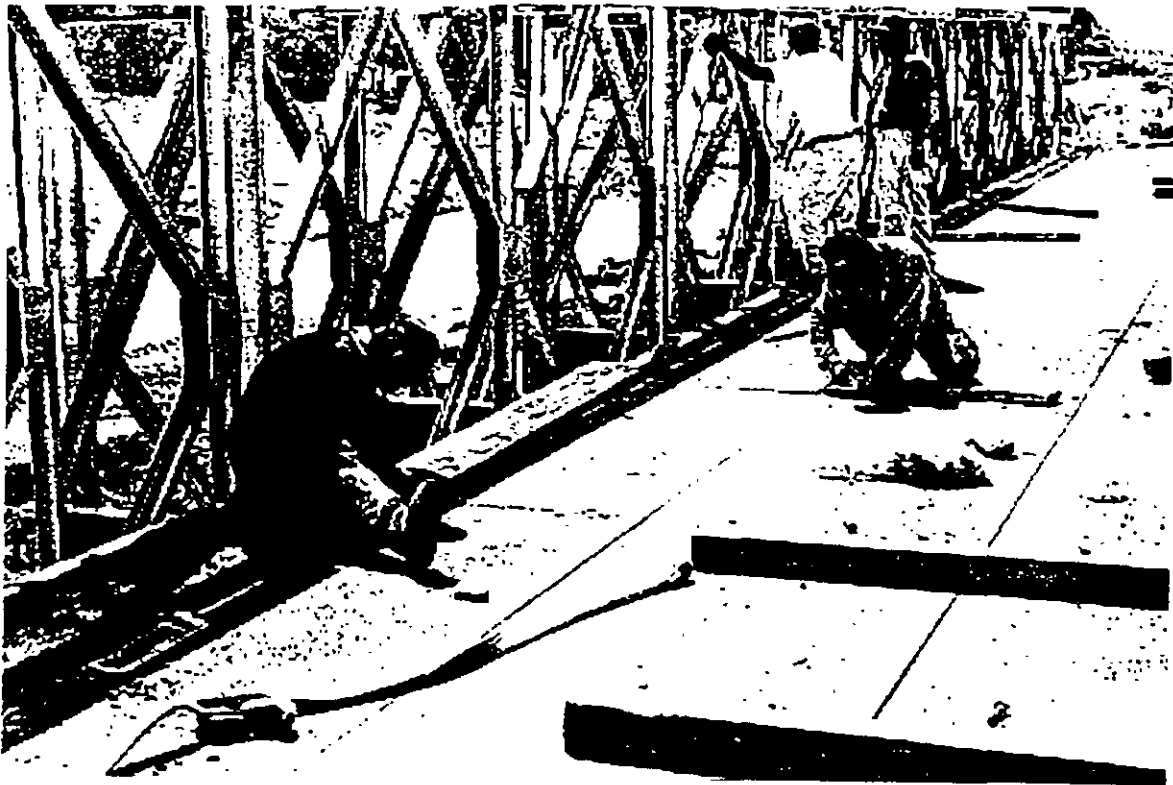


Figura 16 Sistema de piso.

Puede notarse que la mayoría de las actividades pueden realizarse de manera simultánea, con lo cual el tiempo de ensamblaje se ve reducido de manera considerable y como consecuencia el paso se puede restituir rápidamente.

Posteriormente en los extremos del puente se colocan unos perfiles tubulares cuadrados que van atornillados al travesaño para que sirvan como cerramiento y evitar el golpeteo en las placas o cajones que sirven como sistema de piso (Figura 17).



Figura 17. Se aprecia el perfil tubular cuadrado que sirve como cerramiento.

Finalmente, se realiza el armado de los gaviones que irán a la entrada del puente y posteriormente la nivelación del terreno en los terraplenes de acceso (Figura 18).



Figura 18. Armado de gaviones

El equipo necesario con que se sugiere contar, dependiendo de las características de los accesos al sitio de la obra, es:

- 2 Tractores D-8.
- 2 Cargadores 966.
- 1 Retroexcavadora 235.
- 1 Tractocompactor 815.
- 1 Grúa hidráulica telescópica de 30 tons.
- 8 Camiones de volteo.
- 2 Equipos de iluminación, para el turno nocturno.
- 1 Motosierra
- 2 Gatos hidráulicos de 55 tons.
- 2 Gatos hidráulicos de 35 tons.
- 1 Lote de herramientas de mano que incluye:  
5 picos, 5 palas, 4 manerales y dados de 3/4", 1", 2", 2 1/2", 2 cuñas, 2 barretas, 1 niveleta, 2 tirfos.
- 1 Equipo de topografía.

Los tiempos de ensamblaje van a depender de la accesibilidad del sitio, el equipo con que se cuente y obviamente, la experiencia de los maniobristas.

Una vez que se cuenta con todos los componentes de la estructura metálica prefabricada en el sitio de la obra, así como los terrapienes de acceso debidamente protegidos para evitar deslave. es factible considerar que una estructura de 40.5 m. de 9 módulos, "Simple Simple Reforzada" se puede armar completamente para dar paso en 96 horas (4 días), y en el caso de una estructura "Doble Simple Reforzada" de 58.5 m. de 13 módulos dobles se arma en 144 horas es decir 6 días. tiempos que se pueden abatir incrementando el personal y los turnos, incluyendo la superación de la curva de aprendizaje de los maniobristas.

El beneficio social es alto ya que con estas estructuras se permite el paso de vehiculos y personas de manera rápida en un caso de contingencia, resolviendo en forma casi inmediata las emergencias provocadas por fenómenos naturales; por lo que estas estructuras constituyen ahora una herramienta muy importante de esta Secretaría.

Se anexan tablas de información técnica para el diseño de este tipo de estructuras modulares.

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS  
DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE SUPERVISION Y CONTROL  
SUBDIRECCION DE SUPERVISION  
DEPARTAMENTO DE SUPERVISION DE MAQUINARIA

**RELACION DE HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA  
EL ARMADO DE UN PUENTE BAILEY**

CANTIDAD	UNIDAD	CONCEPTO
4	PZA	LLAVES ESTRIAS DE 36 mm
4	PZA	LLAVES ESPAÑOLAS DE 36mm
4	PZA	LLAVES ALLEN DE 17 mm
4	PZA	DADO ENTRADA ¾ DE 36mm CON MANERAL Y MATRACA
2	PZA	DADO ENTRADA 1" DE 55 mm C/MANERAL
2	PZA	BARRETA
250	PZA	POLINES DE 0.15x0.15X1.30mt
4	PZA	PLACAS DE ½" DE 0.70x1.30mt
10	PZA	PLACAS DE ½" DE 0.10x1.40mt con barrenos a 1.29m de separación
4	PZA	GANCHOS P/PISO
2	PZA	LLAVE COLA DE RATA DE 36mm
1	PZA	MOTOSIERRA
8	JGO	GUANTES DE PIEL
8	PZA	CASCO METALICOS
8	PZA	CINTURONES DE SEGURIDAD PARA ESCALAR POSTES
2	PZA	PINZA PARA SEGUROS
2	PZA	DESARMADOR PLANO DE 30 cm DE LARGO
2	PZA	ESTROBO DE ½ DE GRUESO 2 mt LARGO
2	PZA	ESTROBO DE ½ DE GRUESO 3 mt LARGO
2	PZA	ESTROBO DE ½ DE GRUESO 4mt LARGO
4	PZA	PERROS DE ½
4	PZA	PERROS DE ¾
1	PZA	MARRO DE 12 lb
1	PZA	MARRO DE 18 lb
4	PZA	CADENAS
2	PZA	TIRFORDS

NOTA: Esta herramienta debe estar en cada centro SCT antes de que lleguen las estructuras.

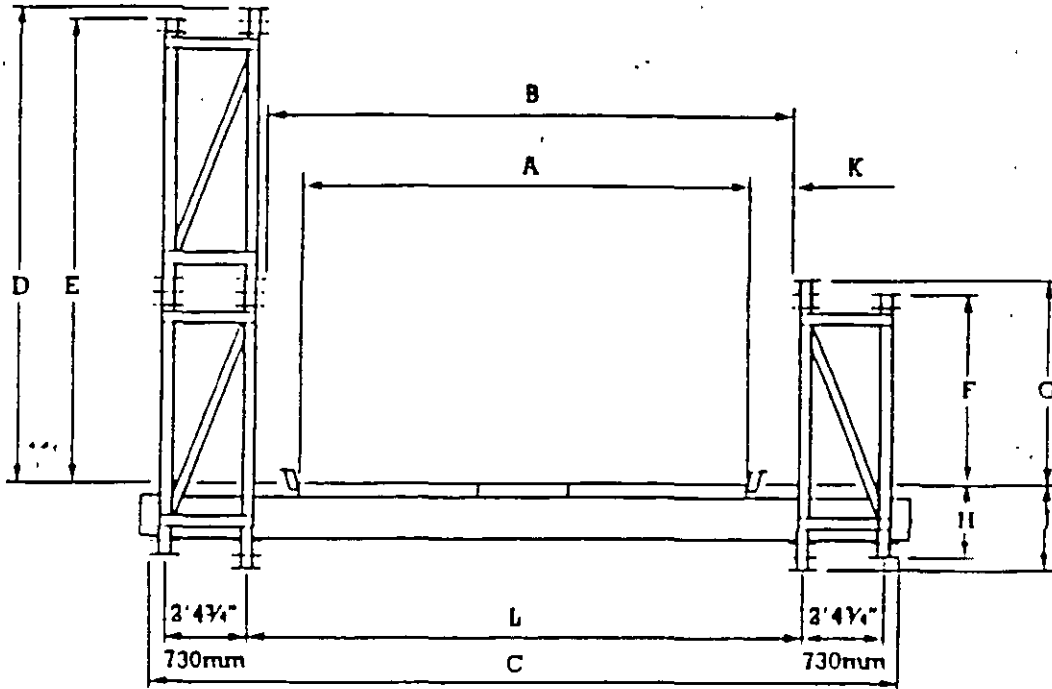


Mabey & Johnson

MABEY  
UNIVERSAL  
Super Panel

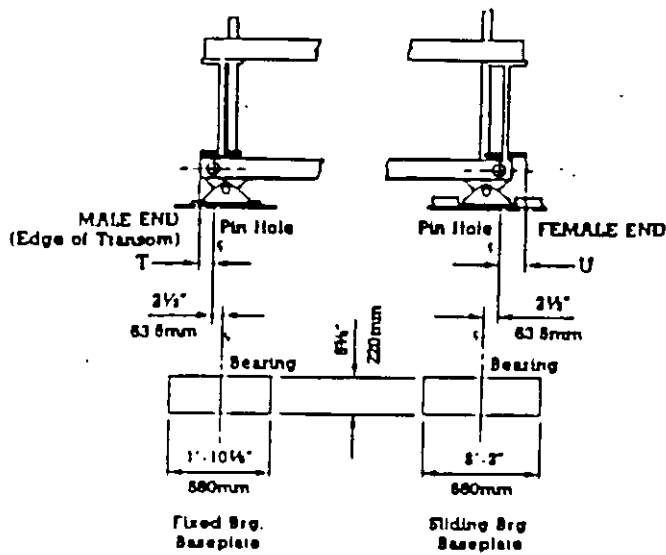
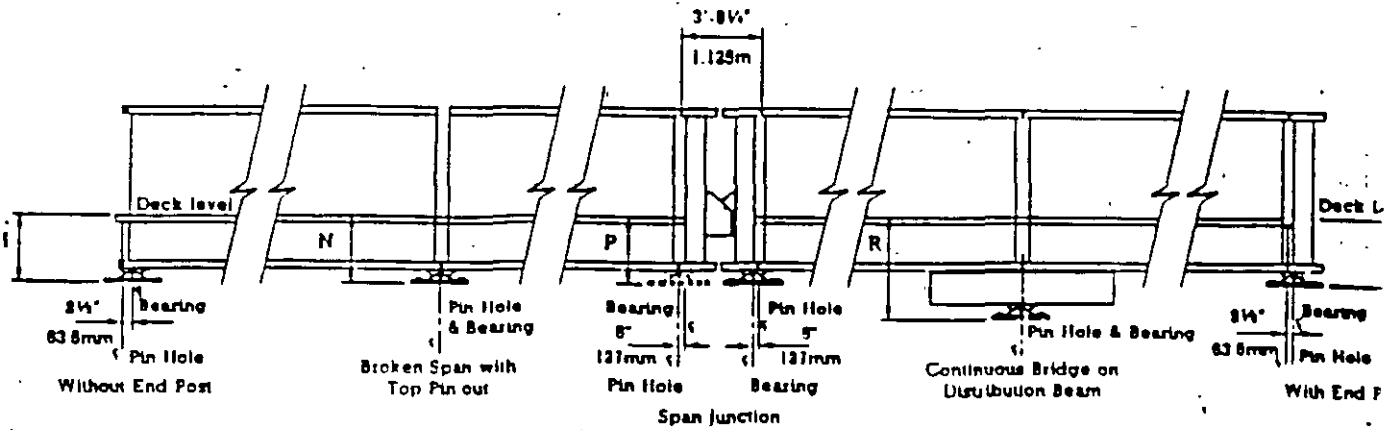
**TECHNICAL DATA**

# BRIDGE DIMENSIONS



Roadway Width		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
Standard Single Lane	ft in	10' 4"	12' 1 1/4"	19' 2 1/2"	14' 8 1/2"	14' 1 1/4"	5' 11 1/2"	6' 4 1/2"	2' 2 1/2"	2' 7 1/2"	10 1/4"	12' 10 1/2"
	mm	3150	3703	5850	4431	4304	1817	1944	870	787	277	3932
Extra Wide Single Lane	ft in	13' 9 3/4"	15' 6"	22' 5 3/4"	14' 8 1/2"	14' 1 1/4"	5' 11 1/2"	6' 4 1/2"	2' 2 1/2"	2' 7 1/2"	10 3/4"	16' 3"
	mm	4200	4724	6850	4426	4299	1812	1939	675	802	282	4953
Two Lane Carriageway	ft in	24' 1 1/2"	26' 3"	32' 8 1/2"	13' 10 1/2"	13' 5 3/4"	5' 3 3/4"	5' 8 1/2"	2' 10 1/2"	3' 3 1/2"	12 3/4"	27' 0"
	mm	7350	8001	9920	4226	4099	1612	1739	875	1002	328	8230
Three Lane Carriageway	ft in	34' 5 1/4"	37' 3 1/2"	43' 7 1/2"	13' 7"	13' 2"	5' 0 1/4"	5' 5 1/2"	3' 1 1/2"	3' 6 1/2"	17 1/2"	38' 0 1/4"
	mm	10500	11375	13294	4141	4014	1527	1654	860	1087	438	11604

# ABUTMENT, PIER and DECK MEASUREMENT



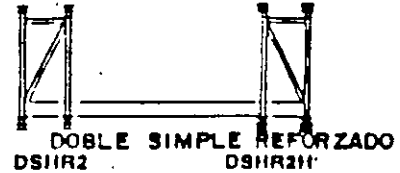
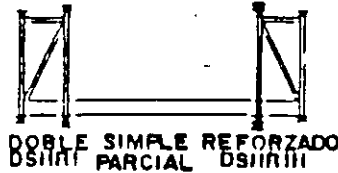
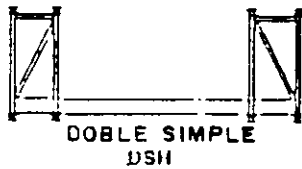
Roadway Width		M	N	P	R	S	T	U
Standard Single Lane	ft in	2' 10"	3' 1 1/4"	3' 1 1/4"	4' 11 1/4"	2' 10"	2 1/4"	6 1/4"
	mm	862	957	957	1515	862	68	156
Extra Wide Single Lane	ft in	2' 10 1/4"	3' 1 1/4"	3' 1 1/4"	4' 11 1/4"	2' 10 1/4"	2 1/4"	6 1/4"
	mm	887	962	962	1520	867	68	156
Two Lane Carriageway	ft in	3' 6"	3' 9 1/4"	3' 9 1/4"	5' 7 1/4"	3' 6"	2 1/4"	6 1/4"
	mm	1067	1162	1162	1720	1067	67	161
Three Lane Carriageway	ft in	3' 9 1/4"	4' 1 1/4"	4' 1 1/4"	5' 11 1/4"	3' 9 1/4"	3 1/4"	7"
	mm	1152	1247	1247	1805	1152	82	173

# GIRDER CONSTRUCTIONS

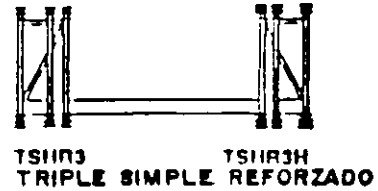
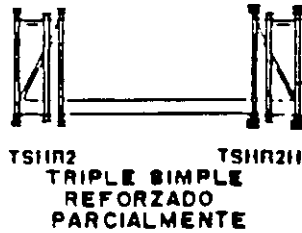
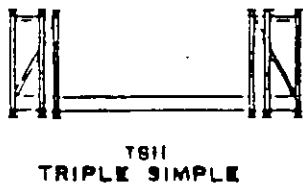
## SINGLE TRUSS



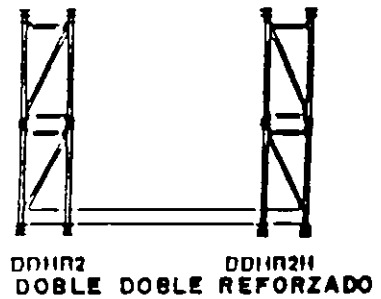
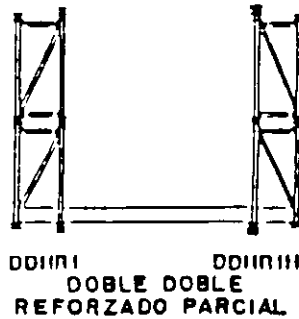
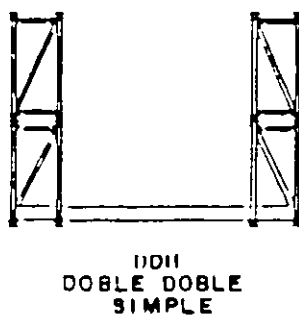
## DOUBLE TRUSS



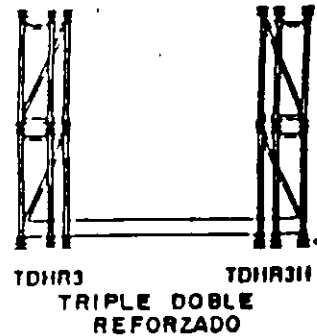
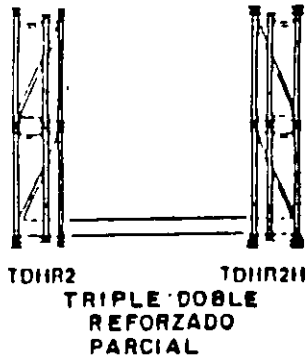
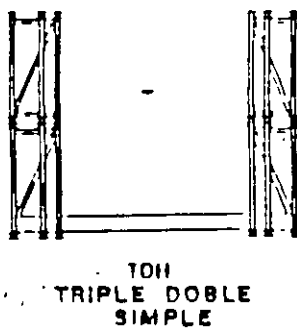
## TRIPLE TRUSS



## DOUBLE TRUSS - DOUBLE STOREY



## TRIPLE TRUSS - DOUBLE STOREY





# PROPERTIES and WEIGHTS

PROPERTIES					
METRIC UNITS			KIPS UNITS		
MOMENT	SHEAR (I)		MOMENT	SHEAR (K)	
Lm	Std	HS	KR	Std	HS
499	71	101	3815	156	223
897	71	101	6491	156	223
989	71	101	7155	156	223
1088	128	183	7873	282	403
1673	96	137	11380	211	302
1890	95	137	12233	211	302
2059	128	183	14899	282	403
2293	128	183	16594	282	403
2584	192	274	11322	422	604
2494	180	229	18043	353	504
2716	180	229	19871	353	504
2860	192	274	21420	422	604
3296	192	274	23849	422	604
1988	237	258	14458	524	584
2796	178	192	20233	393	422
2981	178	192	21570	379	408
3697	237	258	28029	524	584
3968	237	258	28712	524	584
3996	388	384	21880	788	848
4597	298	320	33258	654	706
4983	298	320	35911	654	706
5399	358	384	39081	788	848
5948	358	384	43045	788	848

Note: Std = Standard Panels, HS = High Shear Panels, in above Properties table.

## WEIGHTS PER BAY

	TABLE A	
	I	K
SSH	1 308	2 884
BSHR	2 098	4 628
SSHRII	2 214	4 881
DSH	2 751	6 085
DSHR1	3 528	7 778
DSHR1II	3 654	8 058
DSHR2	4 304	9 489
DSHR2H	4 837	10 002
TSH	4 060	8 951
TSHR2	5 813	12 375
TSHR2II	5 845	12 888
TSHR3	6 389	14 085
TSHR3II	6 738	14 855
DDH	5 888	12 249
DDHR1	6 332	13 960
DDHR1II	6 448	14 215
DDHR2	7 108	15 670
DDHR2II	7 340	16 182
TDH	6 205	18 089
TDHR2	9 758	21 513
TDHR2H	9 990	22 024
TDHR3	10 535	23 228
TDHR3II	10 883	23 992

	HIGHWAY (1060 DECK)			
	10' 4"	13' 0"	24' 1"	34' 0"
K	3 15	4 20	7 35	10 60
I				

	TABLE B			
	HS20			
K	5 038	6 309	12 809	20 277
I	2 288	2 881	5 873	9 188
	HS25/MS250			
	K	5 038	6 677	13 848
I	2 288	3 029	6 144	9 683

	TABLE C			
	K	3 285	4 302	7 345
I	1 490	1 951	3 331	4 711

DESIGN WEIGHTS PER BAY		
HIGHWAY	DECKED	UNDECKED
	A + B	A + B - C

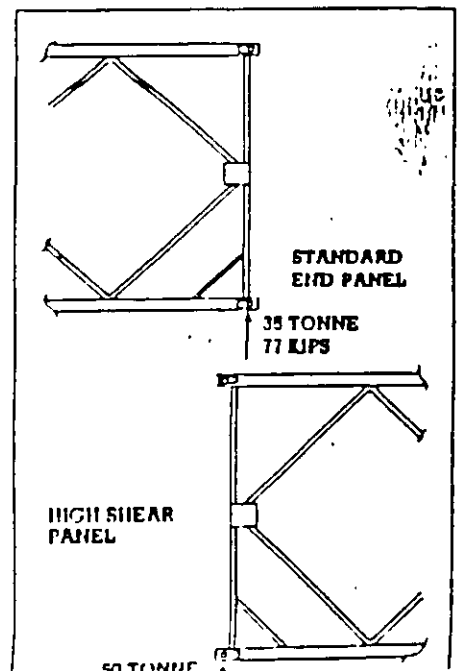
CONVERSION TABLE	
K	KIP = 1000 lbs
I	tonne = 2205 lbs = 1000 kg

### Design Notes

- Bay weights are based upon latest available production drawings for standard loadings. Add 2% for galvanising and linings.
- The figures tabulated above are consistent with a minimum factor of safety of 1.7 for both bending and shear.
- The figures tabulated for shear take account of the maldistribution of load between panel lines owing to the differential stiffness within the truss line, eg DSHR1, DDHR1H.
- All double-storey bridges must have end posts at abutments.
- For specific applications consult Mabey engineers, who may be able to provide alternative proposals using 1.0m truss centres and/or quadruple truss con-

### High Shear End Panel

Although panels can have their bending resistance increased by the addition of reinforcements, it is not possible to supplement shear resistance in a similar fashion. As the highest shear forces occur at the end of the span it is more economic to fabricate end panels with an increased shear capacity to be situated at the ends of the bridge rather than introduce another complete line of panels to the truss.



# CONSTRUCTION TABLES

## Super Panels - Single Lane - 3.15m

SPAN			HIGHWAY LOADING				SINGLE VEHICLE LOADING (tonnes)						
Bays	Feet	Metres	HIS20	HIS25	MS250	HA (BS5400)	20	30	40	50	60	70	80
4	59.1	18.00	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
4½	66.4	20.25	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
5	73.8	22.50	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
5½	81.2	24.75	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
6	88.6	27.00	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
6½	96.0	29.25	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
7	103.3	31.50	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
7½	110.7	33.75	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
8	118.1	36.00	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
8½	125.5	38.25	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
9	132.9	40.50	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
9½	140.3	42.75	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
10	147.6	45.00	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
10½	155.0	47.25	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
11	162.4	49.50	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
11½	169.8	51.75	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
12	177.2	54.00	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
12½	184.5	56.25	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
13	191.9	58.50	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
13½	199.3	60.75	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
14	206.7	63.00	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
14½	214.1	65.25	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
15	221.5	67.50	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
15½	228.8	69.75	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
16	236.2	72.00	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
16½	243.6	74.25	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
17	251.0	76.50	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
17½	258.4	78.75	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
18	265.7	81.00	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH

\* Denotes Heavy End Panels in End Bays only    \*\* Denotes use Heavy End Panels in two End Bays only

## Highway Loading Tables

Constructions for highway loading are based upon the vehicle and lane loadings as specified in the relevant design codes

fatigue life of 100,000 cycles of loading where a longer fatigue life is required the advice of Mabe engineers should be

25 t has been assumed. Full account has been taken of impact factors and eccentricity



# CONSTRUCTION TABLES

## Super Panels - Two Lane Carriageway - 7.35m

SPAN			HIGHWAY LOADING			
Bays	Feet	Metres	HS20	HS25	MS250	HIA (SS100)
4	59.1	18.00	DSH	DSH	DSH+	DSH
4½	66.4	20.25	DSH	DSH	DSH+	DSH
5	73.8	22.50	DSH	DSH	DSH+	DSH
5½	81.2	24.75	DSH	DSH	DSH+	DSH+
6	88.6	27.00	DSH	DSH	DSH+2+	DSH+2+
6½	96.0	29.25	DSH	DSH+2+	DSH+2+	DSH+2+
7	103.3	31.50	DSH	DSH+2+	DSH+2+	DSH+2+
7½	110.7	33.75	DSH	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+
8	118.1	36.00	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+
8½	125.5	38.25	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+
9	132.9	40.50	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+
9½	140.3	42.75	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+
10	147.6	45.00	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+
10½	155.0	47.25	DSH+1+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3+
11	162.4	49.50	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3+
11½	169.8	51.75	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3+
12	177.2	54.00	DSH+2+	TSH+2+	TSH+2+	DDH+2+
12½	184.5	56.25	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3+	DDH+2+
13	191.9	58.50	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3+	DDH+2+
13½	199.3	60.75	TSH+2+	TSH+3+	TSH+3+	DDH+2+
14	206.7	63.00	TSH+2+	TSH+3+	DDH+2+	DDH+2+
14½	214.1	65.25	TSH+3	DDH+2	DDH+2+	DDH+2+
15	221.5	67.50	TSH+3	DDH+2+	DDH+2+	DDH+2+
15½	228.8	69.75	DDH+2	DDH+2+	DDH+2+	DDH+2+
16	236.2	72.00	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+3
16½	243.6	74.25	DDH+2	DDH+2	DDH+3	DDH+3
17	251.0	76.50	DDH+2	DDH+3	DDH+3	DDH+3
17½	258.4	78.75	DDH+2	DDH+3	DDH+3	-
18	265.7	81.00	DDH+3	DDH+3	-	-

SINGLE VEHICLE LOADING (tonnes)						
20	30	40	50	60	70	80
SSH	SSH+	SSH+	SSH+	DSH	DSH	DSH
SSH	SSH+	SSH+	DSH	DSH	DSH	DSH
SSH	SSH+	SSH+	DSH	DSH	DSH	DSH
SSH	SSH+	DSH	DSH	DSH	DSH+	DSH+
SSH	SSH+	DSH	DSH	DSH+	DSH+	DSH+
SSH	SSH+	DSH	DSH	DSH+	DSH+	DSH
SSH+	SSH+	DSH	DSH	DSH+2+	DSH+2+	DSH+
SSH+	SSH+	DSH	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	DSH+2+
SSH+	SSH+	DSH	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	DSH+
SSH+	DSH	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	DSH+2+	DSH+
SSH+	DSH+1+	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	DSH+2+	DSH+2+
SSH+	DSH+1+	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+
DSH	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+2+
DSH+1	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+2+	TSH+2+
DSH+1+	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+2+	TSH+
DSH+1+	DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+2+	TSH+
DSH+1+	DSH+2	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3+	TSH+
DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3+	TSH+3+	TSH+
DSH+1+	DSH+2+	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3+	DDH+2+	DDH+2+
DSH+2	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3	TSH+3+	DDH+2	DDH+2+
DSH+2	DSH+2+	TSH+2+	TSH+3	DDH+2	DDH+2+	DDH+
DSH+2	TSH+2	TSH+3	TSH+3+	DDH+2	DDH+2+	DDH+
DSH+2	TSH+3	TSH+3	DDH+2	DDH+2+	DDH+2	DDH+
DDH+1	DDH+1	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+
DDH+1	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+
DDH+1	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+
DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	-
DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	DDH+2	-	-

\* Denotes Heavy End Panels in End Bays only    \*\* Denotes use Heavy End Panels in two End Bays

## Highway Loading Tables

Constructions for highway loading are based upon the vehicle and lane loadings as specified in the relevant design codes.

fatigue life of 100,000 cycles of loading. Where a longer fatigue life is required the advice of Mabey engineers should be sought.

25 t has been assumed. Full account has been taken of impact factors and eccentricity.

# CONSTRUCTION TABLES

## Super Panels - Three Lane Carriageway - 10.5m

SPAN			HIGHWAY LOADING			
Baye	Feet	Metres	-HS20	HS25	MS250	HIA (BS5400)
4	59.1	18.00	DSH	DSH*	TSH	DSH*
4½	66.4	20.25	DSH*	DSH*	TSH	DSH*
5	73.8	22.50	DSH*	TSH	TSH	TSH
5½	81.2	24.75	DSH*	TSH	TSH	TSH
6	88.6	27.00	DSH*	TSH	TSH	TSHR2*
6½	96.0	29.25	DSHR2*	TSH	TSHR2*	TSHR3*
7	103.3	31.50	DSHR2*	TSH	TSHR2*	TSHR3*
7½	110.7	33.75	DSHR2*	TSHR2*	TSHR2**	TSHR3*
8	118.1	36.00	DSHR2*	TSHR2*	TSHR2**	TSHR3*
8½	125.5	38.25	DSHR2*	TSHR2*	TSHR2**	TSHR3*
9	132.9	40.50	DSHR2*	TSHR2*	TSHR2**	TDH
9½	140.3	42.75	DSHR2**	TSHR2*	TSHR2**	TDHR2*
10	147.6	45.00	DSHR2**	TSHR2**	TSHR3*	TDHR2*
10½	155.0	47.25	DSHR2**	TSHR2**	TSHR3*	TDHR2*
11	162.4	49.50	DSHR2H**	TSHR2H**	TSHR3**	TDHR2*
11½	169.8	51.75	TSHR2**	TSHR3*	TSHR3H**	TDHR2*
12	177.2	54.00	TSHR2H**	TSHR3H**	DDHR2*	TDHR2*
12½	184.5	56.25	TSHR3*	DDHR2*	TDHR2*	TDHR2*
13	191.9	58.50	TSHR3H*	DDHR2H*	TDHR2*	TDHR2H*
13½	199.3	60.75	DDHR2	TDHR2	TDHR2*	TDHR3*
14	206.7	63.00	DDHR2H*	TDHR2	TDHR2H*	TDHR3H*
14½	214.1	65.25	DDHR2H*	TDHR2H*	TDHR3	TDHR3H*
15	221.5	67.50	TDHR2	TDHR3	TDHR3	-
15½	228.8	69.75	TDHR2H	TDHR3H	TDHR3H	-
16	236.2	72.00	TDHR3	TDHR3H	-	-
16½	243.6	74.25	TDHR3H	-	-	-
17	251.0	76.50	TDHR3H	-	-	-
17½	258.4	78.75	-	-	-	-
18	265.7	81.00	-	-	-	-

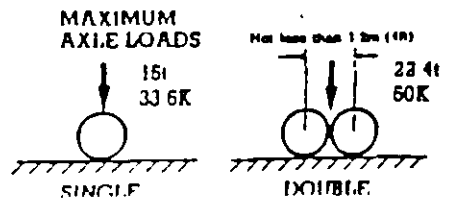
SINGLE VEHICLE LOADING (tonnes)						
20	30	40	50	60	70	80
DSH*	DSH	DSH	DSH	DSH*	DSH*	DSH*
DSH*	DSH	DSH	DSH*	DSH*	DSH*	DSH*
DSH*	DSH	DSH*	DSH*	DSH*	DSH*	DSH*
DSHR*	DSH	DSH*	DSH*	DSH*	DSH*	DSH*
DSHR*	DSH	DSH*	DSH*	DSHR2**	TSH	TSH
DSHR**	DSH	DSHR2*	DSHR2**	TSH	TSH*	TSH*
DSHR**	DSH	DSHR2*	DSHR2**	TSH*	TSHR2**	TSHR2**
DSHR**	DSHR1**	DSHR2**	DSHR2**	TSHR2**	TSHR2**	TSHR2**
DSH	DSHR1**	DSHR2**	DSHR2**	TSHR2**	TSHR2**	TSHR3*
DSH	DSHR2*	DSHR2**	TSHR2**	TSHR2**	TSHR3**	TSHR3**
DSHR1**	DSHR2*	DSHR2**	TSHR2**	TSHR2**	TSHR3**	TSHR3**
DSHR1**	DSHR2**	DSHR2**	TSHR2**	TSHR2**	TSHR3**	TSHR3**
DSHR1**	DSHR2**	TSHR2*	TSHR2**	TSHR3**	TSHR3**	TSHR3**
DSHR1**	DSHR2**	TSHR2**	TSHR2H**	TSHR3**	TSHR3H**	TDHR2
DSHR1H**	DSHR2**	TSHR2**	TSHR3**	TSHR3H**	TDHR2	TDHR2
DSHR2*	DSHR2H**	TSHR2H**	TSHR3**	TSHR3H**	TDHR2	TDHR2*
DSHR2*	TSHR2*	TSHR3*	TSHR3H**	TDHR2	TDHR2	TDHR2*
DSHR2*	TSHR2H**	TSHR3H*	DDHR2*	TDHR2	TDHR2*	TDHR2*
DSHR2H**	TSHR3	TSHR3H**	DDHR2*	TDHR2	TDHR2*	TDHR3
TSHR2	TSHR3H*	DDHR2	DDHR2*	TDHR2	TDHR2H*	TDHR3
TSHR2H*	TSHR3H*	DDHR2H	TDHR2	TDHR2H	TDHR3	TDHR3
TSHR3	DDHR2	DDHR2H	TDHR2	TDHR2H*	TDHR3	TDHR3H
TSHR3H	DDHR2H	TDHR2	TDHR2H	TDHR3	TDHR3H	TDHR3H
DDHR2	DDHR2H	TDHR2	TDHR3	TDHR3H	-	-
DDHR2H	DDHR2H	TDHR2H	TDHR3	TDHR3H	-	-
DDHR2H	DDHR2H	TDHR3H	TDHR3H	-	-	-
DDHR2H	DDHR2H	TDHR3H	-	-	-	-

\* Denotes Heavy End Panels in End Bays only    \*\* Denotes use Heavy End Panels in two End Bays only

## Single Vehicle Loading Tables

These are based on the design vehicles occupying 3.0m wide design lanes, as shown on page 10 of this publication, and account for full impact and eccentricity

only Refer to Mabeys engineers with specific vehicle details and required frequency of use for a more accurate design check



# EJEMPLO DE USO DE TABLAS

Las tablas están constituidas por información técnica útil para la construcción de los puentes modulares, principalmente para el Ingeniero Supervisor:

La primera describe las dimensiones de los elementos según el ancho de carril a utilizar.

La segunda tabla como complemento de la primera enseña un detalle de las medidas estándar del sistema que también varía según el ancho del camino.

La tercer tabla da los tipos de arreglo para el sistema.

La cuarta tabla muestra las propiedades y pesos de los paneles, dentro de las propiedades se muestra el momento y el cortante que resiste la estructura, para los paneles estándar y reforzados respectivamente, al pie aparecen unas figuras representativas de estos paneles. En esta misma sección aparecen las tablas A, B y C que sirven para determinar el peso total de la estructura.

En seguida las cuatro siguientes tablas, son para la construcción de las estructuras, lo primero en determinar es el ancho de calzada y posteriormente se entra a la tabla con el claro del puente (columna) y la carga (fila) y donde se encuentren ese será el arreglo de la estructura.

La última tabla es de las cargas representativas para el diseño de estos elementos

A continuación se da un ejemplo para el uso de las tablas de construcción, dicho ejemplo será el puente

“Cintalapa” en sus dos estructuras, según su construcción se determina su capacidad de carga.

“Cintalapa 1”	9 piezas	SSHR Simple Simple Reforzado.
“Cintalapa 2”	13 piezas	DSHR1 Doble Simple Reforzado en las vigas centrales

El ancho de calzada es de 4 20 m

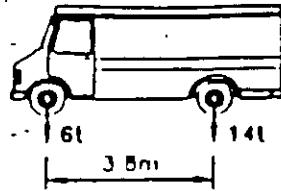
Se busca en la tabla correspondiente el número de piezas, el tipo de arreglo y con esto se tiene la carga que resiste la estructura, para este caso es de 50 toneladas, se busca en la última tabla y se ve cual es el tipo de vehículo que representa esa carga, esto no quiere decir que esta sea la carga ultima, pero sí indica que es la que resiste con seguridad.

Estas tablas nos determinan que para un ancho de calzada de 4.2 m., un claro de 81 m y una carga de 80 toneladas el arreglo será DDHR2H ( Doble Doble Reforzado en las 4 vigas principales como indican las gráficas de los tipos de arreglo), siendo estas las condiciones extremas tabuladas.

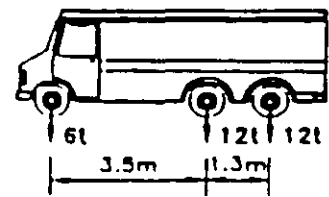
# SINGLE VEHICLE/VEHICLE TRAIN DIAGRAMS

## CARGAS DE DISEÑO

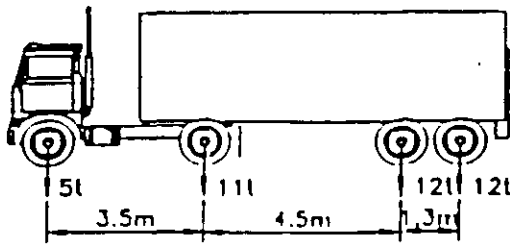
20t



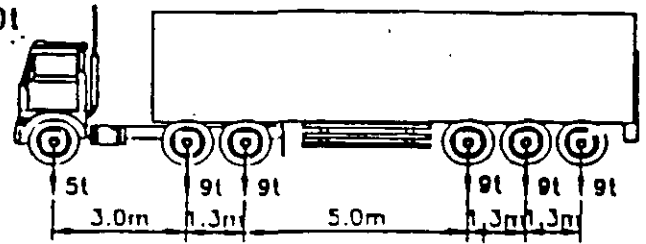
30t



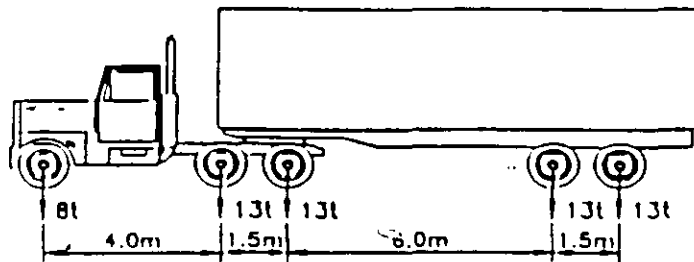
40t



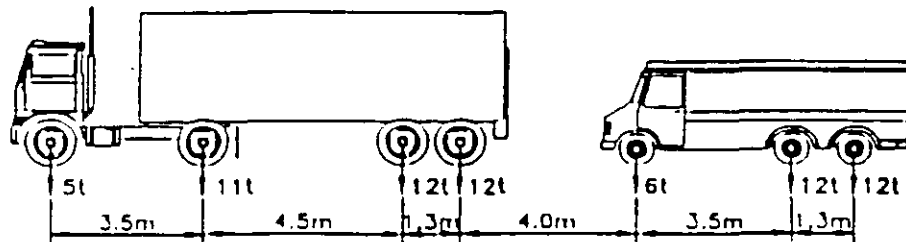
50t



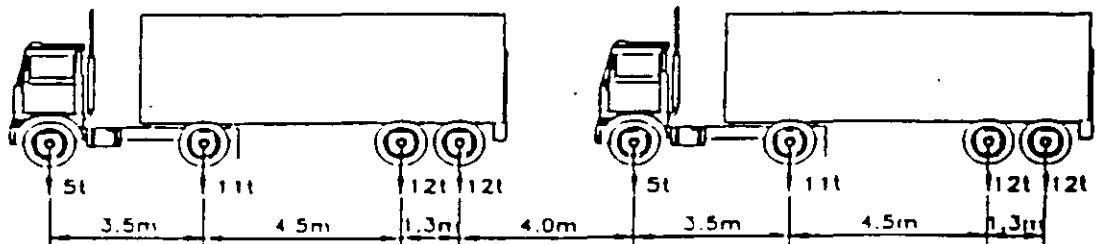
60t



70t (30t + 40t)

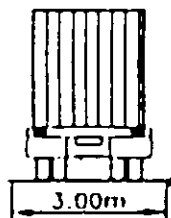


80t (2 x 40t)

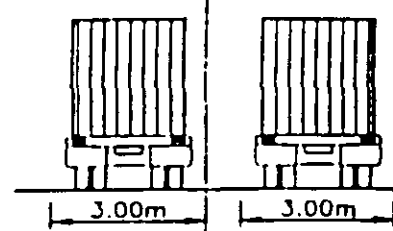


ECCENTRICITY

Single Lane



Two Lane



Impact,  $I = 1 + \frac{15.24}{L + 38.1}$ , where L = Span in Metres

Roadway



SPAN			HIGHWAY LOADING				SINGLE VEHICLE LOADING (tonnes)						
Bays	Feet	Metres	HS20	HS25	MS250	HIA (BS5400)	20	30	40	50	60	70	80
4	59.1	18.00	SSH	SSH	SSH+	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
4½	66.4	20.25	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
5	73.9	22.50	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
5½	81.2	24.75	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
6	88.6	27.00	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
6½	96.0	29.25	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
132.9	40.50	103.3	31.50	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
7½	110.7	33.75	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
8	118.1	36.00	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
8½	125.5	38.25	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
9	132.9	40.50	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
9½	140.3	42.75	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
10	147.6	45.00	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
10½	155.0	47.25	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
11	162.4	49.50	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
119.9	58.50	169.8	51.75	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
12½	184.5	56.25	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
13	191.9	58.50	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
13½	199.3	60.75	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
14	206.7	63.00	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
14½	214.1	65.25	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
15	221.5	67.50	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
15½	228.8	69.75	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
16	236.2	72.00	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
16½	243.6	74.25	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
17	251.0	76.50	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
17½	258.4	78.75	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+
18	265.7	81.00	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+	SSH+

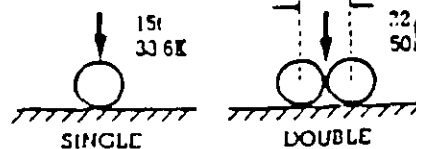
\* Design Heavy End Panels on End Bays only \*\* Design use Heavy End Panels on two End Bays only

## Single Vehicle Loading Tables

These are based on the design vehicles occupying 3.0m wide design lanes, as shown on page 10 of this publication and account for full impact and eccentricity. Note that they are intended for guidance.

only Refer to Mabeys engineers with specific vehicle details and required frequency of use for a more accurate design check.

MAXIMUM AXLE LOADS



# **ANEXO XII**

Procedimiento para la instalación de  
Pontones

# PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE PONTONES

## 1. OBJETIVO

- 1.1. Establecer los pasos a seguir para construir un puente sobre pontones metálicos de las características indicadas.

## 2. ALCANCE

- 2.1. Aplica a la construcción o montaje de un puente sobre pontones.

## 3. INFORMACIÓN TÉCNICA Y/O REFERENCIAS APLICABLES

- 3.1. No aplica.

## 4. DEFINICIONES

- 4.1. No aplica.

## 5. RESPONSABILIDADES

- 5.1. El ingeniero encargado de la construcción de un puente sobre pontones es el responsable de la solución estructural en particular que se le dé al puente a construir debido a la gran diversidad de soluciones o formas de armado que se le pueden dar a cada puente. Es muy importante considerar las corrientes que se presentan en el diseño o armado a ejecutar.
- 5.2. Se recomienda que el ingeniero encargado de la construcción se apoye con algún ingeniero estructural para el diseño del puente en particular.

## 6. ANTECEDENTES

- 6.1. Ante la necesidad de resolver el cruce a través de ríos o lagos debido a acontecimientos naturales que han dañado fuertemente la infraestructura carretera de nuestro país y/o debido a la necesidad de acceder zonas incomunicadas surge la necesidad de construir puentes provisionales y/o definitivos sobre pontones metálicos que nos puedan permitir dar paso a la brevedad posible.

## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

### 7.1. DISEÑO DEL PUENTE EN PARTICULAR A CONSTRUIR.

- 7.1.1. El primer punto a considerar para el diseño de un puente, es el de ver la longitud del puente que se requiere y las cargas a la cual va a estar sometido considerando que este tipo de puentes son para cargas máximas de 40 ton. En función de esto y del gasto que se presenta, se deberá tener cuidado de disminuir lo menos posible el área hidráulica y proponer un armado de puente que está formado principalmente por los pontones metálicos, las estructuras de rodamiento de 3 y 6 metros, los lápices y portalápices y las rampas de entrada.

- 7.1.2. En los planos DGCC-PP-01 y 02 se presenta un diseño tipo compuesto por 6 pontones de 6 X 1.51 X 12.15 m., 4 rampas de 3 X 1.51 X 0.29 a 3.03 m., estructuras de rodamiento de 3 m. de long., 5 estructuras de rodamiento de 6 m. de long. y 8 lápices con sus portalápices:
- 7.1.3. Cabe mencionar que en el caso de aguas estancadas, es decir que la corriente sea casi nula se pueden proponer los pontones continuos, y en el caso de corrientes muy grandes se pueden utilizar algunos tensores para evitar que la corriente arrastre con el puente.
- 7.2. FORMACIÓN DEL TERRAPLÉN DE ACCESO.
- 7.2.1. Una vez que se tiene propuesto el diseño y autorizado para su construcción, el primer paso es el de formar los terraplenes de acceso al puente con el equipo destinado para el mismo.
- 7.2.2. Este terraplén puede en todo caso llevar algunos tubos para permitir el paso del agua y deberá protegerse con piedra para evitar que la corriente se lleve los fines y termine por destruirlo.
- 7.2.3. De preferencia este terraplén deberá ser compactado debidamente.
- 7.3. MONTAJE DE PONTONES Y ESTRUCTURAS DE RODAMIENTO.
- 7.3.1. Una vez que se tiene formado el terraplén de acceso se deberá empezar por colocar los portalápices en los pontones que requieran del mismo.
- 7.3.2. Después con ayuda de una grúa deberá empezarse a colocar las rampas de acceso, cuidando que cada una de estas queden debidamente ancladas a tierra con ayuda de cables de acero.
- 7.3.3. Una vez colocadas las rampas de acceso, la grúa deberá colocarse sobre las rampas y colocar el siguiente pontón. Este pontón de preferencia ya deberá llevar colocada la estructura de rodamiento de 3 m. a la cual deberá estar conectada la estructura de rodamiento de 6 m. para que se hagan el menor número de maniobras sobre el agua.
- 7.3.4. Una vez que el pontón está debidamente colocado, conectado a la rampa por medio de la estructura de rodamiento y anclado a tierra con cables de acero, la grúa deberá colocar los lápices para que el pontón quede anclado al fondo del río.
- 7.3.5. En seguida se deberá continuar con el armado del puente siguiendo los pasos anteriores, hasta que se llegue hasta el otro extremo del río y quede terminado el puente con las otras dos rampas de acceso del otro extremo.
- 7.4. MANTENIMIENTO.
- 7.4.1. Debido a que estas estructuras están en constante contacto con aguas que muchas veces traen partículas extrañas como rocas o árboles los cuales pueden golpear los pontones y abrirlos provocando su hundimiento, estos deberán estar en constante revisión para evitar que el río arrastre con el puente. Además muchas veces se pueden crear tapones debido a los sólidos que arrastra el río los cuales pueden provocar que el río arrastre el puente.

- 7.4.2. Se deberá estar limpiando el cauce del agua para evitar tapones y cuidar que no se vaya a perforar algún pontón. Además se deberán revisar los tirantes de anclaje del puente en caso de que este los lleve y reparar cualquier daño que se pudiera presentar.

## **8. RECURSOS**

### **8.1. MANO DE OBRA.**

- 8.1.1. Maniobristas.
- 8.1.2. Operadores.
- 8.1.3. Ayudantes.

### **8.2. MATERIALES.**

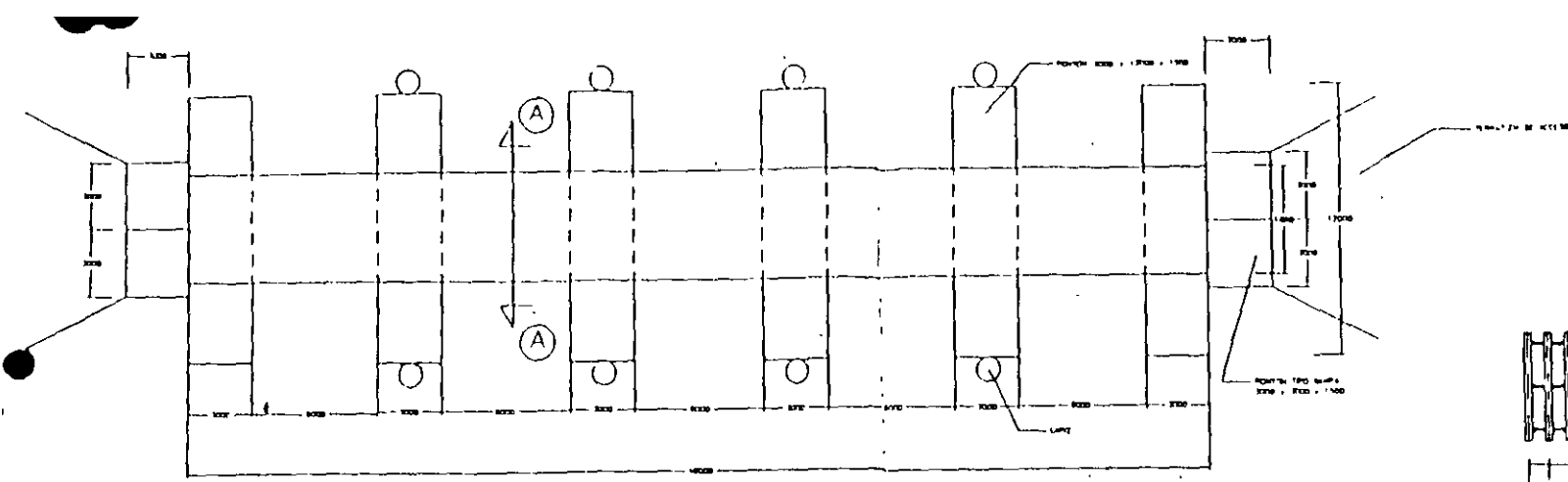
- 8.2.1. Pontón Rendrag Quadrafloat de 3.00 X 1.51 X 12.15 m. o similar.
- 8.2.2. Pontón Rendrag Quadrafloat de 3.00 X 1.51 X 6.05 m. o similar.
- 8.2.3. Rampas Rendrag de 3.00 X 1.51 X 0.29 a 3.03 m. o similar.
- 8.2.4. Estructura de Rodamiento a base de tubo de 8" de diámetro X 3.00 m. o similar.
- 8.2.5. Estructura de Rodamiento a base de tubo de 8" de diámetro X 6.00 m. o similar.
- 8.2.6. Polin de 4" X 4" X 8" o similar.
- 8.2.7. Seguros para pontones o similar.
- 8.2.8. Lápices para pontones de 16 " de diámetro X 10.50 m. o similar.
- 8.2.9. Portalápices de 16" de diámetro X 10.50 m. o similar.
- 8.2.10. Materiales para maniobrar.

### **8.3. EQUIPO.**

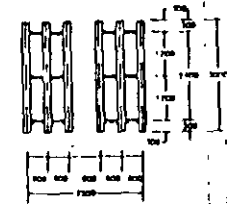
- 8.3.1. Grúa hidráulica.
- 8.3.2. Equipo pesado para la formación del terraplén.

## **9. ANEXOS**

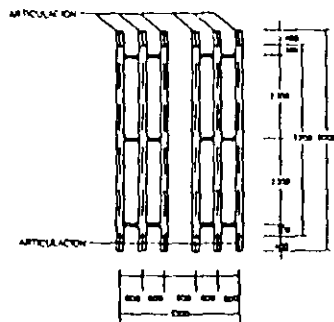
- 9.1. Plano tipo de puente sobre pontones DGCC-PP-01
- 9.2. Plano tipo de puente sobre pontones DGCC-PP-02



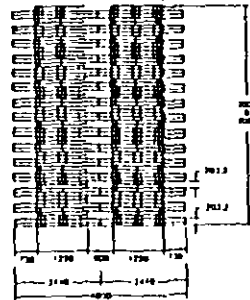
PLANTA PUENTE PONTONES



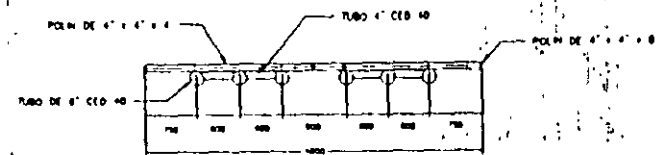
PLANTA DE ESTRUCTURA SOBRE PANTON  
LONGITUD 3.00 M




PLANTA DE ESTRUCTURA ENTRE PONTONES  
LONGITUD 6.00 M

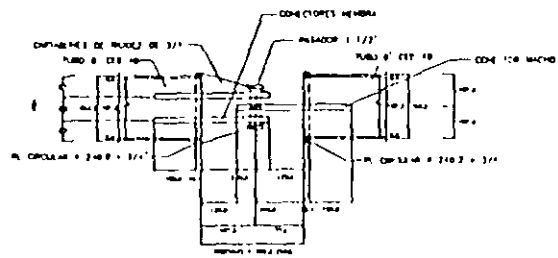


PLANTA DE ESTRUCTURA DE RODAMIENTO

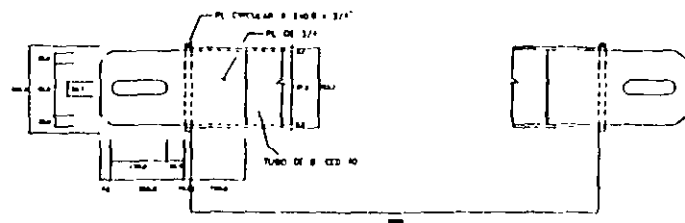


CORTE A-A

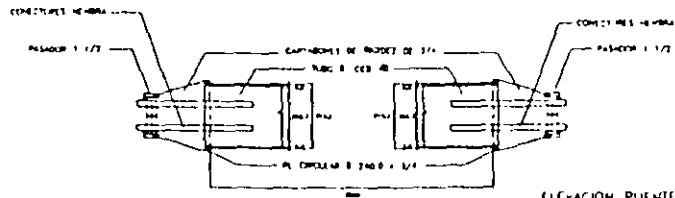
  
 S.A. CONSULTORIA DE INGENIERIA  
 "CONSTRUCCION"  
 PROYECTO  
 T. 10000  
 1977



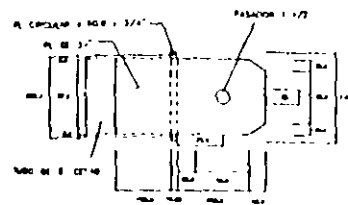
ARTICULACION PLANTA



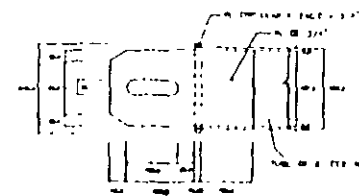
ARTICULACION MACHO



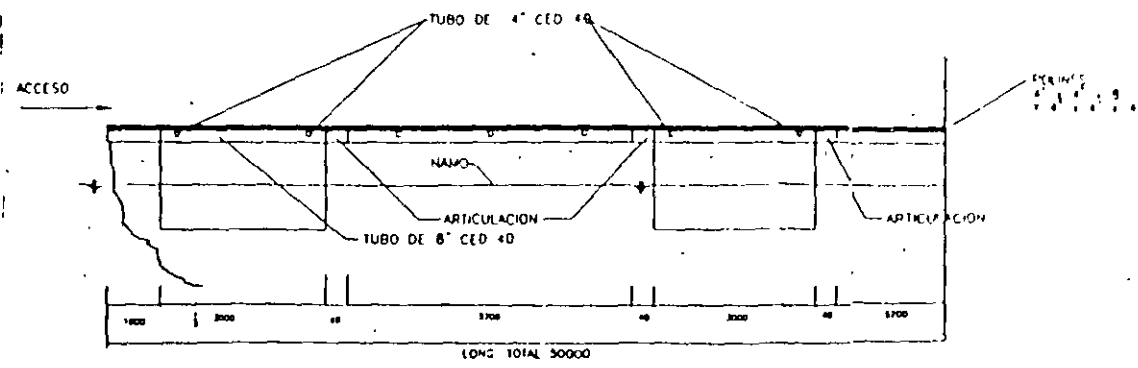
PLANTA ARTICULACION HEMBRA



ELEVACION ARTICULACION HEMBRA

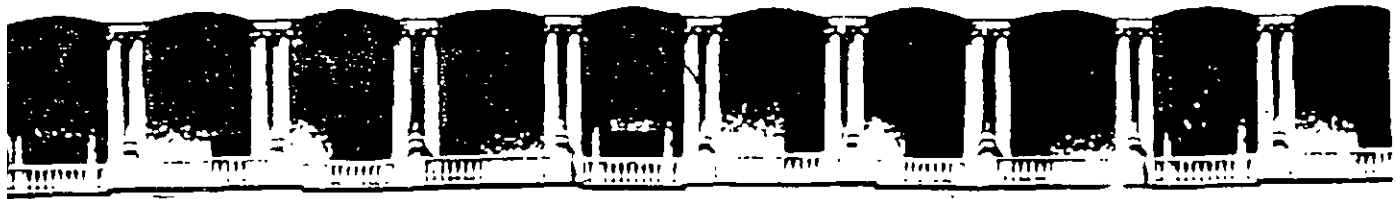


ELEVACION ARTICULACION MACHO



LONG TOTAL 30000

NO. DE PROYECTO	1000
FECHA	10/10/80
PROYECTISTA	...
REVISOR	...
APROBADO	...
ESCALA	1:1
OTROS DATOS	...



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS A IERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**TENCICAS DE REHABILITACIÓN Y ASPECTOS ECONOMICOS**

**EXPOSITOR: ING. RICARDO MENDEZ ORTIZ  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**





SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

---

SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS  
DIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

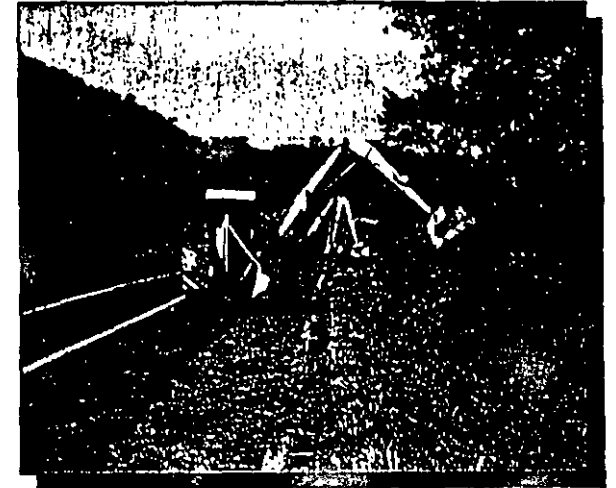
# CONSERVACION RUTINARIA MULTIANUAL

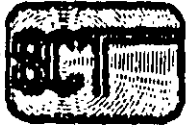
FEBRERO DEL 2000.



## ANTECEDENTES

Los primeros intentos de contratar trabajos de Conservación Rutinaria fueron en los años de 1989 a 1991, los resultados no fueron satisfactorios debido a que los criterios y conceptos no estaban bien definidos, es hasta el año 1996, que luego de varias acciones para cumplir con la normatividad vigente, se obtiene de parte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la autorización para instrumentar contratos multianuales hasta por cuatro años, para la conservación rutinaria de los 22,744 km de la Red Carretera Básica Nacional.





Para el periodo **1997-2000** se establecieron algunos parámetros para seleccionar los tramos susceptibles a contratar.

- *Calificación de nivel de Servicio de 300 puntos*
- *Tramos de longitudes del orden de 100 Km*
- *Unicamente conceptos de Conservación Rutinaria*

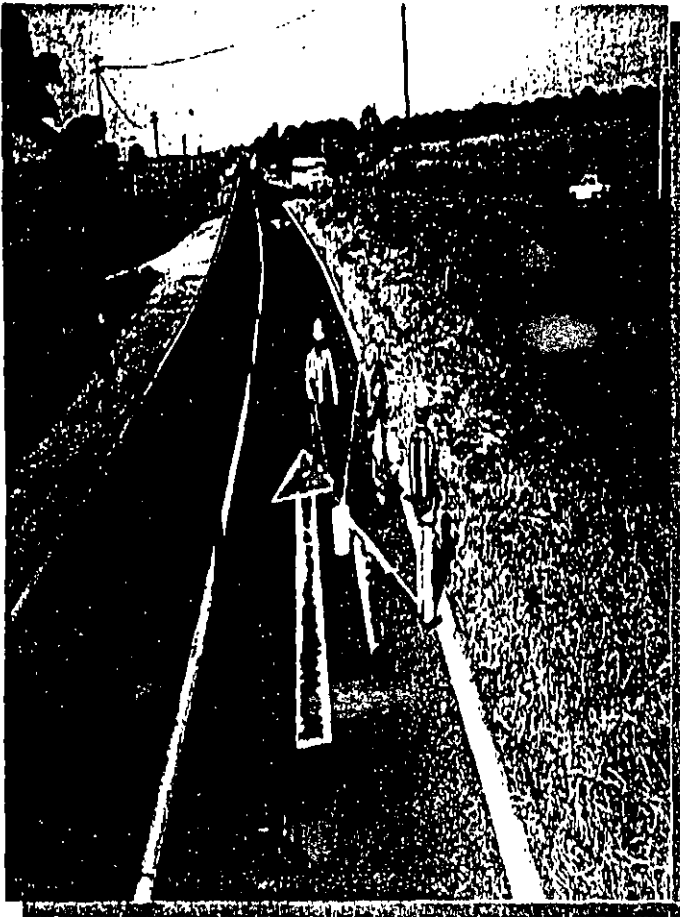
### **Los resultados fueron:**

- *Se seleccionaron 215 tramos*
- *Se efectuaron 101 concursos*
- *Se contrataron 14,691 km lo que significa el 65% de la Red Básica Nacional*
- *La longitud promedio de concurso fue de 145.5 Km.*
- *El monto de lo concursado para el periodo 1997-2000 fue de 866 MDP*
- *El costo por kilómetro fue de 14.7 miles de pesos por año*





Para el periodo 1998-2000 se consideraron los mismos parámetros.



Los resultados fueron:

- *Se seleccionaron 100 tramos*
- *Se efectuaron 47 concursos*
- *Se contrataron 4,896 Km. lo que significa el 21.5% de la Red Básica Nacional*
- *La longitud promedio de concurso fue de 104.1 Km.*
- *El monto de lo concursado para el periodo 1998-2000 fue de 252MDP*
- *El costo por kilómetro fue de 17.2 miles de pesos por año.*



Para el periodo 1999-2000 los parámetros fueron los mismos.

### Los resultados fueron:

- *Se seleccionaron 97 tramos*
- *Se efectuaron 58 concursos*
- *Se contrataron 7,155 Km., lo cual significa el 32.1% de la Red Básica Nacional.*
- *La longitud promedio de concurso fue de 123.4 Km.*
- *El monto de lo concursado para el periodo 1999-2000 fue de 307 MDP*
- *El costo por kilómetro fue de 21.4 miles de pesos por año.*





*Dentro de los 6 conceptos más importantes en la Conservación Rutinaria, en estos últimos 4 años se habrían logrado algunas metas importantes:*

**DESHIERBE.** - *Consiste en despejar de vegetación existente el derecho de vía, se efectúa en un ancho de 5 m a cada lado del camino*



*Al final del año 2000 habremos limpiado poco más de 260,000 Km<sup>2</sup>, que significa el 13% del territorio nacional<sup>(1)</sup>. Esas 26,000 Ha. representan también el equivalente a limpiar 45,600 campos de fútbol soccer<sup>(2)</sup>.*

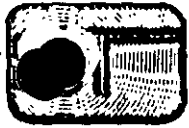


**CONSERVACION RUTINARIA MULTIANUAL**  
**DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS**  
**DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE SUPERVISION Y CONTROL**

**BACHEO DE CAJA.-** *Conjunto de labores para reparar una porción de la corona que ha sido afectada y/o destruida por diversos factores, cuya dimensión mayor es generalmente superior a los 15 cms. y su profundidad puede afectar hasta las capas de terracerías.*



*Al final del año 2000 habremos hecho volúmenes de bacheo de caja por poco más de 28,000 m<sup>3</sup> que equivale al 2.5 veces el volumen de la Torre inclinada de Pisa, en Italia y 70% del volumen de concreto utilizado en la construcción del Puente Tampico, en Tamaulipas.*



**BACHEO SUPERFICIAL ASFALTICO.-** Conjunto de labores para reparar una porción de la superficie de rodamiento, las dimensiones del daño no afectan capas interiores del pavimento limitándose únicamente a la carpeta, su dimensión mayor no rebasa los 15 cm.

Al final del año 2000, habremos realizado trabajos de bacheo superficial del orden de 60,000 m<sup>3</sup>, que equivalen a un 42% más del volumen de concreto utilizado en la construcción del Estadio Azteca<sup>(5)</sup> y al 43% del volumen de la Basílica de Guadalupe<sup>(6)</sup>.







**CONSERVACION RUTINARIA MULTIANUAL**  
DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS  
DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE SUPERVISION Y CONTROL

*RENIVELACIONES.- Aplicaciones de mezcla asfáltica cuya finalidad es uniformizar el nivel de la superficie de rodamiento.*

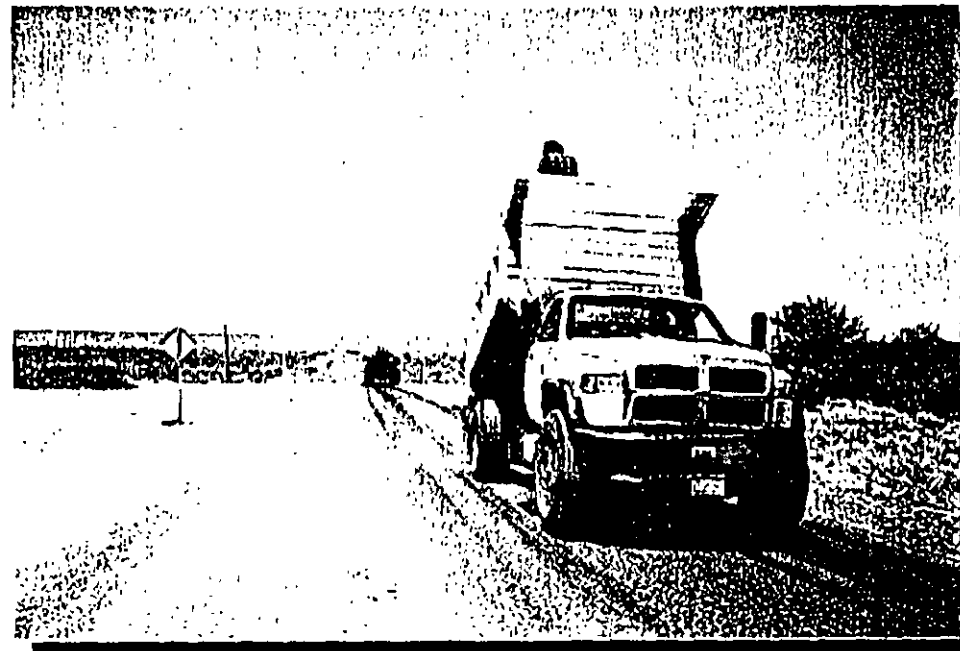


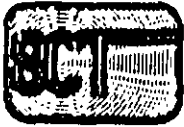
*Al final del año 2000 habremos utilizado más de 160,000 m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica para renivelaciones, igual a lo producido por una planta asfáltica de producción continua<sup>(7)</sup> durante 150 días sin parar. El volumen utilizado también equivale a construir una carpeta de 10 cm. de espesor en 7 m. de ancho, de México a Querétaro<sup>(8)</sup>.*



**RIEGO DE SELLO.-** Es la aplicación de material asfáltico, cubriéndolo con una capa de material pétreo, su objetivo es proteger del desgaste a la superficie de rodamiento y darle rugosidad.

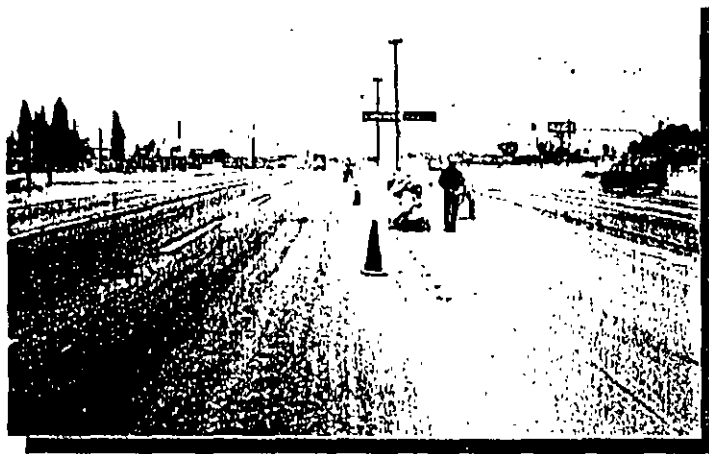
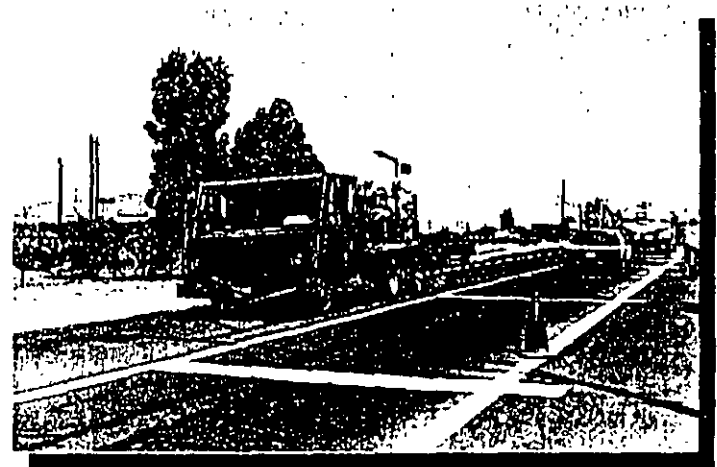
Para el año 2000, habremos sellado alrededor de 4.5 millones de  $m^2$  lo que equivale a trabajar el área de la plaza del Zócalo de la Ciudad de México 216 veces <sup>(9)</sup>. También representa sellar 70 veces la plaza de San Pedro en Roma, Italia <sup>(10)</sup>.



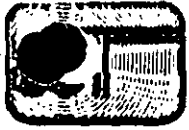


**CONSERVACION RUTINARIA MULTIANUAL**  
**DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS**  
**DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE SUPERVISION Y CONTROL**

**MARCAS EN PAVIMENTO.-** Sirve para delimitar carriles, señalando zonas de rebase y de reducción de velocidad, proporcionando un mayor sentido de seguridad al usuario.



*Para el fin del año 2000 se habrán pintado marcas en el pavimento al equivalente a casi 27 millones de metros lineales, que es 20 veces la distancia entre Tijuana y Mérida <sup>(11)</sup>, es también 4 veces la distancia entre México y Buenos Aires Argentina <sup>(12)</sup>*



## **EN RESUMEN:**

- *El número total de contratos es de 206*
- *Total de la Red Básica en Contratos Multianuales es de 22,704 Kms.*
- *Total de Red Secundaria en Contratos Multianuales es de 4,038 Kms.*



*Todos los contratos concluyen el día último del presente año.*



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**EVALUCACIÓN DEL COMPOFRTAMIENTO DE PAVIMENTOS**

**EXPOSITOR: M. I. RICARDO TORRES VELAZQUEZ  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

# CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

Ricardo TORRES VELAZQUEZ  
Gerente Técnico  
RAUL VICENTE OROZCO Y CIA., S.A. DE C.V.  
Hacienda Chapa No. 5, Col. Prado Coapa  
14350 México, D.F.  
Tels. y fax: 671-95-40, 671-95-70

## RESUMEN

La evaluación de un pavimento tiene como propósito conocer el estado actual del mismo desde los puntos de vista superficial y estructural, además de establecer las razones por las que se encuentra en esa condición. Los equipos más usuales para determinar la condición estructural son: la viga Benkelman, el curvímeter Dehelen, el Dynaflect, etc. Para simular lo mejor posible el efecto producido por el tránsito de vehículos pesados, se han diseñado equipos como los llamados deformómetros de impacto (Falling Weight Deflectometer). Con estos equipos se puede determinar la condición estructural de un pavimento a través de índices y calificaciones y, posteriormente, conocer los módulos elásticos de las diferentes capas que lo forman.

## 1. INTRODUCCION.

El estudio de los pavimentos en México data de los años treinta y fue en el año de 1934 cuando se fundó el primer laboratorio con la finalidad de estudiar y controlar los materiales que se utilizaban en esa época. Paralelamente a esto, surgió la necesidad de analizar el estado de los pavimentos construidos, desde los puntos de vista servicio y condiciones superficial y estructural. Para valuar la condición estructural se han utilizado diversos equipos y aparatos, tales como la viga Benkelman, el curvímeter Dehelen y el Dynaflect, entre otros. Hasta la fecha, estos equipos son una poderosa herramienta para la evaluación de pavimentos; sin embargo, con el constante desarrollo de la tecnología universal, se han creado otros equipos que resultan más eficientes. Tal es el caso del deformómetro de impacto (Falling Weight Deflectometer) que, por sus características, reproduce el efecto de la carga originada por el tránsito de un vehículo pesado, con lo cual se valúa la condición estructural del pavimento.

Seleccionar el tipo de rehabilitación en un pavimento es una decisión de considerable significado económico. Por ello, tomar tal decisión sin tener el adecuado conocimiento de la condición estructural del pavimento, puede acarrear consecuencias muy graves.

## 2. MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES.

La capacidad estructural de un pavimento está correlacionada directamente con los desplazamientos verticales ("deflexiones") registrados por equipos especiales, como el KUAB.

El equipo dinámico permite la simulación del efecto producido por el tránsito vehicular al dejar caer libremente unas pesas sobre una placa segmentada y transmitir así una carga específica al pavimento. Durante el impacto se registran los desplazamientos verticales y sus tiempos de ocurrencia mediante 7 sismómetros (sensores), con espaciamiento usual de 20, 30, 45, 90, 120 y 150 cm, a partir del sensor localizado bajo la carga. Esta varía de 2 a 8 t para autopistas, con placa de 30 cm, hasta 3 a 15 t para aeropistas, con placa de 45 cm. El impacto está proyectado para producir un desplazamiento vertical igual al causado por una rueda.

El equipo está provisto de siete sismómetros, que registran los desplazamientos verticales y sus tiempos de ocurrencia producidos por el impacto (Figs. 1 y 2). A partir del punto de impacto, la posición usual de los siete sensores es la siguiente:

SENSOR	DISTANCIA (cm)
S0	0
S1	20
S2	30
S3	45
S4	90
S5	120
S6	150

## 3. CALIFICACION ESTRUCTURAL.

En cada estación (generalmente cada 100 m) donde se efectúa una medición con el equipo KUAB se procede a obtener el área comprendida entre la curva de desplazamientos verticales registradas y los ejes cartesianos. La Fig. 3 muestra una curva típica de desplazamientos verticales, donde se graficaron los valores registrados por los siete sismómetros (en el eje vertical) y la distancia de éstos a partir del punto de impacto (eje horizontal). A esta área se le denominó Índice Estructural ( $I_e$ ), el cual está expresado en  $mm^2$ .

Este índice proporciona un indicador cualitativo muy útil para conocer la condición estructural del pavimento, ya que toma en cuenta todos los sismómetros y, por consecuencia, considera la respuesta producida por las capas del pavimento.

La escala de calificación estructural del pavimento se indica a continuación, a partir del Índice Estructural ( $I_e$ ):

CALIFICACION ESTRUCTURAL		$I_e$ ( $mm^2$ )
10	Excelente	< 100
9	Muy buena	100 a 200
8	Buena	200 a 400
7	Regular	400 a 800
6	Mala	800 a 1600
5	Pésima	> 1600

En la Fig. 4 se observa una gráfica donde se aprecia el índice y la calificación estructurales de un tramo carretero.

Es importante mencionar que, paralelamente a esta calificación estructural, se efectúa una calificación de servicio actual y un levantamiento de deterioros del pavimento, con la finalidad de correlacionarlos.

#### 4. OBTENCION DE MODULOS ELASTICOS DE LAS CAPAS.

Los desplazamientos verticales registrados en cada uno de los sismómetros se almacenan en la computadora del equipo KUAB. Con ayuda de un programa especial de computadora [1] y con base en la información de los desplazamientos verticales medidos con el equipo dinámico, de la carga aplicada y de los espesores de las capas, se calculan los módulos elásticos de los materiales que forman el pavimento de la autopista (carpeta, base, sub-base y capas inferiores).

El programa de computadora calcula los desplazamientos ocasionados al aplicar una carga conocida, proporcionada por el equipo dinámico; sobre una estructura de pavimento (cuyos espesores de capas fueron medidos en los sondeos). Inicialmente en dicho programa se proponen módulos elásticos de las capas que constituyen el pavimento. Con estos módulos se calculan los desplazamientos que son comparados con las lecturas de los siete sensores del equipo (Figura 3). Si existen diferencias, entonces se proponen nuevos valores de módulos elásticos y se repite el proceso. El cálculo finaliza cuando los desplazamientos verticales calculados y medidos convergen. Cabe mencionar que este proceso se efectúa para cada sitio donde existe una medición de desplazamientos verticales.

En la Fig. 5 se aprecia la gráfica de módulos elásticos de la carpeta asfáltica. Mientras que en la Fig. 6 se encuentran graficados los módulos elásticos de las capas de base, sub-base e inferiores. En estas gráficas aparecen unos límites recomendados, los cuales se enlistan a continuación:



CAPA	MODULOS ELASTICOS (kg/cm <sup>2</sup> )		
Carpeta	30,000	a	40,000
Base	3,000	a	5,000
Sub-base	2,000	a	4,000
Capas inferiores	300	a	1,500

## 5. ANALISIS DE ESTRUCTURACIONES DE PAVIMENTO.

La capacidad de predicción de esfuerzos y desplazamientos con el Método de Elementos Finitos (MEF) ha sido ampliamente demostrada en un número considerable de aplicaciones a diversos tipos de obras civiles. Por ello, este método es una poderosa herramienta que permite obtener soluciones aproximadas a estos problemas.

### 5.1 Principios básicos del MEF

El MEF es un procedimiento que permite evaluar el estado de esfuerzos y deformaciones en un medio continuo. Básicamente consiste en discretizar el medio en un número finito de elementos de formas arbitrarias, interconectadas en sus fronteras por nodos comunes a dos o más elementos (Fig. 7).

Por medio de una función polinomial se efectúan interpolaciones dentro del campo de desplazamientos, para obtener la matriz de rigidez del elemento. Posteriormente se ensamblan las matrices de rigidez de los elementos para obtener la matriz de rigidez global. Por otra parte, el vector de cargas se aplica en los nodos y se resuelven las ecuaciones de equilibrio para los desplazamientos nodales. Por último, se calculan los esfuerzos y las deformaciones en cada elemento a partir de dichos desplazamientos [2], [3] y [4].

### 5.2 Análisis de fatiga

5.2.1 Debido a las numerosas variables que intervienen en el comportamiento de los pavimentos y a que existe mucha interacción entre ellas, el proyecto de pavimentos es muy complejo. Sin embargo, en la actualidad hay consenso sobre los principales tipos de daño que se deben de tomar en cuenta, para lo cual es necesario conocer lo siguiente:

1. La máxima deformación unitaria a tensión (horizontal) en el plano inferior de la carpeta asfáltica.
2. La máxima deformación unitaria a compresión (vertical) de las capas inferiores a la carpeta asfáltica.
3. El esfuerzo máximo de tensión en el plano inferior de las capas del pavimento, cuando están rigidizadas.

### 5.2.2 Número de ciclos a la falla

Existen correlaciones experimentales para obtener el número de ciclos (repeticiones o aplicaciones de carga de los ejes de los vehículos) para llegar a la falla en la(s) capa(s) de los pavimentos ( $N_f$ ), en función de las deformaciones unitarias máximas a compresión y a tensión o los esfuerzos máximos a tensión.

Para el caso de las capas de suelo compactado, se aplica la siguiente expresión:

$$N_f = \left[ \frac{0.021}{\varepsilon_v} \right]^{0.24} \quad (1)$$

en donde:

$\varepsilon_v$  = deformación unitaria máxima a compresión

Para el caso de la carpeta asfáltica, se utiliza la siguiente expresión [5].

$$N_f = \left( \frac{0.00296692}{\varepsilon_t} \right)^5 \quad (2)$$

en donde:

$\varepsilon_t$  = deformación unitaria máxima a tensión

En las capas rigidizadas con cemento Portland se utiliza la siguiente correlación:

$$N_f = 10^{12 \left( 0.8686 - \frac{\sigma_t}{21} \right)} \quad (3)$$

en donde:

$\sigma_t$  = esfuerzo máximo de tensión en la parte inferior de la capa rigidizada  
(kg/cm<sup>2</sup>)

### 5.2.3 Vida esperada

Debido a que se tienen resultados para los diferentes tipos de vehículos y su número diario de aplicaciones ( $N_f$ ) es diferente, se necesita tomar en cuenta conjuntamente todos los valores de  $N_f$  (mínimos), con el fin de estimar el daño que recibirá el pavimento durante su vida esperada. Esto se logra al aplicar la Ley de Miner [6] y [7], por medio de la cual se acumulan los daños causados por cargas diferentes. Esta ley establece que la condición de falla se alcanza cuando:

$$\sum_{i=1}^e \left( \frac{n_i}{N_i} \right) = 1 \quad (4)$$

en donde

$n_i$  = número de aplicaciones de carga para el eje considerado, que se tienen previstas durante la vida esperada.

$N_i$  = número de aplicaciones de carga para el eje considerado, que puede resistir el pavimento. Se obtiene al aplicar las ecuaciones de fatiga (Ecs. 1 a 3)

$e$  = número total de tipos de eje considerados

El valor de  $N_i$ , para un tipo de eje dado, corresponde al valor mínimo de los siguientes parámetros:  $N_f(\epsilon_V)$  en la Ec. 1,  $N_f(\epsilon_T)$  en la Ec. 2 y  $N_f(\sigma_T)$  en la Ec. 3.

Por otra parte, el pronóstico del número acumulado de aplicaciones de carga de un eje dado está dado por:

$$n_i = \frac{365E_o}{Ln(1+r)} \left[ (1+r)^a - 1 \right] \quad (5)$$

en donde:

$E_o$  = número total de aplicaciones de carga del eje considerado, el primer día del período de análisis

$r$  = tasa de crecimiento vehicular anual (decimales)

$a$  = vida esperada (años)

Al sustituir la Ec. 5 en la Ec. 4, es decir:

$$\frac{365}{Ln(1+r)} \left[ (1+r)^a - 1 \right] \sum_{i=1}^e \frac{E_{oi}}{N_i} = 1 \quad (6)$$

en donde:

$E_{oi}$  = número total de aplicaciones de carga del eje  $i$ , el primer día del período de análisis (el subíndice "i" corresponde a la sumatoria).

Por tal motivo el problema se reduce a despejar el valor de la vida esperada (a) de la Ec. 6.

## 6. CONCLUSIONES.

Ante los intercambios de tipo comercial con otros países, así como el crecimiento poblacional de la nación, la demanda en el transporte carretero tiende a incrementarse de tal forma que la infraestructura carretera deberá tener la calidad y la cantidad de vías suficientes para afrontar este reto.

Una de las acciones que se antoja desarrollar para lograrlo, es la investigación tanto en la caracterización de los materiales empleados en la construcción de carreteras, como en la elaboración de métodos de proyecto acordes a las condiciones reales del país. Por ello, toda innovación tecnológica que sirva como herramienta para lograr estos fines deberá ser tomada en cuenta.

## 7. RECONOCIMIENTOS.

Cabe dejar plena constancia de agradecimiento a los siguientes organismos gubernamentales y privados, por permitir llevar a cabo evaluaciones de pavimento (con el equipo KUAB) en las carreteras, autopistas o aeropuertos a su cargo:

ORGANISMO	CARRETERA, AUTOPISTA o AEROPUERTOS	LONGITUD EVALUADA (km)
CAPUFE	México-Tizayuca	31
	Libramiento de Cuernavaca	60
	La Pera-Cuautla	68
	Puente de Ixtla-Iguala	124
	Zacapaico-Rancho Viejo	34.6
	Puebla-Acatzingo	48
	Esperanza-Cd. Mendoza	90
	México-Cuernavaca	176
	México-Puebla	269.6
	Puebla-Córdoba	183.9
	Nuevo Teapa-Cosoleacaque	59.2
	México-Querétaro	265.3
	Querétaro-Irapuato	198.4
	Culiacán-Los Mochis	500.0
ACSA	Camino de acceso al Aeropuerto de Durango	22.4
	Durango-Yerbanís	18
	Gómez Palacio-Cuencamé-Yerbanís	429

ORGANISMO	CARRETERA, AUTOPISTA o AEROPUERTOS	LONGITUD EVALUADA (km)
ASA	Plataforma del Aeropuerto de Durango	0.1
	Aeropuerto de Huejotzingo, Pue.	14.4
	Aeropuerto de Chetumal, Quintana Roo	
	Aeropuerto de Campeche, Camp.	10.0
	Aeropuerto de Villahermosa, Tab.	8.8
	Aeropuerto de Minatitlán, Ver.	8.0
SCT	Pachuca-Tampico	30
	Hermosillo-Moctezuma	48.0
	Puebla-Huajuapán de León	80.0
	Lázaro Cárdenas-Polyuc	40.0
	Puebla-Santa Ana	22.8
	San Martín Texmelucan-Apizaco	12.8
	Los Reyes-San Martín	20.0
	Red Carretera de Puebla	400.0
BANAMEX	Pirámides-Tulancingo	136
BANOBRAS	Toluca-Morelia	252.0
	Toluca-Morelia (después de rehabilitación)	252.0
GOBIERNO DEL EDO. DE LEON, GTO.	Vialidades	95.7
GOBIERNO DEL EDO. DE MEXICO	Av. Texcoco	32.0
TRIBASA	México-Toluca (federal)	74.9
	México-Toluca (concesión)	79.9
	Peñón-Texcoco	32.0
SISTEMA CLAVE (adoquín)	Real del puente	1
	Club de golf Tabachines	1
FONATUR	Blvd. Kukulkan	26.4

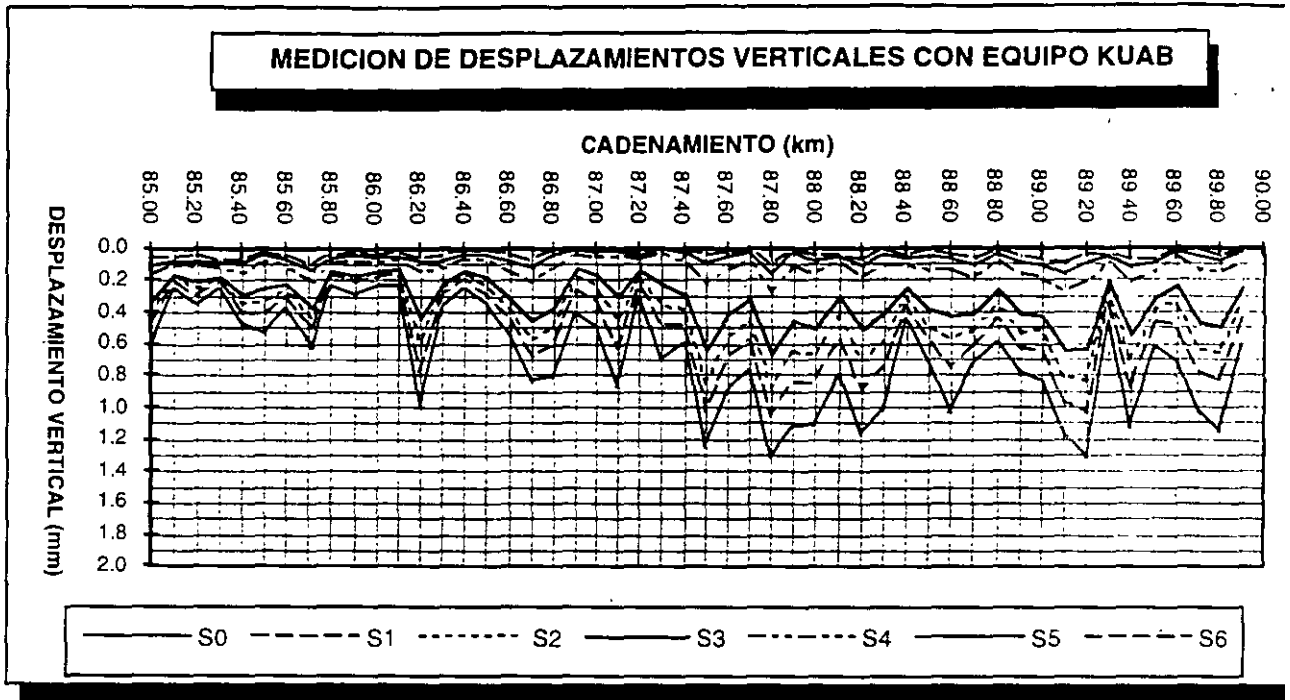
## 8. REFERENCIAS.

[1] Uddin, W. (1993). "Pavement Evaluation Based on Dynamic Deflection" PEDD1 Versión 1.1 Owner's guide. Programa elaborado especialmente para RVO y Cía., Silver Spring, Maryland, USA

[2] Hughes, T (1987). "The finite element method. Linear static and dynamic finite element analysis. Englewood, New Jersey, USA

- [3] Romo, M.P.; Torres R. (1993). "Procedimiento simplificado para el diseño geométrico de pavimentos flexibles". Proyecto realizado en el Instituto de Ingeniería-UNAM, con patrocinio de Raúl Vicente Orozco y Cía., S.A. de C.V. México
- [4] Torres R. (1992). "Método para el diseño geométrico de pavimentos flexibles", Tesis de Maestría, UNAM, México
- [5] Marchand, J.P., Dautats, M. Lichtenstein, H y Kobisch, R. (1984). "Quelques Formules utiles pour le calcul des chaussées sur petites programmables" Número especial, Mécanique des chaussées, del Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et chaussées, París, Francia.
- [6] Dautats, M., Lichtenstein, H. y Marchand J. P. (1984). "Exemple d'utilisation de la Méthode Rationnelle de Dimensionnement: le transfert d'un Eugin Exceptionnel dans l'Enceinte du Port Autonome de Marseille", Número especial, Mécanique des chaussées, del Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et chaussées, París, Francia.
- [7] Haas, R., Hudson, R.W., "Pavement Management System", Malbar, Florida, 1982.

AUTOPISTA: LIBRAMIENTO CUERNAVACA  
 TRAMO DEL km 80 AL km 95  
 LADO DERECHO, CARRIL IZQUIERDO

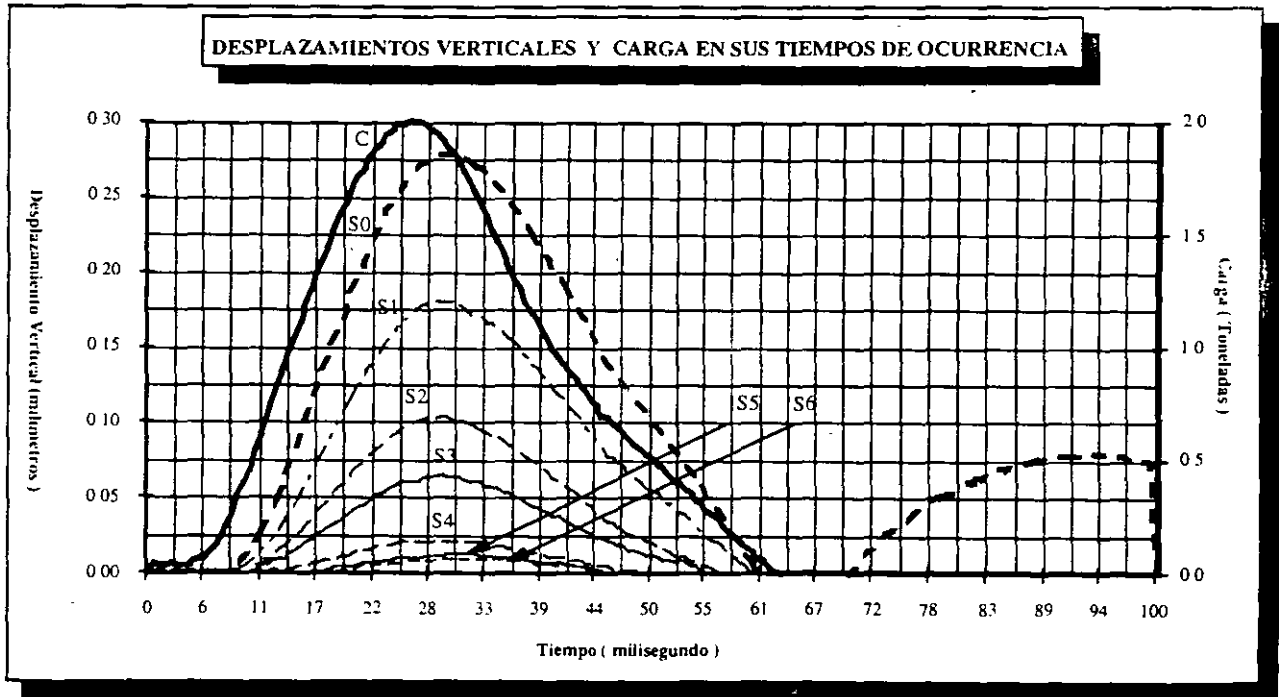


(S=Sismómetro)

PROMEDIO DE CARGA 5.948 kg

Fig.- 1 Gráfica de desplazamientos verticales

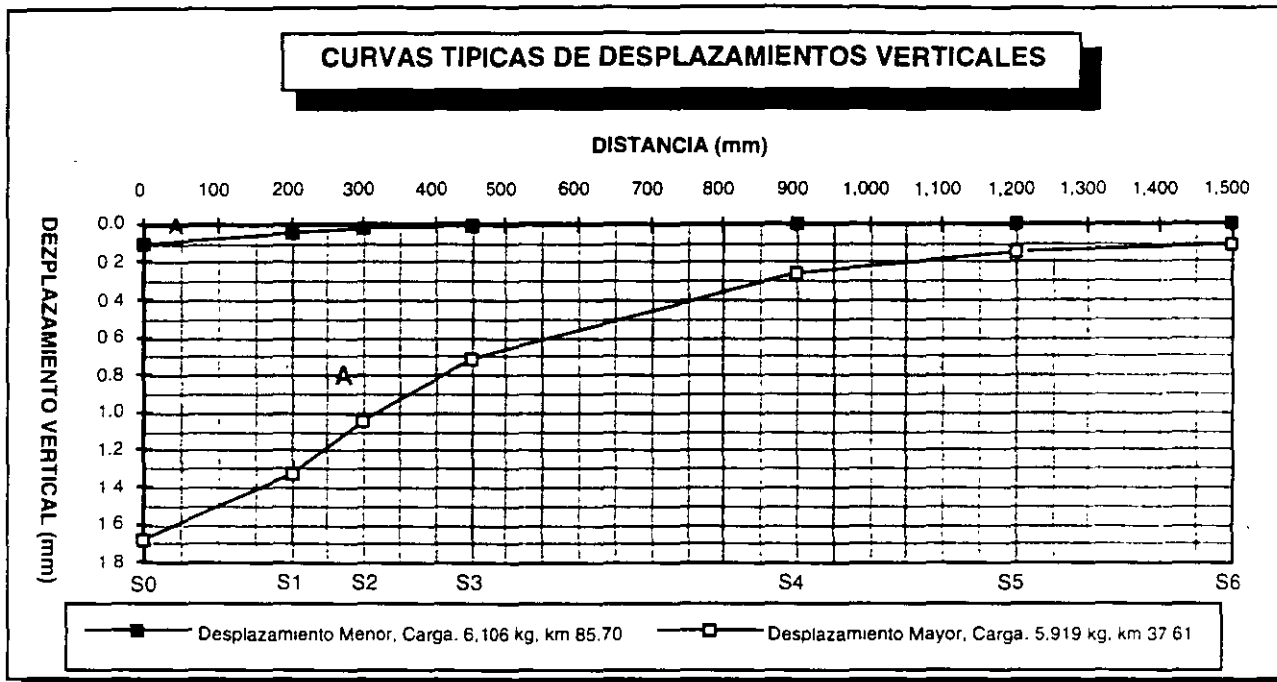
CAMINO DIRECTO: PUEBLA - CORDOBA  
 TRAMO: ESPERANZA-Cd. MENDOZA km 259 4



S = Sismometro  
 C = Carga

Fig.- 2 Gráfica de desplazamientos verticales y carga vs. tiempo de ocurrencia

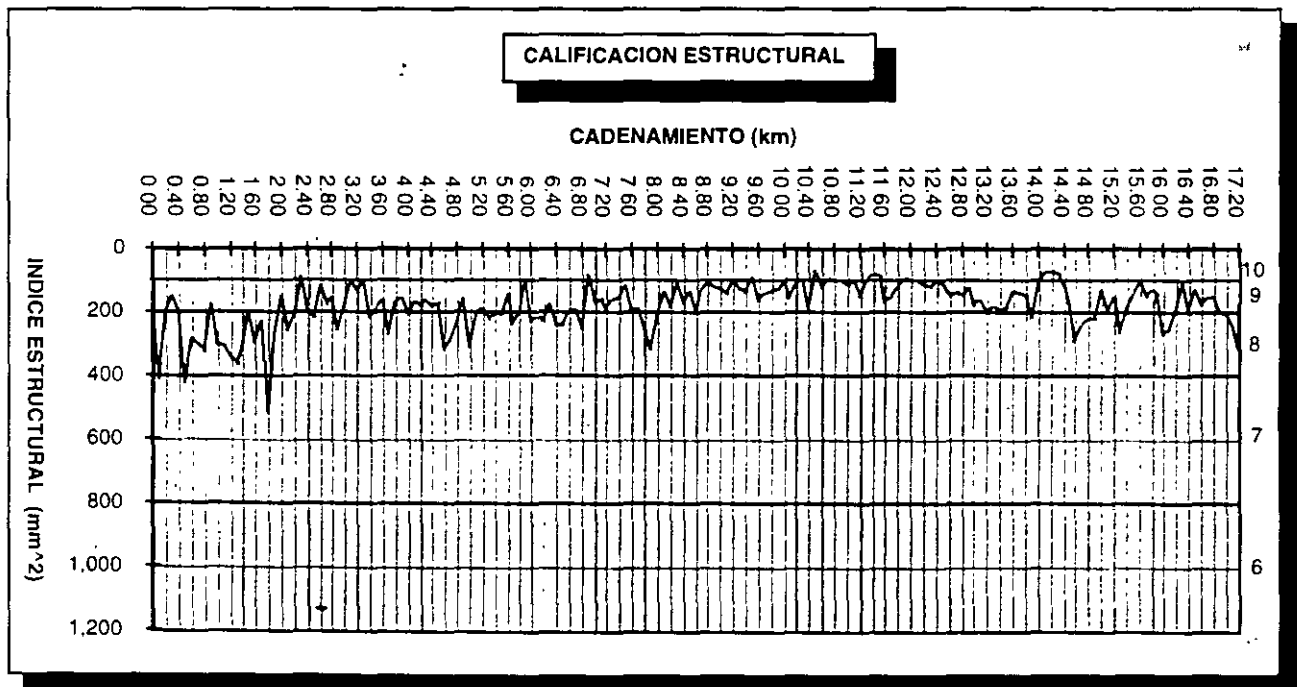
CAMINO DIRECTO: PTE DE IXTLA-IGUALA  
 TRAMO DEL km 34 AL km 96  
 CARRIL DERECHO



A = AREA = INDICE ESTRUCTURAL  
 (S=Sismometro)

Fig.- 3 Gráfica de Curvas típicas de desplazamientos verticales para dos casos extremos

CAMINO DIRECTO: ZACAPALCO-RANCHO VIEJO  
 TRAMO DEL km 0 AL km 17.20  
 CARRIL DERECHO



CALIFICACION		
10	EXCELENTE	10.34 %
9	MUY BUENA	57.47 %
8	BUENA	30.46 %
7	REGULAR	1.72 %
6	MALA	0.00 %

Fig.- 4 Gráfica de Calificación e Índice Estructurales



AUTOPISTA: LIBRAMIENTO CUERNAVACA  
 TRAMO DEL km 80 AL km 95  
 LADO DERECHO, CARRIL DERECHO

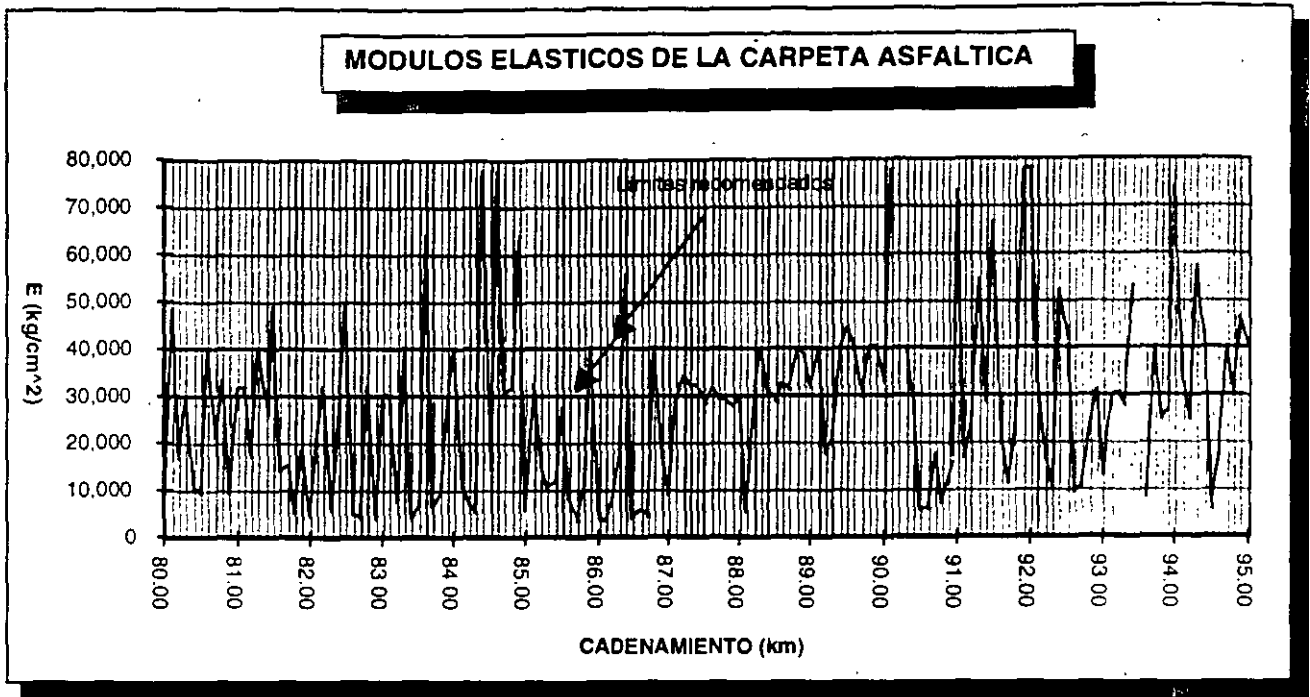
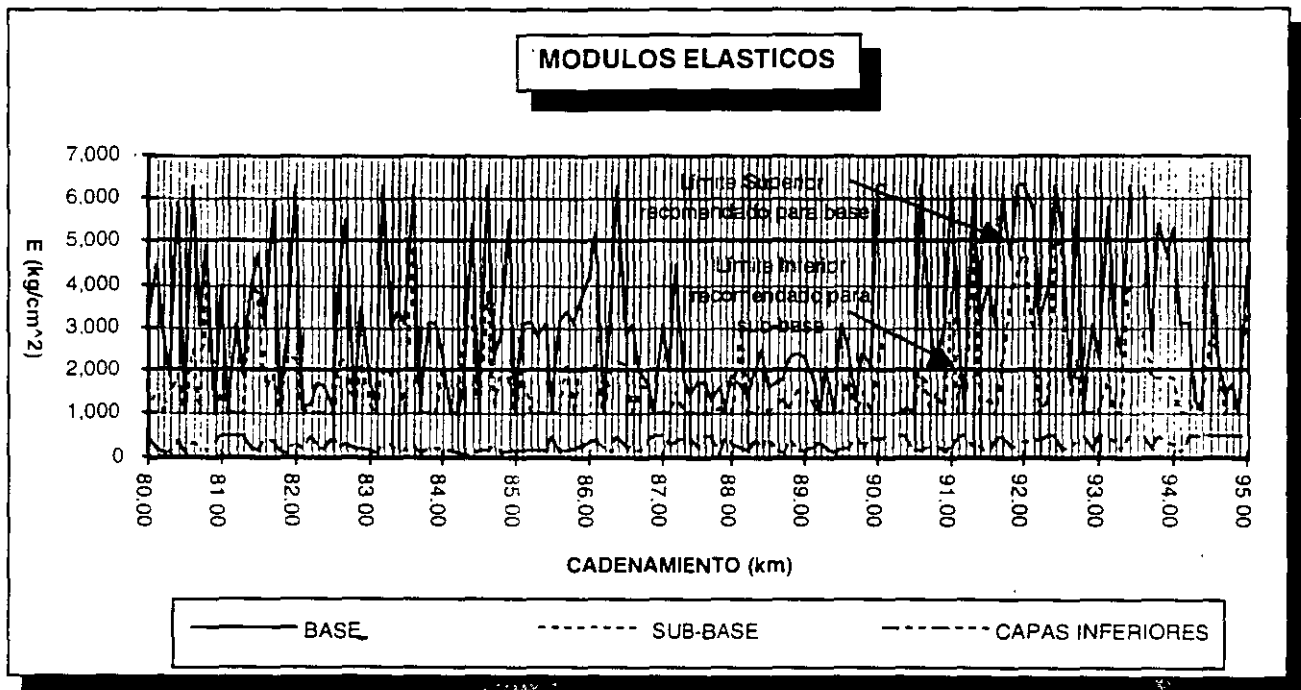


Fig.- 5 Gráfica de Módulos elásticos de carpeta asfáltica

AUTOPISTA: LIBRAMIENTO CUERNAVACA  
 TRAMO DEL km 80 AL km 95  
 LADO DERECHO, CARRIL DERECHO



CAPAS INFERIORES  
 SUBRASANTE  
 SUBYACENTE  
 TERRAPLEN  
 TERRENO NATURAL

Fig.- 6 Gráfica de Módulos elásticos de las capas de base, sub-base e inferiores

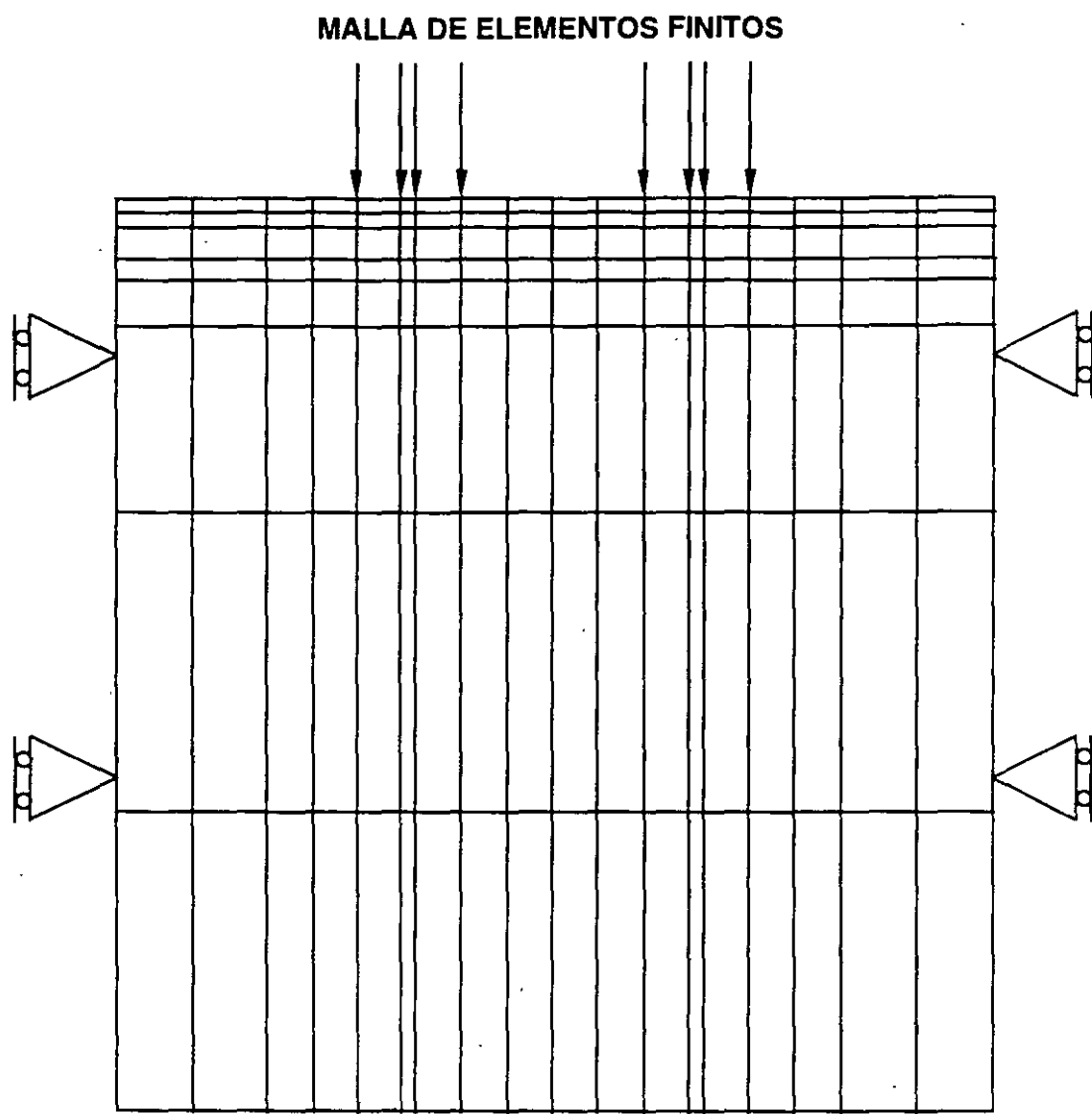


Fig.- 7 Malla de elementos finitos

## XIII REUNION NACIONAL DE VIAS TERRESTRES

### EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS CON PERFILOMETRO LASER

R. Torres Velázquez

Gerente Técnico: Raúl Vicente Orozco y Cía., S.A. de C.V.

Evaluación Integral de Obras Civiles

**RESUMEN.** En México se ha utilizado ampliamente el Índice de Servicio Actual (ISA) como un indicador de la condición actual del pavimento. Este indicador se basa en el nivel de comodidad que la superficie de rodamiento proporciona al usuario. Es evidente que este índice es producto de un proceso subjetivo; sin embargo, ha sido una herramienta muy valiosa para la zonificación de tramos carreteros.

En la década de los 60's tuvieron inicio las primeras investigaciones encaminadas a obtener directamente de campo los parámetros que permitieran calificar objetivamente la superficie de rodamiento. El resultado de estas investigaciones fue la construcción del perfilómetro. A lo largo del tiempo este equipo ha evolucionado sustancialmente debido a la aplicación de tecnología de vanguardia. Por lo que en los años 80's su aplicación fue a nivel mundial y se convirtió en práctica usual.

En este trabajo se describe el perfilómetro LASER, así como su aplicación, ventajas y la interpretación de sus resultados.

#### 1. INTRODUCCION

El Banco Mundial en 1986 aceptó como estándar la medición de la irregularidad superficial en las carreteras (IRI por sus siglas en inglés "International Roughness Index"). La investigación que se presentó en aquel entonces fue un experimento internacional efectuado en Brasil, a partir de la cual se llegó a la definición y aceptación del IRI.

El IRI es un índice que se calcula a partir del perfil longitudinal de un camino. Como se mencionó arriba, este índice tiene 12 años de uso en la comunidad internacional; sin embargo desde comienzos de los años 20's los ingenieros de caminos iniciaban sus primeras investigaciones para conocer el estado físico de

la superficie de rodamiento y no fue hasta que en la década de los 60's comenzó el desarrollo de la tecnología para los equipos de medición de perfiles longitudinales a altas velocidades.

En la década pasada estos perfilómetros se convirtieron, dentro del medio internacional, en una herramienta de uso cotidiano para medir la irregularidad de la superficie de las carreteras.

#### 2. DESCRIPCION DEL PERFILOMETRO LASER

El perfilómetro LASER es un sistema de dispositivos de medición cuyo objetivo es obtener un diagnóstico de la superficie de rodamiento de una carretera a altas velocidades (de hasta 110 km/h).

R. Torres Velázquez

Tal diagnóstico se efectúa a través del perfil longitudinal, secciones transversales, profundidades de roderas y el cálculo del índice de irregularidad internacional (IRI).

En este capítulo se describirán los dispositivos que conforman el perfilómetro LASER, así como su función.

### 2.1 Sistema LASER

Este sistema está formado por cinco emisores LASER y sus correspondientes fotocaptosres.

Los sensores LASER se encuentran alojados en una barra de aluminio, la cual está montada en la defensa delantera de una camioneta tipo "VAN".

En la Figura 1 se muestra la ubicación de los sensores LASER. Cabe mencionar que este tipo de equipos pueden llegar a tener hasta 11 emisores LASER.

La función del sistema LASER es obtener la sección transversal del carril de circulación. Es importante destacar que la barra de aluminio donde está instalado el sistema LASER tiene una longitud de 2.9 m. Así que para poder medir la sección en todo lo ancho del carril, los sensores LASER de los extremos están colocados en forma angulada para de esta manera tener mayor cobertura (Figura 2).

Durante el recorrido de la camioneta tipo "VAN", los 5 fotocaptosres van tomando lecturas a cada 10 cm, esta información es enviada a un procesador y posteriormente a una computadora portátil instalados ambos dentro del vehículo.

Por la precisión y rapidez de las mediciones el equipo está catalogado como clase 1, según las Normas ASTM E 950-94.

### 2.2 Acelerómetros

Para obtener el perfil longitudinal en ambas rodadas del carril, el equipo cuenta con 2 acelerómetros de alta precisión, los cuales tienen como función determinar la aceleración vertical cuando el vehículo está en movimiento. En la Figura 1 también se puede apreciar la ubicación de los acelerómetros.

A partir del perfil longitudinal se calcula el IRI. El modelo físico que se sigue es el propuesto por el Banco Mundial (Figura 3), también conocido como cuarto de coche. Este modelo trata de reproducir el comportamiento de un vehículo circulando a una velocidad determinada e ir siguiendo las irregularidades de la superficie, así que las masas  $m_1$  y  $m_2$  se mueven verticalmente. Dicho movimiento es medido en forma de aceleración por los acelerómetros arriba mencionados.

Coloquialmente es fácil escuchar que el IRI es el movimiento vertical acumulado en decímetros, de la masa superior (que simula el asiento del conductor) al avanzar el modelo 100 m. Sin embargo, el IRI resulta algo más complejo de calcular ya que estrictamente es la sumatoria o integral del valor absoluto de la diferencia de velocidades verticales de las masas superior e inferior, para un recorrido determinado y en las condiciones determinadas (cuarto de coche), y todo dividido por el número de intervalos menos uno y por la velocidad del cuarto de coche (80 km/h).

Como puede verse el IRI está conceptualizado para cierta velocidad; sin embargo, el algoritmo del equipo permite que el perfil sea medido no solo con una velocidad determinada, sino que también a velocidades variables sin afectar esto el cálculo del IRI.

### 2.3 Transductor de velocidades y distancias

Como se mencionó en el inciso anterior, el dato de la velocidad de recorrido es fundamental para el correcto cálculo del IRI, por lo que el equipo está provisto de un dispositivo óptico que permite conocer la velocidad de circulación.

En la rueda derecha del eje delantero del vehículo, está instalado un transductor óptico de velocidades y distancia, el cual como es lógico pensar, sirve para medir la velocidad de circulación y la distancia recorrida. Al igual que el sistema LASER y los acelerómetros, la información obtenida es enviada a un procesador y posteriormente a la computadora.

### 3. RESULTADOS Y SU APLICACION

En la Figura 4 se muestran graficados los valores de IRI contra el cadenamiento de la carretera. Debe notarse que elaborar este tipo de gráficas es de suma importancia para poder zonificar el camino en cuestión.

En la Figura 5 se muestra el resto de la información que el equipo es capaz de medir, como lo son la profundidad de roderas, el perfil longitudinal en ambas roderas y las secciones transversales.

En el mundo actual el crecimiento económico no puede ocurrir sin la presencia de caminos bien contruidos y conservados, para ello es de vital importancia tener el diagnóstico físico de la carretera y mediante sistemas de administración de pavimentos programar las actividades prioritarias.

Seleccionar el método constructivo más conveniente (desde el punto de vista costo y eficiencia) y el programa para los trabajos de

rehabilitación de una carretera son dos de las decisiones más importantes que un ingeniero debe hacer en nuestros días. Una mala decisión puede originar una pérdida económica de gran cuantía, sin contar los perjuicios ocasionados a la sociedad. Por lo que el camino correcto para una buena toma de decisiones inicia en el conocimiento de la condición superficial del camino.

Entre las aplicaciones se pueden mencionar:

- Determinación de donde, cuando y como encaminar los esfuerzos para conservar en buenas condiciones una carretera.
- Cálculo de materiales y tiempo necesario para los trabajos de conservación.
- Priorizar tramos con estudios más profundos.
- Correlación y optimización de estudios entre accidentes, costos de operación, políticas de conservación, manejo confortable y la condición superficial del camino.
- Control de procedimientos y materiales usados en la construcción y/o rehabilitación de caminos.
- Pruebas de aceptación para caminos nuevos.
- Seguimiento para contratos de conservación.
- Investigación para la construcción de nuevos caminos.

### 4. CONCLUSIONES

- a) Mediante el perfilómetro LASER se puede obtener un diagnóstico superficial de la capa de rodamiento de un camino. Este equipo se caracteriza por su alto rendimiento y

R. Torres Velázquez

versatilidad, ya que puede efectuar mediciones a las velocidades de operación del camino en cuestión, es decir, en vialidades (zonas urbanas) y carreteras y autopistas.

b) La información obtenida por el perfilómetro LASER es:

- Perfil longitudinal en ambas rodadas
- Profundidad de roderas
- Secciones transversales
- Mediante cálculos en gabinete se obtiene el IRI

c) Los datos que se obtienen con este equipo en forma precisa y rápida, son un insumo fundamental para ingresar en el Sistema de Administración de Pavimentos. El cual tiene como finalidad principal programar las actividades de conservación optimizando los recursos humanos y financieros.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Amberg, Peter W., Burke, Michel W., Magnusson, George, Oberholtzer, Roger., Råhus, Knuts., Sjögren, Leif.. "The LASER RST: Current status, September, 1991.
- Melis, Manuel J. "Cálculo del IRI de una carretera a partir de su perfil longitudinal". Revista Rutas, Julio, 1992.
- Sayers, Michel W., Karamihas, Steven M., "The little book of profiling". September, 1996.
- "Owners Manual" Dynatest 5051 RSP Test System. April, 1998.
- "Standard Test for Mesasuring the longitudinal profile of traveled surfaces with an acelerometer established inertial profiling reference" ASTM Designation: E 950-94. November, 1994.

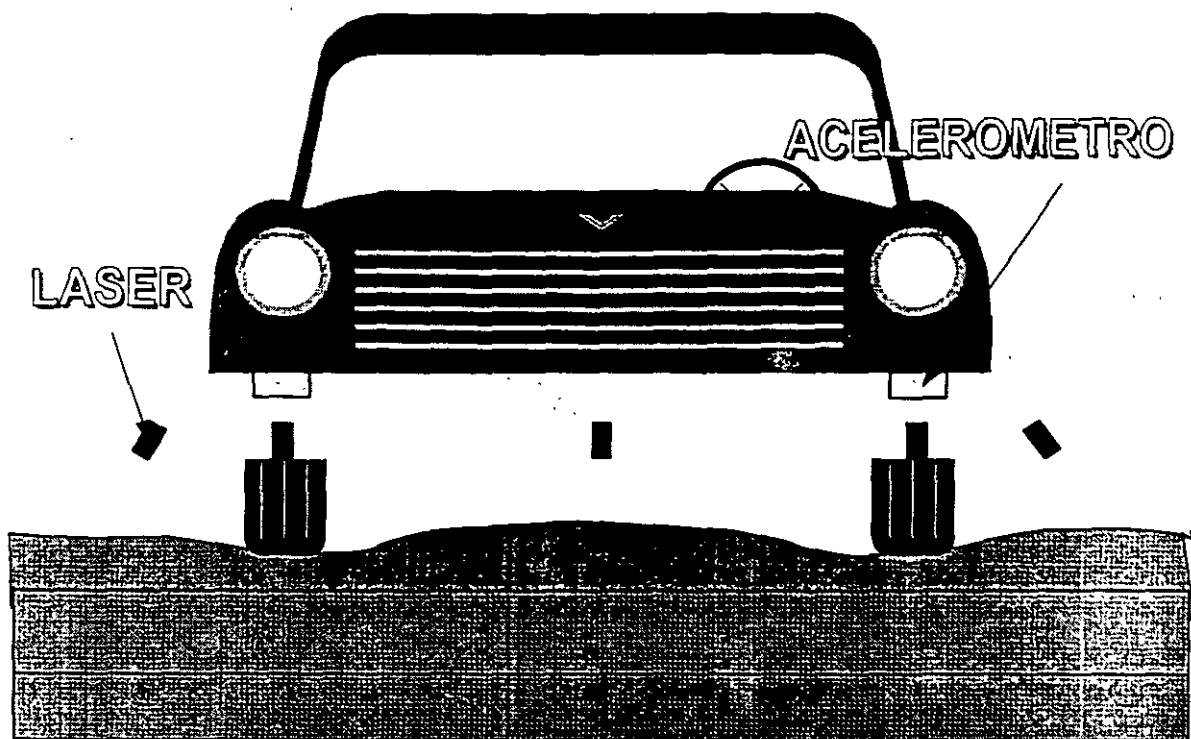


Figura 1. Ubicación de los sensores LASER y acelerómetros

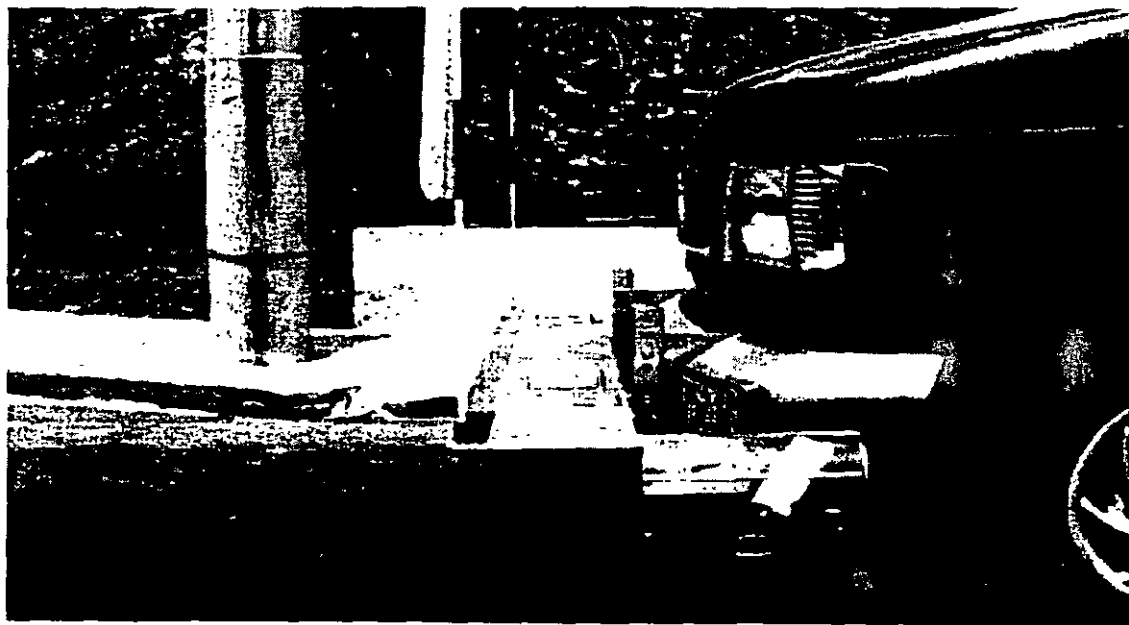


Figura 2. Vista del LASER angulado

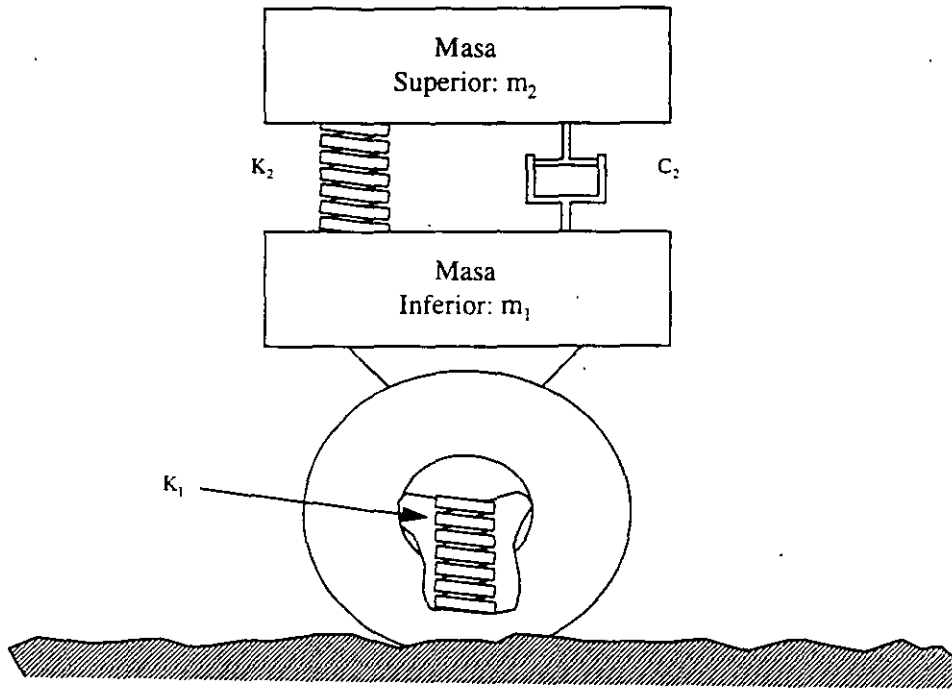


Figura 3. Modelo del Banco Mundial ("Cuarto de Coche")

### IRREGULARIDAD SUPERFICIAL

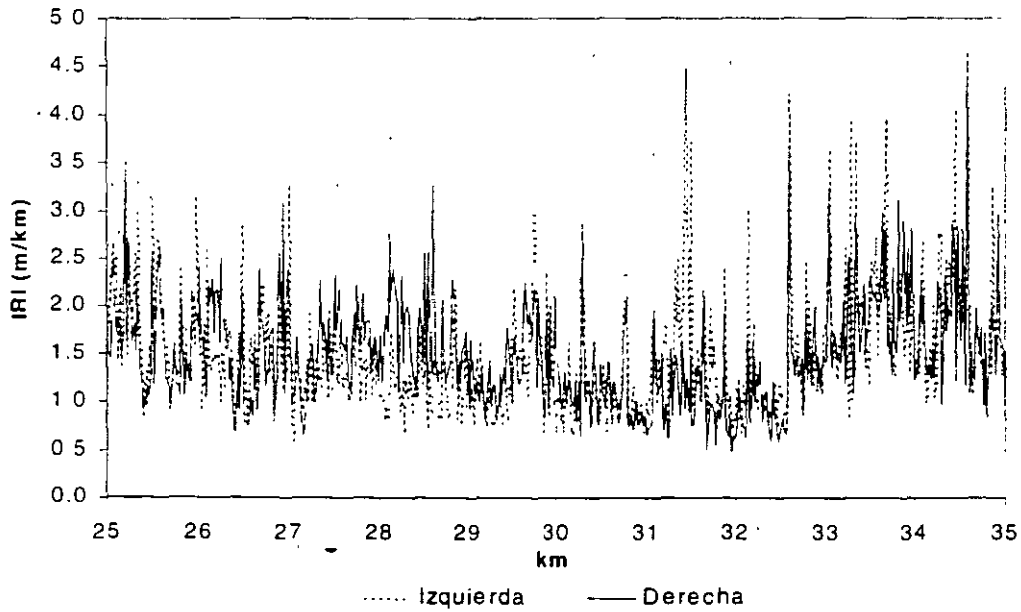


Figura 4. Irregularidad superficial



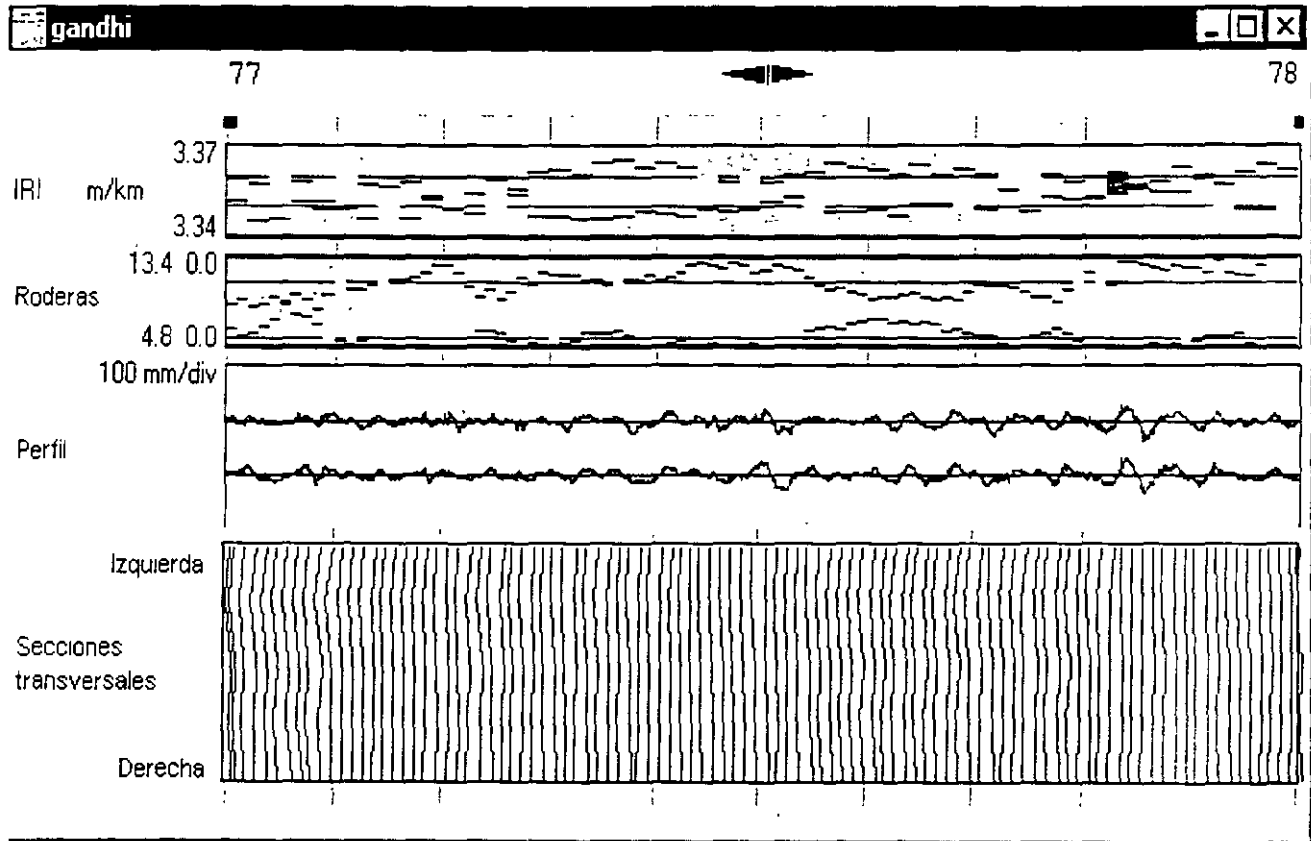


Figura 5. Presentación de los resultados de la evaluación superficial

# UNE MÉTHODE AMÉLIORÉE POUR LA CONCEPTION DES CHAUSSÉES AÉROPORTUAIRES SOUPLES

WARDLE Leigh  
(MINCAD Systems Pty Ltd)  
AUSTRALIA

RODWAY Bruce  
(Federal Airports Corporation)  
AUSTRALIA

## Mots-clés :

Élasticité, chaussées souples, modèle mathématique, conception des chaussées, fissuration

## INTRODUCTION

Actuellement, la plupart des procédés pour la conception et l'analyse des chaussées souples aéroportuaires y compris celui de la *Federal Aviation Administration* des États Unis (FAA), et le système de classification de la charge des avions de l'Organisation de l'Aviation civile internationale (OACI), sont basés sur la méthode empirique CBR. Cette méthode définit la défaillance en termes de fissuration de la surface due au surchargement de la plate-forme. La surface est considérée perméable à partir du moment où la fissuration la rend inutilisable par les avions. Les défaillances dues à la fissuration causée par la fatigue de la couche bitumineuse de surface ou des autres couches liées ne sont pas traitées par la méthode CBR et doivent être considérées séparément par le concepteur. La méthode CBR propose d'allonger la vie de la surface en épaississant la couche de surface afin de protéger davantage la plate-forme.

Cette méthode employait des modèles de chaussées élastiques afin de calculer un indicateur sélectionné du taux de développement de la fissuration typiquement la tension verticale maximale ou la déflexion de la plate-forme causée par le passage d'un avion. Le nombre de répétitions de la tension ou de la déflexion résultant en fissuration inacceptable doit être établi par étalonnage d'essais grandeur nature. On tente d'appliquer cette méthode à des avions et à des chaussées pour lesquels il n'existe aucune donnée expérimentale en recourant à la théorie de l'élasticité.

# AN IMPROVED FLEXIBLE AIRPORT PAVEMENT DESIGN METHOD

WARDLE Leigh  
(MINCAD Systems Pty Ltd)  
AUSTRALIA

RODWAY Bruce  
(Federal Airports Corporation)  
AUSTRALIA

## Key-words:

Elasticity, flexible pavement, mathematical model, pavement design, rutting

## INTRODUCTION

Most current procedures for flexible airport pavement design and analysis, including the U.S. Federal Aviation Administration (FAA) design method and the International Civil Aviation Organization (ICAO) system for aircraft load classification, are based on the empirical CBR method. This method assumes a failure mode that consists of surface rutting caused by over-stressing the subgrade. Design life is considered to have expired when the pavement surface has rutted to an extent that renders it unsuitable for aircraft. Pavement failure due to fatigue cracking of the bituminous surfacing layer or cracking of other bound layers is not addressed by the CBR method and must be separately considered by the designer. The CBR design method involves increasing pavement life by increasing pavement thickness to further protect the subgrade.

The method involved using elastic pavement models to calculate a selected indicator of the rate at which rutting develops, typically the maximum subgrade vertical strain or deflection that is caused by the passage of an aircraft. The number of repetitions of the strain or deflection to cause unacceptable rutting must be established by calibration against full-scale trafficking tests. Extension of the method to cater for aircraft and pavements for which no test data is available is attempted using elastic theory.

À l'époque où l'on élaborait ces procédés, il fallait faire un nombre de simplifications majeures :

- l'emploi de la théorie de l'élasticité d'une couche unique
- l'emploi du rapport "passage-à-couverture" ("PCR") pour caractériser la distribution latérale des passages d'avions successifs sur la chaussée
- l'emploi de la charge équivalente roue unique ("ESWL"), basée sur la déflexion, en traitant des trains d'atterrissage à roues multiples

Ces simplifications ne sont plus nécessaires, étant donné l'amélioration de la méthode élastique multicouche, aussi bien que des capacités des ordinateurs modernes de bureau.

La FAA a récemment développé un programme sophistiqué aidant à la conception, basé sur la théorie élastique multicouche (FAA, 1994). Le système se base toujours sur le concept PCR.

L'APSDS ("Airport Pavement Structural Design System") est un programme qui s'attache à surmonter quelques-unes des limites des systèmes existants, causées par les simplifications que l'on vient d'énoncer.

## MÉTHODE

L'APSDS se base sur un concept décrit par Monismith et al (1987). L'apport principal consiste à calculer, pour tous les points en travers de la surface, les tensions sur la plate-forme ou autres indicateurs du taux de développement de fissures dans la couche supérieure, afin de capturer toutes les contributions de dégradations provenant de toutes les roues dans toutes leurs positions de dérive. Cette méthode contraste avec les précédentes qui calculaient des valeurs uniques maximales du facteur de dégradation. Dans le cas de défaillances causées par la fatigue des couches liées, l'APSDS calculerait typiquement les tensions se trouvant à la base des couches concernées.

Les tensions sont converties en dégradations selon un modèle de performance

$$N = \left[ \frac{k}{\epsilon} \right]^b \quad (1)$$

- où  $N$  est la durée de vie prédite (répétitions d'  $\epsilon$ )  
 $k$  est une constante matérielle  
 $b$  est l'exposant de dégât du matériau  
 $\epsilon$  est la tension causée par charge (tension sans unité)

Le programme peut traiter des rapports de performance plus complexes, au besoin.

At the time these procedures were developed it was necessary to make a number of major simplifications

- the use of single layer elastic theory
- the use of the Pass-to-Coverage Ratio (PCR) to characterize the lateral distribution of successive aircraft passes across the pavement
- the use of the deflection-based Equivalent Single Wheel Load (ESWL) to cater for multi-wheel aircraft landing gears

These simplifications are no longer required given developments in the layered elastic method and the computational power of modern desk-top computers

The FAA have recently developed sophisticated design software based on layered elastic theory (FAA, 1994). The system retains the PCR concept

APSDS (Airport Pavement Structural Design System) is a software package that has been developed to overcome some of the limitations of the existing systems caused by the simplifications listed above

## METHODOLOGY

APSDS is based on a concept described by Monismith et al (1987). The important new and unique feature is that subgrade strains, or alternative indicators of the rate at which surface rutting develops, are computed for all points across the pavement to capture all damage contributions from all the aircraft wheels in all their wandering positions. This contrasts with previous methods that computed single maximum values of the damage indicator. In the case of fatigue failure of bound layers, APSDS would typically compute the tensile strains at the undersides of the relevant layers

The strains are converted to damage using a performance model of the form

$$N = \left[ \frac{k}{\epsilon} \right]^b \quad (1)$$

- where  $N$  is the predicted life (repetitions of  $\epsilon$ )  
 $k$  is a material constant  
 $b$  is the damage exponent of the material  
 $\epsilon$  is the load-induced strain (unitless strain)

More complex performance relationships could be accommodated by the program if required

Le facteur de dégradations pour le i-ème passage est défini comme le nombre de répétitions ( $n_i$ ) d'un indicateur de dégradations divisé par le nombre de répétitions "admissibles" ( $N_i$ ) de l'indicateur de dégradations qui causerait une défaillance. Le facteur de dégradations cumulées ("CDF") est donné par l'addition des facteurs de dégradations sur tous les passages dans le spectre du trafic, en s'appuyant sur l'hypothèse de Miner

$$\text{Facteur de dégradations cumulées} = \sum \frac{n_i}{N_i} \quad (2)$$

La surface est presurée peimée lorsque le degât cumulé atteint 1,0

La méthode tient compte des répétitions de tous les avions à leurs divers poids opérationnels, aussi bien que de la répartition transversale des passages des avions, et des propriétés de performance des matériaux utilisées dans le modèle conceptuel

La figure 1 montre les concepts généraux pour un train d'atterrissage unique. Le procédé de base serait alors

- La distribution de la tension dans le profil transversal est déterminée
- Le nombre de passages est déterminé pour une série d'intervalles égaux en travers de la distribution des répartitions transversales des passages
- Les contributions de dégradations venues de chacun des intervalles de distribution d'errance sont additionnées à une série de points en travers du profil

L'APSDS comporte une interface opérant sous Microsoft "Windows", et se base sur le programme traitant du modèle élastique multicouche CIRCLY (Wardle, 1977). Ce dernier programme a été utilisé depuis vingt ans dans la conception de nombreux projets. L'"*Austrroads Pavement Design Guide*" se base en effet sur CIRCLY, CIRCLY est utilisé couramment en Australie pour la conception des routes

La figure 2 est un "profil" typique de dégradations cumulatives en travers de la chaussée produit par l'APSDS

Dans le cas de défaillances dues à la fissuration, les paramètres k et b ont été établis à partir des analyses des tests de grandeur nature conduits au *Waterways Experiment Station*, Vicksburg, Mississippi. La série de tests la plus récente a eu lieu vers la fin des années soixante et au début des années soixante-dix (Ahlvin et al., 1971). Wardle et Rodway (1995) détaillent les procédés de l'analyse. Le modèle APSDS s'accorde mieux aux données des tests faits par le Corps d'Ingénieurs que les précédents. En ce qui concerne la fatigue, k et b pourraient se déterminer à partir d'essais de laboratoire

The Damage Factor for the i-th loading is defined as the number of repetitions ( $n_i$ ) of a given damage indicator divided by the 'allowable' repetitions ( $N_i$ ) of the damage indicator that would cause failure. The Cumulative Damage Factor (CDF) is given by summing the damage factors over all the loadings in the traffic spectrum using Miner's hypothesis.

$$\text{Cumulative Damage Factor} = \sum \frac{n_i}{N_i} \quad (2)$$

The pavement is presumed to have reached its design life when the cumulative damage reaches 1.0.

The method incorporates the design repetitions of each aircraft at their various operating weights, the wander of the aircraft, and the material performance properties used in the design model

Figure 1 shows the general concepts for a single gear. The basic procedure is:

- The strain distribution across the transverse section is determined
- The number of aircraft passes is determined for a series of equally spaced intervals that span the wander distribution
- The damage contributions due to each of the wander distribution intervals are summed at a series of points across the section

APSDS has a menu-driven interface that runs under Microsoft Windows and is based on the layered elastic program CIRCLY (Wardle 1977) that has been used on numerous pavement design projects over the last 20 years. CIRCLY is at the core of the *Austrroads Pavement Design Guide* and is routinely used for highway design in Australia.

Figure 2 is a typical cumulative damage 'profile' across the pavement generated by APSDS.

In the case of a rutting failure mode, parameters k and b have been established from back-analysis of the full-scale aircraft trafficking tests conducted at the *Waterways Experiment Station*, Vicksburg, Mississippi. The most recent test series was carried out in the late 1960s and early 1970s (Ahlvin et al., 1971). Details of the back-analysis procedure are given by Wardle and Rodway (1995). The APSDS model provides a better fit to the Corps of Engineers full-scale test data than previously reported. For the fatigue mode, k and b can potentially be obtained from laboratory testing.

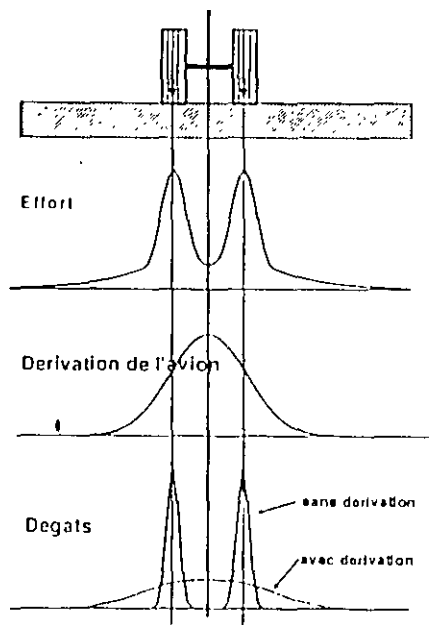


Fig 1. Schema de l'effet de la répartition transversale des passages  
 Fig 1. Schematic of effect of aircraft wander on cumulative damage

A la lumière de l'historique extensive tirée des essais en vraie grandeur sur la performance des matériaux liés on devrait pouvoir, à partir des données expérimentales, étalonner des modèles de performance utilisables dans la pratique.

## RÉPARTITION TRANSVERSALE DES PASSAGES DES AVIONS

Les conditions s'appliquant aux aéroports diffèrent de celles des routes en ce que la charge des roues est distribuée d'une façon beaucoup plus égale en travers de la piste, du fait que le trafic est beaucoup moins canalisé et comporte une très grande diversité de trains. Les observations pratiques des mouvements d'avions démontrent que les passages successifs se distribuent d'une manière statistiquement normale autour de l'axe central de la piste. Le degré de répartition transversale des passages peut être caractérisé alors par un écart type et se trouve varier considérablement pour les pistes d'atterrissage, les "taxiways", et les aires de stationnement. Cet étalement de la charge des roues en travers de la surface affecte fortement la quantité de dégradations produite.

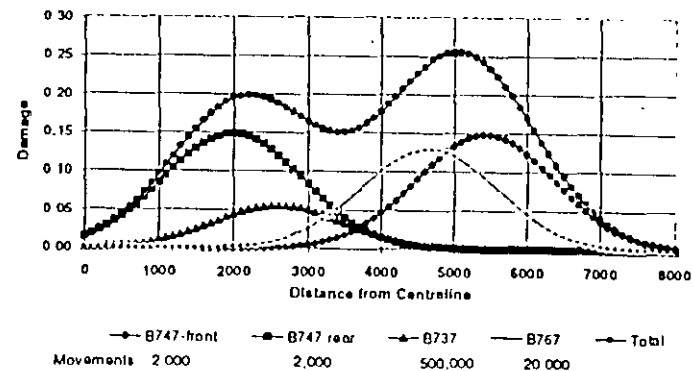


Fig 2. Sample cumulative damage plot  
 Fig 2. Exemple d'un graphique des dégâts cumulés

The extensive performance history of bound materials under highway conditions is expected to be adequate to calibrate laboratory-derived performance models for use in the airfield situation.

## AIRCRAFT WANDER

The airfield situation differs from highways in that wheel loads are much more evenly distributed across the pavement width. This is because traffic flow is far less channelized and because of the large variety of aircraft wheel configurations. Field observations of aircraft movements have shown that successive passes of aircraft along a pavement are statistically normally distributed about the pavement centerline. The degree of "wander" can be reasonably characterized by a standard deviation and is found to be significantly different for runways, taxiways and aircraft docking bays. This spreading of aircraft wheel loads across the pavement width has a major effect on the amount of pavement damage caused.

Comme il est dit de dire, les systèmes conventionnels de conception et d'analyse mettent l'accent sur la vie de la chaussée, exprimée en termes de nombre de passages, et une valeur maximale d'un indicateur sélectionné, typiquement l'effort vertical ou la déflexion de la plate-forme calculé à partir de modèles de l'élasticité. Parce qu'une unique valeur maximale est calculée, on a dû introduire le concept de "passage-à-couverture" afin de tenir compte, approximativement, de l'effet de la répartition transversale des passages. Un point quelconque de la surface est dit "couvert" lorsqu'une partie quelconque de la surface du pneu passe dessus. Le rapport passage-à-couverture ("PCR") est défini comme le nombre de passages d'avion "errant" nécessaire pour que le point le plus fréquemment couvert soit couvert une fois. Le rapport passage-à-couverture dépend de la configuration des roues, de la largeur des pneus, et du degré de répartition transversale des passages. Le concept "passage-à-couverture" se borne à tenir compte des statistiques de la distribution de la charge sur la surface, et, alors, laisse croire à tort que la réduction de dégradations dues à la répartition transversale des passages est pareille pour toutes les épaisseurs de chaussée.

L'APSDS n'emploie pas le concept de couverture. On utilise plutôt la distribution de l'effort (et non pas le seul effort maximal) en travers de la surface pour une profondeur donnée, afin de capter les contributions de dégradations de toutes les roues dans toutes leurs positions de "dérive".

L'utilisateur peut spécifier l'écart type de la répartition transversale des passages s'appliquant à une piste particulière. L'écart type pour un taxiway serait typiquement 773 mm et pour une piste d'atterrissage 1 546 mm (Ho Sang, 1975). Ces valeurs correspondent à des répartition transversale des passages de 1 778 mm (70 pouces) et de 3 556 mm (140 pouces), la répartition transversale des passages étant définie comme la largeur de la surface à l'intérieur de laquelle les axes centraux des avions sont contenus 75 % du temps. Pour une aire de stationnement, un écart type de 100 mm semble approprié.

Un exemple simple (figure 3) illustre comment le concept de couverture devient de plus en plus insuffisant à mesure que grandit la distance à la plate-forme. Cet exemple montre l'effet de la répartition transversale des passages sur la production de dégradations à deux profondeurs, selon le modèle APSDS. Dans le cas d'une profondeur de 500 mm (figure 2a), la répartition transversale des passages sur un taxiway réduit de 80 % les dégradations par rapport à un trafic canalisé. Ceci contraste avec le cas d'une chaussée d'une profondeur de 1 500 mm (figure 2b), où la répartition transversale des passages sur un taxiway réduit les dégradations causées par la canalisation de 30 % seulement.

As mentioned earlier, conventional pavement design and analysis systems relate pavement life expressed in aircraft passes to the maximum value of a chosen damage indicator, typically subgrade vertical strain or deflection calculated from elastic models. Because only a single maximum is computed it was necessary to introduce the pass-to-coverage (PCR) concept to account, in an approximate way, for the effect of aircraft wander. A point on the pavement is said to receive a 'coverage' when any part of a tyre's contact area passes over it. The PCR is defined as the number of passes of a wandering aircraft that is statistically required for the most frequently covered point to receive one coverage. The PCR depends upon wheel configuration, tyre width and the degree of aircraft wander. The PCR concept solely addresses the statistics of load distribution at the pavement surface and, therefore, incorrectly implies that the reduction in pavement damage due to aircraft wander is the same for all pavement thicknesses.

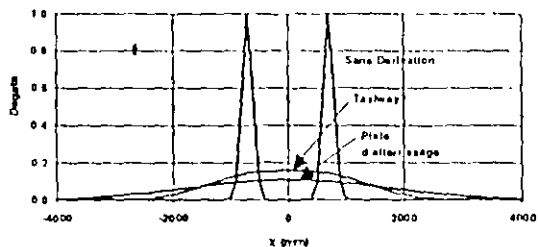
APSDS does not use the coverage concept. Instead the strain distribution (not just a single maximum strain) at all points across the pavement for a given depth is used to capture the damage contributions of all the aircraft wheels in all their wandering positions.

The user can specify the standard deviation of wander that is appropriate to the particular pavement. The standard deviation for a taxiway is typically taken as 773 mm and for a runway as 1546 mm (Ho Sang, 1975). These correspond to wander widths of 1778 mm (70 inches) and 3556 mm (140 inches) where wander is defined as the pavement width within which the centrelines of aircraft are contained 75% of the time. For a parking bay, a standard deviation of the order of 100 mm may be appropriate.

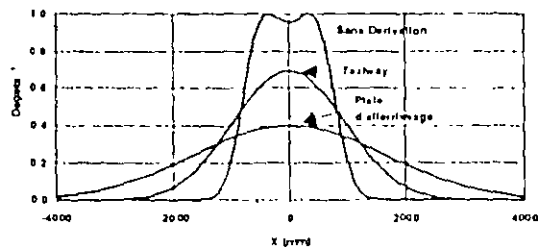
A simple example (Figure 3) illustrates how the coverage concept becomes increasingly inappropriate with increasing depth to subgrade. This shows the effect of aircraft wander upon damage for two depths, as calculated using APSDS. In the 500 mm case (Figure 3a), taxiway wander reduces damage by 80% of that caused in the channelized, no wander case. This contrasts with the 1500 mm case (Figure 3b) where taxiway wander reduces the channelized damage by only 30%.

## DÉGRADATIONS CAUSÉES PAR LES NOUVEAUX GRANDS AVIONS

L'entrée en service du Boeing 777 (dont le train d'atterrissage comporte 6 roues et 3 essieux), et la nécessité d'évaluer les configurations des trains des très grands avions de l'avenir, ont attiré l'attention sur le besoin de développer des modèles pouvant traiter d'un plus grand nombre de roues et de l'interaction de tous les trains. Aucun résultat expérimental ne tient compte de cette question. Les essais en vraie grandeur utilisés pour étalonner les modèles des chaussées se bornaient à considérer seulement des trains ayant au plus deux essieux. La FAA a proposé un programme de recherches de sept ans, comprenant des essais accélérés en vraie grandeur, afin de quantifier les effets éventuels dus aux configurations comportant plus de 4 roues par support, aussi bien que les effets des interactions entre supports rapprochés (FAA, 1993)



(a) Profondeur = 500 mm



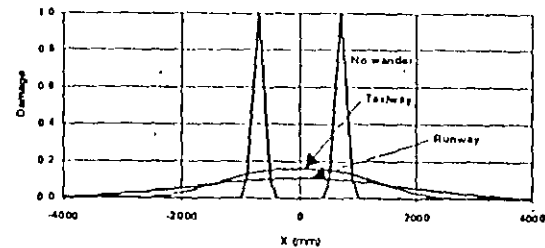
(b) Profondeur = 1500 mm

Fig 3 Effets de la profondeur et de la dérivation sur les dégâts

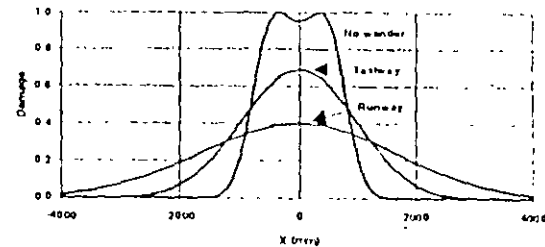
Les méthodes utilisées dans le passé aussi bien qu'actuellement emploient des "indicateurs de dégradations" calculables, typiquement les composants verticaux de déflexion, d'effort ou de tension au niveau de la plate-forme. Cette approche simplifiée ne tient pas compte de la distribution de la tension. Les trains d'atterrissage à roues multiples proposés pour la génération d'avions de l'avenir produiront, en toute probabilité des charges plus étendues latéralement et plus uniformes que celles produites par les trains utilisés dans les expériences en vraie grandeur déjà faites. Ils causeront d'importantes déflexions maximales, tensions et charges sur la plate-forme. Il en ressort que les méthodes de conception utilisant un seul paramètre, tel l'effort maximal, comme indicateur de fissuration, prédiront de fortes dégradations. Pourtant il se peut qu'une uniformité accrue produise en effet beaucoup moins de fissuration.

## PAVEMENT DAMAGE DUE TO NEW LARGE AIRCRAFT

The recent arrival of the Boeing 777 (which has six-wheeled, three-axled landing gears) and the necessity to evaluate gear configurations of very large future generation aircraft has focused attention on the need to extend models to accommodate larger numbers of wheels in a gear and the interaction of all gears. There is no test data that addresses this issue. The full-scale tests used to calibrate pavement models were essentially limited to single gear assemblies having no more than two axles. The FAA has proposed a 7-year research program, including extensive full-scale accelerated tests, to quantify the effects of more than four wheels on a strut and interaction effects between closely spaced struts (FAA, 1993)



(a) Depth = 500 mm



(b) Depth = 1500 mm

Fig 3 Effect of depth and wander on pavement damage

Past and present methods of pavement analysis use single computable 'damage indicators', typically vertical components of deflection, strain or stress at subgrade level. This simplified approach ignores the shape of the strain distribution. Multiwheel landing gears proposed for some of the future generation aircraft will be likely to produce more laterally extended, near-uniform loadings than those produced by the loading assemblies used in past full-scale tests. They will cause large maximum deflections, strains and stresses at subgrade level. Consequently design methods that use a single parameter such as the maximum strain as an indicator of rutting will predict very high damage. However, the high degree of uniformity may mean that significantly less rutting will actually occur.

L'APSDS a été utilisé dans une étude des effets de l'interaction des trains multiples d'un Boeing 747 en s'appuyant sur d'autres modèles de dégradations (Wardle et Rodway, 1995). Les résultats montrent que l'étalonnage réussi de modèles de conception simplifiés à des données provenant d'expériences de grandeur nature ne crée pas la capacité d'extrapoler avec confiance au-delà des limites des données expérimentales. L'étude montre que les modèles de dommage simplifiés donnent des prédictions peu réalistes des dégradations causées par les seize roues, par rapport à ceux prédits pour un seul train isolé à quatre roues. Trois modèles différents de performance, dont chacun paraissait s'accorder aux données expérimentales, donneront des prédictions très divergentes de dégradations causées par l'interaction des seize roues principales. La différence entre les prédictions s'accroît à mesure que la distance à la plate-forme s'accroît.

## CONCLUSIONS

L'APSDS possède des capacités uniques qui permettront d'améliorer l'analyse et la conception des pistes d'aéroports.

- la quantification rationnelle améliorée de l'effet de la répartition transversale des passages
- la présentation graphique du "profil" de dégradations en travers de la chaussée
- l'anisotropie matérielle pour la modélisation améliorée des matériaux granulaires non liés et les plate-formes

La transparence du système, sa facilité et sa flexibilité permettront aux concepteurs spécialistes de changer toutes les hypothèses y compris la répartition transversale des passages, le nombre et la masse des avions, l'épaisseur des couches et les propriétés des matériaux, aussi bien que les modèles de performance. Ce qui permettra de formuler une évaluation rapide de la sensibilité à chacun des paramètres.

L'APSDS modélise la distribution latérale du trafic d'une façon plus détaillée que les autres méthodes qui tiennent compte uniquement de la distribution de la charge sur la surface de la piste. Le modèle APSDS est plus en conformité avec les résultats des essais entrepris par le Corps d'Ingénieurs que les précédents. Ce qui suggère que l'APSDS modélise avec plus de réalisme les effets de la répartition transversale des passages sur la plate-forme et donc qu'il tient compte de l'influence de l'épaisseur et les propriétés de la surface sur la réduction des dégradations résultant de la répartition transversale des passages.

Une étude sur l'interaction des trains multiples utilisant l'APSDS a mis à jour l'obstacle principal à la prédiction de l'impact des grands avions futurs sur la conception des pistes, en ce qui concerne l'épaisseur des chaussées souples. Bien que les autres modèles de performance s'accordent aux données des essais en vraie grandeur entrepris sur des trains uniques, on obtient des prédictions très divergentes en dehors des limites des données expérimentales. Des essais supplémentaires en vraie grandeur, comme ceux projetés par l'Administration fédérale d'Aviation des États-Unis, sont nécessaires afin de quantifier les dégradations causées par les grands trains à roues multiples et par l'interaction des trains.

APSDS has been used to study multiple gear interaction effects for a Boeing 747 using a range of alternative damage models (Wardle and Rodway, 1995). Results from the study show that the successful calibration of simplified design models against the full-scale test data does not create a capability to confidently extrapolate beyond the limits of the test data. The study showed that simple damage models give unrealistic predictions for the damage caused by all sixteen wheels when compared to that computed for a single isolated 4-wheel gear. Three different performance models, each of which gave a similar 'goodness of fit' to the full-scale test data, gave greatly different predictions of the damage caused by the interactions of the sixteen main wheels. The differences between the alternative predictions increase with increasing depth to subgrade.

## CONCLUSIONS

APSDS has unique features that will enhance and optimize the analysis and design of airport pavements:

- improved rational quantification of the effect of aircraft wander
- graphical presentation of the damage 'profile' across the pavement
- material anisotropy for improved modelling of unbound granular materials and subgrades

The system's transparency, speed and flexibility enables design specialists to readily change all problem inputs including aircraft wander, aircraft numbers and mass, layer thicknesses and material properties and also the performance models. This allows rapid assessment of the sensitivity to each component input and for all design assumptions.

APSDS models the lateral distribution of traffic in more detail than alternative methods that only address the load distribution at the pavement surface. The APSDS model provides a better fit to the Corps of Engineers full-scale test data than previously reported. This suggests that APSDS realistically models the effects of wander at subgrade level and so includes the influence of pavement thickness and properties on the amount of damage reduction that results from aircraft wander.

An APSDS study of the interaction of multiple gears has demonstrated the major difficulty in predicting the impact of future generation large aircraft on the thickness requirements for flexible pavements. Although alternative performance models can give a similar 'goodness of fit' to the full-scale single gear test data, widely different damage predictions are obtained for conditions beyond the limits of the test data. Further full-scale testing, as planned by the US Federal Aviation Administration, is required to quantify damage caused by large multi-wheeled gears and by interaction of aircraft gears.



REMERCIEMENTS

Le système a été conçu originellement par Ian Rickards de Pioneer Road Services Pty Ltd, Australie. Pioneer finança le développement initial. Pioneer a également soutenu la promotion de l'APSDS dans la communauté internationale de concepteurs d'aéroports. Les auteurs tiennent à remercier Ian Rickards de son soutien enthousiaste et de sa participation active à nos recherches. On tient également à remercier la Federal Airports Corporation qui nous a donné la permission de publier cette communication.

REFERENCES

Ahlvin, R.G. et al. (1971) *Multiple-wheel heavy gear load pavement tests*. Technical Report S-71-17, Vol. I. US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg.

Federal Aviation Administration (1993) *Airport pavements Solutions for tomorrow's aircraft*. US Dept of Transportation, FAA Technical Center, New Jersey.

Federal Aviation Administration (1994) *LEDFAA User's Manual*. US Dept. of Transportation, FAA, Washington, D.C.

Ho Sang, V.A. (1975) *Field survey and analysis of aircraft distribution on airport pavements*. Report No. FAA-RD-74-36. U.S. Federal Aviation Administration.

ACKNOWLEDGEMENTS

The original system concept was developed by Ian Rickards of Pioneer Road Services Pty Ltd, Australia. Pioneer financed the initial development and have supported the promotion of APSDS to the international airport design community. The authors wish to acknowledge Ian Rickards for his enthusiastic support and active participation in our research. Permission of the Federal Airports Corporation to publish this paper is gratefully acknowledged.

REFERENCES

Monismith, C.L., Finn, F.N., Ahlborn, G. and Markevich, N. (1987). *A general analytically based approach to the design of asphalt concrete pavements*. Proc. 6th. Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor.

Wardle, L.J. (1977) *CIRCLY Users' Manual*, MINCAD Systems Pty Ltd, Richmond, Vic., Australia.

Wardle, L.J. and Rodway, B. (1995). *Development and application of an improved airport pavement design method*. ASCE 1995 Transportation Congress, San Diego, October, 1995.

# LE PROGRAMME "JOINT"

JEUFFROY Georges

Professeur Honoraire à l'École Nationale des Ponts et Chaussées

FRANCE

## Mots clés :

Dimensionnement des chaussées - chaussées rigides - joint - modèle mathématique - informatique

Le problème du joint dans une chaussée, ou bien encore d'une charge au bord, n'a jusqu'ici jamais été résolu analytiquement. Seule la méthode "aux éléments finis" permet une approche dont on sait qu'elle est lourde et peu rigoureuse. Nous avons imaginé une solution que nous pensons originale pour laquelle nous avons développé un logiciel simple, pouvant passer sur un micro-ordinateur courant.

Cette solution repose sur deux idées qui sont les suivantes :

- Tout d'abord la première concerne la couche supérieure de la chaussée qu'on traite en "plaque", les autres couches étant traitées selon les hypothèses de Burmister, c'est à dire en élasticité tridimensionnelle. C'est cette hypothèse que nous avons utilisée il y a fort longtemps pour réaliser des abaques éditées à l'époque par l'Aéroport de Paris pour calculer les contraintes et les déformations dans les systèmes tricouches.

On a reproché à cette hypothèse d'être éloignée de la réalité et, en particulier, de conduire à des résultats par trop différents de ceux obtenus par les calculs de Burmister par exemple. On trouvera sur la figure n°1 quelques résultats comparatifs dans différents cas qui montrent que les différences sont très minimes et ne sauraient faire rejeter le schéma de la plaque, c'est à dire les hypothèses de NAVIER.

### II.1 - Introduction

Divers types d'équipements de mesure des caractéristiques de surface ont été développés au fil des ans dans différents pays. Même au sein d'un même pays, différents organismes routiers utilisent parfois des méthodes d'essai ou équipements différents. L'AIPCR en général et le Comité C1 en particulier se sont préoccupés du besoin d'interchangeabilité des méthodes d'essai en vue de pouvoir les comparer et dans la mesure du possible d'harmoniser les procédures et les résultats. Actuellement, le besoin d'harmonisation devient encore plus crucial. D'une part, les équipements sont en cours de modernisation et d'amélioration par l'intégration de nouvelles technologies qui ont par ailleurs tendance à multiplier le nombre de nouveaux systèmes disponibles. D'autre part, la tendance mondiale à l'élargissement des marchés exige une standardisation plus grande. C'est dans ce contexte que le Comité C1 a estimé être en position d'apporter une aide significative à la communauté routière en :

- maintenant les références AIPCR existantes, en particulier le pneu d'essai AIPCR,
- analysant les diverses méthodes existantes de mesure de tous les types de caractéristiques de surface,
- menant des activités de recherche prénormative en vue d'harmoniser les mesures des caractéristiques de surface.

### II.2 - Pneus de référence pour les mesures de frottement

Des la fin des années soixante, le Comité C1 (qui s'appelait alors «Comité de la glissance») a commencé à travailler à l'harmonisation des pneus à utiliser sur les équipements de mesure de l'adhérence. En 1975 fut publiée une référence normative qui est encore largement utilisée de nos jours. L'historique et les caractéristiques du pneu de référence AIPCR peuvent être trouvés dans la référence [14].

Afin d'éviter des changements importants de leurs caractéristiques par le vieillissement du caoutchouc, ces pneus doivent être produits en quantités relativement petites ne pouvant couvrir les besoins pendant plus de 10 ans. Quelques années avant l'épuisement du stock chez les utilisateurs, il incombe au Comité C1 de lancer périodiquement une nouvelle production. Le fabricant (Maloya en Suisse) des livraisons précédentes n'était plus en mesure d'assurer la production d'une nouvelle série et l'AIPCR a dû chercher un nouveau fabricant. Pendant la période 1991-1995, le Comité C1 a mené une étude pour examiner les besoins de pneus AIPCR par les pays membres. De plus, comme la fabrication étant interrompue, des pneus de substitution ont été examinés.

Une enquête a été réalisée parmi les membres du Comité C1 pour établir les besoins de pneus à court terme (moins d'un an) et à long terme (plus d'un an). Il est apparu que plusieurs pays disposaient de réserves suffisantes pour répondre aux besoins à court terme d'autres pays, mais pas à long terme.

À la recherche de pneus de substitution, on a envoyé les moules du pneu AIPCR à la «Specialty Tyres Company» (Fabricant des pneus ASIM) et une série de pneus lisses et de pneus rainurés a été réalisée. Ces pneus étaient des pneus diagonaux et non les pneus radiaux exigés par l'AIPCR et la gomme utilisée était la gomme ASIM. Il fallait des lors déterminer si la production d'un pneu diagonal avec la gomme ASIM dans un moule AIPCR serait acceptable. Des essais ont été réalisés par plusieurs membres du Comité en vue de comparer les résultats de mesures de frottement obtenus avec les pneus AIPCR à ceux obtenus avec les pneus diagonaux fournis par Specialty Tyres.

### II.1 - Introduction

Various types of test equipment for measuring surface characteristics have been developed over the years in different countries. Even within one country, different road agencies sometimes use dissimilar test methods or devices. PIARC in general, Committee C1 in particular, has been concerned with the need for interchangeability of test methods in order to allow for comparison and, as far as possible, harmonization of procedures and results. Nowadays, the need for harmonization becomes even more crucial. On one hand, the equipment is being modernized and upgraded by integrating new technologies which moreover tends to multiply the number of available new systems. On the other hand the world-wide trend of enlarging marketplaces requires more standardization. It is in this context that the Committee C1 felt it was in a position to bring a significant help to the road community by

- maintaining existing PIARC references, in particular the PIARC test tyre,
- investigating the existing diversity of test methods for all kinds of surface characteristics,
- conducting prenormative research with a view to harmonizing surface characteristics measurements.

### II.2 - Standard tyres for friction tests

As early as the end of the 1960's, Committee C1 (which was then called «Technical Committee on Slipperiness») started standardization work on the tyres to be used by skid resistance testing devices. In 1975, a standard reference was then issued that is nowadays widely used. The history and characteristics of the PIARC Standard tyre can be found in [14].

In order to prevent any significant change of their characteristics by ageing of the rubber, these tyres have to be produced in rather small quantities that last for no more than 10 years. When the users are within a few years of running out of stock, the Committee C1 has the responsibility to periodically launch a new production. The manufacturer (Maloya in Switzerland) of the previous series could no longer ensure the production of a new run and PIARC had to search for another manufacturer. During the period 1991 - 1995 a study was carried out by Committee C1 to review member countries requirements for PIARC tyres. In addition, since there was no longer a manufacture, alternative tyres were reviewed.

A poll was taken of the members of Committee C1 to establish the need for tyres in the short term (less than 1 year) and in the long term (over 1 year). It was found that several countries had adequate supplies on hand to supply countries in need of tyres in the short term, but not in the long term.

To study alternative tyres, the PIARC tyre molds were sent to Specialty Tyres Company (manufacturer of the ASIM tyres) and a set of blank and treaded tyres were made. These tyre were bias ply rather than the radial tyre required by PIARC and the ASIM rubber compound was used. Therefore, it was necessary to determine whether a bias-ply tyre with ASIM rubber compound in a PIARC mold would be acceptable. Tests were carried out by several Committee members with a view to compare friction measurement results obtained with PIARC tyres with the bias-ply tyres supplied by Specialty Tyres.

Les essais en laboratoire ont été réalisés avec cinq appareils de mesure différents, à savoir :

- La remorque DWW hollandaise (frottement longitudinal, taux de glissement fixe de 86 %) (C5)
- Le Stradographe danois (frottement transversal, angle de 12°) (C8)
- L'Odolographe belge (frottement transversal, angle 20°) (C10)
- Le Stuttgarter Reibungsmesser allemand (frottement longitudinal, roue bloquée) (D1E)
- La remorque LCPC française (frottement longitudinal, roue bloquée) (D6)

Grâce à un excellent choix des revêtements, la gamme la plus large possible de coefficients de frottement a été couverte : de très faible (sur une piste de type miroir en epoxy pure au LCPC, Nantes, France) à plus de 100% (sur un enduit superficiel très rugueux à base d'époxy sur un pont routier en Belgique). Les résultats présentés à la figure II.1 montrent que la droite de régression linéaire ne s'écarte pas de manière significative de la ligne d'égalité. Cela signifie qu'il n'y a pas de différence systématique entre les deux pneus. Il y a toutefois une légère différence systématique dans les données françaises, mais dont l'effet reste dans la gamme de reproductibilité typique pour de tels appareils, telle qu'observée au cours de l'expérience internationale. En outre, les résultats n'ont pas fait apparaître de différence entre les mesures de CTT et les mesures à glissement imposé.

La gomme ASTM avait été conçue par des fabricants d'américains et conçue pour minimiser la sensibilité à la température. En ce qui concerne les corrélations présentées dans la figure II.1, les mesures avec le pneu AIPCR ont été corrigées en fonction de la température, tandis que celles réalisées avec le pneu américain n'ont pas été corrigées. Cela a confirmé certains essais comparatifs réalisés en Suisse à l'aide du pendule montrant l'insensibilité de la gomme ASTM dans la gamme normale des températures auxquelles sont réalisés les essais de frottement.

Sur la base de ces résultats, une compagnie hollandaise, Vredestein BV, a accepté de fabriquer un pneu radial AIPCR avec la gomme ASTM. Une série de nouveaux pneus de cette compagnie est programmée pour essai et mise en corrélation avec les anciens pneus Maloya par les pays membres, comme cela a été fait avec les pneus américains de Specialty Tyres. Les besoins futurs en pneus d'essai sont donc satisfaits et les pneus seront fournis par Vredestein BV, avec Specialty Tyres comme recours.

### II.3 - Inventaire des appareils de mesure des caractéristiques de surface

Après un premier recensement des appareils de mesure de l'un longitudinal et transversal [16], le Comité a entrepris un inventaire des appareils de mesure des caractéristiques de surface utilisés dans le monde. Les caractéristiques considérées sont l'un longitudinal, les déformations du profil en travers (orniérage), la texture et l'adhérence (frottement pneu/chaussee) des revêtements et les dégradations de surface des chaussées [7].

Ces informations sont présentées sous forme de fiches (une fiche par appareil) constituant la première édition d'un catalogue bilingue, français-anglais.

Chaque fiche fournit une courte description de l'appareil et de son principe de fonctionnement. Les prix indiqués pour les appareils ne doivent être utilisés que comme estimations relatives puisque la plupart des informations sur ces prix ont été recueillies dans la période 1990-1992.

L'inventaire ayant été réalisé sur une période de cinq années (1989-1993), certains appareils ont pu subir quelques évolutions qui ne sont pas toutes mentionnées dans les fiches. De même, certains d'entre eux, qui ne sont guère utilisés aujourd'hui, sont présentés à titre d'information historique.

The comparison tests were made with five different measuring devices, to

- The Dutch DWW Trailer (braking force, fixed 86% slip ratio) (C5)
- The Danish Stradograph (side force, 12° angle) (C8)
- The Belgian Odolograph (side force, 20° angle) (C10)
- The German Stuttgarter Reibungsmesser (braking force, locked wheel) (D1E)
- The French LCPC Trailer (braking force, locked wheel) (D6)

As a result of an excellent choice of surfaces, the measured friction coefficient values cover the widest possible range - from very low (on a pure epoxy mirror-like track at LCPC, Nantes, France) to over 100% (on a very harsh epoxy-bound surface dressing on a Belgian road bridge). The results plotted on Figure II.1 show that the linear regression line does not depart significantly from the equality line. This means that there is no systematic difference between the two tyres. There is however a slight systematic difference in the French data, but the effect stays within the range of reproducibility typical of such devices, as observed during the International Experiment. Further, the results showed no difference between SFC or fixed slip measurements.

The ASTM rubber compound was designed by the US tyre companies to minimize sensitivity to temperature. For the correlations given in Figure II.1, the measurements with the PIARC tyre were corrected for temperature whereas measurements with the Specialty Tyres were not. This, along with pendulum comparison tests made in Switzerland further supported the insensitivity of the ASTM compound over the normal temperature operating range of friction testing.

Based on this review, a company in the Netherlands, Vredestein BV, agreed to manufacture a radial PIARC tyre, with the ASTM compound. A set of the new tyres from this company is being scheduled for testing and correlation to the previous Maloya tyres by the member countries as was done with the Specialty tyres. Thus, the future requirement for test tyres is satisfied and will be supplied by Vredestein BV with Specialty Tyres of America as a back up.

### II.3 - Inventory of road surface characteristics measuring equipment

After a first review of the equipment for measuring longitudinal and transverse evenness [16], Committee C1 started compiling in 1989 an inventory of surface characteristic measuring equipment used throughout the world. The result is a comprehensive listing of equipment for measuring longitudinal evenness, transverse profile distress (rutting), texture and skid resistance (tyre-pavement friction) of pavements, and the degradation of road surfaces [7].

The information is presented as tables (one table per device) comprising the first edition of a bilingual catalogue.

Each table briefly describes the equipment and its principle of operation. The cost given for the device should be used only as a guide as most of the cost information was obtained in the period 1990-1992.

Since the inventory was performed over a five-year period (1989-1993) some devices may have been altered in ways not reported. Likewise, some of the devices are included for historical purposes and are no longer in use.

informations des appareils. Le Comité n'ayant procédé à aucune vérification de l'exactitude de ces informations, l'AIPCR dégage sa responsabilité des erreurs ou fausses informations qui auraient été transmises.

Les 107 fiches que comporte l'inventaire sont réparties en cinq sections, selon le type de paramètre mesuré :

- Appareils de relevé des dégradations de surface
- Appareils de mesure des profils en long et en travers
- Appareils de mesure de la texture
- Appareils de mesure de l'adhérence
- Appareils multifonction (cette dernière section décrit les systèmes qui effectuent plus d'une des mesures reprises dans les quatre sections précédentes)

Chaque appareil est décrit dans une fiche qui se présente comme suit :

APPAREIL	Nom de l'appareil
OPERATION	Principe d'opération
PARTIES	Principales composantes de l'appareil
SORTIE	Résultats fournis
MESURE	Grandeurs mesurées
VITESSE	Vitesse de l'appareil en opération
OPERATEURS	Nombre de personnes requises pour le fonctionnement de l'appareil
RESOLUTION	Résolution des résultats fournis
FREQUENCE	Taille d'échantillon (% de recouvrement) ou fréquence des échantillons
METHODE	Méthode d'analyse effectuée à bord
UTILISATEURS	Organismes (pays ou états) qui utilisent l'appareil
OPERATIONS	Autres fonctions en sus de celles de la catégorie où l'appareil est classé (multifonction, par exemple)
COUT	Coût en 1991 dans la devise et dans le pays du constructeur
COMMENTAIRES	
CONTACT	Personnes qui ont accepté de répondre aux demandes d'informations concernant l'appareil (des utilisateurs ont été préférés aux constructeurs)

#### H.4 - Expérience internationale de comparaison et d'harmonisation des appareils de mesure de frottement et de texture

##### H.4.1 - Introduction

Comme annoncé lors du dernier Congrès mondial à Marrakech [1,2], le Comité CI a organisé une expérience internationale visant à essayer d'harmoniser les différentes méthodes utilisées dans le monde pour mesurer l'adhérence et la texture des revêtements de chaussées. Les résultats d'une telle expérience constituent un préalable indispensable à l'uniformisation des méthodes de gestion des chaussées entre différents pays. De plus, la normalisation des spécifications relatives aux matériaux de chaussée exige aussi une harmonisation préalable des méthodes de mesure. Cette idée avait très vite reçu une approbation unanime sur son utilité et son urgence en raison de nouveaux contextes aussi bien techniques que politiques qui apparaissent, en particulier :

- La Commission européenne de Normalisation (CEN) a constitué, au début de 1992, un groupe de travail chargé de préparer des projets de normes pour la mesure des caractéristiques de surface des chaussées (CEN/TC 227/WG 5).
- Les pays de l'Europe de l'Est avaient manifesté le désir d'appliquer également ces normes.
- Le Japon envisageait d'établir des normes et des spécifications pour l'adhérence des chaussées.
- Le programme américain SHRP (Strategic Highway Research Program) était en plein essor.

The inventory was compiled by AIPCR from the data supplied to it by the persons who kindly responded to inquiry and is presented here as it was received. Therefore, PIARC disclaims any responsibility regarding the accuracy of the data reported. Instead, the catalogue provides the name and address of a contact person to whom the interested reader can refer for more information.

The inventory contains 107 entries presented in five sections according to the type parameter measured.

- Surface deterioration recording equipment
- Longitudinal or transverse profile measurement equipment
- Texture measurement equipment
- Skid resistance measurement equipment
- Multi-use equipment (this section comprises systems that perform more than one of the measurements described in the other categories).

Each device is described by a table with the legend defined as follows:

EQUIPMENT:	Name of the device
OPERATION:	Principle of operation
PARTS:	Main components of the device
OUTPUT:	Output data
MEASURE:	Quantities measured
SPEED:	Speed of the device during operation
OPERATORS:	Number of personnel required to operate the device
RESOLUTION:	Resolution of the output
RATE:	Sample size (or % of coverage) or rate of collections
METHOD:	Onboard analysis method
USERS:	Agencies (countries or states) currently using the device
OPERATIONS:	Other functional operations besides the category that it is listed under (multifunctional for example)
COST:	1991 cost in currency and country of manufacture
COMMENTS:	
CONTACT:	Individuals volunteering to answer inquiries regarding the device. Users are given preference over manufacturers.

#### H.4 - International experiment to compare and harmonize texture and friction measuring equipment

##### H.4.1 - Introduction

As announced during the last World Congress in Marrakech [1,2], Committee CI has conducted an international experiment with a view to harmonize the many different methods used throughout the world to measure skid resistance and texture of the road surfaces. The results of this experiment will be invaluable for achieving consistent pavement management practices across country boundaries. Furthermore, it is necessary that the measurement methods be harmonized in order to standardize the specifications for paving materials. This idea soon met with unanimous approval as to its utility and timeliness because of certain political as well as technical developments starting at that time, namely:

- CEN, the European Standardization Committee, had in the beginning of 1992 created a working group which was given the task to establish standards for the measurement of road surface characteristics (CEN/TC 227/WG 5).
- Eastern countries had indicated they wish to comply to European standard.
- Concern was arising in Japan about setting up standards and specifications for skid resistance of roads.
- SHRP, the Strategic Highway Research Program in USA, was in full swing.

appareils et, quoique de bonnes corrélations aient pu être observées dans certains cas, en particulier lorsque les revêtements considérés étaient de types similaires, une corrélation toujours valable n'a jamais été obtenue. Il faut admettre que pour relier des mesures de frottement obtenues par des méthodes différentes utilisant une roue inclinée par rapport à la direction du mouvement, une roue à taux de glissement imposé ou une roue bloquée, il est nécessaire de prendre en compte l'effet de la texture superficielle. C'est pourquoi, dans la présente étude, les résultats de mesure de frottement ont été analysés à l'aide de modèles incorporant aussi les caractéristiques de texture des revêtements.

Le but général de l'expérience était d'harmoniser les nombreuses et diverses méthodes utilisées de par le monde pour la mesure du coefficient de frottement sur revêtements. A cette fin il était nécessaire d'atteindre les objectifs suivants :

- Élaborer et évaluer des relations entre mesures de frottement et de texture fournies par divers appareils dans des conditions physiques d'essai variables en ce qui concerne la texture, la vitesse, le taux de glissement, le pneu d'essai, le climat et les matériaux.
- Quantifier les relations entre les mesures de frottement et de texture fournies par les différents appareils selon leurs modes opératoires particuliers afin de faciliter l'échange et l'harmonisation des informations techniques.
- Quantifier la répétabilité et les erreurs de mesures propres à chaque appareil. Évaluer le taux d'échantillonnage et/ou la taille de l'échantillon requis par chaque méthode d'essai pour atteindre l'exactitude voulue.
- Mettre au point un indice international de frottement qui puisse être fourni par tout appareil et évaluer l'aptitude de chaque système à prédire cet indice.

Afin de pouvoir relier des mesures de frottement et de texture provenant d'appareils si divers, une grande quantité de mesures était nécessaire. A cette fin, on a décidé que tous les appareils devaient effectuer leurs mesures, que ce soit de frottement ou de texture, simultanément sur un grand nombre de revêtements couvrant une large gamme de valeurs de texture et de frottement. On choisit pour cela des routes réelles situées en Belgique et en Espagne. La possibilité d'utiliser des pistes d'essai existantes a été écartée car des études antérieures avaient montré que ce genre de surfaces n'offre pas toutes les caractéristiques de routes réellement rencontrées. Bien que de telles pistes soient utiles pour l'étalonnage d'appareils, elles ne représentent pas bien les conditions rencontrées sur routes réelles. En outre, ces pistes d'essais n'offrent qu'un nombre restreint de surfaces différentes, généralement moins de 10 de sorte qu'il aurait fallu un grand nombre de tels sites pour arriver à constituer la base de données voulue.

Quarante-sept appareils de mesure différents ont pris part à l'expérience, représentant seize pays : Allemagne, Autriche, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis d'Amérique, France, Grande Bretagne, Italie, Japon, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Suède, Suisse. Soixante-sept paramètres différents ont été relevés (33 pour la texture et 34 pour le frottement).

L'expérience s'est déroulée en Belgique et en Espagne, en septembre et octobre 1992 respectivement, sur 54 sites répartis comme suit : 28 en Belgique (2 sur aérodromes, 4 sur piste de courses automobiles et 22 sur routes) et 26 en Espagne (8 sur aérodromes et 18 sur routes) [13].

Tous les résultats de mesure ont été réunis en une base de données sur support informatique et structurées en cinq fichiers : description des appareils, caractéristiques des sites, données climatiques, mesures de texture et mesures de frottement. Chaque participant a eu l'occasion de vérifier ses propres données et la base de données a été éventuellement corrigée en conséquence. La base de données définitive, dans laquelle les fichiers ont été organisés selon un format uniforme, est disponible sur disquettes auprès du Secrétaire général de l'AIPCR. L'analyse de ces résultats fut l'objet d'un rapport technique de l'AIPCR [5].

In the past, there have been many attempts to correlate data between different pavement friction measurement equipment, and although good correlation was sometimes obtained, particularly when the test surfaces were of similar type, a general correlation has not been achieved. It is recognized that in order to relate friction data obtained with different measurement methods such as locked-wheel, slip, and sideforce it is necessary to include the effects of surface texture. This is why, in this study the pavement friction data was analysed using models which incorporate pavement texture characteristics as well.

The overall objective of the experiment was to harmonize the many different pavement friction measurement methods used in different countries around the world. To this end it was necessary to accomplish the following objectives:

- Develop and evaluate relationships between friction and texture measurements obtained with various measurement devices under varying physical test conditions including texture, speed, slip angle, test tyre, climate and materials.
- Quantify relationships between standard measures of friction and texture obtained with the various devices under specified conditions to facilitate interchange and harmonization of technical information.
- Quantify repeatability and measurement errors associated with the various devices. Evaluate the sampling rate and/or sample size required by the various methods to acceptable accuracy.
- Develop an international friction index that all equipment can report and evaluate the ability of each system to predict the index.

In order to relate friction and texture of diverse equipment, a large data base was needed. To accomplish this, it was decided that all devices should measure friction and texture simultaneously on a large number of pavements exhibiting a wide range of friction and texture. Test tracks were ruled out as it has been shown in previous studies that test tracks lack some of the variables found on real travelled roads. Test tracks are suitable for calibrating equipment, but fail to relate texture and friction to actual road conditions. Careful attention was given to the selection of sites. Not only different levels of texture and friction are needed, but different levels due to wear and polishing were especially important. In the same line of thought, it was decided to use real travelled roads in locations with both wet and dry climates and the offer of Belgium and Spain to host the experiment was accepted.

Forty seven different measuring systems participated, representing sixteen countries (Austria, Belgium, Canada, Denmark, France, Germany, Great Britain, Italy, Japan, Netherlands, Norway, Poland, Spain, Sweden, Switzerland, and United States). These systems measured 67 different parameters (33 texture and 34 friction parameters).

The full scale experiment took place in Belgium and Spain respectively in September and October 1992. There were 54 sites in total: 28 in Belgium (two at an airfield, four at a race track and 22 on in service roads) and 26 in Spain (eight at airfields and 18 on in service roads) [13].

All of the data collected was entered into a data base. Files in the data base include equipment description, site characteristics, weather, texture measurements and friction measurements. Each participant has been given the opportunity to review his own data and corrections were made accordingly when required. The files were put into a common format in the final version of the data base. The data base is available on diskette from PIARC Headquarters. The results of the data analysis are presented in a PIARC technical report [5].

#### II.4.2.1 - Corrélations d'appareils deux à deux

Une première approche dans la recherche de relations entre les différents appareils, la corrélation linéaire a été calculée entre chacun des appareils et tous les autres, quels que soient les types d'appareils, les pneus utilisés ou le principe de mesure. En général, les corrélations sont assez bonnes entre les appareils tels qu'ils ont été mis en œuvre dans l'expérience. Les valeurs moyennes du coefficient de corrélation (R) obtenu par simple régression linéaire entre paires d'appareils sont détaillées dans le rapport - elles sont comprises entre 0,67 pour les plus basses et 0,86 pour les plus hautes.

Les paramètres décrivant la macrotexture peuvent être classés en trois types. Le type MPD prédit la profondeur moyenne de texture à partir du profil de la macrorugosité, le type RMS basé sur un simple calcul d'écart type de ce profil et le Temps d'Écoulement résultant d'une mesure à l'aide d'un drainomètre. On a recherché les corrélations linéaires entre la profondeur de texture MID déterminée par l'essai volumétrique dit «à la tache de sable» et toutes les autres mesures de texture. Le niveau des corrélations ainsi réalisées est généralement très bon. Le rapport fournit tous les résultats obtenus avec tous les appareils et pour chaque corrélation.

#### II.4.2.2 - Répétabilité

La duplication des essais de frottement à chacune des trois vitesses de consigne a permis d'évaluer la répétabilité des mesures. La répétabilité est caractérisée par l'écart type des différences absolues entre le premier et le deuxième essai. La répétabilité a été évaluée pour chacune des vitesses ainsi que pour trois niveaux de frottement. La moyenne des résultats pour chacun des trois principaux types d'appareils est comprise entre 0,015 et 0,034 ; la répétabilité moyenne générale est de 0,028.

#### II.4.3 - Indice de frottement international (IFI)

Puisque qu'il y a trois types principaux d'appareils : à glissement latéral, à glissement longitudinal et à roue bloquée, on a été conduit à admettre la nécessité de prendre en compte la macrotexture dans la recherche d'une harmonisation. C'est pourquoi un indice de frottement doit consister en deux nombres : l'un hé a une mesure de macrotexture, l'autre a une mesure de frottement. L'objectif étant de permettre à tous les appareils de prédire les mêmes valeurs pour ce doublet de nombres sur un revêtement donné.

*A priori*, on pourrait penser que l'harmonisation entre méthodes de mesures différentes consiste essentiellement à étalonner chaque méthode par comparaison avec une mesure exacte. Or, en matière de frottement, il n'existe pas de valeur exacte dans l'absolu. C'est pourquoi on a été amené à prendre comme référence les courbes du coefficient de frottement en fonction de la vitesse relative de glissement établie sur base des résultats moyens fournis par les différents appareils sur chacun des sites d'essai. Nous les appelons «courbes de référence».

Elles sont caractérisées par les deux «nombres de référence» GF60 et GV dans l'équation suivante :

$$GF(S) = GF60 \cdot \exp\{S \cdot 60/GV\}$$

- où :  
S est la vitesse relative de glissement en km/h  
GF(S) est la «valeur» relation frottement/vitesse pour un revêtement donné  
GF60 est la valeur de référence («valeur d'essai») du coefficient de frottement,  
GV est la valeur de référence du paramètre vitesse.

#### II.4.2 - Analysis

#### II.4.2.1 - Device-to-device comparisons

In an initial attempt to relate measurements from different devices, linear correlations were performed between each device and all other devices, regardless of the type of system, tire type, or measuring principle. Overall the correlations of the equipment in the as run condition of the experiment were fair. The average correlation coefficients (R) for simple device-to-device linear regressions for the friction devices are given in the report. They ranged from a low of 0.67 to a high of 0.86.

The macrotexture parameters can be classified into three types: MPD which uses profiles to predict mean texture depth; RMS which is a simple root mean square calculation of the texture profile; and Outflow Time which is the result of the outflow meter measurement. Linear correlations with the volumetric patch mean texture depth (MID) with all of the parameters derived from the texture data were attempted. The range of the correlation coefficients were generally very good and the values for each type of device for these regressions are given in the report.

#### II.4.2.2 - Repeatability

It was possible to evaluate the repeatability of the measurements since each device made two runs at each of the three speeds. The absolute value of the differences between the first and second run were determined and the standard deviation of these values provide a measure of the repeatability. The repeatability was evaluated at each speed and also separately for three levels of friction. The average of these results for each of the three types of friction device ranged from 0.015 to 0.034 with an overall average of 0.028.

#### II.4.3 - International Friction Index

Since there are three basic types of friction measuring systems: slip, sideforce and locked wheel, it was recognized that a macrotexture parameter would be required to harmonize the results. A friction index must therefore consist of two numbers: one related to a macrotexture measurement and one related to a friction measurement. The goal was that all systems would predict the same values for these numbers on a given pavement.

In order to develop an index that all systems could report it was first necessary to have a true value as a target. Since there is no «true value» for friction, a composite of the measurements made by the systems measured over a wide range of slip/speeds was used to develop a friction-speed curve for each site. These curves are the «Golden Curves» that constitute the true values for the analysis.

The Golden Curves can be characterized by two numbers, GF60 and GV in the relationship

$$GF(S) = GF60 \cdot \exp\{60 \cdot S / GV\}$$

- where:  
S is the slip speed in km/h  
GF(S) is the «true» friction-speed relationship for a pavement  
GF60 is the Golden Value Friction Number  
GV is the Golden Value Speed Number

L'analyse a montré que GV est lié à la macrotexture et que les mesures de texture effectuées par les différentes méthodes utilisées dans l'expérience permettent de bien prédire ce paramètre. Il suffit en effet de déterminer la régression linéaire entre GV et chacune des mesures de texture (TX) pour obtenir la valeur prédite de GV, (Vp), par chaque méthode de mesure de texture.

$$V_p = a + b \cdot TX$$

avec TX : paramètre de texture fourni par chaque appareil de mesure de texture,  
a et b : coefficients de la droite de régression

Les coefficients de corrélation moyens des régressions calculées pour chacun des trois types de paramètres de texture sont donnés dans le rapport. Les valeurs de a et b ont été calculées pour toutes les mesures de texture effectuées. Parmi les dix appareils de type profilométrique, sept ont fourni des mesures de texture qui offrent des coefficients de corrélation compris entre 0,90 et 0,95 ; les trois autres se situent entre 0,79 et 0,81. Dans le cas fréquent d'appareils qui délivrent plusieurs paramètres de texture différents, on n'a retenu que le meilleur de ces paramètres. Ce sont les appareils qui délivrent la profondeur moyenne de profil (MPD) telle qu'en cours de normalisation par l'ISO [17] qui présentent les meilleures corrélations et c'est pourquoi la suite de l'analyse utilise le paramètre MPD comme quantificateur de la macrotexture.

Les appareils de mesure de frottement ont une vitesse relative de glissement (S) qui dépend de la configuration de l'appareil et de la vitesse de déplacement (V) :

$$\begin{aligned} S &= V, \text{ pour les appareils à roue bloquée,} \\ S &= V \cdot \text{taux de glissement, pour les appareils à glissement longitudinal,} \\ S &= V \cdot \sin(Q), \text{ pour les appareils à glissement latéral, } Q \text{ étant l'angle d'environnement} \end{aligned}$$

La première étape permettant de prédire la valeur de référence du coefficient de frottement (GF60) à partir d'une mesure (FRS) effectuée à une vitesse quelconque (S) consiste à ramener cette mesure à la vitesse de référence de 60 km/h en utilisant le paramètre de vitesse (Vp) prédit à partir de la mesure de texture au moyen de l'équation suivante :

$$FR60 = FRS \cdot \exp\{(S-60)/V_p\}$$

avec FR60 : valeur correspondante du coefficient de frottement pour S= 60 km/h  
FRS : valeur du coefficient de frottement mesuré par un appareil à la vitesse S  
S : vitesse de glissement telle que définie ci-dessus

L'étape finale de l'harmonisation consiste à prédire F60 à partir de sa régression linéaire par rapport aux deux variables indépendantes FR60 et TX :

$$F60 = A + B \cdot FR60 + C \cdot TX$$

En combinant les trois équations ci-dessus, F60 peut se calculer à partir de deux résultats de mesures (FRS et TX) :

$$F60 = A + B \cdot FRS \cdot \exp\{(S-60)/V_p + b \cdot TX\} + C \cdot TX$$

Dans cette équation, A, B et C sont des constantes de calibration propres à chaque appareil. Pour beaucoup d'appareils, la valeur de C s'est avérée pratiquement nulle.

Dans cette équation, F60 est la prédiction de la valeur de référence du coefficient de frottement (GF60) et Vp est la prédiction de la valeur de référence du paramètre vitesse (GV). Le couple de valeurs F60 et Vp constitue l'Indice de frottement international (IFI).

The Golden Value Speed Number (GV) was found to be related to the macrotexture and was very well predicted by the measurements made by the texture devices used in the experiment. In fact, all that was required was a linear regression to adjust the values of the texture measurement to a predicted value (Vp) of the Golden Value Speed Number. The predicted speed number is

$$V_p = a + b \cdot TX$$

where TX is a texture parameter produced by the macrotexture measuring system  
a and b are regression constants to relate TX to Vp

The average correlation coefficients for the regression of the three types of texture parameters are given in the report. The values of a and b were determined for all texture parameters reported by all systems. Of ten systems that reported macrotexture profiles, seven reported texture parameters that produced a correlation coefficient for these predictions between 0.90 and 0.95. The remaining three produced correlation coefficients between 0.79 and 0.81. Many of the texture systems reported more than one texture parameter and the correlation coefficient ranges reported here consider only the best parameter for each device. Those systems that reported a Mean Profile Depth which is being standardized by ISO [17] provided the best correlations and Mean Profile Depth was used as the texture parameter in the friction analysis.

The friction devices measure at a variety of slip speeds (S) depending on their design and their vehicle velocity (V) :

$$\begin{aligned} S &= V, \text{ for locked wheel testers} \\ S &= V \cdot \text{percent slip, for fixed slip testers} \\ S &= V \cdot \sin(Q), \text{ for sideforce testers, where: } Q = \text{yaw angle} \end{aligned}$$

The first step in using a measured value of friction (FRS) at any slip speed (S) to predict the Golden Value Friction Number (GF60) is to adjust the friction to a common speed of 60 km/h

This is accomplished using the speed number predicted by the texture measurement in the following relationship:

$$FR60 = FRS \cdot \exp\{(S-60)/V_p\}$$

where FR60 is the adjusted value of friction for the system at S= 60 km/h  
FRS is the friction measured by the system at a speed S  
S is the slip speed of the system as described above

The final step in harmonization is the calibration of the system by regression of the adjusted measurement with the Golden Value Friction Number

$$F60 = A + B \cdot FR60 + C \cdot TX$$

Combining the results above, F60 can be expressed in terms of the friction and texture measurements (FRS and TX) :

$$F60 = A + B \cdot FRS \cdot \exp\{(S-60)/V_p + b \cdot TX\} + C \cdot TX$$

where A, B and C are calibration constants for a particular device. For many devices the value of C was found to be insignificant and set to zero.

F60 is the prediction of the Golden Value Friction Number (GF60) and Vp is the prediction of the Golden Value Speed Number (GV). The values of F60 and Vp are the International Friction Index (IFI).



Utilisant la profondeur moyenne de profil (MPD) comme mesure de texture, les valeurs de A, B et C ont été déterminées pour chaque méthode de mesure du frottement mise en oeuvre dans l'expérience.

La moyenne des différences absolues entre la prédiction F60 et sa valeur de référence (GF60) a été calculée et les résultats sont synthétisés dans le tableau II.1 sous forme de moyennes par type d'appareil. La différence absolue moyenne est une mesure directe de l'erreur sur la prédiction de GF60 à partir d'une paire donnée d'appareils de mesure de frottement et de texture.

Tableau II.1 - Comparaison des valeurs de F60 et de GF60  
Table II.1 - Comparison between F60 and GF60 values

	FROTTEMENT TRANSVERSAL SIDEFORCE	TAUX FIXE DE GLISSEMENT FIXED SLIP	ROUE BLOQUEE LOCKED WHEEL
MOYENNE DES ECARTS ABSOLUS AVERAGE ABSOLUTE DIFFERENCE	0.028	0.033	0.030
COEFFICIENT DE CORRELATION CORRELATION COEFFICIENT	0.938	0.908	0.940
ECART TYPE STANDARD DEVIATION	0.010	0.012	0.015

#### II.4.4 - Conclusions

Le principal acquis de l'Expérience Internationale est qu'il existe dorénavant une échelle commune de valeurs de frottement appelée IFI (Indice de Frottement International) dans laquelle pourraient être exprimés tous les résultats de mesure de coefficients de frottement sur routes et aérodrômes, et ce, avec une précision tout à fait acceptable de  $\pm 0,03$ . Les deux nombres qui caractérisent cette échelle IFI sont F60 et Vp qui s'obtiennent à partir d'une mesure de profondeur moyenne de texture et d'une mesure de frottement effectuée par l'un des appareils ayant participé à l'expérience. Ces nombres devraient être utilisés dans toutes les applications, y compris les enquêtes après accident, les consultations pour la gestion de l'entretien, l'exploitation des aéroports, etc. En outre, basés sur l'IFI, les résultats de mesures ou d'études deviennent utilisables en tout lieu dans le monde où cet indice aura été mis en application.

Les quatre objectifs de l'expérience ont été atteints et, à certains égards, avec un succès supérieur aux attentes. Quelques retombées directes et indirectes peuvent être attendues de ce succès.

Les autorités routières et aéroportuaires pourront appliquer les normes internationales sans renoncer à leurs méthodes de contrôle actuelles, à leur expérience acquise ni aux données recueillies dans le passé.

Using the Mean Profile Depth as the texture measurement, the values of A and B (and C for the systems that used a ribbed or patterned tyre) were developed for each friction measuring system that participated in the experiment.

The average of the absolute value of the difference between the predicted F60 and the Golden Value Friction Number GF60 were calculated and the results are summarized as the average results by device type. The average absolute difference is a direct measure of the error in predicting the GF60 using the F60 from a particular texture and friction pair of devices. The results for these measure are summarized in the table II.1.

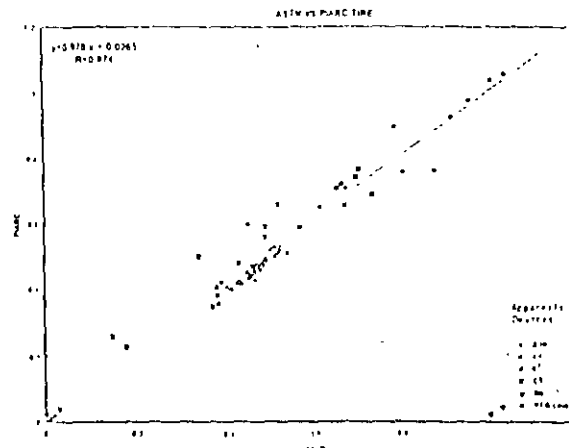


Figure II.1: Comparaison des valeurs de coefficient de frottement obtenues avec le pneu ASTM et avec le pneu PIARC

Figure II.1: Comparison of the friction numbers obtained by using ASTM tyre and PIARC tyre

#### II.4.4 - Conclusions

As a main finding from the International Experiment there is a proposal for a well defined common friction scale called IFI (International Friction Index) that should be reported with all friction measurements on roads and runways with acceptably small error (typically within  $\pm 0,03$  friction number). The two numbers that constitute the IFI are F60 and Vp which are derived from a measure of the mean texture profile depth and most of the measures of friction made by the systems that participated in the experiment. These numbers should be used in all applications, including accident investigations, maintenance management surveys, airport operations, etc. In addition, reporting the IFI will make the results from such studies useful in all parts of the world in which it has been implemented.

The four objectives have been met, in some cases to a greater degree of success than anticipated. Because of the success of meeting these objectives some additional direct and indirect benefits are:

Road and airport authorities would be able to adapt to an international standard without having to replace their present control methods or their own experience and historical data.

- Les fournisseurs de matériaux pourront étendre leur zone de distribution grâce à la normalisation des spécifications
- Les entrepreneurs désirant travailler à l'étranger pourront s'adapter à des spécifications basées sur des méthodes de contrôle locales.
- Les fabricants d'appareils d'essai verront leur marché s'élargir
- Les praticiens et les chercheurs auront à leur disposition une base de données unique susceptible d'améliorer leur connaissance du phénomène de glissance et des effets de la texture
- Les usagers des routes et des aéroports pourront se voir communiquer les conditions d'adhérence sur une échelle identique dans tous les pays, ce qui ne peut que favoriser la sécurité

#### 11.5 - Préparation d'une expérience internationale de comparaison des appareils de mesure profilométrique de l'uni transversal et longitudinal

Plusieurs études de comparaison de l'uni longitudinal ont été réalisées dans le passé. La plus connue a été la «World Bank International Road Roughness Experiment (IRRE)» qui a permis d'établir des corrélations et des règles d'étalonnage [18,19]. Cette expérience a été réalisée au Brésil en 1982. Tous les types d'appareils de mesure d'uni étaient inclus dans l'expérience IRRE, même ceux du type «réponse». L'expérience a permis de mettre au point l'indice international d'uni IRI (*International Roughness Index*).

Depuis 1982, un grand nombre de nouveaux types d'équipements profilométriques ont été développés pour mesurer l'uni à partir du profil longitudinal, ainsi que le profil transversal et la profondeur d'ornière qui n'étaient pas inclus dans l'IRRE. Il existe un réel besoin d'actualiser les travaux antérieurs et d'y inclure aussi le profil transversal.

C'est pourquoi le Comité CI a entrepris l'étude de l'opportunité et des conditions de réalisation d'une nouvelle expérience internationale consacrée uniquement aux appareils de mesure profilométrique (à réaliser après le Congrès de Montréal).

L'objectif général de l'expérience proposée est d'harmoniser les différentes méthodes de mesure de profil utilisées dans le monde. À cette fin, il sera nécessaire de réaliser les objectifs suivants :

- Développer et évaluer les relations entre les profils longitudinaux obtenus avec les divers équipements de mesure dans différentes conditions physiques d'essai rencontrées dans la réalité : texture, vitesse, position latérale, climat et type de revêtement
- Quantifier les relations entre les paramètres caractéristiques de l'uni longitudinal calculés à partir des profils fournis par les divers appareils dans des conditions déterminées pour simplifier l'échange et l'harmonisation des informations techniques
- Quantifier les relations entre les paramètres caractérisant le profil transversal (pente transversale, ornement, etc.) calculés à partir des profils fournis par les divers appareils dans des conditions déterminées pour simplifier l'échange et l'harmonisation des informations techniques
- Quantifier la répétabilité et les erreurs de mesure (à la fois la précision et les écarts systématiques) associés aux divers équipements. Le taux d'échantillonnage et/ou la taille des échantillons requis par les diverses méthodes seront évalués.

- Intervention levels will be interchangeable.
- Material suppliers would be able to extend their area of distribution to other countries with standardized specifications
- Contractors wishing to work abroad would be able to adapt to specifications based on local control methods
- Test equipment manufacturers would see their market widened.
- Practitioners and researchers would acquire better knowledge of skid resistance phenomena and of the effect of texture
- Road and airport users would be able to receive reports of frictional conditions on the same scale in different countries, which will result in improved safety.

#### 11.5 - Preparation of an international experiment to compare transverse and longitudinal equipment

In the past there have been several other studies to compare longitudinal evenness measuring equipment. The most notable was the World Bank International Road Roughness Experiment (IRRE) to establish correlation and calibration standards [18,19]. This experiment was conducted in 1982 in Brazil. In the IRRE, all types of evenness measuring equipment were included, including response type. The IRRE also developed the International Roughness Index (IRI).

Since 1982 many new types of profiling equipment were developed to measure evenness from longitudinal profile, and transverse profile and rut depth that were not included in the IRRE. There is a real need to update the previous work and to include transverse profile as well.

It is the reason for why Committee CI has begun to study the opportunity and the conditions of a new international experiment devoted to profiling equipment only (to be conducted after the Montreal Congress).

The general objective of the proposed experiment is to harmonize the different pavement profile methods used in different countries around the world. To this end it will be necessary to accomplish the following objectives:

- Develop and evaluate relationships between longitudinal (transverse respectively) profiles obtained with various measurement devices under varying physical test conditions encountered in the real world such as texture, speed, lateral placement, climate and pavement type.
- Quantify relationship between longitudinal evenness parameters calculated from profiles obtained with the various devices under specified conditions to facilitate interchange and harmonization of technical information.
- Quantify relationship between transverse profile parameters (cross slope, rutting, etc.) calculated from profiles obtained with the various devices under specified conditions to simplify interchange or harmonization of technical information.
- Quantify repeatability and measurement errors (both precision and bias) associated with the various devices. Sampling rate and/or sample size required by the various methods to achieve desired accuracies will be evaluated.

### III - LES INTERACTIONS ROUTE-VEHICULE : - UN DOMAINE D'ECHANGE ENTRE LES INGÉNIEURS ROUTIERS ET LES INGÉNIEURS DE L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

Auteur principal : Roger A. WILLIAMS (GB)

#### Avant-propos

L'objectif de l'APCR, déjà affiché à Marrakech en 1991, est de favoriser une meilleure compréhension entre les ingénieurs de la Route et ceux de l'Automobile dans l'optique du développement du secteur des transports routiers. De nombreuses activités du Comité CI soutiennent les concepts à plus long terme des essais types d'homologation des routes lors de leur mise en service et au cours de leur exploitation.

Cette démarche s'inscrit dans la ligne des tendances constatées dans le secteur des véhicules et des composants pour automobiles et tient compte des souhaits gouvernementaux d'améliorer la sécurité et de réduire les atteintes à l'environnement. Ces actions sont illustrées par les efforts de l'Union européenne pour faire adopter une norme ISO des surfaces de roulement pour les mesures de bruit de contact pneumatique-chaussée.

Les travaux de recherche qui établissent un lien entre les véhicules et les composants pour automobiles d'une part et les caractéristiques routières d'autre part sont examinés compte tenu de leur impact probable sur le développement du transport routier.

Enfin, le document présente les données actuelles sur les spécifications relatives aux chaussées mouillées et la relation avec les accidents et avec les coûts financiers.

#### III.1 - Introduction

Le Comité CI avait réalisé antérieurement une enquête auprès des constructeurs d'automobiles et de pneumatiques pour établir un classement des qualités qu'ils attendent d'une chaussée routière [25].

La démarche de l'industrie automobile dans le sens d'une réduction des cycles de développement «construire et tester» et d'une augmentation d'un processus de «prototypes virtuels» favorise la modélisation des véhicules et de leurs composants. Dans différents centres universitaires et industriels, des travaux ont été entrepris pour modéliser la conduite et la stabilité des automobiles, tandis que l'industrie du pneumatique tente de modéliser les pneumatiques. Des logiciels, comme celui d'ADAMS, sont aujourd'hui largement utilisés et l'on voit apparaître des modèles de pneumatiques de plus en plus complexes. De plus, des équipements tels que le «Flat Trac» (marque déposée de MTS) permet d'obtenir des données sur la force et le moment réels du pneumatique.

La réduction des données complexes du pneumatique à une série de constantes comme celles de PACEJKA est aujourd'hui reconnue, et les secteurs de l'automobile et du pneumatique travaillent de concert dans un «club» au sein de l'Université de Delft. Par ailleurs, SMITHERS propose un modèle sophistiqué de pneumatique pouvant être utilisé dans le logiciel d'ADAMS et basé sur des données obtenues sur le «Flat Trac».

Si d'importants progrès ont été réalisés dans la modélisation du pneumatique et de l'automobile, relativement peu de travaux ont été consacrés à l'introduction de l'impact dominant des caractéristiques de la texture des revêtements de route dans ces modèles [20]. L'Université de Pennsylvanie a entrepris la modélisation de la texture de route dans le cadre de l'étude de la tenue sur route mouillée et de celle des macrotextures et microtextures. D'autres programmes de recherche ont été entrepris au sein de la FHWA et du IRL, en coopération avec "SP Tyres UK Ltd". Cette dernière a lancé un programme pour l'étude de la stabilité véhicule/pneumatique aux limites de l'adhérence, tenant compte notamment de données relatives à la mégatexture.

XXth WORLD ROAD CONGRESS

MONTREAL 1995

Question IV

New Techniques for Pavement Strengthening and Maintenance

Co-ordinating reporter:  
Lars-Göran Wigberg  
Swedish Road and Transport Research Institute

Reporter:  
Leif Sjögren  
Swedish Road and Transport Research Institute

Sweden

## TABLE OF CONTENTS

## Topic 1

- 1.1 THE LASER RST PAVUE, A PAVEMENT IMAGE ACQUISITION AND ANALYSIS SYSTEM  
by Leif Sjogren, Swedish Road and Transport Research Institute
- 1.2 FILL AND MILL, A METHOD OF CALCULATING ADJUSTMENT VOLUMES WITH THE SWEDISH LASER RST  
by Leif Sjogren, Swedish Road and Transport Research Institute

## Topic 2

- 2 A NEW GENERATION OF ASPHALT PAVEMENTS IN SWEDEN  
by Lars-Goran Wågberg, Swedish Road and Transport Research Institute
- 2.1.1 A DURABLE WEARING COURSE FOR HIGH VOLUME ROADS AND STREETS
- 2.1.2 A STABLE AND WATER-RESISTANT ROADBASE FOR HEAVILY TRAFFICKED ROADS AND AREAS
- 2.2 AN AGEING-RESISTANT PAVEMENT FOR LOW VOLUME PAVED SURFACES

## SUMMARY

## Topic 1

## THE LASER RST PAVUE SYSTEM, A PAVEMENT IMAGE ACQUISITION AND ANALYSIS SYSTEM

A new technique for the detection and classification of road surface cracks, has been developed. This technique involves a combination of measuring laser range finders (LRF) and video cameras, utilising real-time pattern recognition. The system is called the Laser RST PAVUE system. The system has been developed by OPQ Systems (developer of electronics and hard- and software in the Laser RST) together with the Swedish Road and Transport Research Institute, VTI.

## FILL AND MILL, A METHOD OF CALCULATING ADJUSTMENT VOLUMES WITH THE SWEDISH LASER RST

To calculate the adjustment volumes using data obtained by the Laser RST, a PC-compatible program was developed. The program, called Fill and Mill is able to (1) determine the volume adjustments needed to restore the crossfall to an acceptable level, and (2) present the results in a graphic format acceptable. Although this new method is not fully developed yet, it has strong potential in maintenance planning and should provide a much faster and more cost-efficient way of determining adjustment volumes compared to the manual rod-and-level method. It is a safe and fast method. Measurement can be done in normal traffic and there are no need to close the road. The method gives a high precision estimate of the adjustment volumes thanks to the high amount of measuring points. It is easy to present more than one suggestion because of the user-friendly interactive software, Fill an Mill.

## Topic 2

## A NEW GENERATION OF ASPHALT PAVEMENTS IN SWEDEN

A new generation of asphalt pavements has been introduced in Sweden during the early nineties. The general concept of the pavements is that they have a gap gradation with a high proportion of uniform grains and relatively high binder content. The high content of coarse uniform aggregate creates a strong stone skeleton held together by a viscous mastic of bitumen, filler and fibres with a high binder content. The pavement types have generally the following three applications:

- A durable and stable wearing course for high volume roads and streets
- An ageing resistant and stable pavement for low volume paved areas
- A stable and water resistant roadbase (asphalt base course)

The introduction of these pavements is currently in different stages. The durable and stable wearing course for high volume roads and streets is a Swedish development of stone mastic asphalt (SMA). Development was carried on during the latter half of the eighties and usage of this pavement has increased dramatically during the first four years of the nineties. It is primarily the resistance of this pavement to wear from studded tyres that justifies its extensive usage.

The ageing-resistant and stable pavement for low volume areas has also been implemented at the beginning of the nineties. The pavement is in principle an SMA pavement with a maximum grain size of 4 or 8 mm.

The third pavement of the new generation is still to some extent in the development phase, although it has already been used as pavement on a number of roads. The pavement is intended as a bitumenised roadbase and is characterised by a high binder content and a high content of coarse aggregate with a moderate proportion of fine material. The pavement is especially suitable for roads and streets with a high proportion of heavy vehicles and other heavily loaded areas such as goods terminals, bus bays, junctions etc.

## 1.1 THE LASER RST PAVUE, A PAVEMENT IMAGE ACQUISITION AND ANALYSIS SYSTEM

by Leif Sjogren, Swedish Road and Transport Research Institute

### Introduction

A new technique for the detection and classification of road surface cracks, has been developed. This technique involves a combination of measuring laser-range finders (LRF) and video cameras, utilising real-time pattern recognition. The system is called the Laser RST PAVUE system. The system has been developed by OPQ Systems (developer of electronics and hard- and software in the Laser RST) together with the Swedish Road and Transport Research Institute, VTI.

The pavement image acquisition and analysis system is developed as a modular add-on option to current and future Laser RST measurement vehicles.

### Video cameras

PAVUE use four video cameras (PAL, 1/10 000-20 000 sec shutter speed), feeding video images of four 1-m pavement zones into a bank of four separate S-VHS recorders. The four zones correspond to the pavement edges, right- left wheel path and centreline zone. The video cameras are mounted in the rear of the measuring van and perpendicular to the surface, see picture. The two outer video cameras are special designed so although they are mounted within the allowed 2.5 meter vehicle width the mounting still ensure the image-coverage of four meter surface. The use of S-VHS recorders is required to maintain resolution and allow detection of smaller crack sizes. The vehicle speed is also encoded into a special signal (like a 4-scanline bar code) and mixed with the camera video before recording. Subsequent processing of this signal allows speed independence and synchronization across the S-VHS recorders.

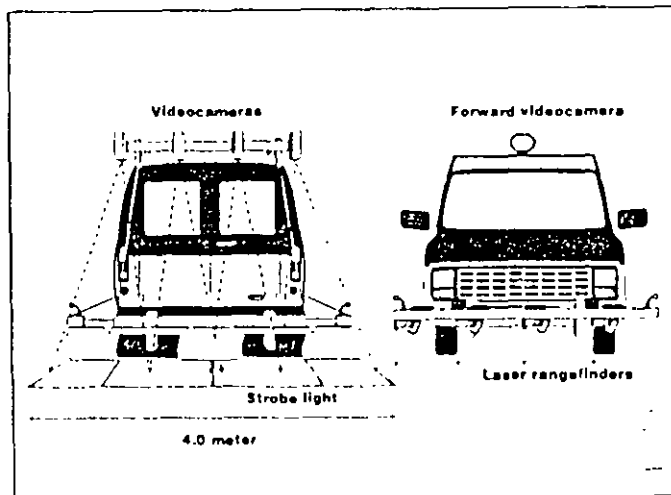


Fig. 1 The Laser RST PAVUE System = Laser - range Finders (LRF) and Video cameras

To be able to do data acquisition in daylight (sun and shadow) a lighting system has been developed. This consists of up to nine strobe lights synchronised to the high speed shuttered cameras, see picture. The reflectors are built to spread the light as even as possible on the surface. Special optical filters are used on the video cameras to reduce the influence of shadows even further.

### Forward video camera

As a help for the analysis of the videotapes a fifth video camera are mounted to record forward road environment, see picture. This is recorded on a fifth S-VHS recorder that also is synchronised with the distance signal. If desired information of the measures from the Laser RST can be incorporated in the picture.

### Workstation for analysis

The video tapes are returned to the road administration office for analysis on a special designed workstation. The tapes are played on a bank of four S-VHS players, which feed the video into the four parallel processing channels of the PAVUE analyser. Each channel applies the speed-compensation algorithms, noise reduction, and filtering adaptive thresholding (to control for uneven lighting and varying pavement types), feature extraction, and feature measurement. The outputs (measured features) of the four channels are then combined into a single composite result for the full-line width in the pattern recognition module. This module makes the decision about the type of cracking present, its severity and extent, and accumulates this data over the road sections. The output is a set of statistics about the type, severity, and extent of cracking present in each section. In the next step of the analysis this output are combined with information from the LRF's. The LRF's give data about the cracks width and depth and the video image describes the pattern of the cracks.

The analysis is done using hardware (special-purpose image processing boards) to bring the processing speed up to real-time (90 km/h). The system is relatively easy to retrofit to existing Laser RST systems. Of course, this extra processing power that are applied to the analysis of video-taped data, could be used in a solution with real-time analysis of the video data directly from the cameras in the Laser RST vehicle, without the bulky, mechanical, and costly intermediate videotape storage step. The pavement distress data would be analysed "on-the-fly," with the resultant statistics printed out and stored on disk, the same as is currently done with rutting, texture, etc., data from the LRF's. PAVUE has successfully been tested in USA. A second generation PAVUE system is currently being built at VTI. This system will have improved lighting system and a new type of videocameras.

## 1.2. FILL AND MILL, A METHOD OF CALCULATING ADJUSTMENT VOLUMES WITH THE LASER RST

by Leif Sjögren, Swedish Road and Transport Research Institute.

### Introduction

For roads with poor crossfall, a combination of milling and filling of the road surface is often needed to achieve the desired crossfall. Until now, the amount of adjustment required has been determined by manually measuring the road surface with a rod and level and then calculating the volume adjustment, a very time-consuming and expensive process. Another disadvantage of this method is that it is nearly impossible to compare adjustment volumes for different crossfalls because of the complexity of the calculations. Therefore, there has been a need to find a faster and more cost-efficient way of determining adjustment volumes.

A group comprised of members from The Swedish Road and Transport Research Institute (VTI) and The Swedish National Road Administration (VV) has been working with this problem since 1990. After comparing the rod-and-level method with the Laser RST's measuring capabilities, they decided that it was possible to use the Laser RST to do the necessary measurements of the road without altering the Laser RST's normal measuring procedure in terms of speed, accuracy, what is required of the Laser RST personnel, and traffic-user and traffic-safety conditions. To calculate the adjustment volumes using data obtained by the Laser RST, a PC-compatible program was developed. The program, called Fill and Mill, is able to (1) determine the volume adjustments needed to restore the crossfall to an acceptable level, and (2) present the results in a graphic format acceptable to the maintenance workers.

This new method can be divided into four components:

- Data collection (Laser RST)
- Data input into a databank (off-line)
- Calculation of volume adjustments (Fill and Mill program)
- Presentation of the results (Fill and Mill program)

### Calculation of Volume Adjustments: The Fill and Mill Program

The Fill and Mill program is capable of handling data from the Laser RST, as described above. The program has been developed into a realistic tool for maintenance planning in the PC environment. The program's design was guided exclusively by the user's needs, goals, and ideas. The Fill and Mill program uses computer graphics and a databank to determine adjustment volumes, see figure 1. The program creates a data file that contains information on desired crossfall, new longitudinal profile, road width, and adjustment volumes. This information is stored for every 20-meter section of road. Updating can be done as often as desired. Changes that concern a certain section but also affect adjacent sections (e.g., changes in the longitudinal profile) automatically update the data file.

### Data Collection

Of the variables measured by the Laser RST, those that are used to determine volume adjustments are crossprofile, unevenness, crossfall, curvature, distance, and distance from a reference point to the centreline. Of these, the latter two need special processing.

#### Distance

Distance is important because each object is measured several times with some lateral displacement between the measurements. A section is measured two to three times for each traffic lane and once for each shoulder. The data obtained from all of these measurements is combined into one file which then describes the road geometry. The amount of information obtained with this method (using the Laser RST's 11 laser range finders over a 20-km section of road) is

$$(2 \text{ lanes}) \times (3 \text{ separate measurements of the section}) \times (11 \text{ laser range finders}) \times (200,000 \text{ decimetre sections}) = 13,200,000 \text{ points}$$

This should be compared with

$$\text{The rod-and-level method of determining adjustment volumes is based on} \\ (5 \text{ lines}) \times (1000 \text{ 20-meter sections}) = 25,000 \text{ points, with this method}$$

To establish a precise and common starting point between the measurement passes over the same section of road, a photocell is used when the data collection is begun. At the starting point, there is a reflector. The ending point, always a multiple of 20 meters, then becomes the starting point for measuring in the other direction.

#### Distance from a Reference Point to the Centreline

A video recording of the road is made at the same time the measurements are taken. A video camera is mounted on the Laser RST, and its position is not changed between the measuring passes over the same section of road. After the measurements have been completed, the distance from the camera to the road marking along the edge of the pavement or to the centreline is determined, the distance from the camera to the centreline from the different measuring passes can then be found. This assumes, of course, that the video system records a distance measurement that is calibrated with the Laser RST. After the measurements have been taken, the data relating to the distance from a reference point to the centreline must be combined with the data from the Laser RST. Normally, at least 3 measurements of the same section of the road (11 meters in width) in each direction are required (two of the traffic lanes and one of the shoulder). The measurement passes over the road section overlap.

Other uses of the video film and the distance information are that (1) the pavement edge can be identified and a measurement from the reference point to the edge determined and (2) special occurrences such as bus stops and turn-offs can be identified correctly and stored in an information file. Lastly, it is planned to store still video pictures for every 20 meters in the computer so that these can be viewed when desired during the maintenance planning phase with the (Fill and Mill) program.

### Data Input into a Data bank

In addition to the above-mentioned adaptation of the data related to measuring the distance from a reference point to the centreline (which complements the data collected through the normal measuring procedure), other relevant Laser RST data is adapted, transformed and stored in a data bank. This data bank contains the information that forms the basis for determining the adjustment volumes that are needed. The adaptation of the data consists of different steps that refine the original data quantity (the Laser RST's measurements) so that the data can be used in the Fill and Mill program. From the data related to unevenness, curvature and crossfall, the x, y, and z coordinates for the road's actual centreline is calculated. Separate profiles from the different measuring passes over the same section of road (data from the Laser RST's 11 laser cameras) are integrated to produce a cross profile of the road. The profile's height variation is calculated relative to the road's centreline.

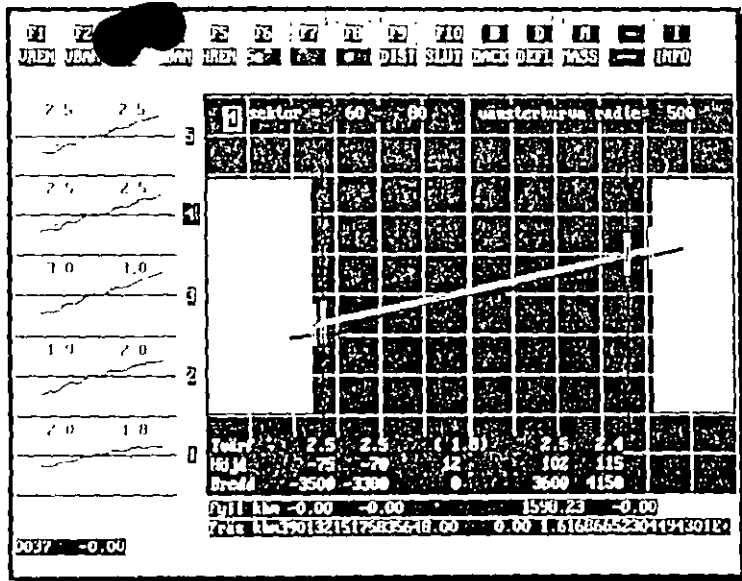


Fig 1. A view of the Fill and Mill software workable

#### Presentation of the Results

Presentation of the information is based on the Fill and Mill program's data bank and planning files. Data can be presented graphically on a PC screen or printed out on a dot matrix or laser printer. Among the kinds of information that can be presented graphically on screen or printed together with data on the different variables are:

- Adjustment volume contour maps
- Adjustment volumes
- Height of the new traffic lanes relative to the existing road or relative to a horizontal line through the existing road's centreline
- Existing and desired cross falls, separate for traffic lanes and the shoulders



KINGDOM OF SAUDI ARABIA  
MINISTRY OF COMMUNICATIONS

PIARC XXTH WORLD CONGRESS  
September 1995

NATIONAL REPORT

QUESTION NO. 4

TECHNIQUES OF PAVEMENT STRENGTHENING AND MAINTENANCE

IN SAUDI ARABIA

PIARC XXTH WORLD CONGRESS, SEPTEMBER 1995  
QUESTION NO. 4  
TECHNIQUES OF PAVEMENT STRENGTHENING AND MAINTENANCE

## 1. INTRODUCTION:

This report identifies the techniques, equipment and methods being applied by the Ministry of Communications in the Kingdom of Saudi Arabia to improve the performance of pavement in the Kingdom's network.

Pavement survey and condition assessment procedures at the network, project and research levels are described. Techniques, materials and methods used for strengthening and maintenance of pavements are presented for medium to heavy traffic roadways as well as low volume roads.

A brief insight into actions taken to facilitate progress and innovations and improve scientific road research is also introduced.

## 2. PAVEMENT SURVEY AND CONDITION ASSESSMENT:

### 2.1 AT THE NETWORK AND PROJECT LEVELS.

The Ministry of Communications (MOC) in the Kingdom of Saudi Arabia is about to complete a number of network-level pavement condition surveys, to be used as input for the Highways Maintenance Management System (HMMS). The systematic cataloging of pavement condition data is a necessary component of the HMMS. Annual pavement condition surveys provide the means for a dynamic continuous updating of the pavement database and thus permit cost-effective maintenance through use of deterioration and performance models. All pavement surveys are aimed toward securing data that will:

- 1 Determine the existing condition of the pavement in terms of road segment condition state variables
- 2 Provide input for determining the transition probabilities, to be used by the computer models.
- 3 Provide additional condition data for specific road segments, to make possible a network solution and/or project definition.

Whatever the strategy adopted for pavement maintenance (routine, curative, preventive, or a combination of all three), it is necessary to assess the pavement's structural and

surface qualities for the purpose of putting into operation an appropriate maintenance strategy. In this assessment the structural aspect concerns the pavement's capacity to withstand the imposed traffic loads, while the functional aspect is related to the surface characteristics, friction and roughness, which affect the safety and user comfort. Therefore, for management purposes, evaluation of the condition of a pavement includes data collection with respect to:

- a. Type and extent of distress manifestation as a general indication of comfort and safety consideration and as an indicator of structural capacity.
- b. Roughness as a comfort consideration.
- c. Deflection as a measure of structural capacity.
- d. Friction as a safety consideration.

In the context of the Kingdom's HMMS, pavements are periodically tested by surveys that will allow the determination of the above segment-specific parameters. The entire network in the M.O.C. jurisdiction has been modelled based on the link-node principle. Furthermore, each link has been divided into road segments, 1 kilometer long in general, the last segment in a link will vary from 0.5 to 1.5 kilometers in length.

The surveys conducted to determine the parameters described above employ the Road Surface Tester (RST), the Falling Weight Deflectometer (FWD, KUAB), and the Mumeter.

#### 2.1.1 Pavement Distress and Roughness Survey.

This survey covers the entire M.O.C. (medium to heavy traffic expressway) network which amounts to some seventy thousand (70,000) lane-kilometers and employs the Road Surface Tester (RST).

The RST produces data for each segment of the following distresses:

- 1 Roughness
- 2 Rutting
- 3 Ravelling
- 4 Wheel Track Cracking
- 5 Block and Transverse Cracking

The RST is a laser-based, computer-automated, non-contact road profilometer system with the added capability of recording a constant videolog of most of the pavement surface as well as the road environment. The RST evaluates the road surface at speeds up to ninety (90) kilometers per hour.

The laser system consists of thirteen (13) lasers fitted on a bar mounted across the front of a van. The two (2) outermost lasers (one at each end) are directed outward so that the thirteen (13) test points are distributed along a width of 3.65 meters (lane width), although the actual length of the beam is no more than 2.5 meters

Roughness is measured for each of the two wheel paths by the lasers in conjunction with accelerometers. The accelerometers are used to compensate for the movement of the vehicle chassis and also to register long wavelength.

Rutting is calculated using a cross section profile of the road that is measured by the lasers every ten (10) centimeters. Values are calculated for left and right ruts, and for the whole profile. Texture is measured in the right-hand wheel track and in the middle of the road by four (4) lasers that feature a small measuring spot and high sampling frequency.

Cracks and cavities in the road surface are measured by four (4) lasers, and the information is presented as a number of cracks per unit length (e.g. 20 meters) and the number of stretches (e.g. 1 meter) showing cracks corresponding to a given criteria. These measurements are used to indicate sections where videologging analysis should be considered.

The videologging system consists of three (3) videocameras controlled by a multi-vision box. The road surface video cameras are mounted on the rear of the van while the road environment video camera is mounted on the front, thus providing a forward view. The picture is stored in S-VHS format and each picture consists of four (4) equally sized windows, one for each camera and the fourth window containing text information (e.g. date, time, road number, direction, distance) and real-time information for the RST (e.g. rut depth and roughness).

The RST data for each roadway segment is processed through a number of computer routines and two collective distress measures are produced, namely the Pavement Condition Rating (PCR) and the Structural Deduct (SD). These measures are used to identify road sections which are candidates for overlays, require anticipating project-level decision needs.

Pavement condition rating, PCR, is a numerical indicator based on a scale of 0 to 100. The PCR is a measure of the pavement's structural integrity and surface operational condition. Mathematically, it can be expressed as:

$$PCR = 100 - \sum (dxsxe)$$

where

$$PCR = \text{Pavement Condition Rating}$$

- d = Distress factor
- s = Severity factor (High, Medium, Low)
- e = Extent factor (Extensive, Frequent, Occasional)
- $\sum (dxsxe)$  = Deduct value depending on distress type, severity and extent

Parameters in excellent condition are rated 100 in the PCR scale, deduct values are scores that represent the effects that distresses have on a pavement's structural integrity and surface operational condition.

The distress factor, severity factors and extent factors used for rating the individual distresses are shown in the table below:

DISTRESS TYPE	DISTRESS FACTOR	SEVERITY FACTOR			EXTENT FACTOR		
		L	M	H	O	F	E
RUTTING	25	.4	.8	1.0	.6	.8	1.0
RAVELLING	15	.3	.6	1.0	.5	.8	1.0
ROUGHNESS	25	.5	.8	1.0	.6	.8	1.0
W.T. CRACKING	20	.4	.7	1.0	.5	.7	1.0
B. CRACKINGS	15	.4	.7	1.0	.5	.7	1.0

Another more important statistic that is calculated for each road segment is the sum of structural deduct values, called SD, that is, the sum of the deduct values for rutting, wheel track cracking and block and transverse cracking.

Tables (1) through (3) present PCR, rut depth and lane structural deduct (SD) ranges on 68040 lane-kilometers of the Kingdom's network. Table (4) provides the average annual daily traffic together with truck percentages. In addition Tables (5) and (6) present the roughness (international roughness index, IRI) and the raveling data along 65674 lane-kilometers. Finally Tables (7) through (9) show the ranges of equivalent single axle load, truck percentage and right lane percent volume along the network within the Kingdom.

TABLE 1 - PCR (Number of Kilometer Segments)

Range	Number	%
>85	6008	8.8
75-85	31747	46.7
60-75	25516	37.5
<60	4746	7
Total	68040	100

TABLE 2 - RUTTING

Range (mm)	Number	%
<6	50016	73.5
6-13	16400	24.1
13-25	1500	2.2
>25	124	0.2
Total	68040	100

TABLE 3 - CRACKING

Range (SD)	Number	%
<7	64801	95.24
7-17.15	2773	4.08
17.15-35	466	0.68
Total	68040	100

TABLE 4 - AVERAGE ANNUAL DAILY TRAFFIC AND CORRESPONDING PERCENTAGE OF TRUCKS

Range (AADT)	% of Network	% Trucks
<500	31.45	18.77
500-2000	49.04	18.82
2000-5000	14.9	20.76
5000-10000	2.88	18.84
10000-15000	0.82	19.84
15000-20000	0.31	15.52
>20000	0.6	14.83
Total	100	

TABLE 5 - ROUGHNESS (in IRI mm/m)

Range (IRI)	No of Km-segs	%
>2	45640	69.49
2.0 - 4.0	18330	27.9
>4	1707	2.61
Total	65677	100

TABLE 6 - RAVELLING (Deduct points)

Range (DED)	No of Km-segs	%
>4.5	26660	40.59
4.5 - 8.5	16400	24.97
>8.5	22614	34.44
Total	66674	100

TABLE 7 - RANGE OF EQUIVALENT SINGLE AXLE LOAD (ESAL)

ESAL Range	Total Km's	% of Network
<5000	52132.03	74.84
5000-15000	14777.38	21.22
15000-25000	1905.80	2.74
25000-45000	474.28	0.68
45000-65000	214.72	0.31
65000-85000	82.24	0.12
>85000	67.22	0.10

TABLE 8 - RANGE OF TRUCK VOLUMES AS A PERCENTAGE OF AADT

% of Trucks Range	Total Km's	% of Network
<5%	392.41	0.56
5%-10%	1371.21	1.97
10%-15%	3778.08	5.42
15%-20%	41475.74	59.55
20%-30%	17594.65	25.26
30%-40%	2400.07	3.45
>40%	2346.46	3.37

TABLE 9 - RANGE OF RIGHT LANE VOLUMES AS A PERCENTAGE OF AADT

% Right Lane Range	Total Km's	% of Network
<5%	83.21	0.12
5%-15%	1039.19	1.49
15%-30%	3102.85	4.45
30%-45%	2616.66	3.76
45%-65%	2820.28	4.05
65%-85%	1280.50	1.84
85%-99%	932.09	1.34
>100%	57778.00	82.95

**2.1.2 Pavement Deflection Survey.**

The network deflection survey consists of two (2) distinct testing approaches. The first testing approach is for those roadway segments identified as being "structurally suspect segments" according to their Pavement Condition Rating (PCR) and structural deduct (SD) values. Testing those segments will confirm the need for overlays and provide information for the design of these overlays. Roadway segments having a "PCR"  $\leq 75$  and a "SD"  $\geq 20$  are considered "structurally suspect segments".

The second testing approach surveys more than 6000 lane-kilometers and is made to obtain data regarding absolute deflections and stiffness values of individual pavement layers. This data will help establishing a relationship between remaining life and structural capacity of pavements, including overlaid sections. This part is further subdivided into sections with uncracked pavements in good or fair condition which have never been overlaid and into sections with uncracked pavements which have recently been rehabilitated.

Deflection survey is made employing two KUAB Falling Weight Deflectometers (FWDs). KUAB FWD consists of a fifteen (15) centimeter loading plate and seven geophones located at specified distances from the plate center. These geophones measure the surface deflections of the pavement resulting from a falling specified weight. This weight is adjusted to provide a load of sixty-two (62) KN as a simulation of an axle weight of thirteen (13) metric tons. Table 10 presents the relationship between pavement structural condition and maximum deflection. Typical values within the Kingdom are less than 300 microns.

**2.1.3 Pavement Friction (Skid Resistance) Survey.**

This survey covers the entire M.O.C. medium to heavy traffic expressway network, and amounts to approximately 70,000 lane-kilometers. The main output of this survey is a friction coefficient for each kilometer segment, tested in the wet mode, at a constant speed of 65 kilometers per hour  $\pm 5$  kilometers per hour. Furthermore, ten percent (10%) of the network (about 7000 lane-kilometers) stratified as per functional class and environmental conditions will also be tested in the dry mode, thus allowing for a correlation between Wet and Dry friction values to be developed.

The skid resistance of pavements is measured using a Mumeter. The Mumeter measures the coefficient of friction between tire and pavement. This is accomplished by measuring the force created against the two smooth measuring wheels, each toed-out at a present angle from the travel path. This force is measured by a load cell, linking the stationary and movable frame members to which the measuring wheels are attached. The position of the Mumeter along a link is determined by means of a distance sensor which reads digital pulses in increments of a thousand per wheel revolution.

**TABLE 10 - SUBJECTIVE RELATIONSHIP BETWEEN PAVEMENT STRUCTURAL CONDITION AND MAXIMUM DEFLECTION**

Structural Condition	Maximum Deflection (0.001 mm)	
	Mean	90th Percentile
Good	148 or less	170 or less
Fair	148 - 322	170 - 436
Poor	322 - 438	436 - 656
Very Poor	> 438	> 656

Note: FWD, load = 62 kn, plate radius = 15 cm and pavement temperature = 20°C.

\*Typical values within the Kingdom are less than 300 microns.

Data from both of the above instruments are fed to the signal conditioner which is mounted on the Mumeter frame and amplifies these data before transmitting them to the control computer in the towing vehicle for processing and storage. The whole system is programmed/operated through the control computer. Furthermore, the system is equipped with a self-watering system comprising of a remote control unit mounted on the towing vehicle's dashboard, an electronic controller box, a water supply tank mounted at the back of the towing vehicle and a pump and regulator assembly which feeds water, at the required water-film thickness, to the Mumeter through a hose

## 2.2 AT THE RESEARCH LEVEL

A number of research level pavement condition surveys are currently being employed. Two (2) approaches are used for in-situ pavement condition assessment at the research level. The first approach is an in-situ non-destructive pavement evaluation. The second approach is destructive in which cores, slabs or trenches are taken from the pavement for laboratory characterization.

For the non-destructive evaluation the Falling Weight Deflectometer (FWD) is used for structural assessment, the May's Ridemeter is used for functional (roughness) assessment and the Pavement Condition Rating (PCR) method is used for visual assessment. Weigh-in-Motion (WIM) data beside permanent weight stations and traffic count and classification stations data are also collected for use at all levels (Network, Project and Research).

Equipment such as the Material Testing System (MTS), the Universal Testing Machine (UTM), and the French LCPC wheel track tester are being used to evaluate field cores, slabs, and/or localized trenches (destructive evaluation).

## 3. TECHNIQUES, MATERIALS AND METHODS FOR STRENGTHENING AND MAINTENANCE:

### 3.1 MEDIUM TO HEAVY TRAFFIC EXPRESSWAY.

Maintenance and rehabilitation actions taken by the M.O.C include the application of localized patching, surface treatments or crack sealing, milling and replacement of deteriorated pavement layers, milling and recycling, and/or adding an overlay. Actions are generally dependent upon the condition assessment. Milling and replacement depths depends upon the depth of deteriorated layer(s). One good example for determining the depth of milled layer is the current M.O.C maintenance criteria for rutting repair described in the algorithm given in Table (11) and illustrated by the flow chart shown on Figure (1). Figure (2) represents how the rut depth and the rut width are measured

Modified asphalt mixtures are also being evaluated and employed in various maintenance actions. Performance of polymer modified asphalts are currently being monitored on a

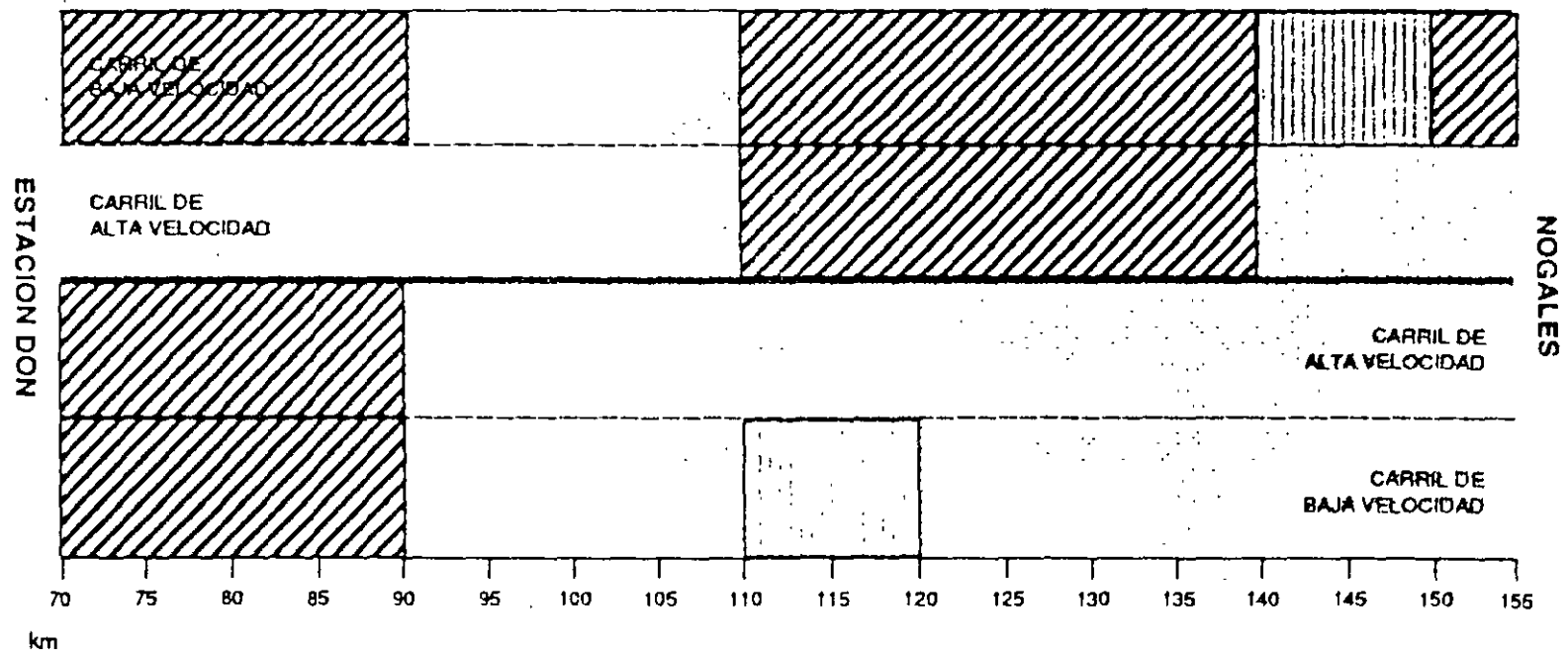


# AUTOPISTA ESTACION DON - NOGALES




## TRAMO: ESTACION DON - NAVOJOA

SCT-UAC

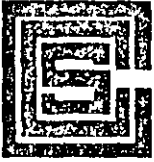
CLASIFICACION DE TRAMOS DE ACUERDO  
A SUS NECESIDADES DE CONSERVACION



km

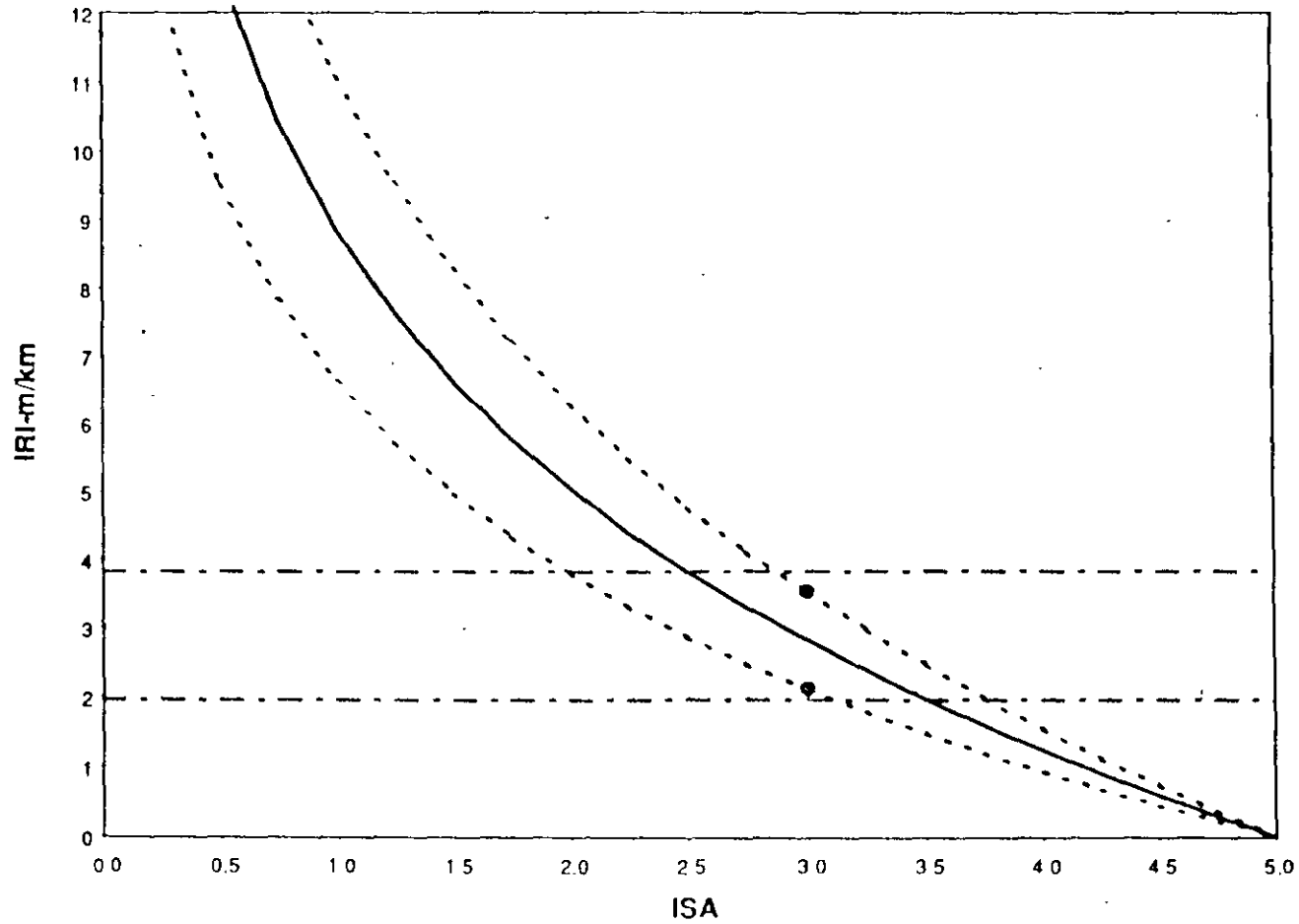
-  CONSERVACION RUTINARIA
-  CONSERVACION PREVENTIVA
-  REQUIERE ESTUDIOS PARA DEFINIR CONSERVACION CORRECTIVA





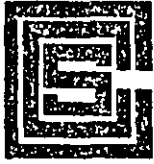
SCT-UAC

### CORRELACION ENTRE ISA E IRI



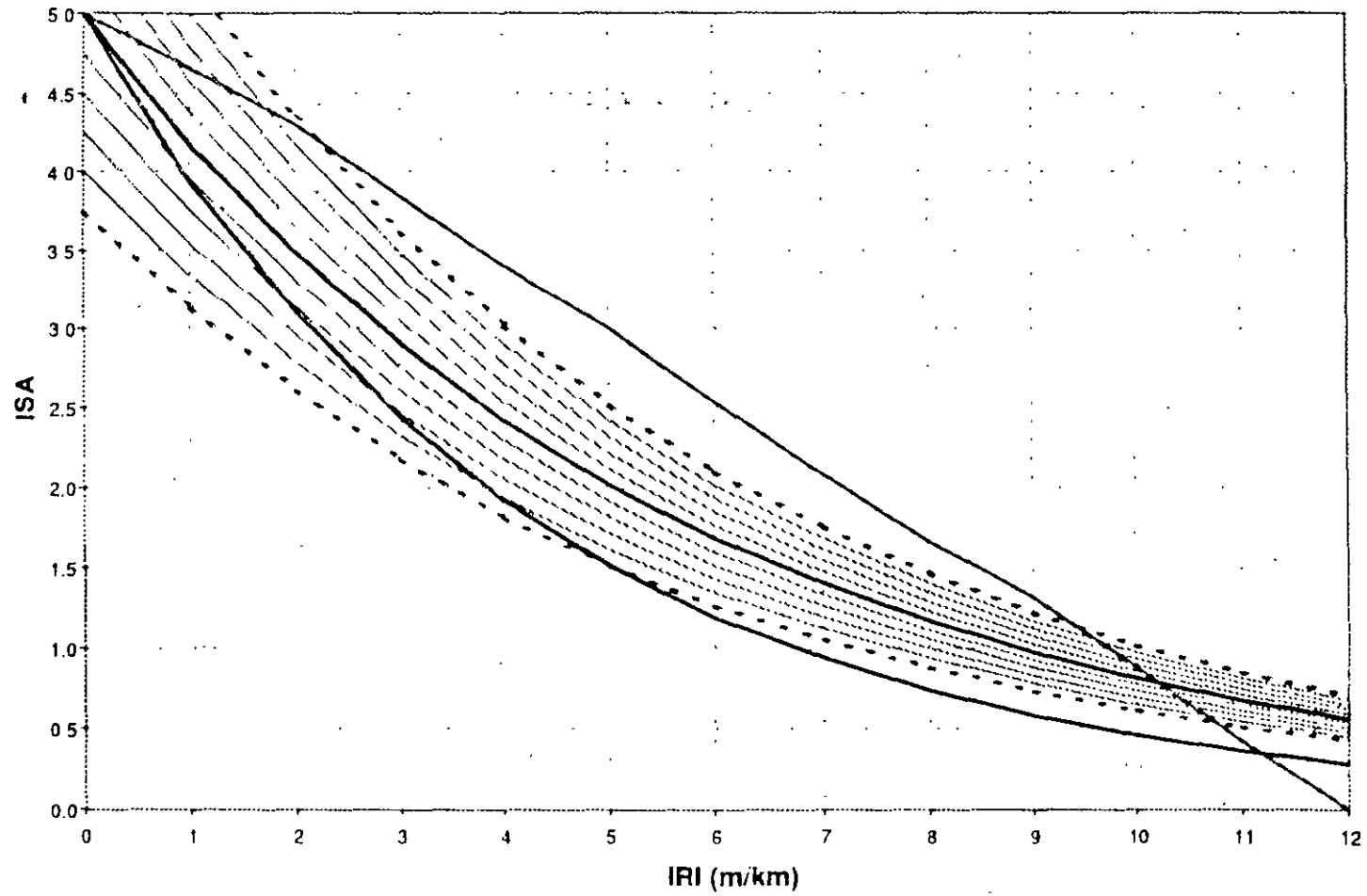
Nota: --- Desviación  $\pm 25\%$  • Límites de IRI para ISA=3 --- Límites propuestos para IRI  
Correlación propuesta por el Banco Mundial





SCT-UAC

### IRI Vs. ISA



— IMT — Oman — Banco Mundial — — Derivación + 25 %

**RAUL VICENTE OROZCO y Cía.**

**ESTUDIO REALIZADO PARA: UAC-SCT**

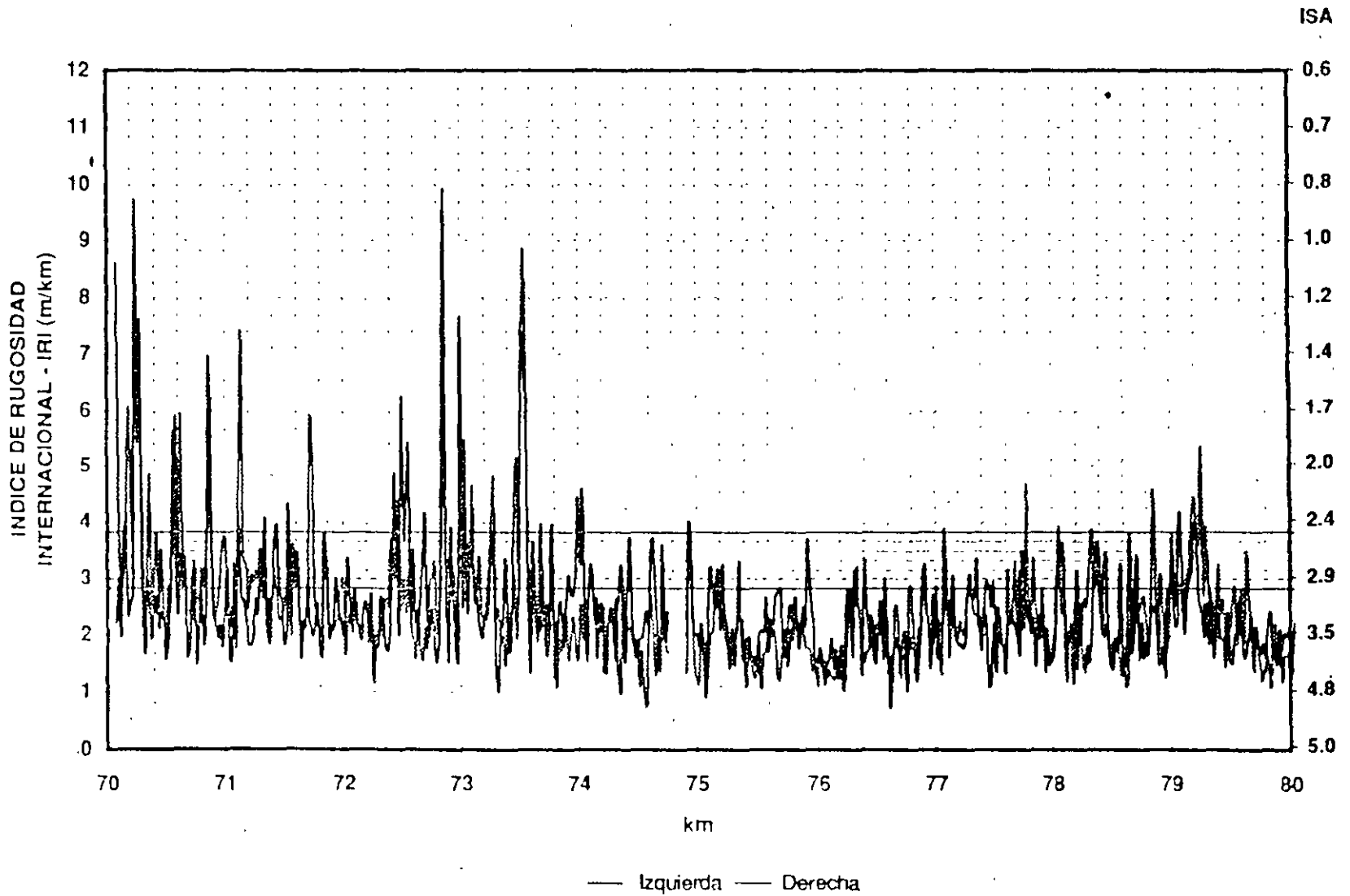
**AUTOPISTA: ESTACION DON - NOGALES**

**TRAMO: ESTACION DON - NAVOJOA**

**SENTIDO: NOG - DON**

**CARRIL: ALTA**

**MEDICION DE LA RUGOSIDAD ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO**



NOTA: 2.81 límite propuesto máximo para tramos  $\geq 10$  km

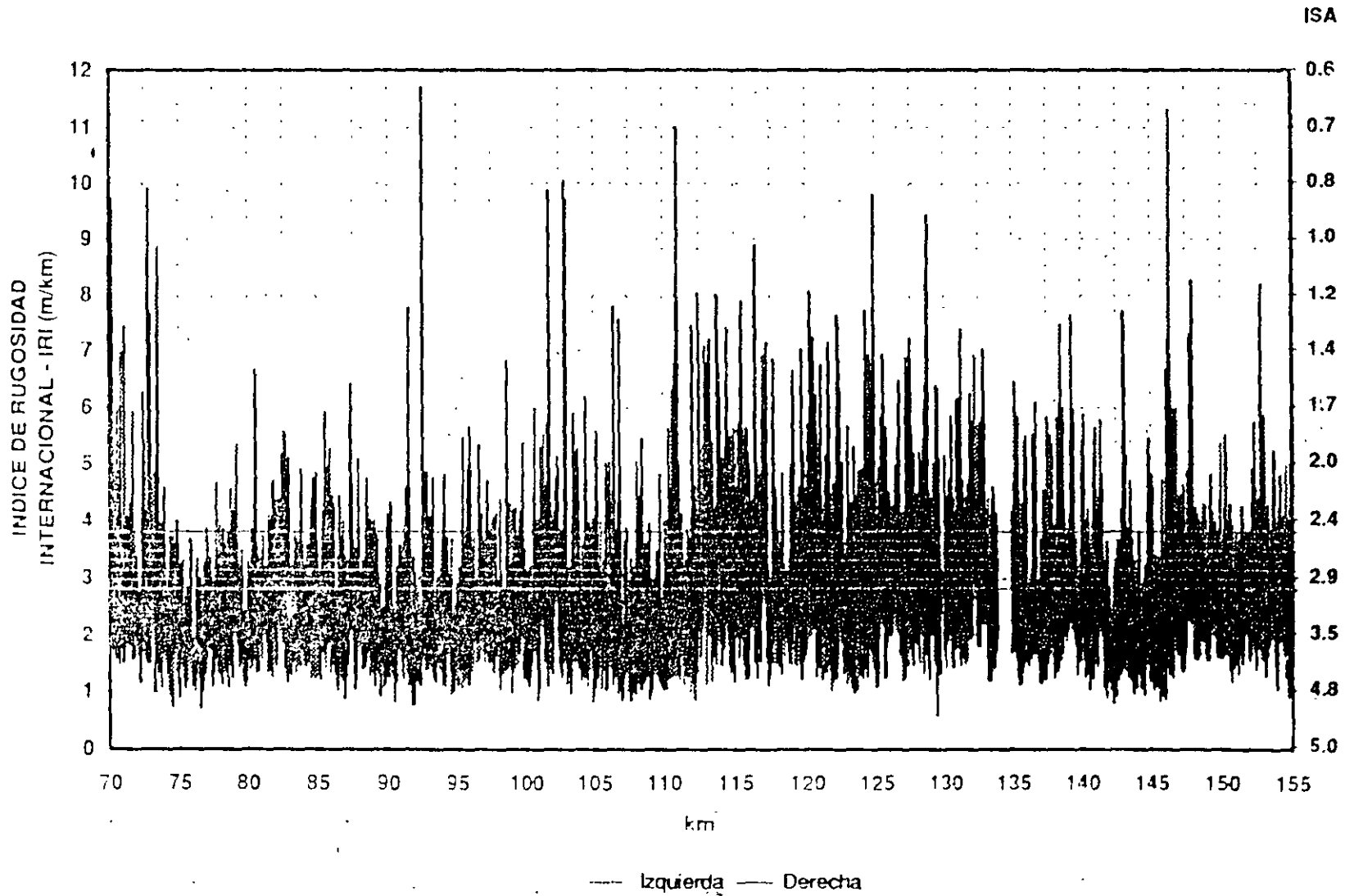
3.81 límite propuesto máximo para tramos  $< 10$  km

Valor de ISA deducido de la correlación propuesta por el Banco Mundial

**RAUL VICENTE OROZCO y Cía.**  
AUTOPISTA: ESTACION DON - NOGALES  
TRAMO: ESTACION DON - NAVOJOA  
SENTIDO: NOG - DON  
CARRIL: ALTA

ESTUDIO REALIZADO PARA: 

### MEDICION DE LA RUGOSIDAD ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO



NOTA: 2.81 límite propuesto máximo para tramos  $\geq 10$  km  
3.81 límite propuesto máximo para tramos  $< 10$  km  
Valor de ISA deducido de la correlación propuesta por el Banco Mundial

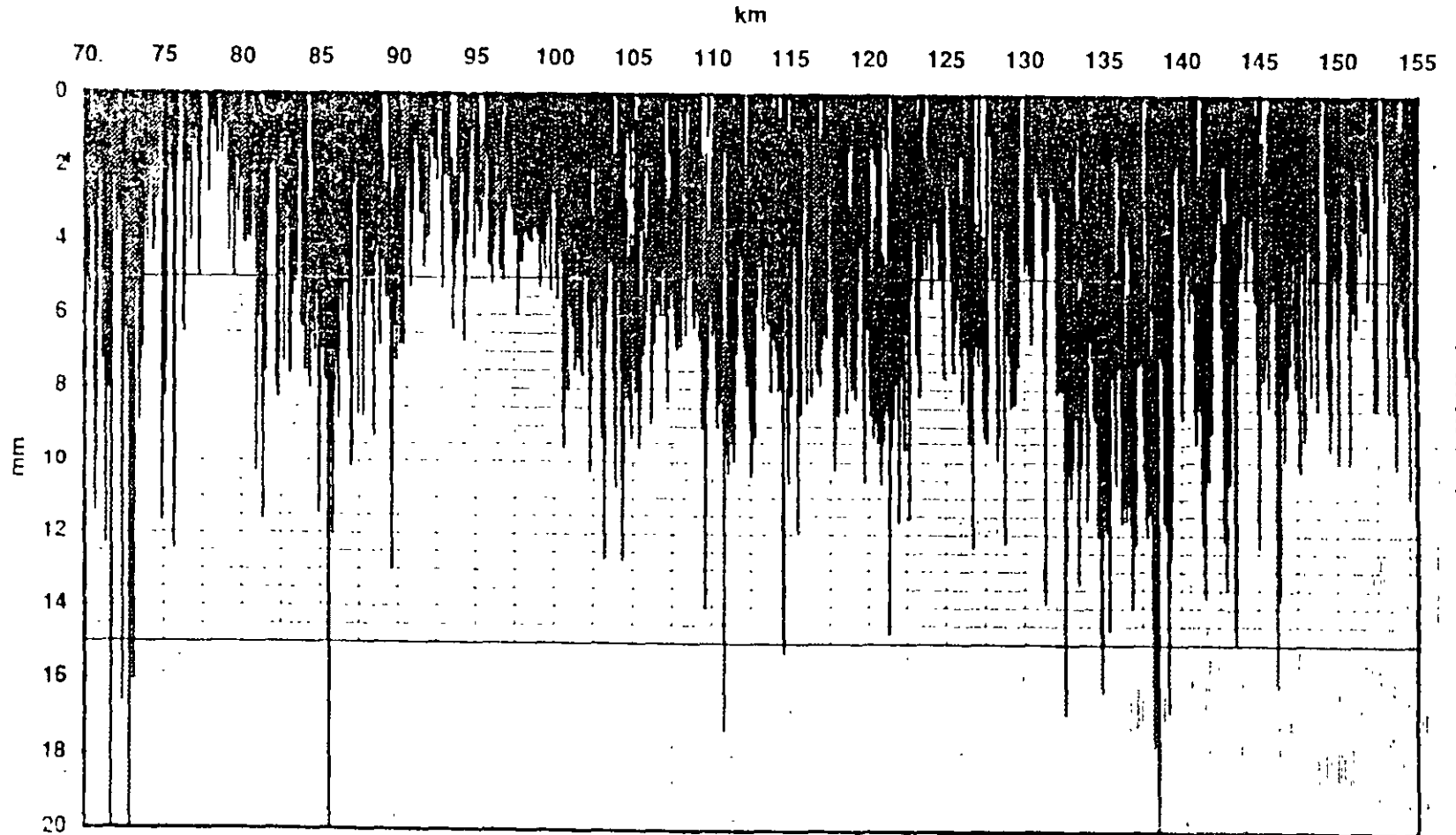
AUTOPISTA: ESTACION DON - NOGALES

TRAMO: ESTACION DON - NAVOJOA

SENTIDO: NOG - DON

CARRIL: ALTA


**MEDICION DE LA PROFUNDIDAD MEDIA DE RODERA**



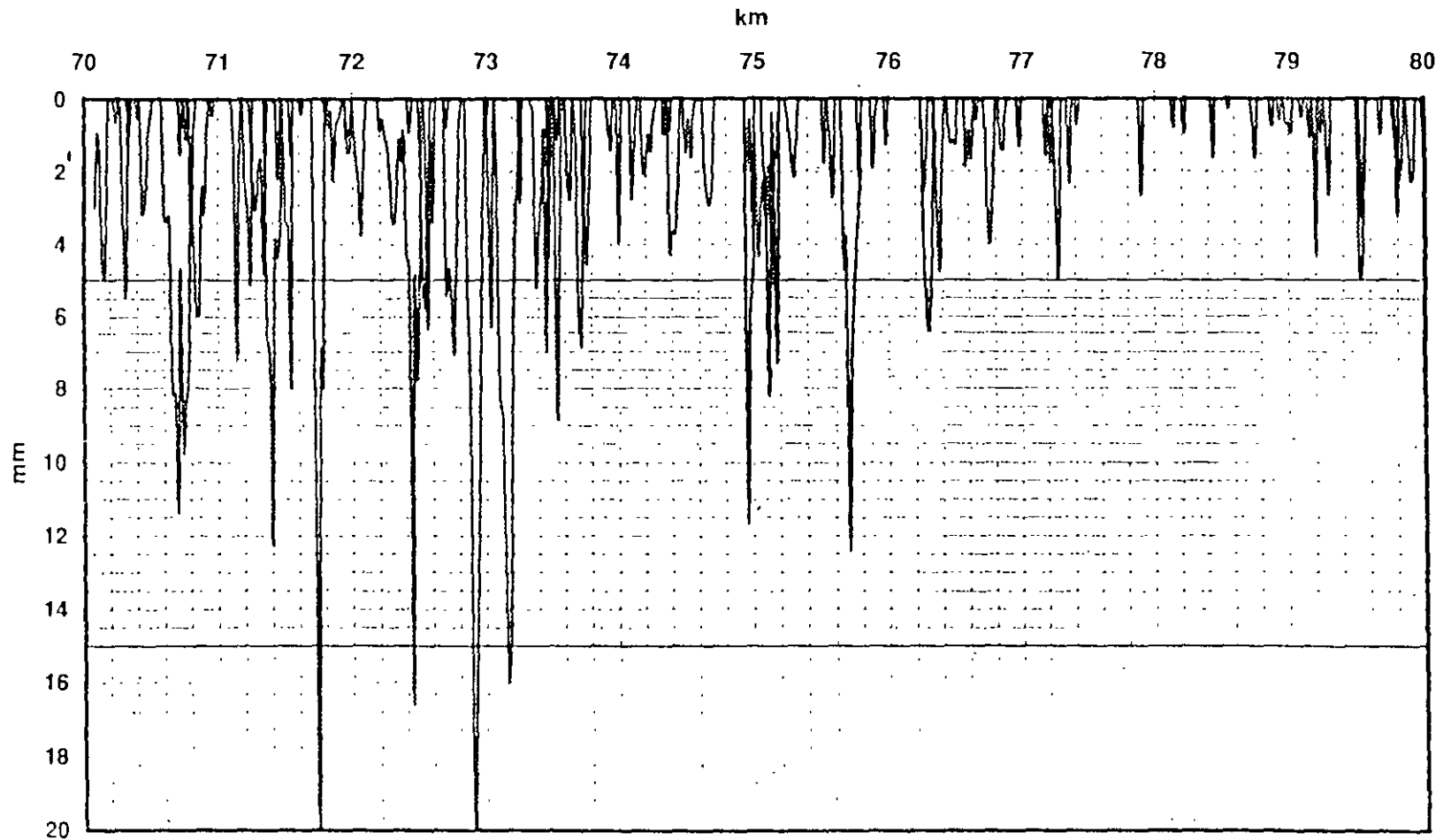
NOTA: De 0 a 5 zona de aceptación  
De 5 a 15 zona de corrección  
Mayor de 15 zona de rechazo  
Límites de aceptación propuestos

— Rodera Izquierda    - - Rodera Derecha

**RAUL VICENTE OROZCO y Cía.**  
AUTOPISTA: ESTACION DON - NOGALES  
TRAMO: ESTACION DON - NAVOJOA  
SENTIDO: NOG - DON  
CARRIL: ALTA

ESTUDIO REALIZADO PARA:  SCT

### MEDICION DE LA PROFUNDIDAD MEDIA DE RODERA

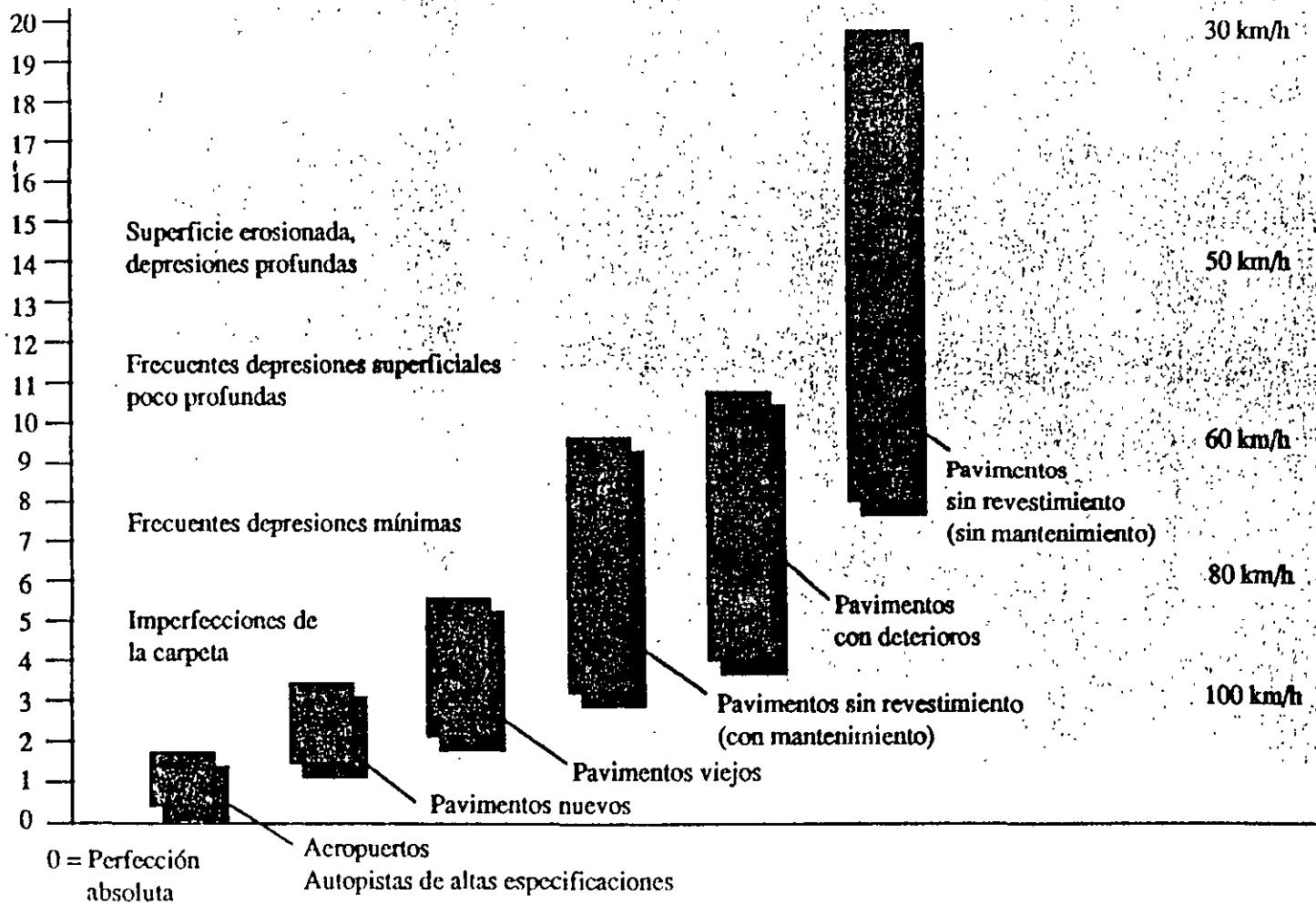


— Rodera Izquierda — Rodera Derecha

NOTA: De 0 a 5 zona de aceptación  
De 5 a 15 zona de corrección  
Mayor de 15 zona de rechazo  
Límites de aceptación propuestos

IRI  
(m/km)

VELOCIDAD  
NORMAL DE USO





The **Dipstick**<sup>®</sup> ————— PRECISION PROFILER

*For Roads*

*Instant*

IRI

Elevation Profiles

Printouts and Reports

*For Floors*

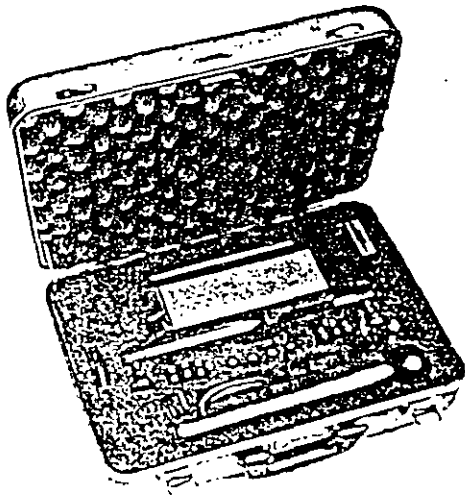
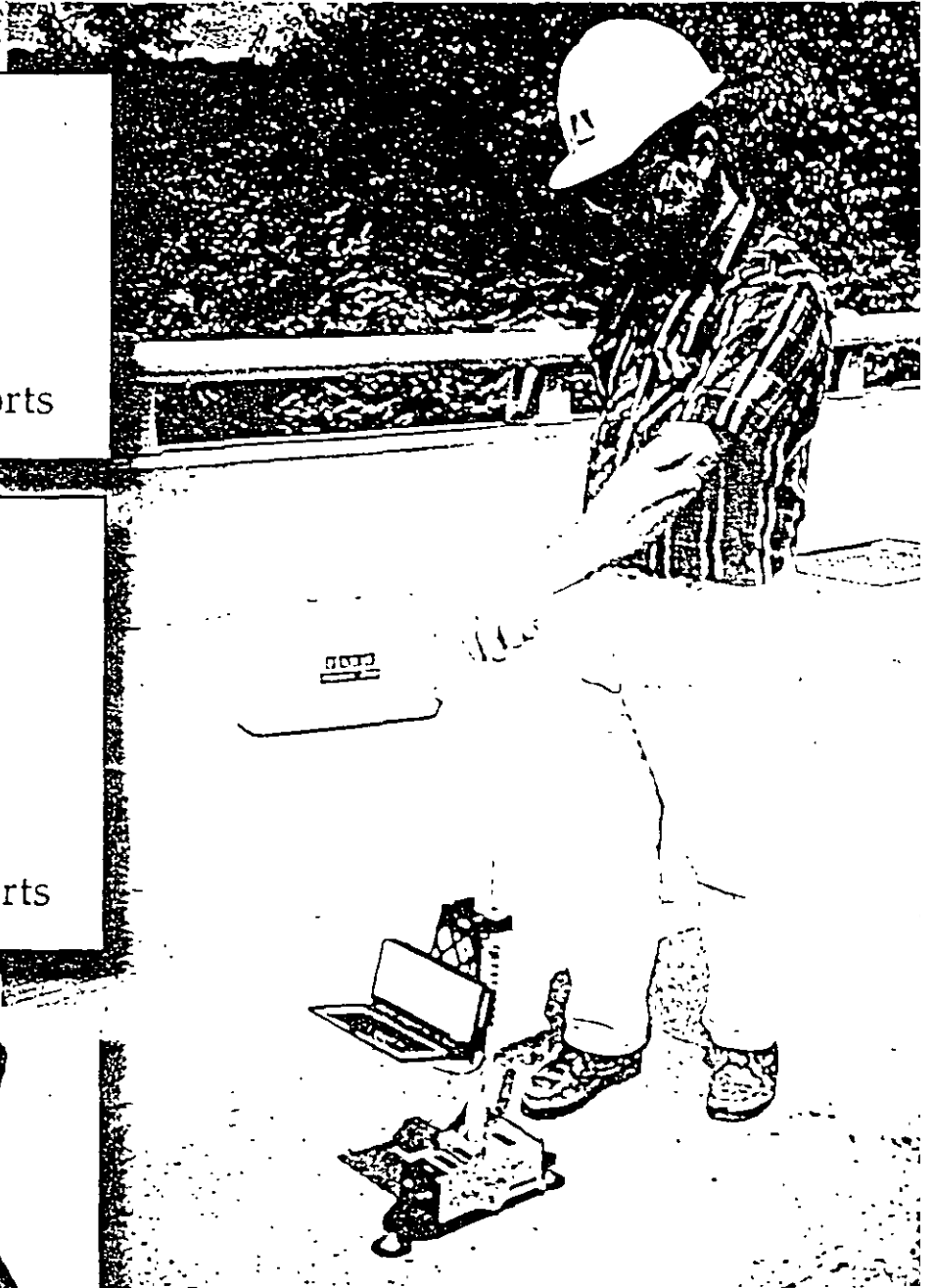
*Instant*

ASTM Layout

ASTM F-Numbers

Elevation Profiles

Printouts and Reports



**FACE**

1-800-368-6237

The **Rolling Dipstick**® PAVEMENT PROFILER

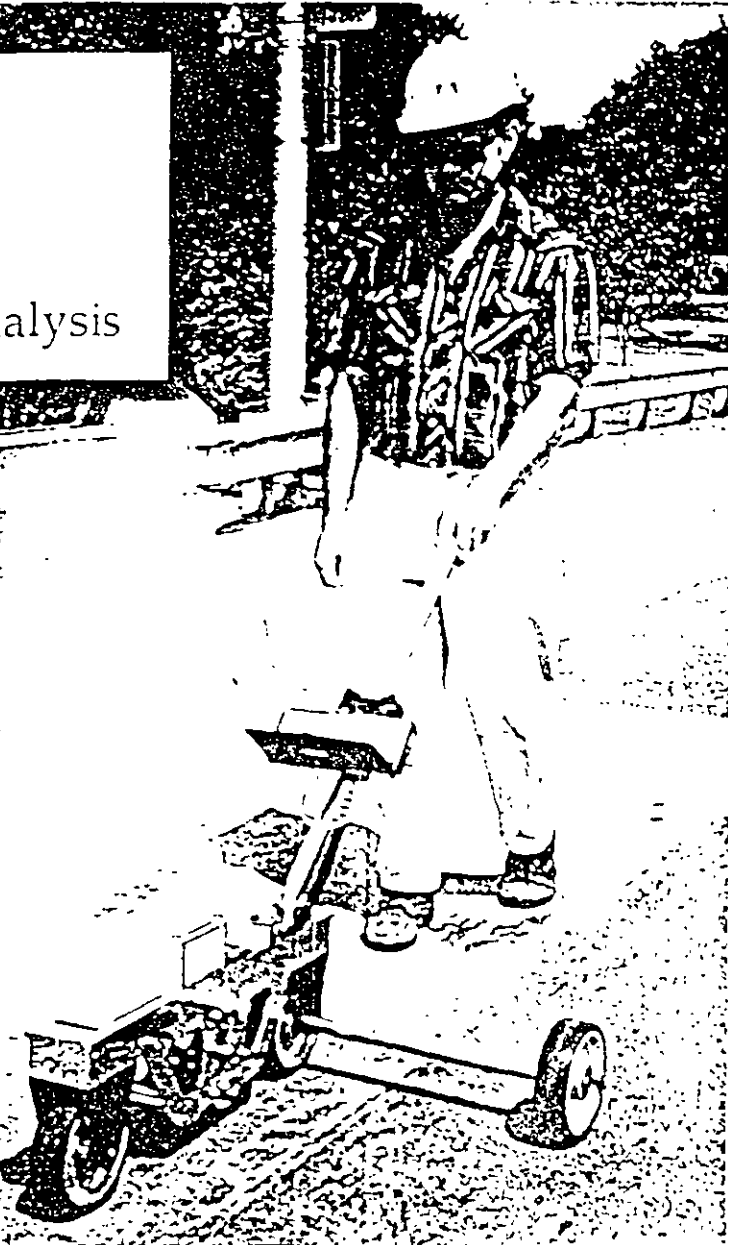
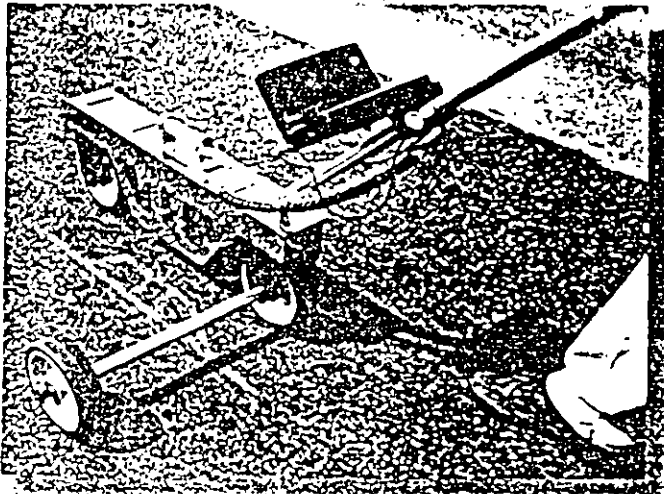
*Instant*

IRI & Pavement Profile

*On-The-Spot*

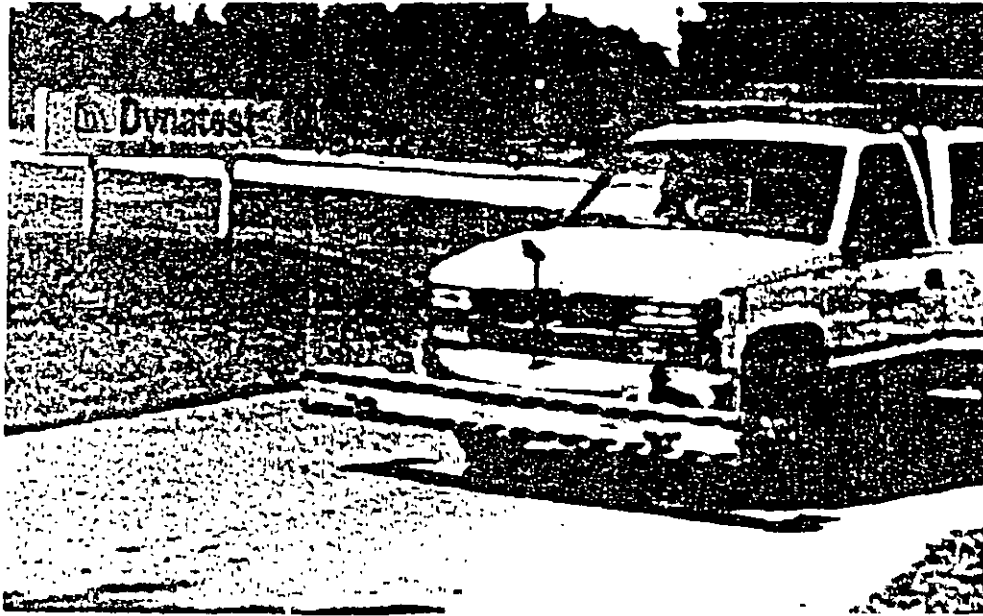
California Profilograph Analysis

- Transports Easily
- Sets up in Minutes
- Collects Data up to 3 MPH
- Produces Reports in Seconds



**F A C E**

1-800-368-6237



### Measuring principle

The longitudinal profile measurement is based on the "South Dakota" method. An accelerometer is used to obtain vertical vehicle body accelerations, and a laser sensor is used for measuring the displacement between the vehicle body and the pavement. Road profile measurements are then obtained by summing the twice integrated acceleration measurements with the appropriate body-road displacements. IRI is calculated in accordance with World Bank Specifications. RSP longitudinal profile meets the Class 1 profile precision specifications as defined by ASTM E-950 (USA).

Transverse profile and/or rut depth is measured by a minimum of 3 to a maximum of 11 lasers enclosed within the Rut Bar.

The RSP provides a product line designed to meet needs ranging from high quality measurements "on a budget", to the most sophisticated, rigorous research needs applicable to this type of equipment. Please contact Dynatest for complete specifications, pricing, and more detailed technical information.



## **PERFILOMETRO LASER RSP**



**Indice de irregularidad internacional (IRI)**



**Profundidad de roderas**

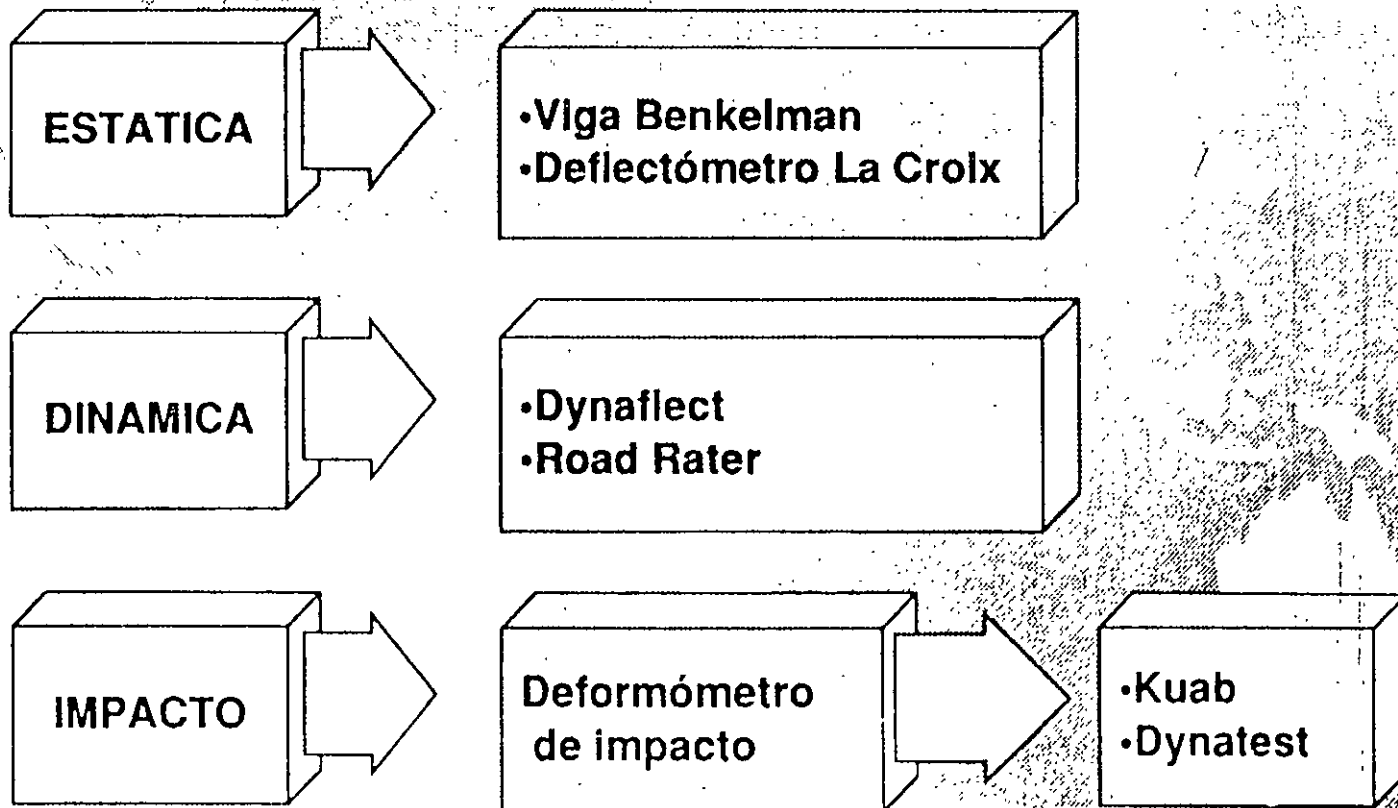


**Perfil longitudinal**

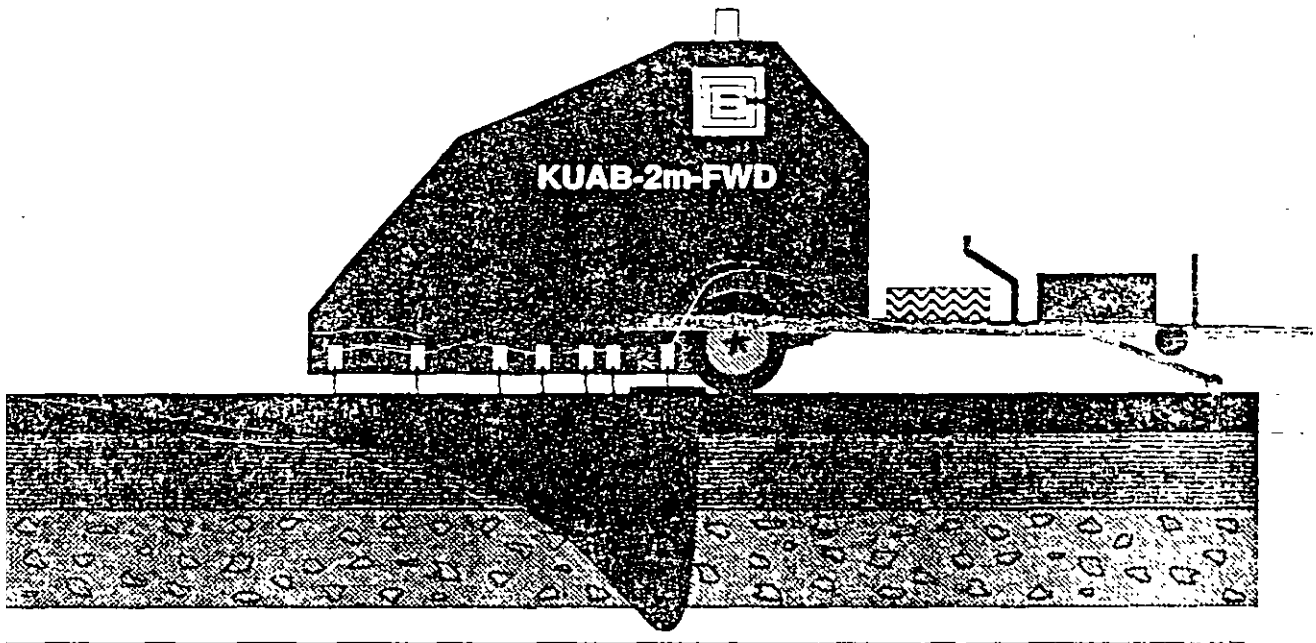


**Secciones transversales**

# EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS



**EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE  
PAVIMENTOS CON EL EQUIPO KUAB-2m-FWD  
(FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER)**

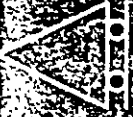
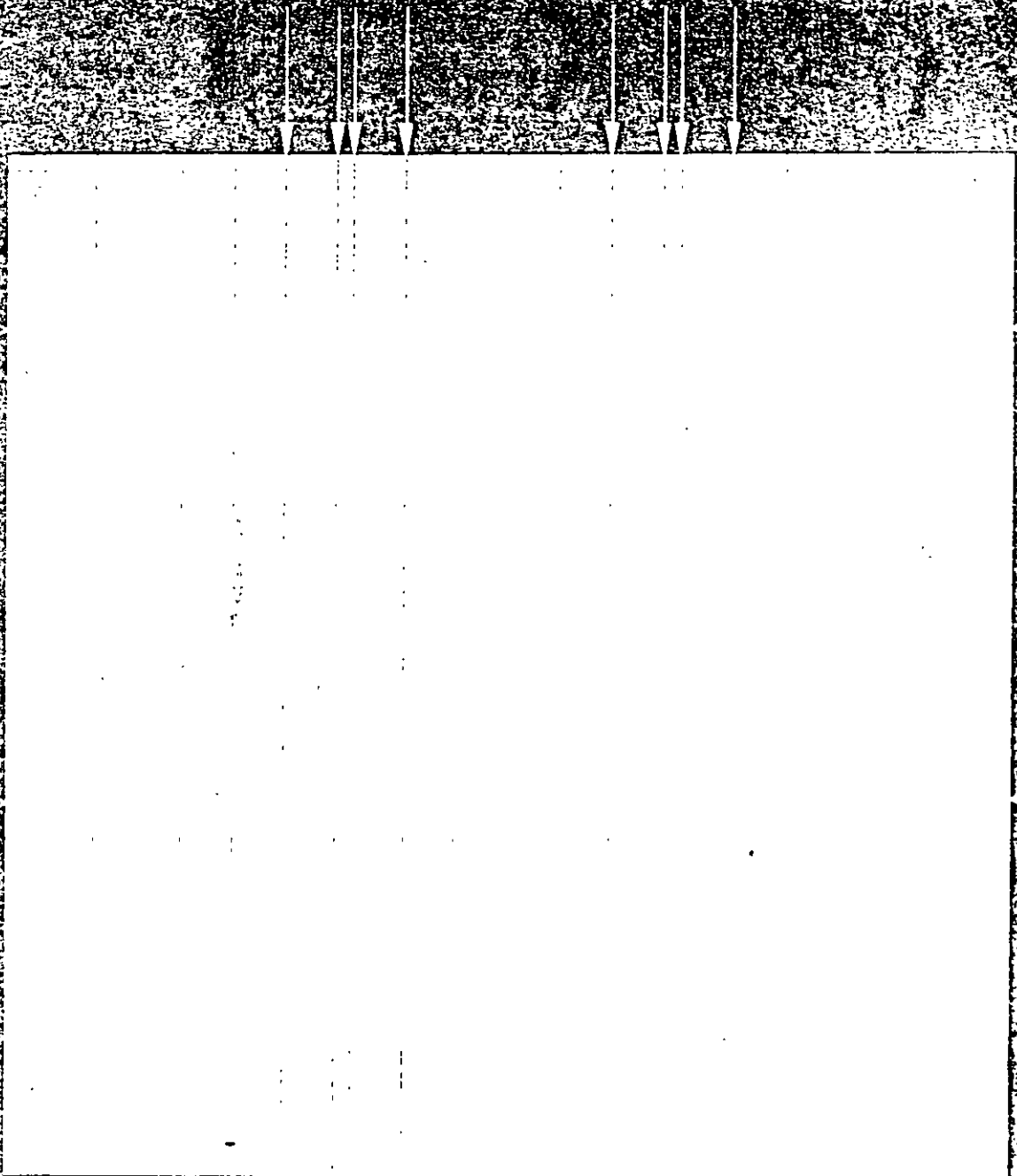


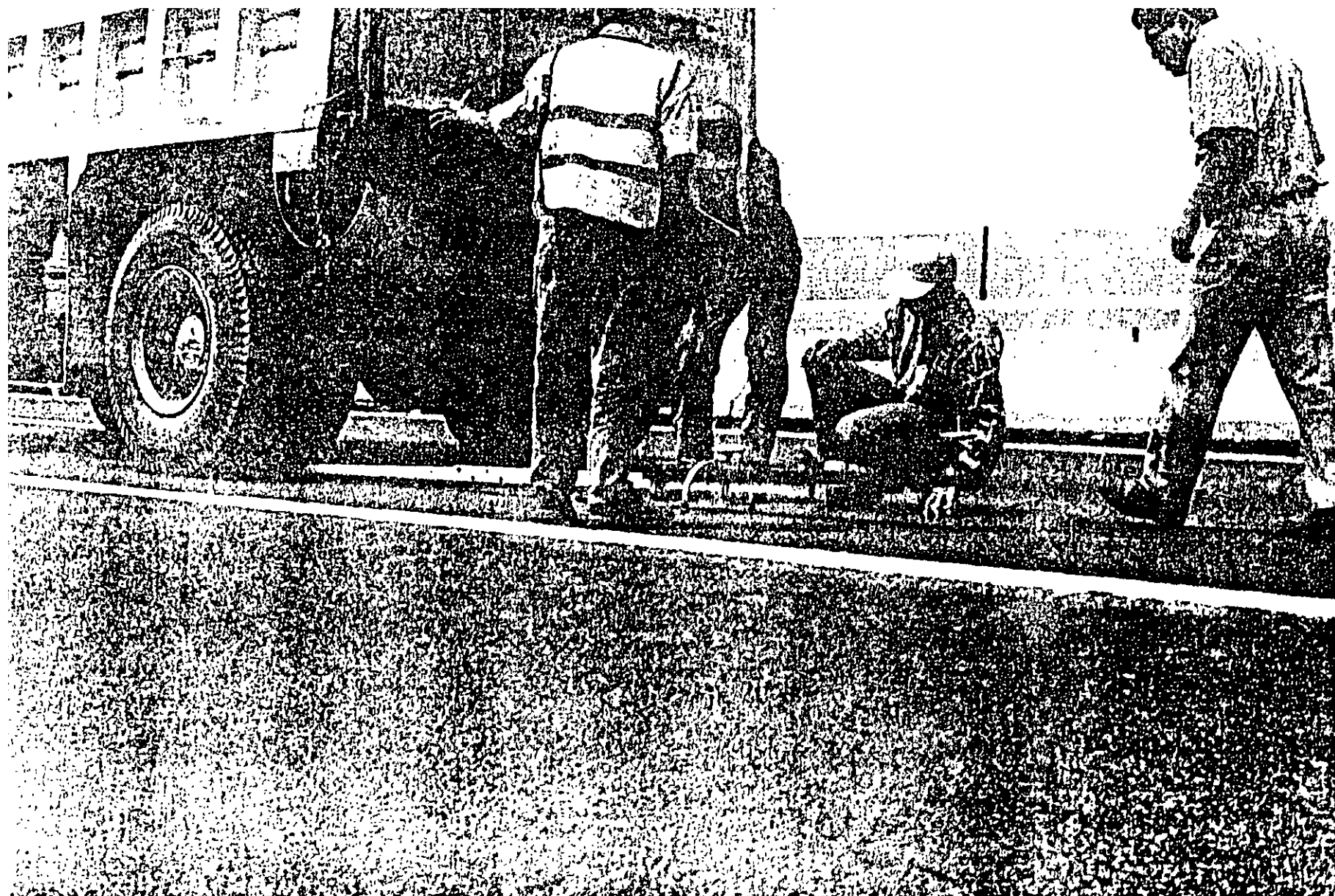
1. MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES POR IMPACTOS
2. CALIFICACION ESTRUCTURAL
3. OBTENCION DE MODULOS ELASTICOS EN LAS CAPAS
4. ANALISIS DE ESTRUCTURACIONES DE PAVIMENTO

CARRERA PUEBLA-HUAJUAPAN DE LEON  
TRAMO ATlixco-ACATLAN DE OSORIO  
SUBTRAMO DEL km. 60 AL km. 100

ESTUDIO REALIZADO PARA  
S. C. T.

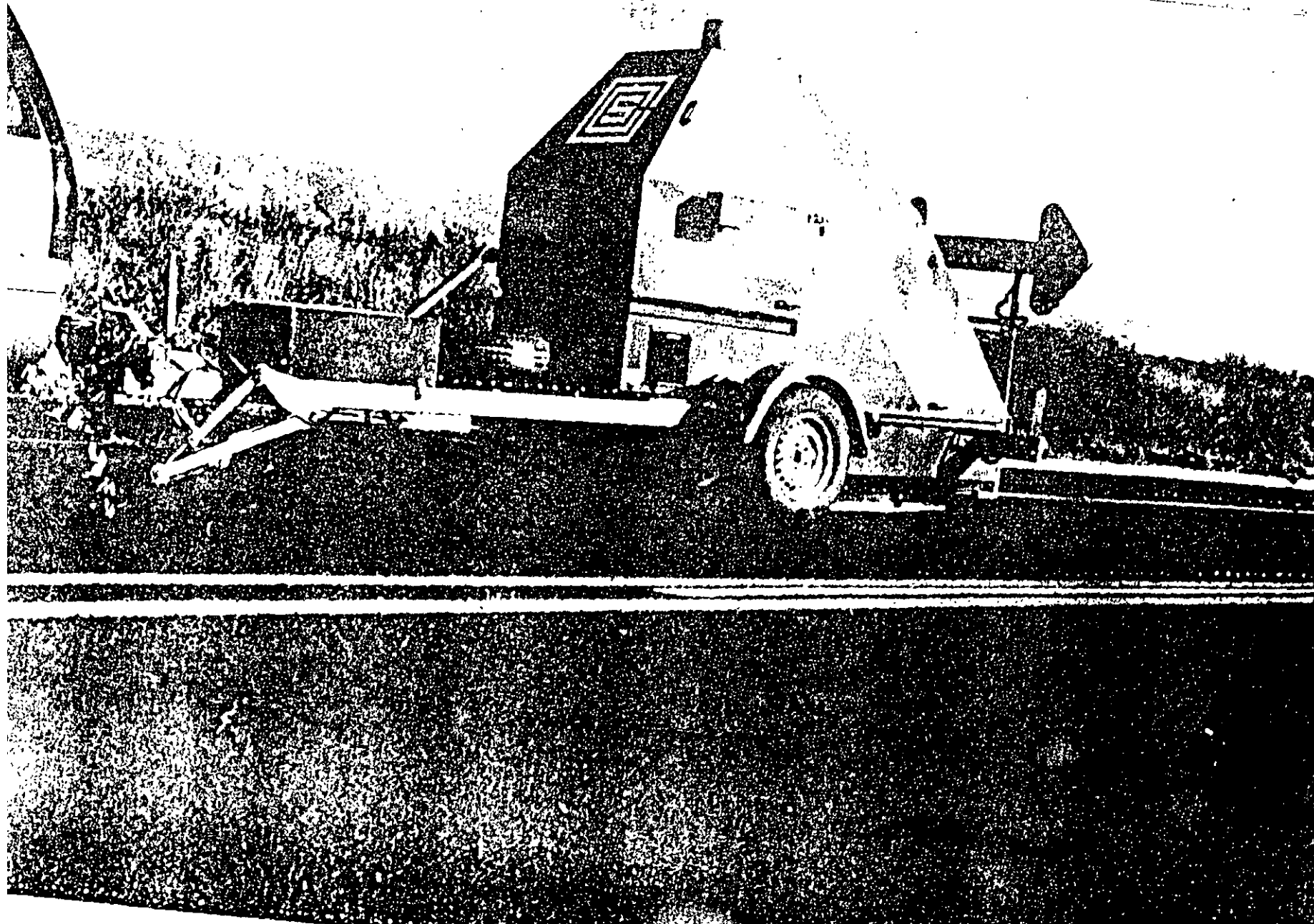
MALLA DE ELEMENTOS FINITOS

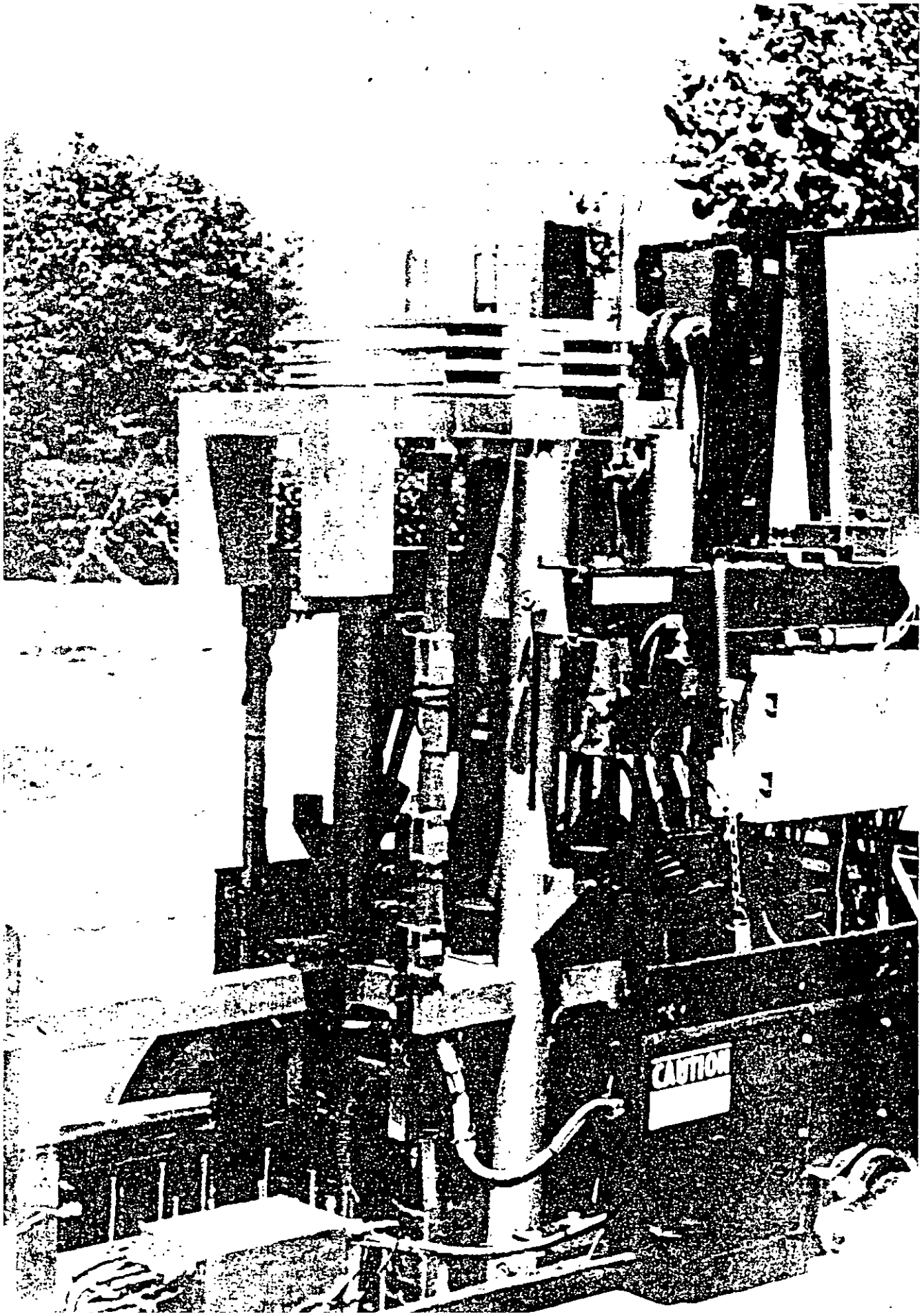




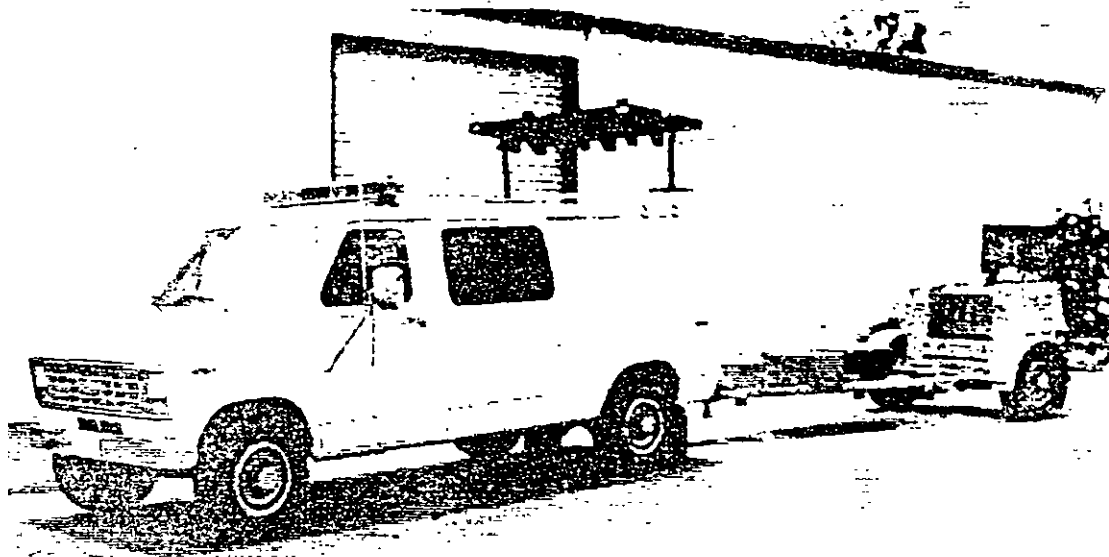




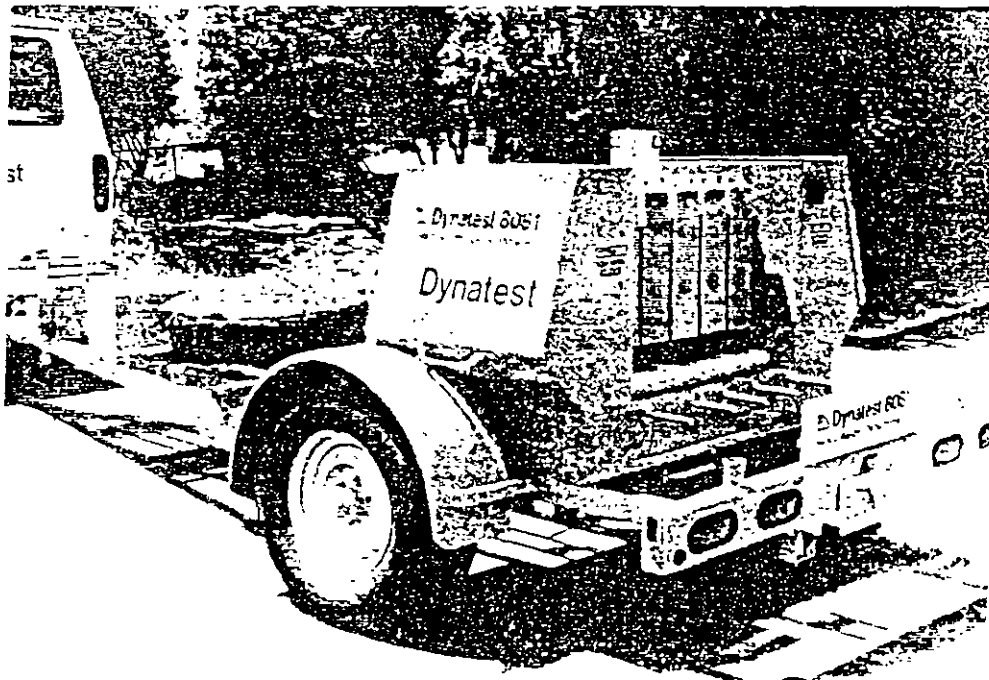




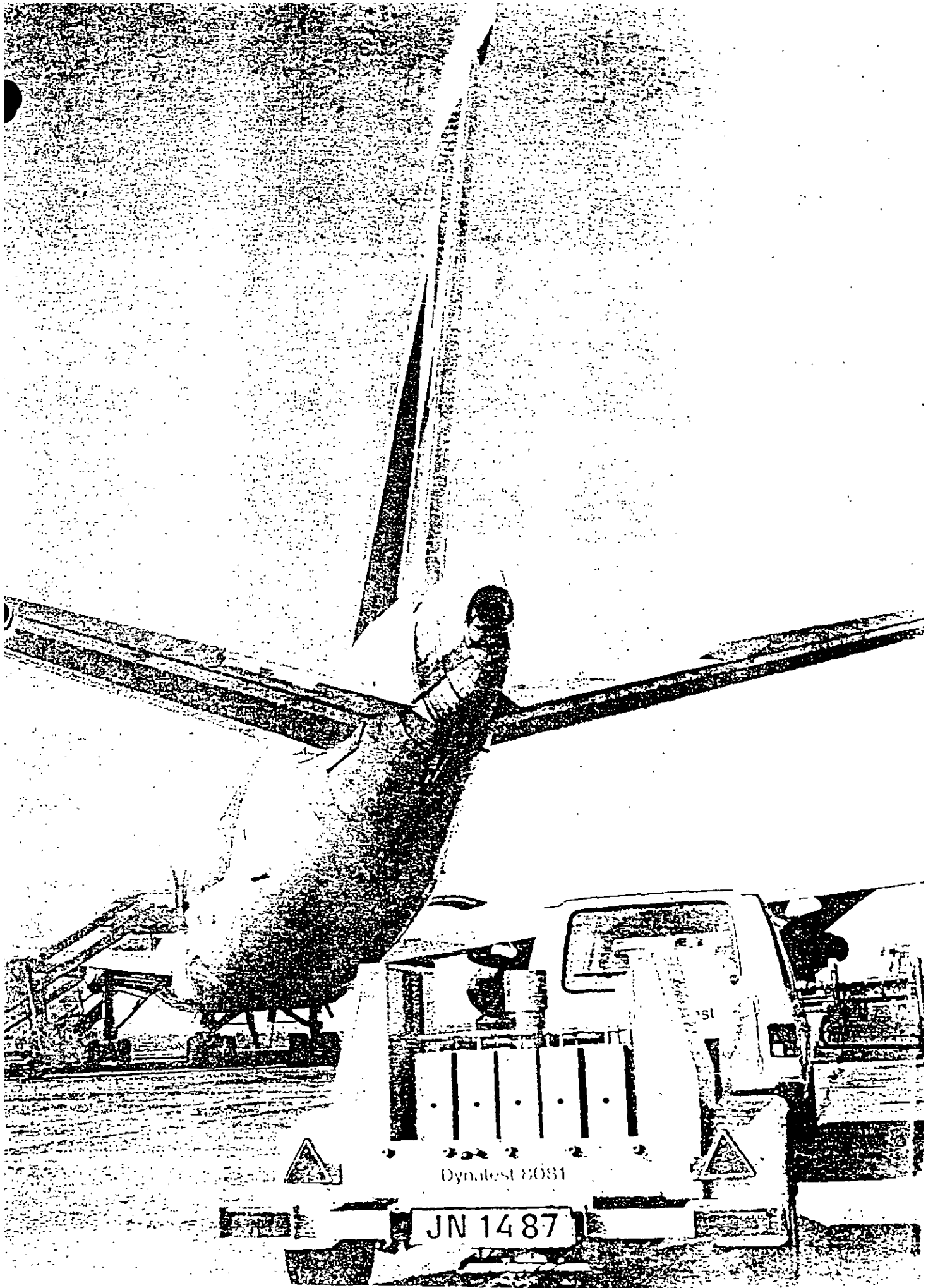
# Model 8081 HWD

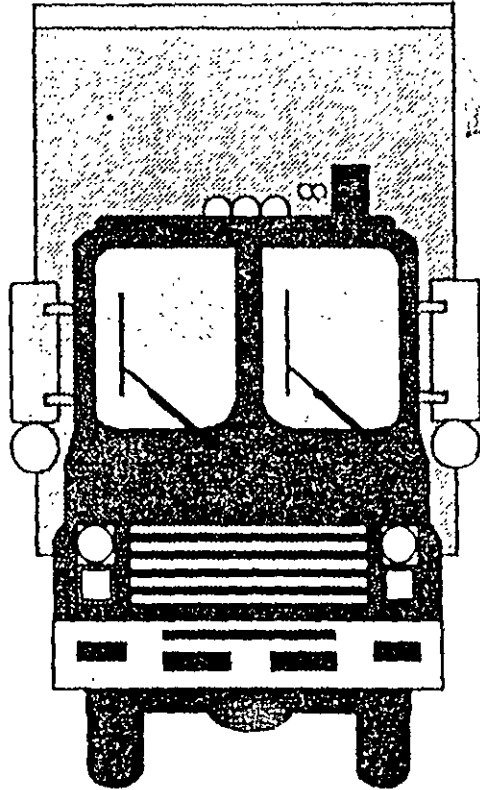


Model 8081 HWD & Tow Vehicle



Model 8081 HWD

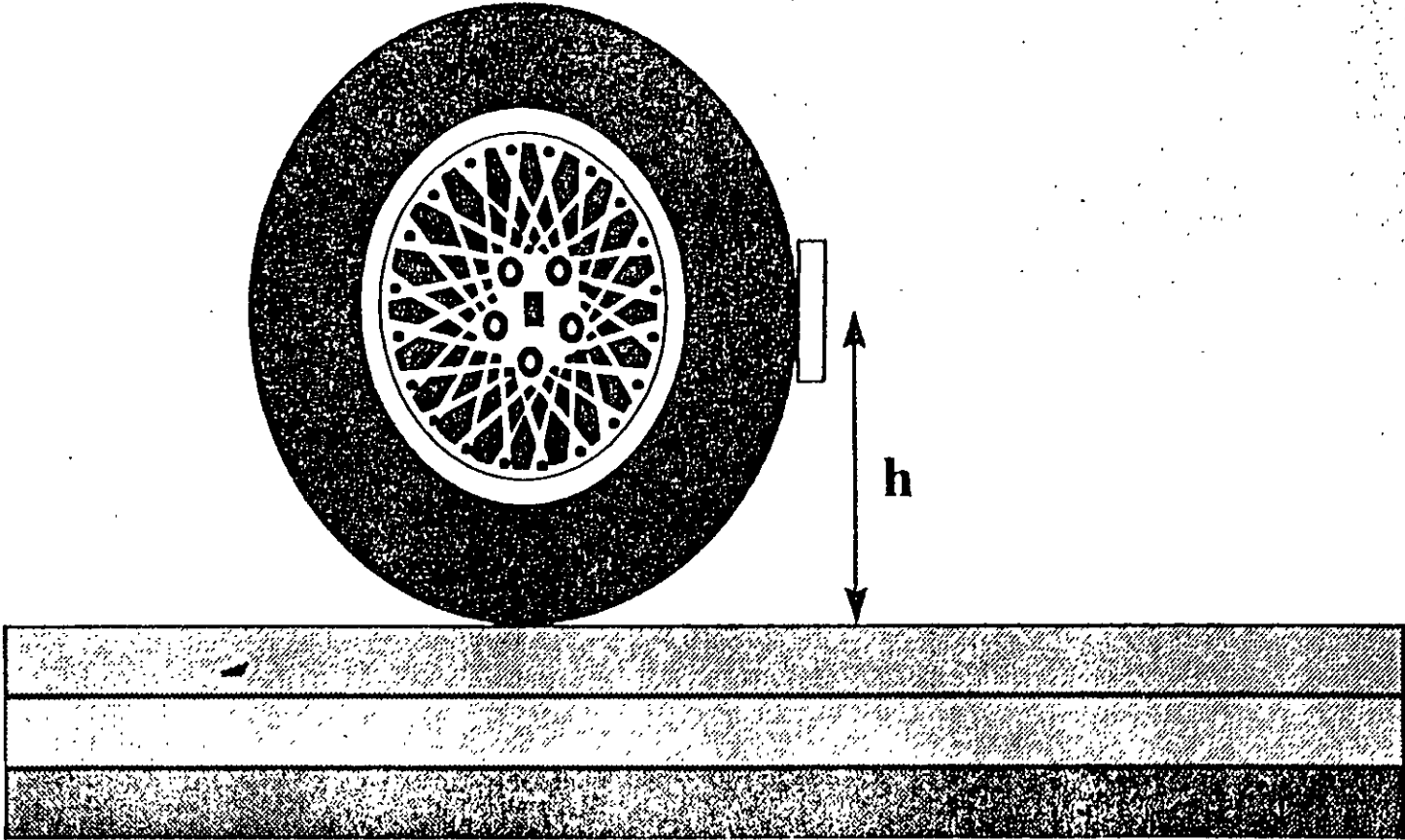




PLATO SEGMENTADO

**EL EQUIPO KUAB  
REPRODUCE EL EFECTO  
CAUSADO POR EL PASO  
DE UN VEHICULO PESADO**

# FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER



# DEFORMOMETRO DE IMPACTO

## ¿QUE HACE?

- Simula la carga y velocidad de un vehículo pesado
- Obtiene parámetros de esfuerzo-deformación

## VENTAJAS

- Datos in situ
- Rapidez
- Económico
- Mejor control del tránsito
- Prueba no destructiva

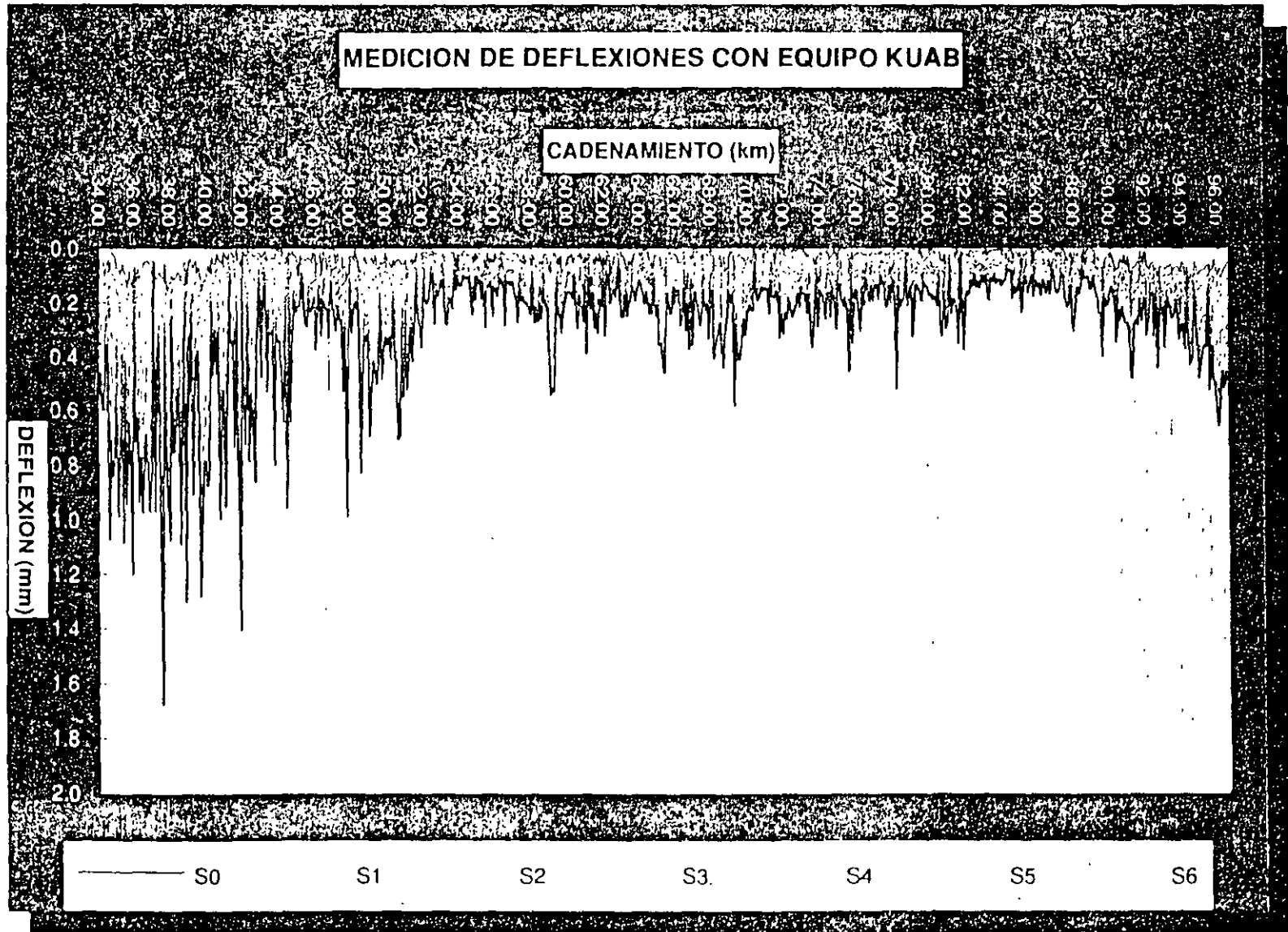
## USOS

- Aeropuertos y carreteras
- Capa de rodamiento
- Base, sub-base y subrasante
- Pavimentos flexibles
- Pavimentos rígidos



CAMINO DIRECTO: Pte de IXTLA-IGUALA  
Tramo: del km 34 al km 96  
CARRIL DERECHO

ESTUDIO REALIZADO PARA: CAPUFF

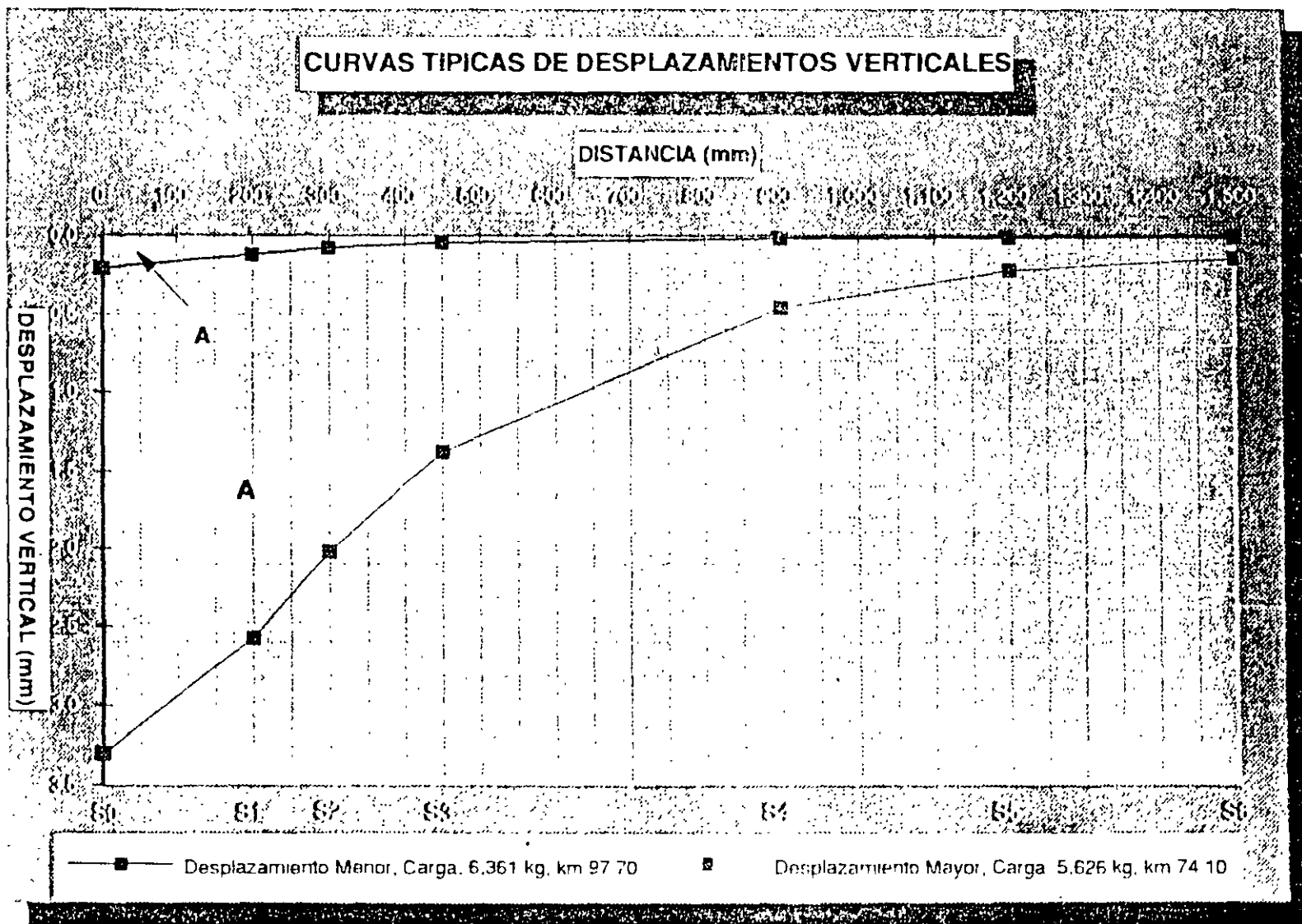


PROMEDIO DE CARGA: 5997 kg

(S=Sismómetro)

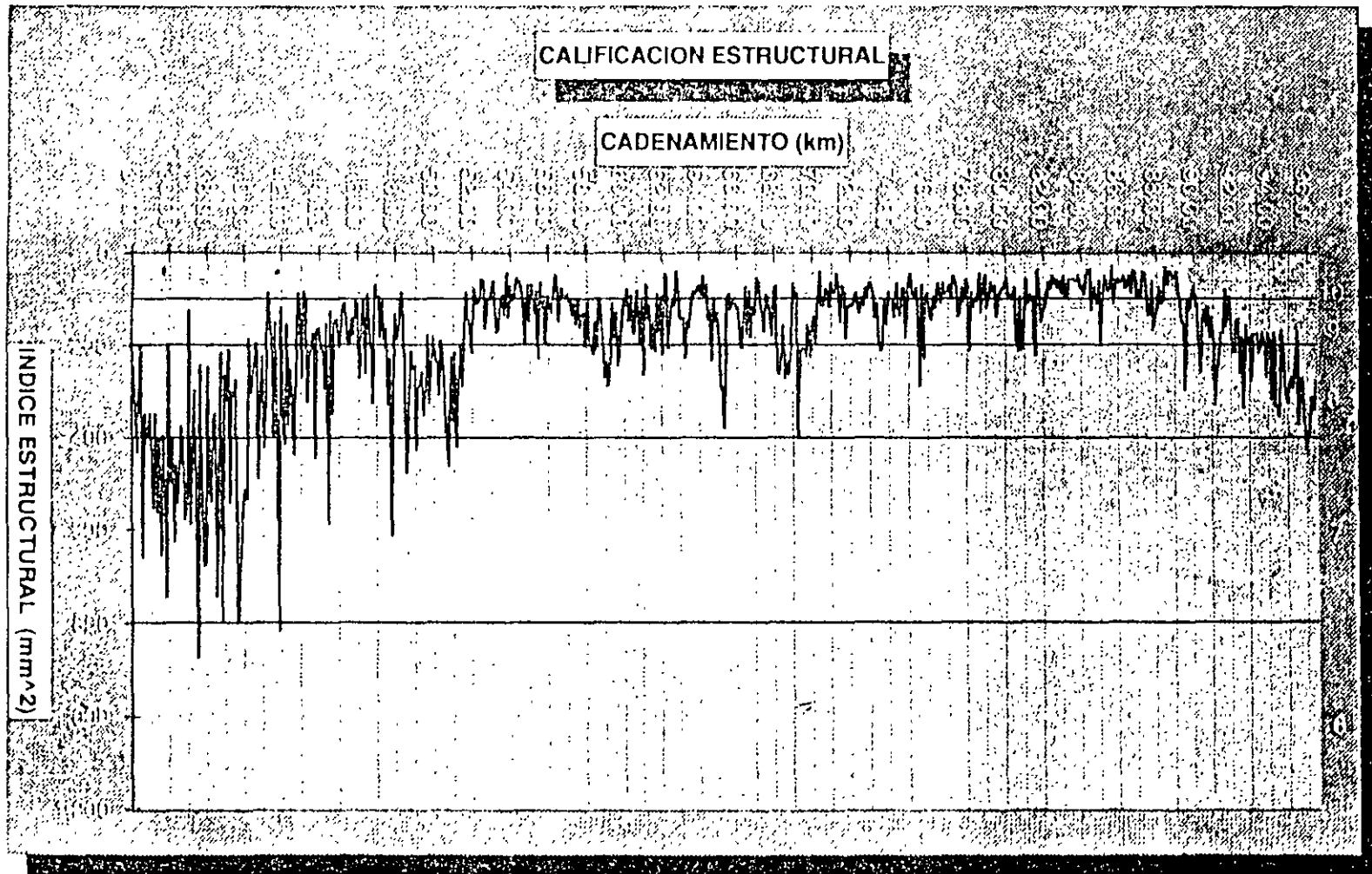
CARRETERA: PUEBLA-HUAJUAPAN DE LEON  
 TRAMO: ATLIXCO-ACATLAN DE OSORIO  
 SUBTRAMO: del km 60 al km 100  
 CARRIL DERECHO

ESTUDIO REALIZADO PARA: S. C. T.



A = AREA = INDICE ESTRUCTURAL

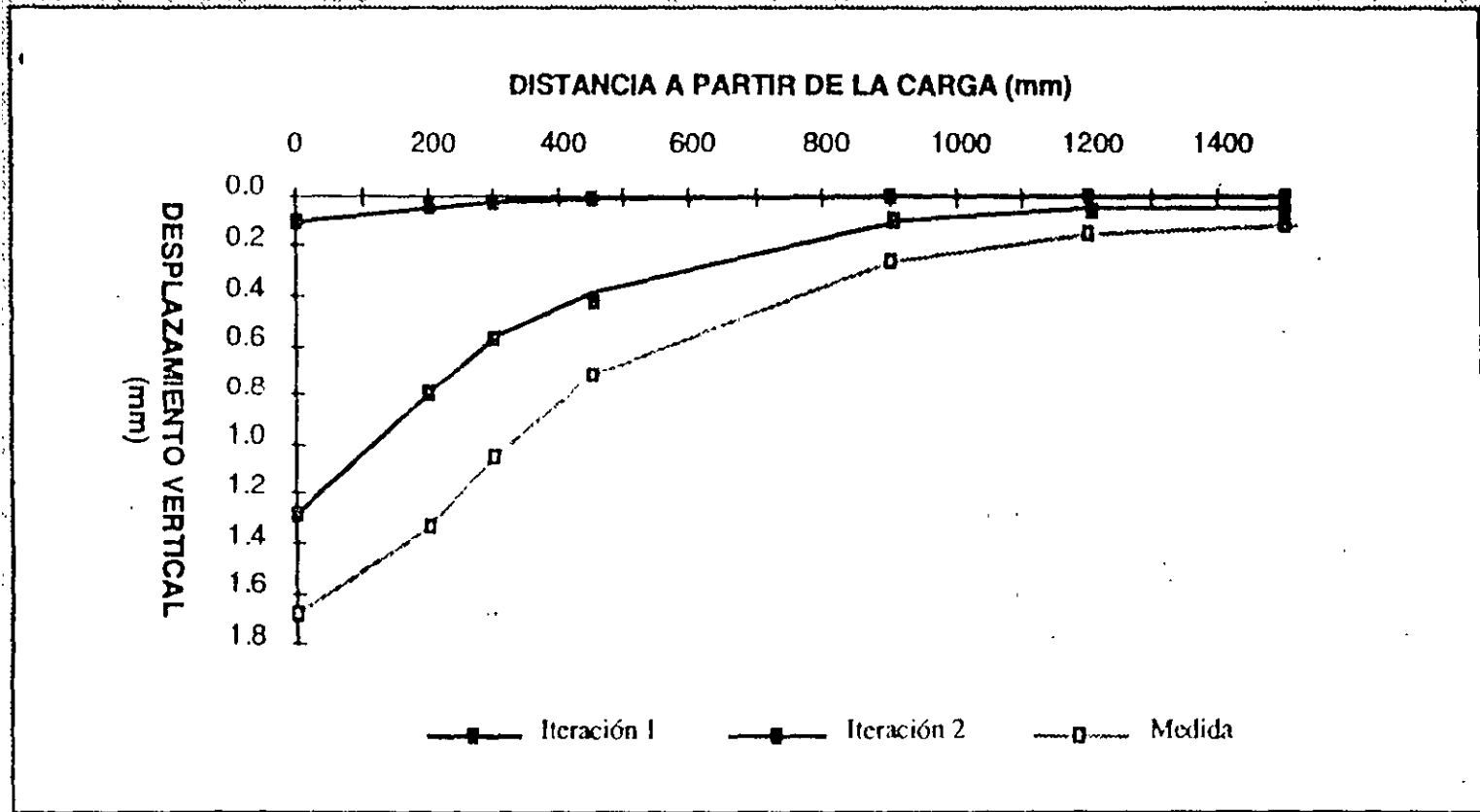
(S = Sismómetro)

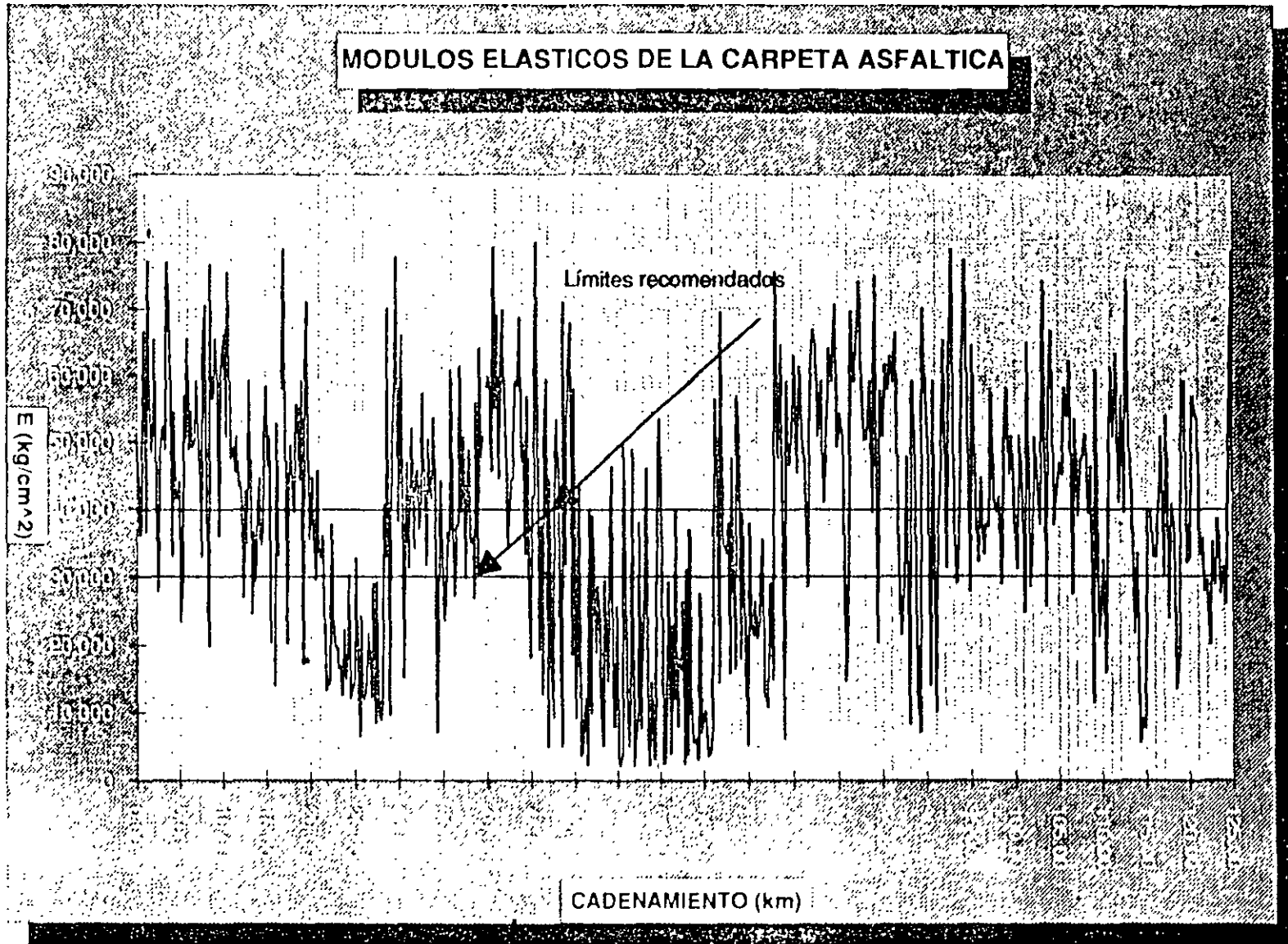


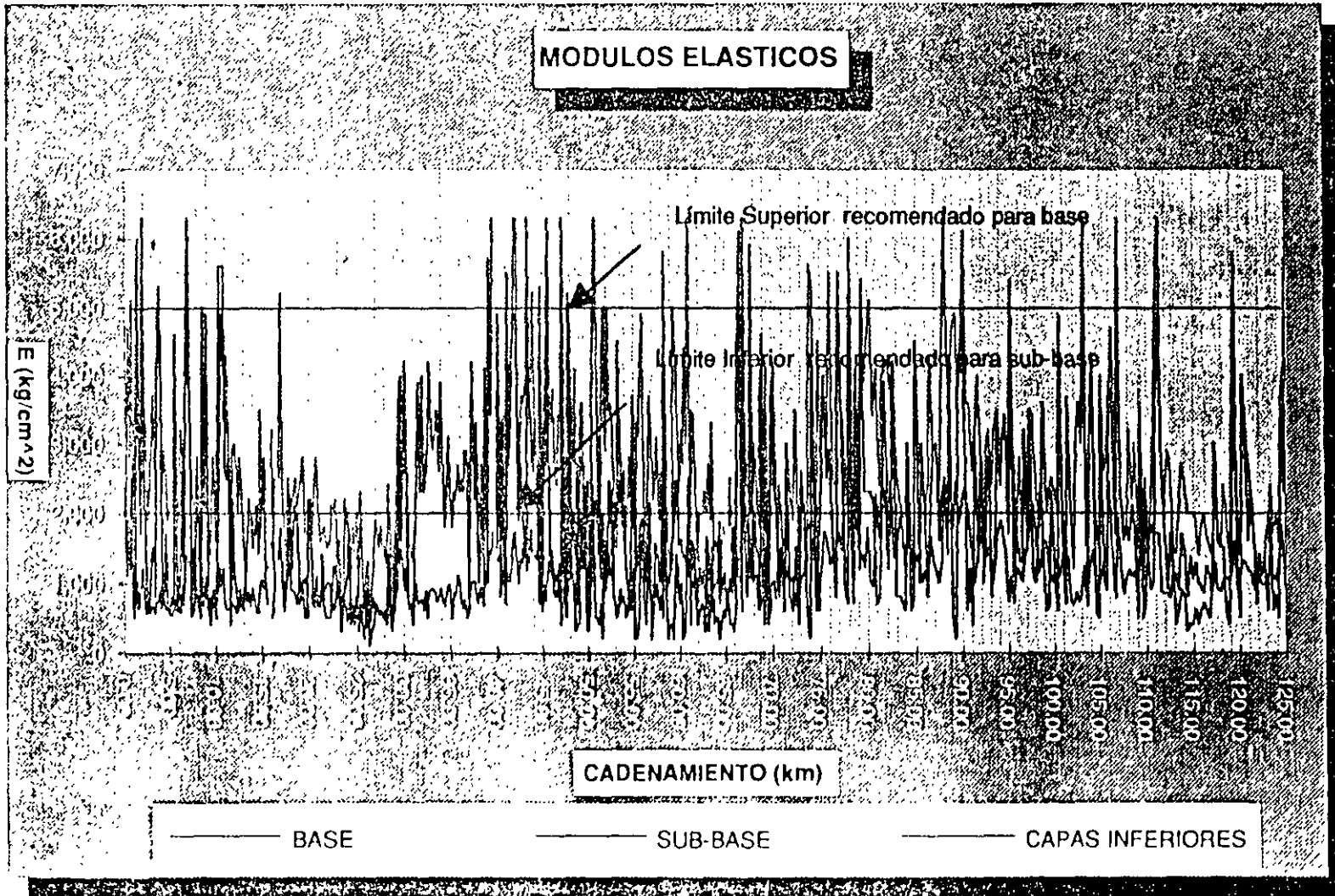
**CALIFICACION**

10 EXCELENTE	31.79 %
9 MUY BUENA	35.78 %
8 BUENA	23.96 %
7 REGULAR	8.15 %
6 MALA	0.32 %
5 PESIMA	0.00 %

## CURVAS TÍPICAS DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

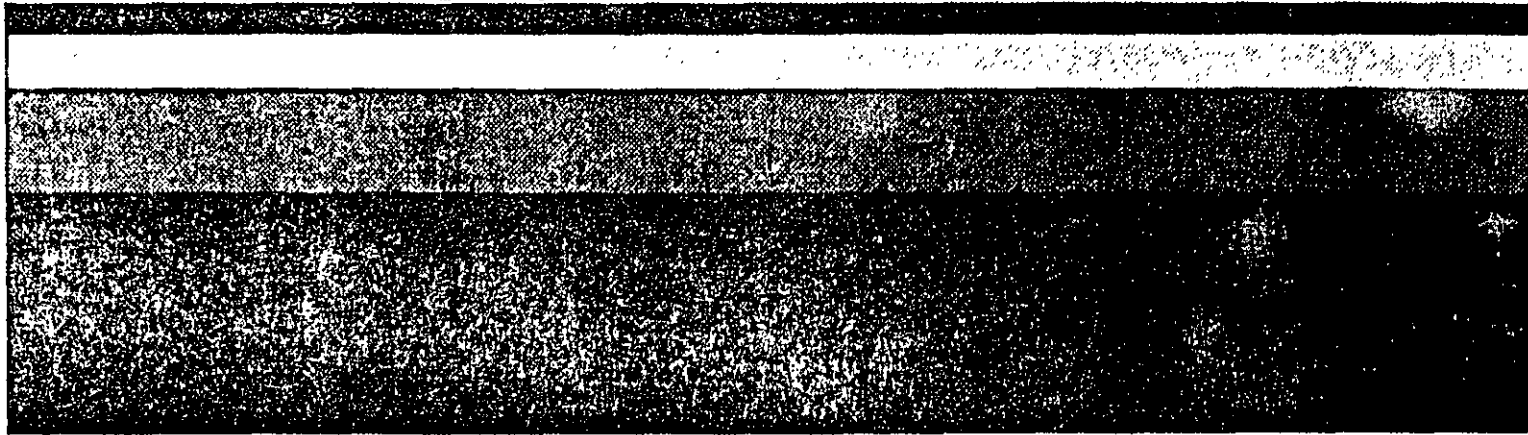
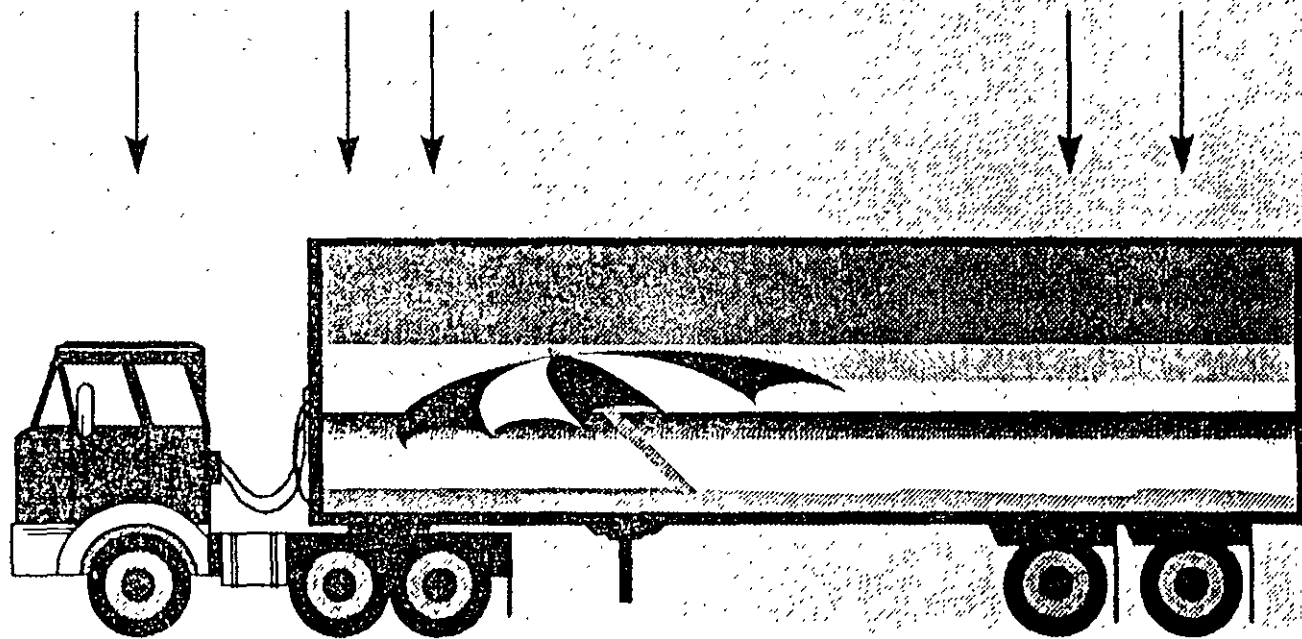






CAPAS INFERIORES :  
SUBRASANTE  
SUBYACENTE  
TERRAPLEN  
TERRENO NATURAL

# Carga simulada con el MEF



NODE	X	Y		
1	0.0	0.0	1	1
2	0.5	0.0	0	1
3	1.0	0.0	0	1
4	1.3	0.0	0	1
5	1.6	0.0	0	1
6	1.9	0.0	0	1
7	2.0	0.0	0	1
8	2.3	0.0	0	1
9	2.6	0.0	0	1
10	2.9	0.0	0	1
11	3.2	0.0	0	1
12	3.5	0.0	0	1
13	3.8	0.0	0	1
14	3.9	0.0	0	1
15	4.2	0.0	0	1
16	4.5	0.0	0	1
17	4.8	0.0	0	1
18	5.3	0.0	0	1
19	5.8	0.0	1	1
20	0.0	1.5	1	0
21	0.5	1.5	0	0
22	1.0	1.5	0	0
23	1.3	1.5	0	0
24	1.6	1.5	0	0
25	1.9	1.5	0	0
26	2.0	1.5	0	0
27	2.3	1.5	0	0
28	2.6	1.5	0	0
29	2.9	1.5	0	0
30	3.2	1.5	0	0
31	3.5	1.5	0	0
32	3.8	1.5	0	0
33	3.9	1.5	0	0
34	4.2	1.5	0	0
35	4.5	1.5	0	0
36	4.8	1.5	0	0
37	5.3	1.5	0	0
38	5.8	1.5	1	0
39	0.0	3.0	1	0
40	0.5	3.0	0	0
41	1.0	3.0	0	0
42	1.3	3.0	0	0
43	1.6	3.0	0	0
44	1.9	3.0	0	0
45	2.0	3.0	0	0
46	2.3	3.0	0	0
47	2.6	3.0	0	0
48	2.9	3.0	0	0
49	3.2	3.0	0	0
50	3.5	3.0	0	0
51	3.8	3.0	0	0
52	3.9	3.0	0	0
53	4.2	3.0	0	0
54	4.5	3.0	0	0
55	4.8	3.0	0	0
56	5.3	3.0	0	0



# Elem.	Incidencias			# Mat.	# Layer	
1	1	2	21	20	5	1
2	2	3	22	21	5	1
3	3	4	23	22	5	1
4	4	5	24	23	5	1
5	5	6	25	24	5	1
6	6	7	26	25	5	1
7	7	8	27	26	5	1
8	8	9	28	27	5	1
9	9	10	29	28	5	1
10	10	11	30	29	5	1
11	11	12	31	30	5	1
12	12	13	32	31	5	1
13	13	14	33	32	5	1
14	14	15	34	33	5	1
15	15	16	35	34	5	1
16	16	17	36	35	5	1
17	17	18	37	36	5	1
18	18	19	38	37	5	1
19	20	21	40	39	5	1
20	21	22	41	40	5	1
21	22	23	42	41	5	1
22	23	24	43	42	5	1
23	24	25	44	43	5	1
24	25	26	45	44	5	1
25	26	27	46	45	5	1
26	27	28	47	46	5	1
27	28	29	48	47	5	1
28	29	30	49	48	5	1
29	30	31	50	49	5	1
30	31	32	51	50	5	1
31	32	33	52	51	5	1
32	33	34	53	52	5	1
33	34	35	54	53	5	1
34	35	36	55	54	5	1
35	36	37	56	55	5	1
36	37	38	57	56	5	1
37	39	40	59	58	4	1
38	40	41	60	59	4	1
39	41	42	61	60	4	1
40	42	43	62	61	4	1
41	43	44	63	62	4	1
42	44	45	64	63	4	1
43	45	46	65	64	4	1
44	46	47	66	65	4	1
45	47	48	67	66	4	1
46	48	49	68	67	4	1
47	49	50	69	68	4	1
48	50	51	70	69	4	1
49	51	52	71	70	4	1
50	52	53	72	71	4	1
51	53	54	73	72	4	1
52	54	55	74	73	4	1
53	55	56	75	74	4	1
54	56	57	76	75	4	1

Carga	Nodo	Posicion	Layer	Magnitud
1	157	2	1	-1.125
2	158	2	1	-1.125
3	159	2	1	-1.125
4	160	2	1	-1.125
5	164	2	1	-1.125
6	165	2	1	-1.125
7	166	2	1	-1.125
8	167	2	1	-1.125

Tipo de elemento	6
Numero total de elementos	144
Numero de puntos nodales en cada elemento	4
Numero de grados de libertad	2
Numero de grupos de materiales	5
Numero de propiedades de materiales	9
Numero de componentes de esfuerzo	3

#### DATOS DE LOS ELEMENTOS SOLDOS

##### Grupo # 1 de materiales

propiedad # 1 =	350000
propiedad # 2 =	0.35
propiedad # 3 =	2.1
propiedad # 4 =	33980.6
propiedad # 5 =	0
propiedad # 6 =	0.81
propiedad # 7 =	10.3
propiedad # 8 =	1
propiedad # 9 =	0

##### Grupo # 2 de materiales

propiedad # 1 =	700000
propiedad # 2 =	0.35
propiedad # 3 =	1.8
propiedad # 4 =	67961.2
propiedad # 5 =	0
propiedad # 6 =	0.81
propiedad # 7 =	10.3
propiedad # 8 =	1
propiedad # 9 =	0

##### Grupo # 3 de materiales

propiedad # 1 =	20000
propiedad # 2 =	0.4
propiedad # 3 =	1.8
propiedad # 4 =	1941.7
propiedad # 5 =	0
propiedad # 6 =	0.81
propiedad # 7 =	10.3
propiedad # 8 =	1
propiedad # 9 =	0

##### Grupo # 4 de materiales

propiedad # 1 =	10000
propiedad # 2 =	0.4
propiedad # 3 =	1.8
propiedad # 4 =	980.9
propiedad # 5 =	0
propiedad # 6 =	0.81
propiedad # 7 =	10.3
propiedad # 8 =	1
propiedad # 9 =	0

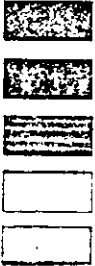
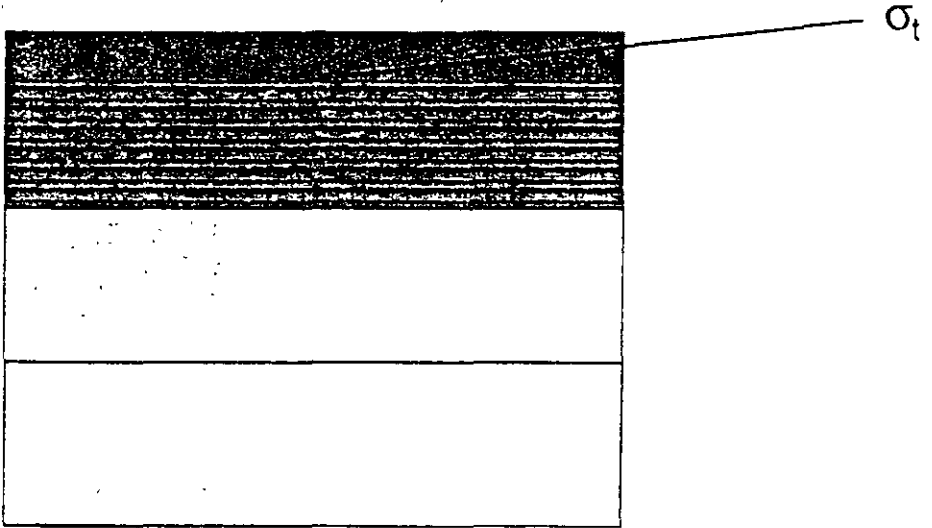
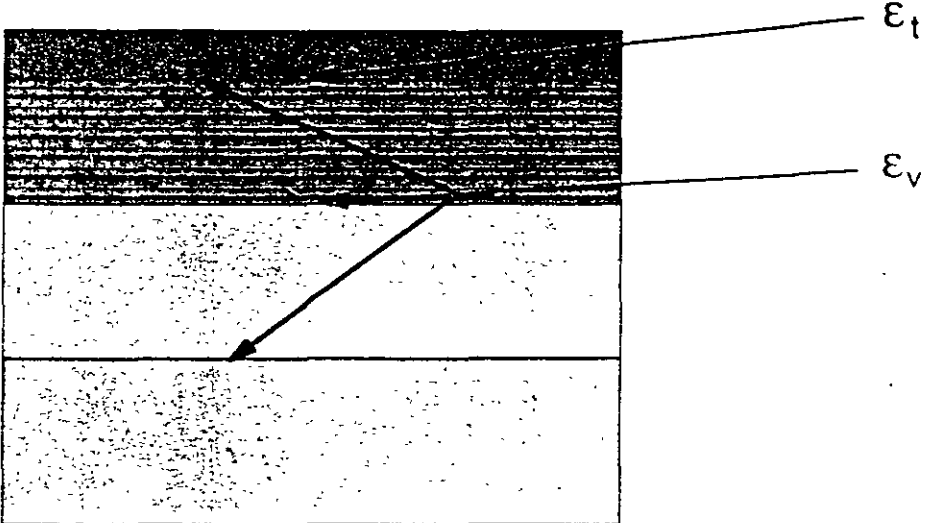
##### Grupo # 5 de materiales

propiedad # 1 =	8000
propiedad # 2 =	0.45
propiedad # 3 =	1.8
propiedad # 4 =	776.7
propiedad # 5 =	0
propiedad # 6 =	0.81
propiedad # 7 =	10.3
propiedad # 8 =	1
propiedad # 9 =	0

153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171
127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	
134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152
109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	
115	116	117	118	119	120	121	122	125	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	
96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	



# PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

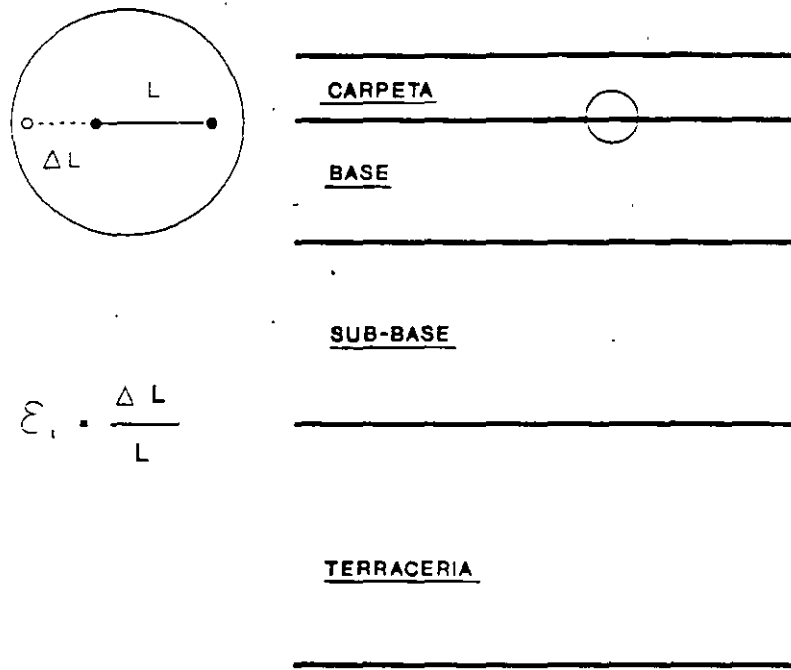


Carpeta asfáltica  
 Losa de concreto  
 Base  
 Sub-base  
 Capas inferiores

$\epsilon_t$  = Deformación a la tensión

$\epsilon_v$  = Deformación a la compresión

$\sigma_t$  = Esfuerzo a la tensión



$$\epsilon_t = \frac{\Delta L}{L}$$

Fig 4.5 Determinación de las deformaciones a tensión.

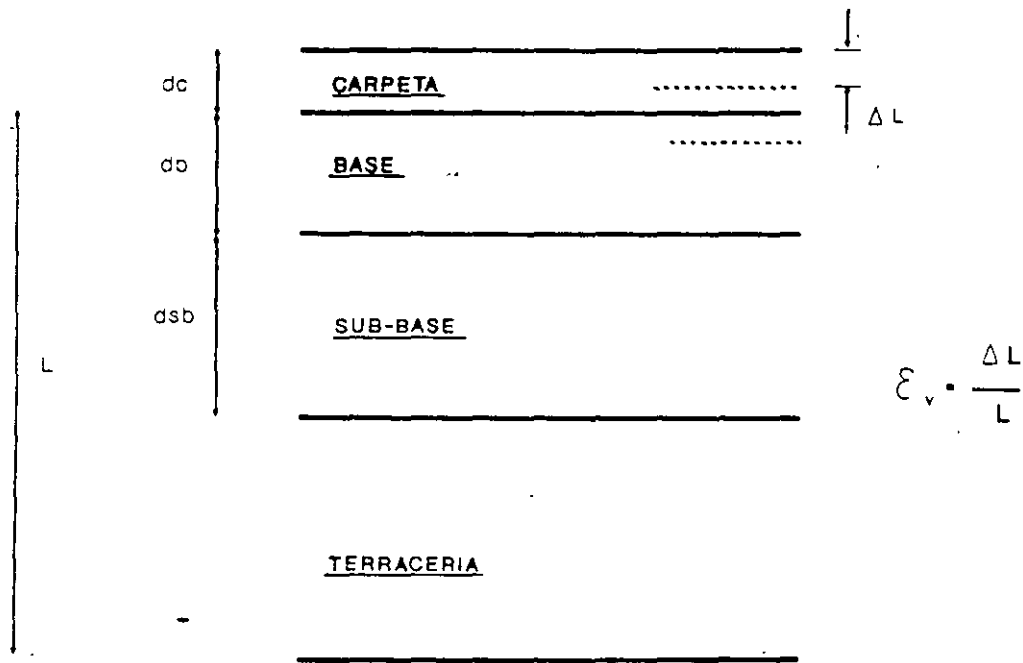


Fig 4.6 Determinación de las deformaciones a compresión.

1	0.00E+00	0.00E+00	56	2.98E-05	-3.86E-04	111	2.58E-05	-5.42E-04
2	-1.59E-05	0.00E+00	57	0.00E+00	-3.61E-04	112	2.13E-05	-4.74E-04
3	-2.69E-05	0.00E+00	58	0.00E+00	-3.65E-04	113	1.19E-05	-3.95E-04
4	-2.99E-05	0.00E+00	59	-2.61E-05	-3.91E-04	114	0.00E+00	-3.67E-04
5	-3.00E-05	0.00E+00	60	-4.55E-05	-4.64E-04	115	0.00E+00	-3.67E-04
6	-2.72E-05	0.00E+00	61	-5.05E-05	-5.25E-04	116	-9.54E-07	-3.95E-04
7	-2.57E-05	0.00E+00	62	-4.72E-05	-5.88E-04	117	-1.86E-06	-4.74E-04
8	-1.91E-05	0.00E+00	63	-3.56E-05	-6.38E-04	118	-2.40E-06	-5.42E-04
9	-1.02E-05	0.00E+00	64	-3.05E-05	-6.50E-04	119	-2.28E-06	-6.16E-04
10	-3.15E-08	0.00E+00	65	-1.64E-05	-6.71E-04	120	-1.11E-06	-6.74E-04
11	1.02E-05	0.00E+00	66	-6.31E-06	-6.76E-04	121	-6.61E-07	-6.86E-04
12	1.91E-05	0.00E+00	67	-5.46E-10	-6.77E-04	122	4.65E-07	-7.03E-04
13	2.56E-05	0.00E+00	68	6.31E-06	-6.76E-04	123	5.53E-07	-7.01E-04
14	2.72E-05	0.00E+00	69	1.64E-05	-6.71E-04	124	2.90E-09	-6.99E-04
15	3.00E-05	0.00E+00	70	3.05E-05	-6.50E-04	125	-5.48E-07	-7.01E-04
16	2.99E-05	0.00E+00	71	3.56E-05	-6.38E-04	126	-4.61E-07	-7.03E-04
17	2.69E-05	0.00E+00	72	4.72E-05	-5.88E-04	127	6.63E-07	-6.86E-04
18	1.59E-05	0.00E+00	73	5.05E-05	-5.26E-04	128	1.11E-06	-6.74E-04
19	0.00E+00	0.00E+00	74	4.55E-05	-4.64E-04	129	2.28E-06	-6.16E-04
20	0.00E+00	-2.67E-04	75	2.61E-05	-3.91E-04	130	2.40E-06	-5.42E-04
21	-2.36E-05	-2.76E-04	76	0.00E+00	-3.65E-04	131	1.87E-06	-4.74E-04
22	-3.99E-05	-3.03E-04	77	0.00E+00	-3.67E-04	132	9.58E-07	-3.95E-04
23	-4.39E-05	-3.22E-04	78	-2.18E-05	-3.95E-04	133	0.00E+00	-3.67E-04
24	-4.29E-05	-3.42E-04	79	-3.89E-05	-4.72E-04	134	0.00E+00	-3.67E-04
25	-3.71E-05	-3.60E-04	80	-4.44E-05	-5.37E-04	135	9.92E-06	-3.95E-04
26	-3.43E-05	-3.65E-04	81	-4.13E-05	-6.05E-04	136	1.77E-05	-4.74E-04
27	-2.41E-05	-3.79E-04	82	-2.87E-05	-6.58E-04	137	2.08E-05	-5.42E-04
28	-1.24E-05	-3.88E-04	83	-2.32E-05	-6.71E-04	138	1.94E-05	-6.16E-04
29	-2.62E-08	-3.91E-04	84	-9.23E-06	-6.90E-04	139	1.32E-05	-6.73E-04
30	1.23E-05	-3.88E-04	85	-1.89E-06	-6.93E-04	140	9.90E-06	-6.86E-04
31	2.41E-05	-3.79E-04	86	5.24E-09	-6.92E-04	141	3.22E-06	-7.03E-04
32	3.42E-05	-3.65E-04	87	1.90E-06	-6.92E-04	142	1.36E-07	-7.01E-04
33	3.70E-05	-3.60E-04	88	9.21E-06	-6.90E-04	143	-1.12E-09	-6.99E-04
34	4.28E-05	-3.42E-04	89	2.32E-05	-6.71E-04	144	-1.33E-07	-7.01E-04
35	4.39E-05	-3.22E-04	90	2.87E-05	-6.58E-04	145	-3.21E-06	-7.03E-04
36	3.99E-05	-3.03E-04	91	4.13E-05	-6.05E-04	146	-9.89E-06	-6.86E-04
37	2.36E-05	-2.77E-04	92	4.44E-05	-5.37E-04	147	-1.32E-05	-6.73E-04
38	0.00E+00	-2.67E-04	93	3.89E-05	-4.72E-04	148	-1.93E-05	-6.16E-04
39	0.00E+00	-3.61E-04	94	2.18E-05	-3.95E-04	149	-2.08E-05	-5.42E-04
40	-2.98E-05	-3.86E-04	95	0.00E+00	-3.67E-04	150	-1.77E-05	-4.74E-04
41	-5.05E-05	-4.56E-04	96	0.00E+00	-3.67E-04	151	-9.93E-06	-3.95E-04
42	-5.51E-05	-5.13E-04	97	-1.19E-05	-3.95E-04	152	0.00E+00	-3.67E-04
43	-5.18E-05	-5.71E-04	98	-2.13E-05	-4.74E-04	153	0.00E+00	-3.68E-04
44	-4.17E-05	-6.18E-04	99	-2.58E-05	-5.42E-04	154	1.54E-05	-3.96E-04
45	-3.73E-05	-6.29E-04	100	-2.39E-05	-6.15E-04	155	2.74E-05	-4.75E-04
46	-2.36E-05	-6.51E-04	101	-1.57E-05	-6.72E-04	156	3.28E-05	-5.42E-04
47	-1.10E-05	-6.58E-04	102	-1.09E-05	-6.85E-04	157	3.04E-05	-6.16E-04
48	-6.71E-09	-6.59E-04	103	-2.23E-06	-7.02E-04	158	2.08E-05	-6.73E-04
49	1.10E-05	-6.58E-04	104	1.09E-06	-7.01E-04	159	1.48E-05	-6.86E-04
50	2.36E-05	-6.51E-04	105	7.16E-09	-6.99E-04	160	4.43E-06	-7.03E-04
51	3.73E-05	-6.29E-04	106	-1.08E-06	-7.01E-04	161	-2.73E-07	-7.01E-04
52	4.17E-05	-6.18E-04	107	2.23E-06	-7.02E-04	162	-3.44E-09	-6.99E-04
53	5.17E-05	-5.71E-04	108	1.09E-05	-6.85E-04	163	2.75E-07	-7.01E-04
54	5.51E-05	-5.13E-04	109	1.57E-05	-6.72E-04	164	-4.42E-06	-7.03E-04
55	5.05E-05	-4.56E-04	110	2.39E-05	-6.15E-04	165	-1.48E-05	-6.86E-04
						166	-2.07E-05	-6.73E-04
						167	-3.04E-05	-6.16E-04
						168	-3.28E-05	-5.42E-04
						169	-2.74E-05	-4.75E-04
						170	-1.54E-05	-3.96E-04
						171	0.00E+00	-3.68E-04

Esfuerzo Acumulado de solidos en la capa

Elem.	X	Y	Sxx	Syy	Sxy	E	Elem.	X	Y	Sxx	Syy	Sxy	E
1	0.106	0.211	-5.526	-6.324	-0.010	10000	127	0.106	3.521	3.410	-2.007	-3.945	350000
1	0.106	0.789	-5.695	-6.462	-0.031	10000	127	0.106	3.579	10.093	1.591	-3.926	350000
1	0.394	0.211	-5.620	-6.438	-0.018	10000	127	0.394	3.521	3.634	-1.590	3.766	350000
1	0.394	0.789	-5.789	-6.576	-0.039	10000	127	0.394	3.579	10.317	2.008	3.785	350000
2	0.606	0.211	-5.417	-6.323	-0.035	10000	128	0.606	3.521	2.372	-2.050	-3.902	350000
2	0.606	0.789	-5.524	-6.410	-0.090	10000	128	0.606	3.579	8.000	0.981	-3.882	350000
2	0.894	0.211	-5.665	-6.625	-0.040	10000	128	0.894	3.521	2.603	-1.620	2.592	350000
2	0.894	0.789	-5.772	-6.713	-0.095	10000	128	0.894	3.579	8.232	1.411	2.612	350000
3	1.063	0.211	-5.415	-6.483	-0.045	10000	129	1.063	3.521	0.216	-2.219	-3.499	350000
3	1.063	0.789	-5.442	-6.505	-0.109	10000	129	1.063	3.579	5.997	0.894	-3.329	350000
3	1.237	0.211	-5.587	-6.693	-0.046	10000	129	1.237	3.521	1.408	-0.006	0.503	350000
3	1.237	0.789	-5.614	-6.715	-0.110	10000	129	1.237	3.579	7.188	3.107	0.673	350000
4	1.363	0.211	-5.379	-6.574	-0.047	10000	130	1.363	3.521	-2.286	-1.385	-2.532	350000
4	1.363	0.789	-5.345	-6.547	-0.112	10000	130	1.363	3.579	-4.375	-2.509	-2.521	350000
4	1.537	0.211	-5.555	-6.790	-0.046	10000	130	1.537	3.521	-2.214	-1.250	-3.978	350000
4	1.537	0.789	-5.522	-6.763	-0.111	10000	130	1.537	3.579	-4.303	-2.375	-3.968	350000
5	1.663	0.211	-5.346	-6.670	-0.044	10000	131	1.663	3.521	-5.680	-2.797	1.955	350000
5	1.663	0.789	-5.268	-6.606	-0.106	10000	131	1.663	3.579	-15.749	-8.219	2.039	350000
5	1.837	0.211	-5.515	-6.877	-0.041	10000	131	1.837	3.521	-5.090	-1.701	-5.016	350000
5	1.837	0.789	-5.437	-6.813	-0.104	10000	131	1.837	3.579	-15.159	-7.123	-4.931	350000
6	1.921	0.211	-5.380	-6.799	-0.039	10000	132	1.921	3.521	-6.021	-1.909	2.416	350000
6	1.921	0.789	-5.282	-6.719	-0.097	10000	132	1.921	3.579	-26.828	-13.113	2.423	350000
6	1.979	0.211	-5.432	-6.863	-0.038	10000	132	1.979	3.521	-6.003	-1.876	-2.386	350000
6	1.979	0.789	-5.334	-6.783	-0.096	10000	132	1.979	3.579	-26.810	-13.080	-2.378	350000
7	2.063	0.211	-5.314	-6.795	-0.034	10000	133	2.063	3.521	-5.394	-1.800	4.931	350000
7	2.063	0.789	-5.205	-6.706	-0.086	10000	133	2.063	3.579	-15.249	-7.106	4.854	350000
7	2.237	0.211	-5.454	-6.965	-0.031	10000	133	2.237	3.521	-5.934	-2.804	-1.892	350000
7	2.237	0.789	-5.345	-6.876	-0.083	10000	133	2.237	3.579	-15.789	-8.110	-1.969	350000
8	2.363	0.211	-5.309	-6.881	-0.023	10000	134	2.363	3.521	-3.191	-1.493	3.700	350000
8	2.363	0.789	-5.192	-6.786	-0.058	10000	134	2.363	3.579	-5.099	-2.520	3.728	350000
8	2.537	0.211	-5.404	-6.998	-0.020	10000	134	2.537	3.521	-2.995	-1.129	2.379	350000
8	2.537	0.789	-5.288	-6.903	-0.055	10000	134	2.537	3.579	-4.903	-2.157	2.407	350000
9	2.663	0.211	-5.324	-6.951	-0.009	10000	135	2.663	3.521	-0.594	-0.184	-0.893	350000
9	2.663	0.789	-5.206	-6.855	-0.022	10000	135	2.663	3.579	3.971	2.274	-1.024	350000
9	2.837	0.211	-5.358	-6.993	-0.006	10000	135	2.837	3.521	-1.511	-1.888	2.267	350000
9	2.837	0.789	-5.241	-6.897	-0.019	10000	135	2.837	3.579	3.053	0.570	2.136	350000
10	2.963	0.211	-5.358	-6.993	0.006	10000	136	2.963	3.521	-1.513	-1.888	-2.268	350000
10	2.963	0.789	-5.241	-6.897	0.018	10000	136	2.963	3.579	3.049	0.568	-2.137	350000
10	3.137	0.211	-5.324	-6.951	0.009	10000	136	3.137	3.521	-0.594	-0.183	0.890	350000
10	3.137	0.789	-5.206	-6.855	0.022	10000	136	3.137	3.579	3.967	2.273	1.021	350000
11	3.263	0.211	-5.404	-6.998	0.020	10000	137	3.263	3.521	-2.997	-1.128	-2.377	350000
11	3.263	0.789	-5.288	-6.903	0.055	10000	137	3.263	3.579	-4.910	-2.159	-2.405	350000
11	3.437	0.211	-5.309	-6.881	0.023	10000	137	3.437	3.521	-3.193	-1.492	-3.702	350000
11	3.437	0.789	-5.192	-6.786	0.058	10000	137	3.437	3.579	-5.106	-2.523	-3.730	350000
12	3.563	0.211	-5.454	-6.965	0.031	10000	138	3.563	3.521	-5.935	-2.803	1.894	350000
12	3.563	0.789	-5.345	-6.876	0.083	10000	138	3.563	3.579	-15.794	-8.111	1.971	350000
12	3.737	0.211	-5.314	-6.795	0.034	10000	138	3.737	3.521	-5.395	-1.799	-4.931	350000
12	3.737	0.789	-5.205	-6.706	0.086	10000	138	3.737	3.579	-15.253	-7.108	-4.854	350000
13	3.821	0.211	-5.432	-6.863	0.038	10000	139	3.821	3.521	-6.003	-1.875	2.387	350000
13	3.821	0.789	-5.334	-6.783	0.096	10000	139	3.821	3.579	-26.811	-13.079	2.379	350000
13	3.879	0.211	-5.380	-6.799	0.039	10000	139	3.879	3.521	-6.021	-1.909	-2.415	350000
13	3.879	0.789	-5.282	-6.719	0.097	10000	139	3.879	3.579	-26.830	-13.114	-2.423	350000
14	3.963	0.211	-5.515	-6.877	0.041	10000	140	3.963	3.521	-5.090	-1.701	5.016	350000
14	3.963	0.789	-5.437	-6.814	0.104	10000	140	3.963	3.579	-15.157	-7.122	4.931	350000
14	4.137	0.211	-5.346	-6.670	0.044	10000	140	4.137	3.521	-5.680	-2.798	-1.954	350000

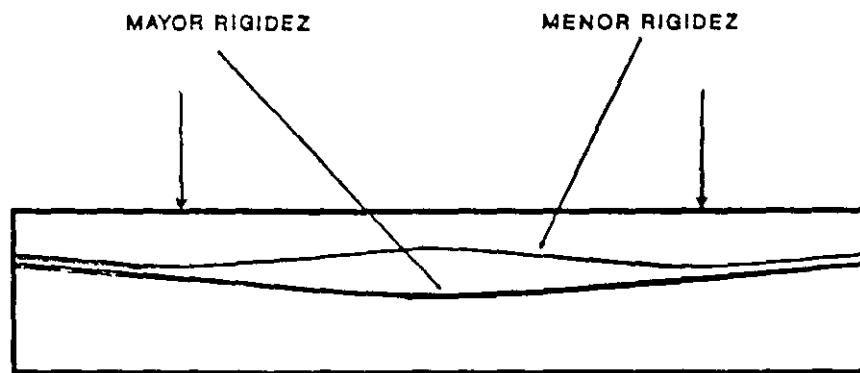


Fig 4.37 *Elástica de un pavimento para diferentes condiciones de rigidez*



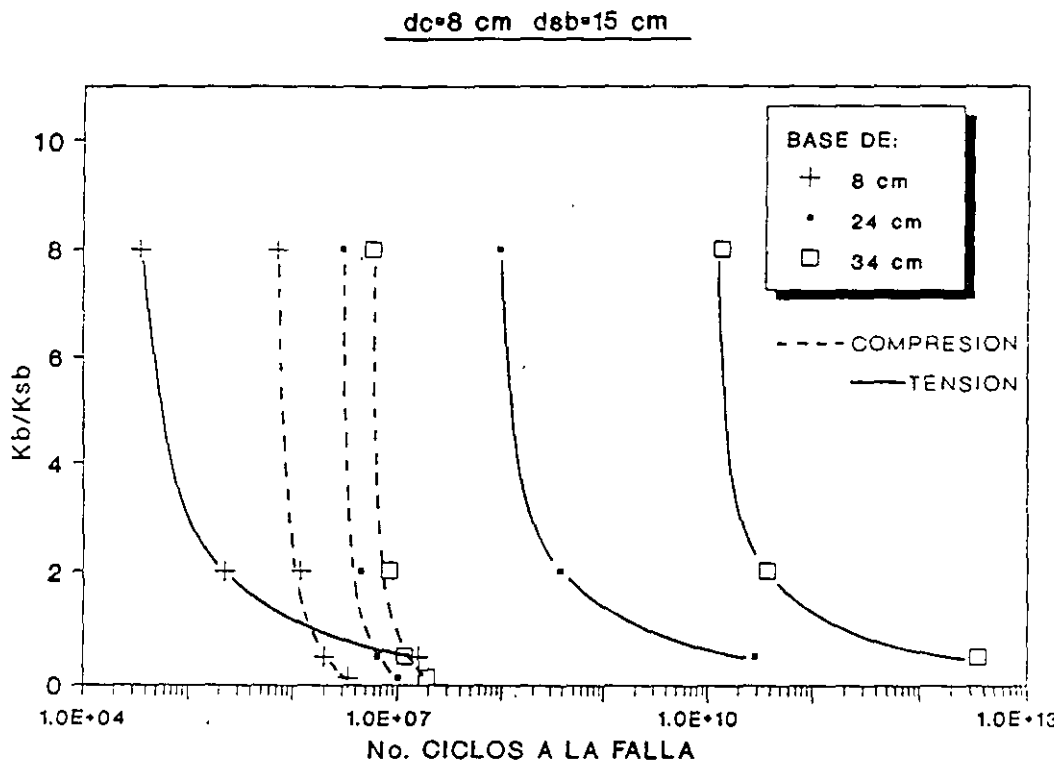


Fig 4.25 Rigidez relativa vs No. de ciclos a la falla.

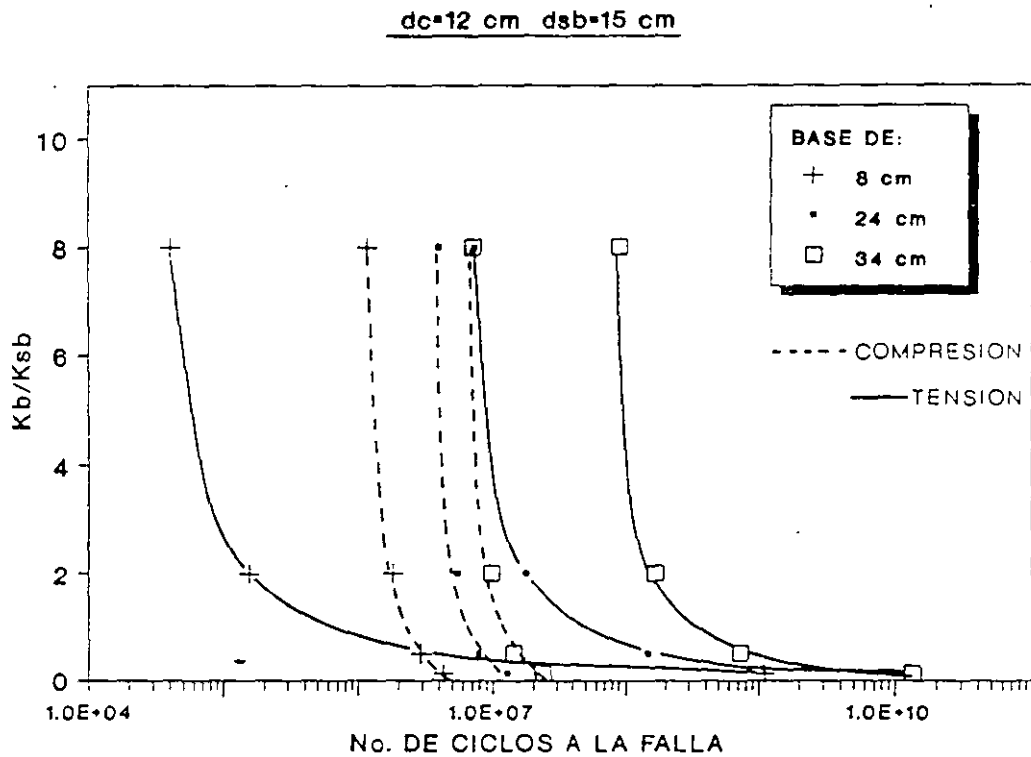


Fig 4.26 Rigidez relativa vs No. de ciclos a la falla.

Ciclos a la falla a tensión

$$N_{ft} = \left[ \frac{0.00195085}{\epsilon_t} \right]^{5.25} \quad \text{Marchand (ref 14)}$$

Log  $N_{ft} = -9.38 - 4.16 \text{ Log } \epsilon_t$  Transport and road research laboratory (ref 7)

$$N_{ft} = 1.13 \times 10^{-15} \left( \frac{1}{\epsilon_t} \right) \quad \text{Pell y Brown (ref 2)}$$

Ciclos a la falla a compresión

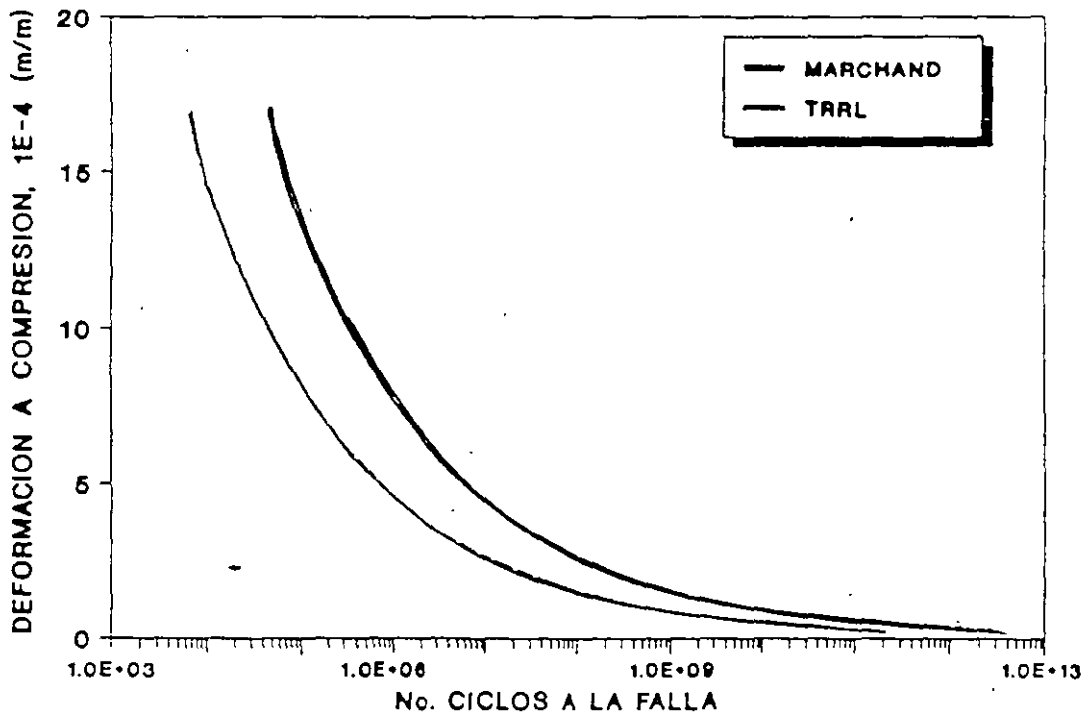
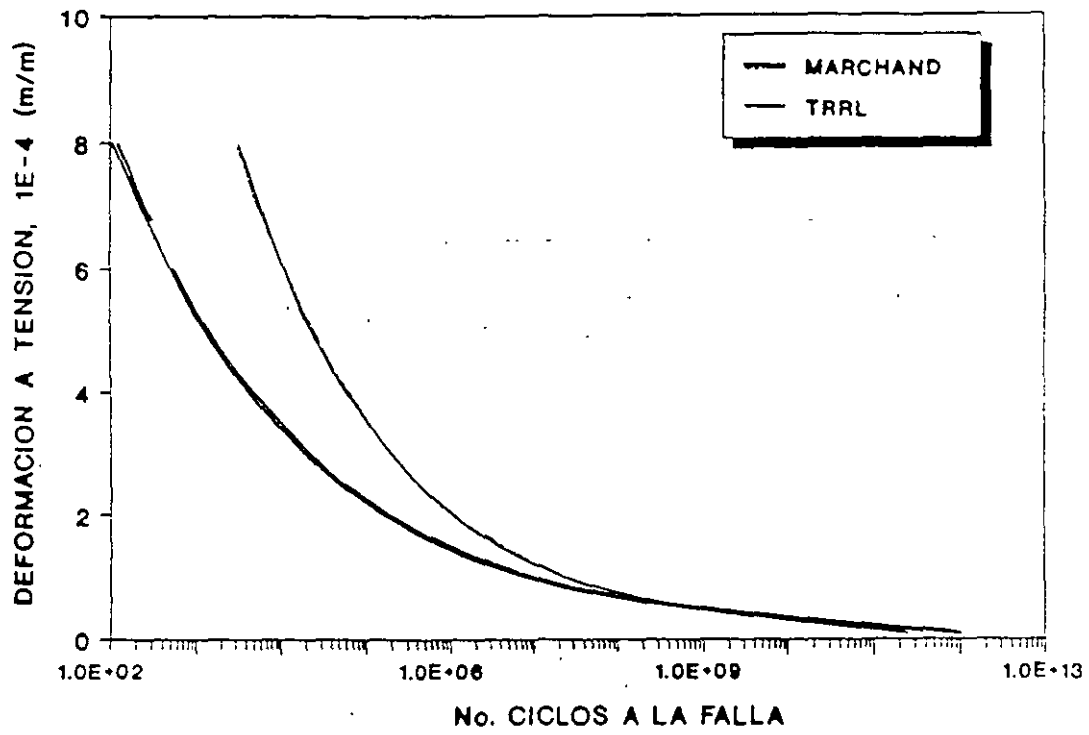
$$N_{fv} = \left[ \frac{2.8}{\epsilon_v} \right]^{\frac{1}{0.25}} \quad \text{Compañía Shell (ref 19)}$$

$$N_{fv} = \left[ \frac{0.021}{\epsilon_v} \right]^{\frac{1}{0.24}} \quad \text{Marchand (ref 14)}$$

Log  $N_{fv} = -7.21 - 3.95 \text{ Log } \epsilon_v$  Transport and road research laboratory (ref 7)

$$N_{fv} = \left[ \frac{1.05}{\epsilon_v} \right]^{\frac{1}{0.223}} \quad \text{Compañía Chevron (ref 7)}$$

$$N_{fv} = \left[ \frac{2.16}{\epsilon_v} \right]^{\frac{1}{0.28}} \quad \text{Universidad de Nottingham (ref 12)}$$



$$N_f = \left[ \frac{0.021}{\varepsilon_v} \right]^{0.24}$$

en donde:

$\varepsilon_v$  = deformación unitaria  
máxima a compresión

$$N_f = \left( \frac{0.00296692}{\varepsilon_t} \right)^5$$

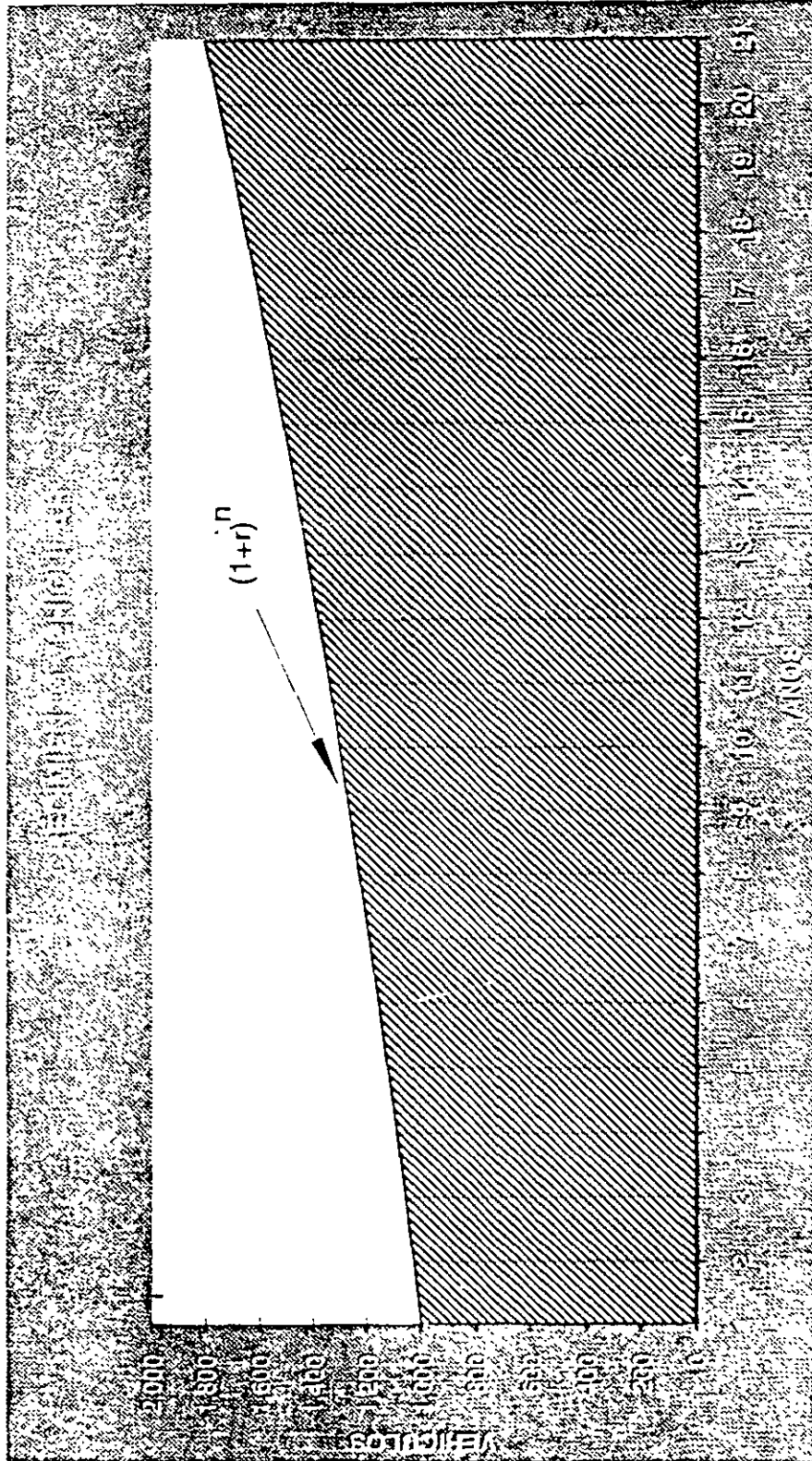
en donde:

$\varepsilon_t$  = deformación unitaria  
máxima a tensión

$$N_f = 10 \left( 0.8686 \frac{\sigma_t}{21} \right)$$

en donde:

$\sigma_t$  = esfuerzo máximo de tensión en la parte inferior de la capa rigidizada (kg/cm<sup>2</sup>)



$$n_i = \frac{365 E_o}{Ln(1+r)} \left[ (1+r)^a - 1 \right]$$

en donde:

$E_o$  = número total de aplicaciones de carga del eje considerado, el primer día del período de análisis

$r$  = tasa de crecimiento vehicular anual (decimales)

$a$  = vida esperada (años)

$$\sum_{i=1}^e \left( \frac{n_i}{N_i} \right) = 1$$

en donde:

$n_i$  = número de aplicaciones de carga para el eje considerado, que se tienen previstas durante la vida esperada.

$N_i$  = número de aplicaciones de carga para el eje considerado, que puede resistir el pavimento. Se obtiene al aplicar las ecuaciones de fatiga

$e$  = número total de tipos de ejes considerados



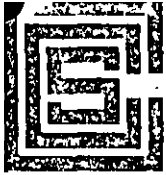
$$\frac{365}{\text{Ln}(1.03)} [1.03^a - 1] \sum_{i=1}^e \frac{E_{oi}}{N_i} = 1$$

en donde:

$E_{oi}$  = número total de aplicaciones de carga del eje  $i$ , el primer día del período de análisis (el subíndice "i" corresponde a la sumatoria).

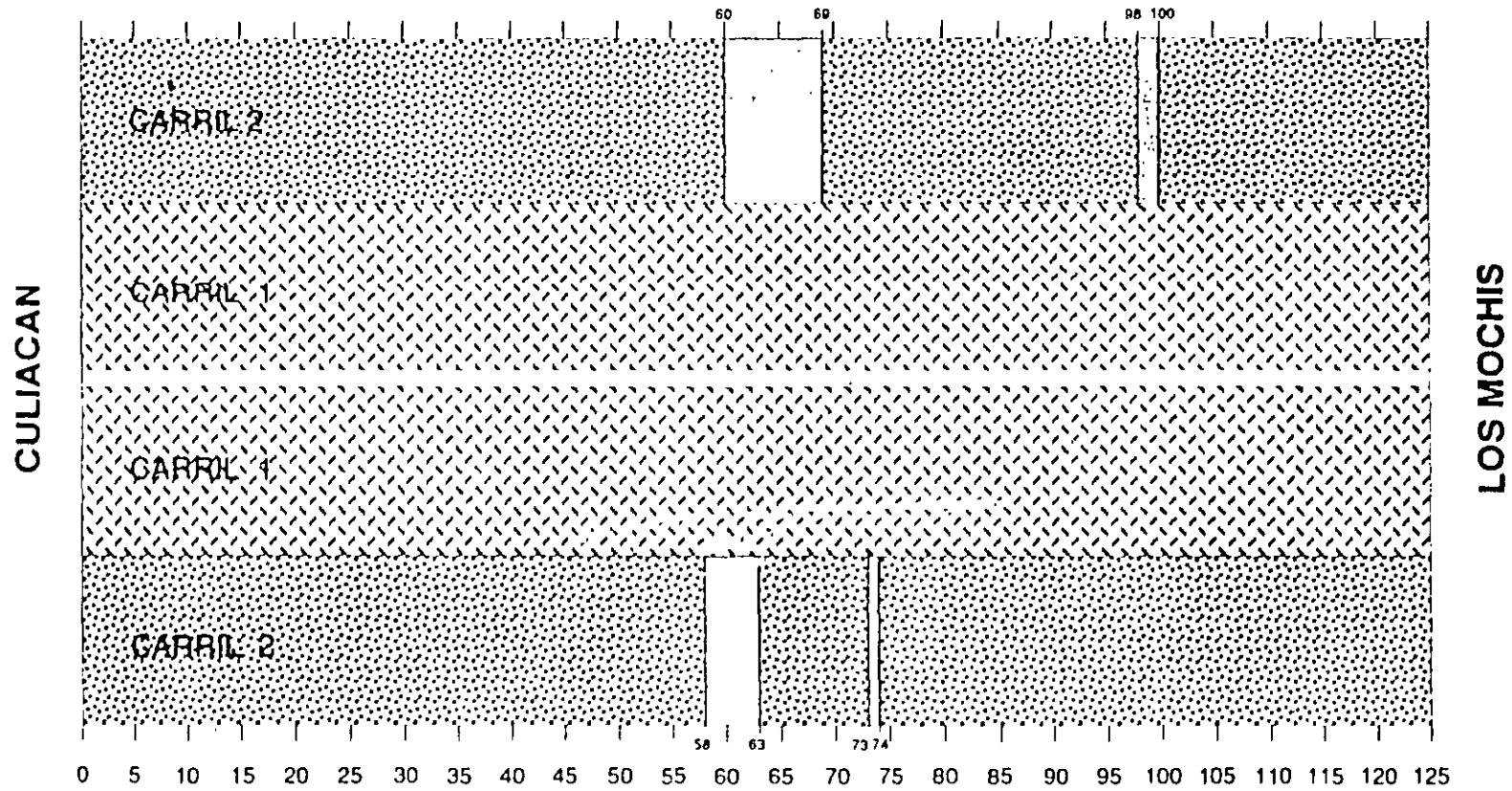









AUTOPISTA: BENITO JUAREZ (CULIACAN - LOS MOCHIS)  
TRAMO: CULIACAN-LAS BRISAS  
DEL km 0 AL km 125

CUERPO B



CADENAMIENTO ( km )

-  ZONA A
-  ZONA B
-  ZONA C

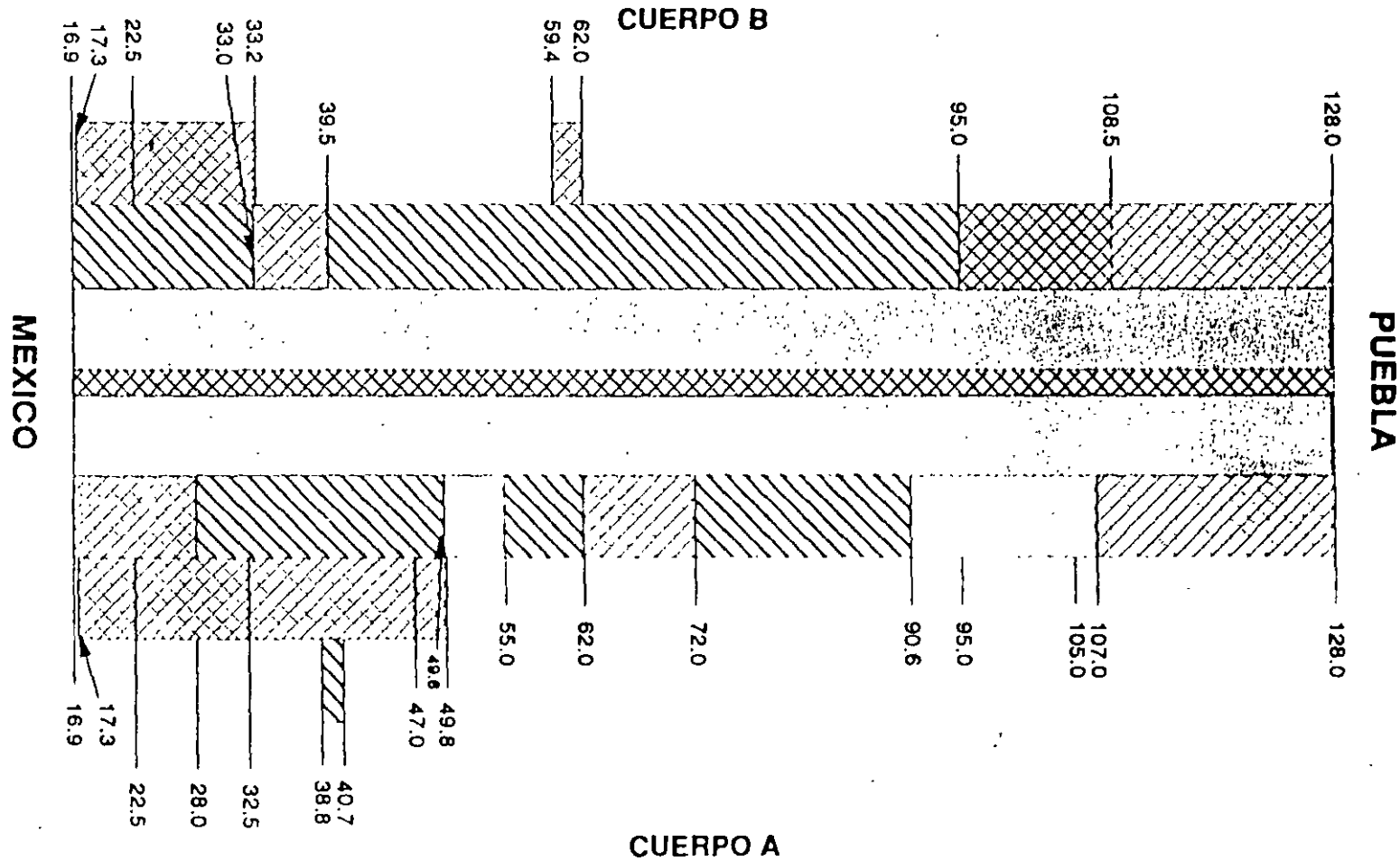
CUERPO A



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

AUTOPISTA: MEXICO - PUEBLA

VIDA ESPERADA COMO RESULTADO DE LA EVALUACION DE  
LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CON EL EQUIPO KUAB



VIDA ESPERADA A PARTIR DE 1934 (AÑOS)

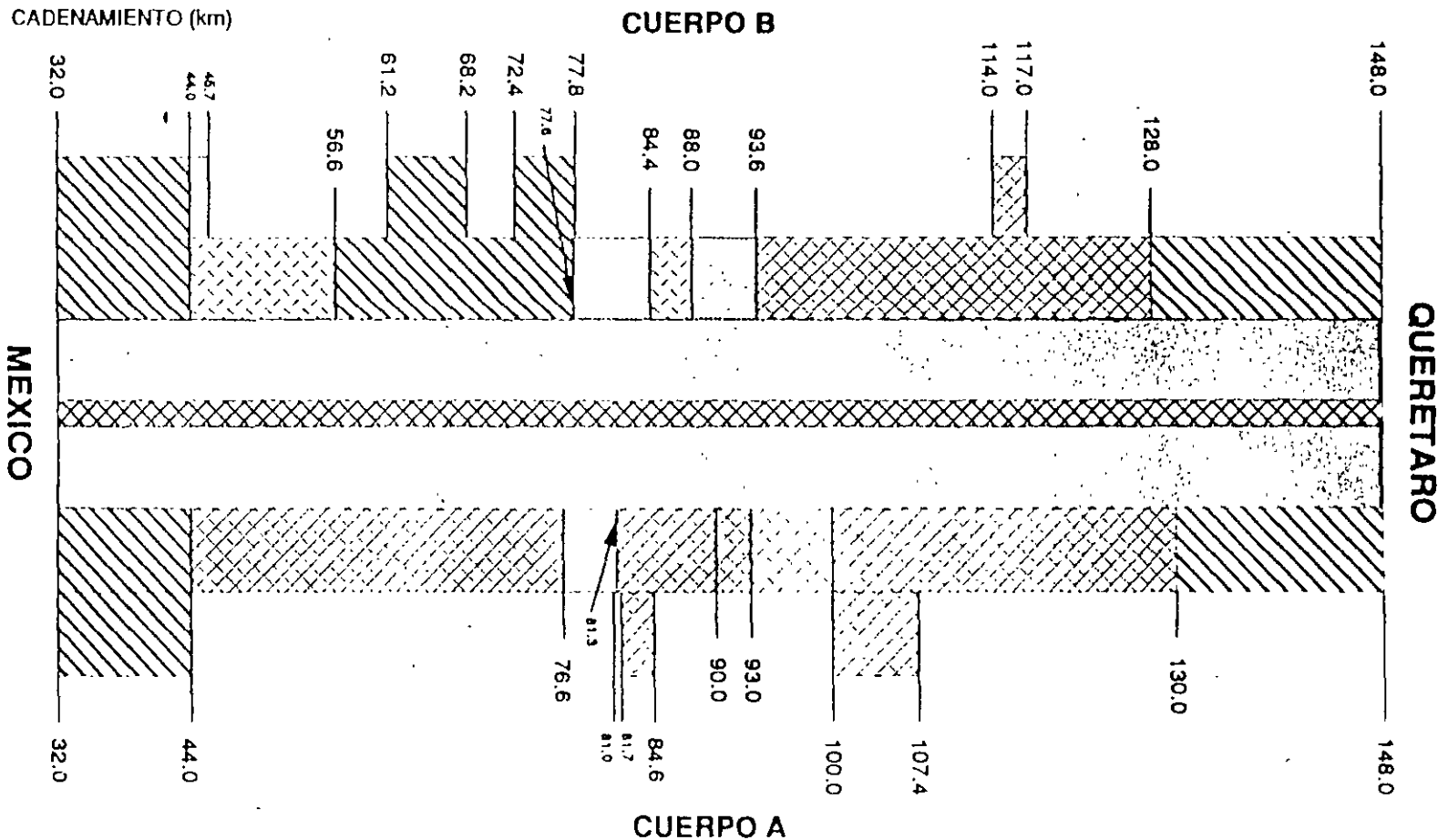
	0 A 1		3 A 5		MAS DE 5 <sup>1</sup>
	1 A 3		MAS DE 5		MAS DE 5 <sup>2</sup>

NOTAS: 1 SE RECOMIENDA EFECTUAR RECICLADO DE LA CARPETA DEBIDO A LOS DETERIOROS SUPERFICIALES PRESENTES.  
2 ES RECOMENDABLE LA APLICACION DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL







**AUTOPISTA: MEXICO - QUERETARO**

VIDA ESPERADA COMO RESULTADO DE LA EVALUACION DE  
LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CON EL EQUIPO KUAB



VIDA ESPERADA A PARTIR DE 1994 ( AÑOS )

- |   |  |
|---|--|
|  0 A 1 |  3 A 5    |
|  1 A 3 |  MAS DE 5 |



CARRETERA: Puebla-Huajuapán de León  
 TRAMO: Atlixco-Acallán de Osorio  
 SUBTRAMO: del km 60 al km 100

ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA PRIMERA ALTERNATIVA  
 (PROPIEDADES MECANICAS)

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO		ESPOSOR DE CAPA (cm)	PROPIEDADES MECANICAS	
		km a	km		MODULO ELASTICO (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	RELACION DE POISSON (ν)
6	A	60.0	68.0	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CEMENTO PORTLAND (NUEVA) 25	70,000	0.35
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 15	631	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	187	0.45
7	B	68.0	73.6	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CEMENTO PORTLAND (NUEVA) 25	70,000	0.35
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 15	403	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	194	0.45
8	C	73.6	79.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CEMENTO PORTLAND (NUEVA) 25	70,000	0.35
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 12	877	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	284	0.45
9	D	79.4	89.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CEMENTO PORTLAND (NUEVA) 25	70,000	0.35
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 6	2,338	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	409	0.45
10	E	89.4	95.8	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CEMENTO PORTLAND (NUEVA) 25	70,000	0.35
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 5	1,633	0.40
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 16	873	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	339	0.45
		97.9	100.0			

Tabla 1.3



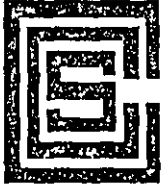
CARRETERA: Puebla-Huajuapán de León  
 TRAMO: Atlixco-Acatlán de Osorio  
 SUBTRAMO: del km 60 al km 100

**ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA SEGUNDA ALTERNATIVA  
 (PROPIEDADES MECANICAS)**

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO		ESPESOR DE CAPA (cm)	PROPIEDADES MECANICAS		
		km a	km		MODULO ELASTICO (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	RELACION DE POISSON (ν)	
11	A	60.0	68.0	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	35,000	0.35
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	4,000	0.40
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	13	1,843	0.40
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	15	631	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	187	0.45
12	B	68.0	73.6	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	35,000	0.35
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	4,000	0.40
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	13	852	0.40
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	15	403	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	194	0.45
13	C	73.6	79.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	35,000	0.35
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	4,000	0.40
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	23	877	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	284	0.45
14	D	79.4	89.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	35,000	0.35
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	4,000	0.40
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	18	2,338	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	409	0.45
15	E	89.4	95.8	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	35,000	0.35
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	4,000	0.40
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	14	1,633	0.40
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	16	873	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	339	0.45

Tabla 1.4





CARRETERA: Puebla-Huajuapán de León  
 TRAMO: Atlixco-Acatlán de Osorio  
 SUBTRAMO: del km 60 al km 100

**ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA TERCERA ALTERNATIVA  
 (PROPIEDADES MECANICAS)**

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO		ESPESOR DE CAPA (cm)	PROPIEDADES MECANICAS		
		km a	km		MODULO ELASTICO (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	RELACION DE POISSON (ν)	
16	A	60.0	68.0	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA)	25	50,000	0.35
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	15	631	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	187	0.45
17	B	68.0	73.6	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA)	25	50,000	0.35
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	15	403	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	194	0.45
18	C	73.6	79.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA)	25	50,000	0.35
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	12	877	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	284	0.45
19	D	79.4 95.8	89.4 97.9	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA)	25	50,000	0.35
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	6	2,338	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	409	0.45
20	E	89.4 97.9	95.8 100.0	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	5	35,000	0.35
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA)	25	50,000	0.35
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	5	1,633	0.40
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	16	873	0.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	339	0.45



CARRETERA: Puebla-Huajuapán de León  
 TRAMO: Atlixco-Acahán de Osorio  
 SUBTRAMO: del km 60 al km 100

ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA SEGUNDA ALTERNATIVA  
 (RESULTADOS)

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO		ESPESOR DE CAPA (cm)	CARGA (t)	DEFORMACION UNITARIA		ESFUERZO DE TENSION EN CAPA RIGIDIZADA (kg/cm <sup>2</sup> )	CICLOS A LA FALLA (N <sub>f</sub> )		
		km	a km			COMPRESION 1x10 <sup>-4</sup> (m/m)	TENSION 1x10 <sup>-4</sup> (m/m)		POR COMPRESION 1 x 10 <sup>6</sup>	POR TENSION 1 x 10 <sup>6</sup>	POR ESFUERZO DE TENSION 1 x 10 <sup>6</sup>
11	A	60.0	68.0	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	6.5	3.97	0.21	-	15.20	502.0	-
				BASE HIDRAULICA (NUEVA) 25	11.0	4.54	0.37	-	8.57	33.5	-
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 13	18.0	4.17	0.30	-	12.40	89.9	-
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 15	18.6	4.31	0.33	-	10.80	63.3	-
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300							
12	B	68.0	73.6	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	6.5	3.91	0.25	-	16.10	230.0	-
				BASE HIDRAULICA (NUEVA) 25	11.0	4.48	0.43	-	9.19	16.4	-
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 13	18.0	4.10	0.35	-	13.30	44.1	-
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 15	19.5	4.25	0.38	-	11.40	30.3	-
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300							
13	C	73.6	79.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	6.5	4.47	0.37	-	9.25	34.7	-
				BASE HIDRAULICA (NUEVA) 25	11.0	5.17	0.63	-	5.06	2.2	-
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 23	18.0	4.70	0.52	-	7.49	6.1	-
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	19.5	4.88	0.56	-	6.41	4.1	-
14	D	79.4	89.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	6.5	4.32	0.40	-	10.70	23.0	-
				BASE HIDRAULICA (NUEVA) 25	11.0	4.99	0.70	-	5.86	1.4	-
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 18	18.0	4.53	0.57	-	8.77	3.8	-
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	19.5	4.70	0.62	-	7.49	2.5	-
15	E	89.4	95.8	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	6.5	4.42	0.37	-	9.70	32.7	-
				BASE HIDRAULICA (NUEVA) 25	11.0	5.07	0.65	-	5.49	2.0	-
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 14	18.0	4.65	0.53	-	7.63	5.5	-
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 16	19.5	4.81	0.56	-	6.80	4.1	-
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300							

Tabla 1.8





CARRETERA: Puebla-Huajuapán de León

TRAMO: Atlixco-Acatlán de Osorio

SUBTRAMO: del km 60 al km 100

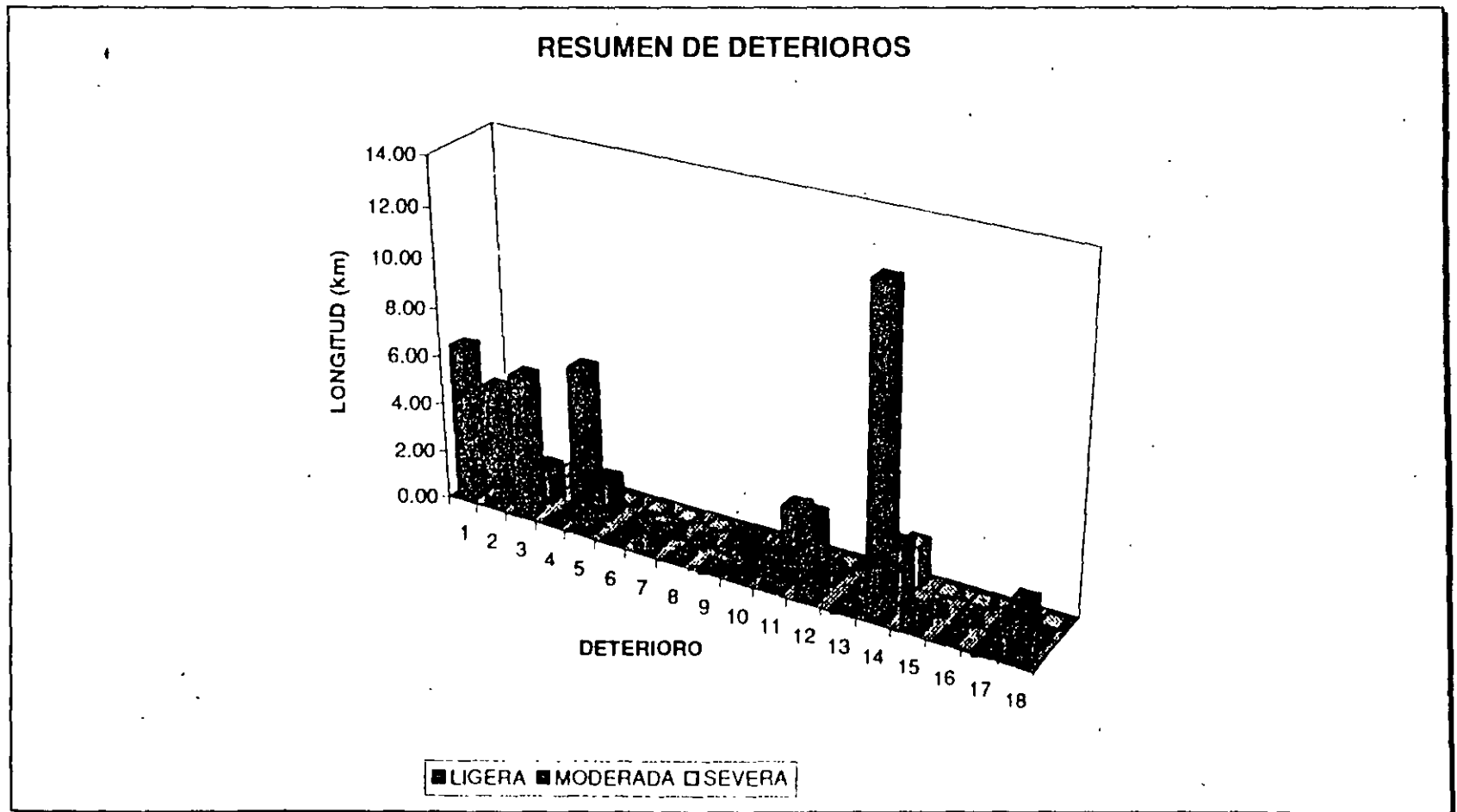
**ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA SEGUNDA ALTERNATIVA  
(VIDA ESPERADA)**

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO		ESPELOR DE CAPA		VIDA ESPERADA (AÑOS)
		km	a km	(cm)		
11	A	60.0	68.0	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	6.1
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	13	
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	15	
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	
12	B	68.0	70.0	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	6.4
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	13	
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	15	
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	
12'	B	70.0	73.6	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	7.2
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	13	
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	15	
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	
13	C	73.6	79.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	8.7
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	23	
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	
14	D	79.4	89.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	9.8
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	18	
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	
15	E	95.8	97.9	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	10	9.1
				BASE HIDRAULICA (NUEVA)	25	
				BASE GRANULAR (EXISTENTE)	14	
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE)	16	
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES)	300	

**NOTAS:**

- a) La distribución vehicular considerada es: A = 68 %, B = 10 % y C = 22 % para un TDPA = 7954 (del km 60 al km 70)  
y A = 74 %, B = 8 % y C = 18 % para un TDPA = 4140 (del km 70 al km 100)
- b) Las cargas consideradas son de 6.5 y 11 t para eje sencillo y de 18 y 19.5 t para eje "landem"
- c) La tasa de crecimiento vehicular considerada es 4 % anual

**RAUL VICENTE OROZCO y Cía.**  
AUTOPISTA: MEXICO-CUERNAVACA  
TRAMO: TLALPAN-CUERNAVACA  
CUERPO: A





**RAUL VICENTE OROZCO Y Cía.**

ESTUDIO REALIZADO PARA: **TRIBASA**

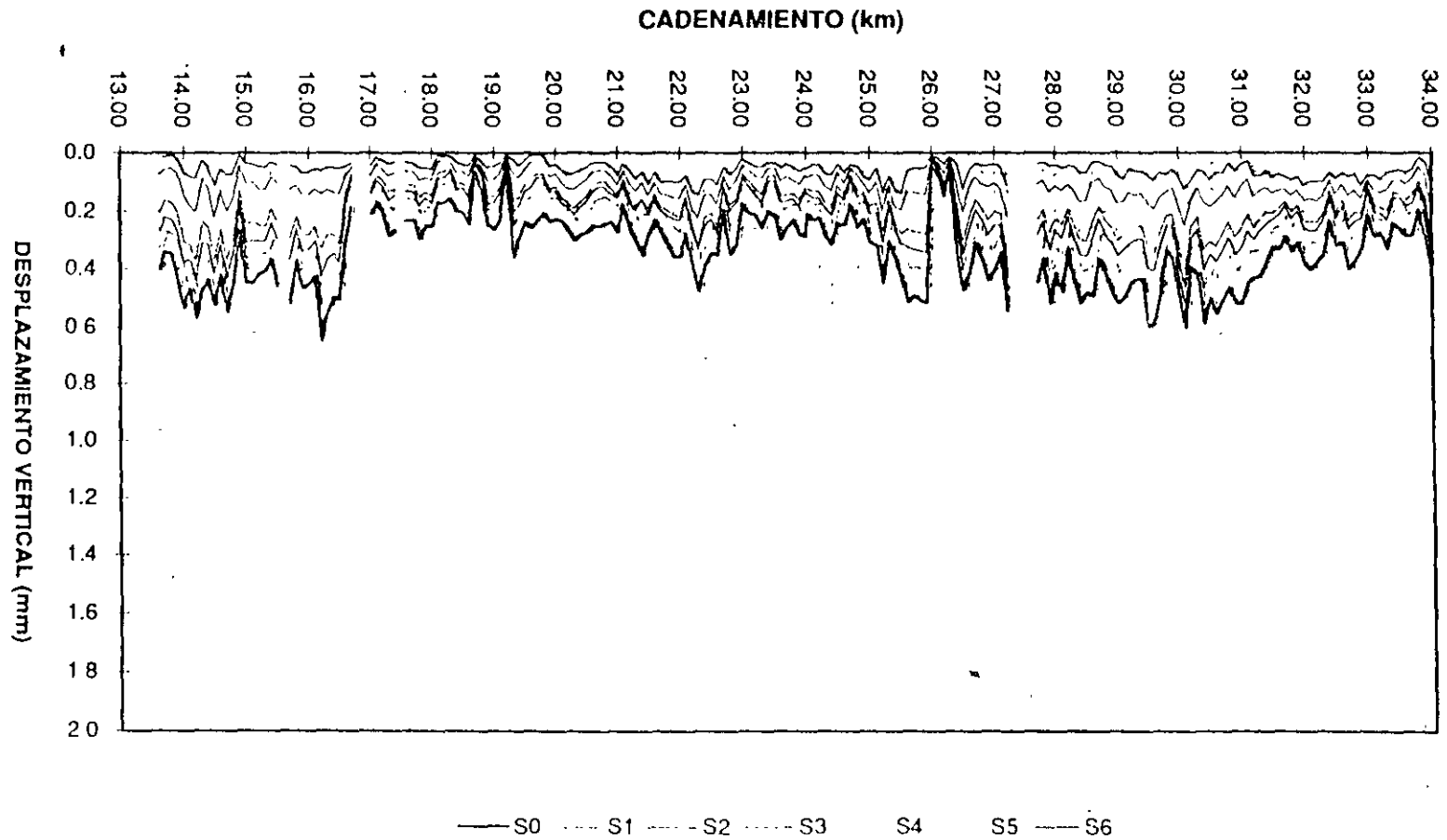
AUTOPISTA CONCESIONADA:

MEXICO - TOLUCA

TRAMO: del km 13.625 al km 34, CUERPO A

CARRIL DE BAJA VELOCIDAD

**MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES CON EQUIPO KUAB**



(S=Sismómetro)

PRC MEDIO DE CARGA: 6 000 kg

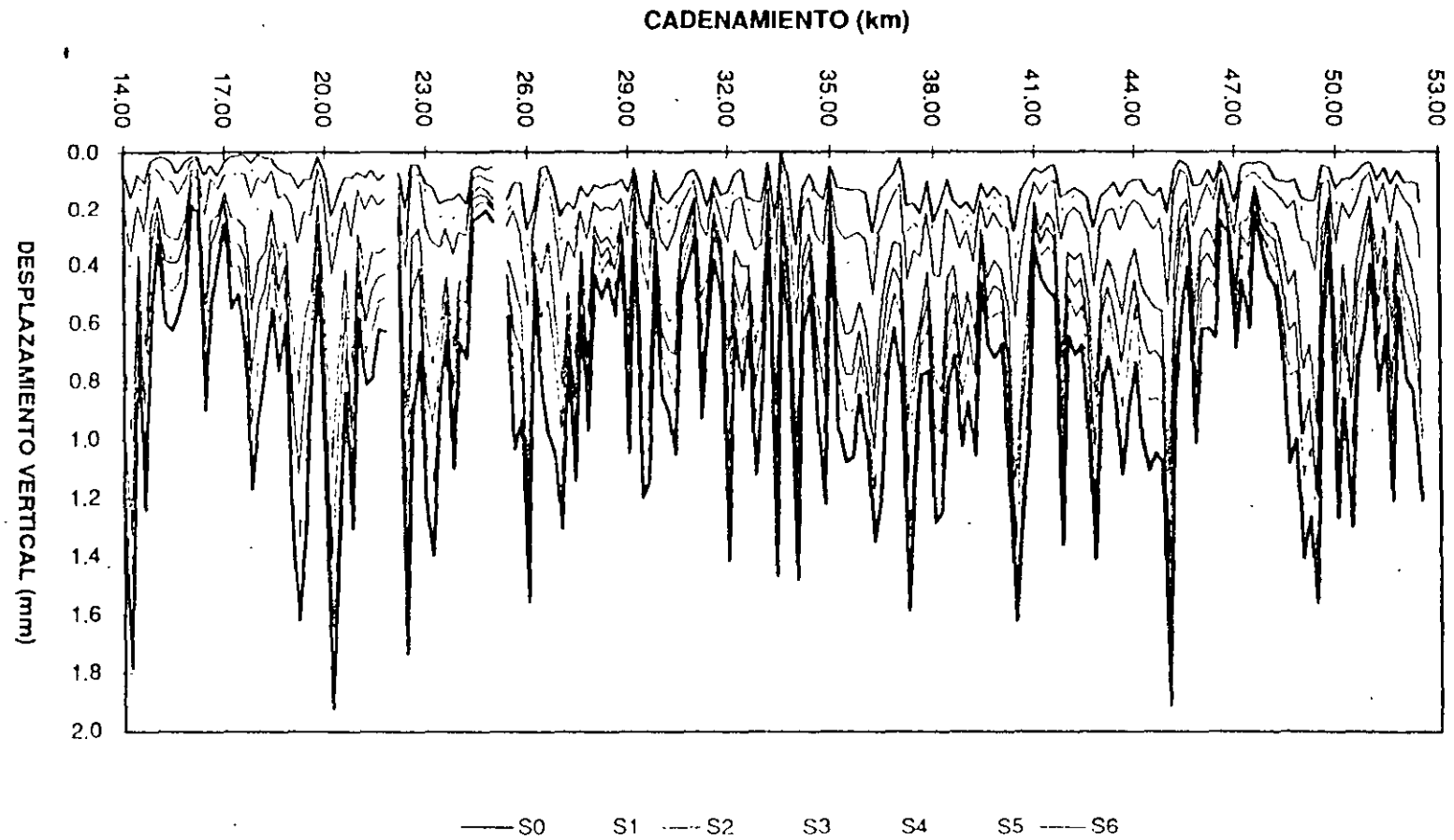
CARRETERA FEDERAL:

MEXICO - TOLUCA

TRAMO: del km 14 al km 51.3, CUERPO A

CARRIL DE BAJA VELOCIDAD

**MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES CON EQUIPO KUAB**



(S=Sismómetro)

PROMEDIO DE CARGA: 6,159 kg



# RAUL VICENTE OROZCO Y Cía.

ESTUDIO REALIZADO PARA: TRIBASA

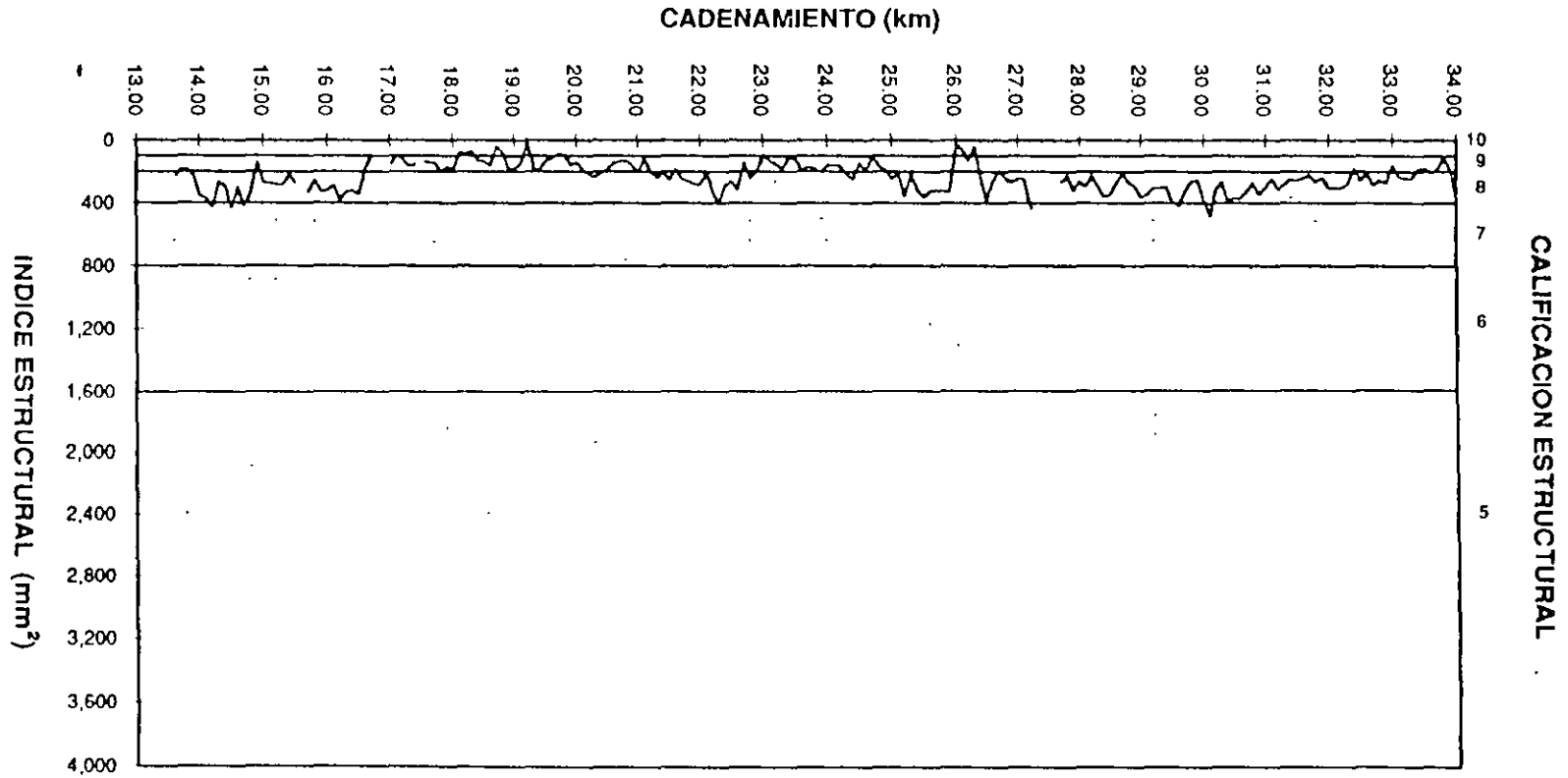
AUTOPISTA CONCESIONADA:

MEXICO - TOLUCA

TRAMO: del km 13.625 al km 34, CUERPO A

CARRIL DE BAJA VELOCIDAD

## CALIFICACION ESTRUCTURAL



### CALIFICACION

10 EXCELENTE	6.40 %
9 MUY BUENA	32.02 %
8 BUENA	57.14 %
7 REGULAR	3.94 %
6 MALA	0.49 %
5 PESIMA	0.00 %

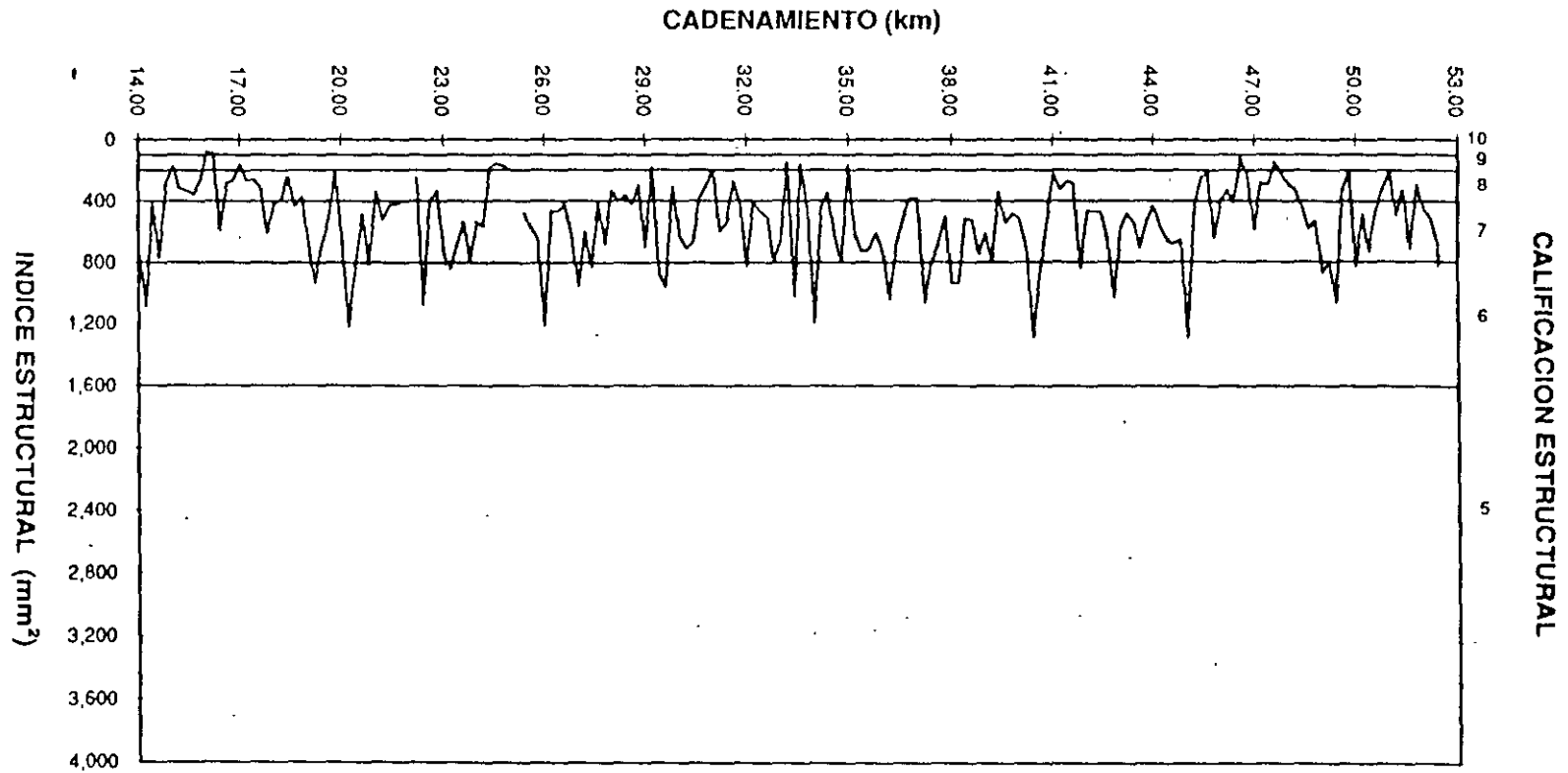
CARRRETERA FEDERAL:

MEXICO - TOLUCA

TRAMO: del km 14 al km 51.3, CUERPO A

CARRIL DE BAJA VELOCIDAD

**CALIFICACION ESTRUCTURAL**



**CALIFICACION**

10 EXCELENTE	1.04 %
9 MUY BUENA	6.22 %
8 BUENA	26.42 %
7 REGULAR	50.78 %
6 MALA	15.54 %
5 PESIMA	0.00 %

ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA PRIMERA ALTERNATIVA  
 (VIDA ESPERADA)

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO km a km	CUERPO	ESPOSOR DE CAPA (cm)	VIDA ESPERADA (AÑOS)	
11	A	00 95	A	Carpeta asfáltica (nueva)	7.5	12.7
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Base (existente)	2	
				Sub-base (existente)	30	
				Capas inferiores (existentes)	300	
12	B	00 95	B	Carpeta asfáltica (nueva)	7.5	12.3
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Base (existente)	6	
				Sub-base (existente)	30	
				Capas inferiores (existentes)	300	
13	C	95 140	A y B	Carpeta asfáltica (nueva)	7.5	12.4
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Sub-base (existente)	15	
				Capas inferiores (existentes)	300	
14	D	140 205	A y B	Carpeta asfáltica (nueva)	7.5	12.5
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Base (existente)	17	
				Capas inferiores (existentes)	300	
15	E	205 215	A y B	Carpeta asfáltica (nueva)	7.5	12.5
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Base (existente)	8	
				Sub-base (existente)	20	
				Capas inferiores (existentes)	300	
16	F	215 240	A y B	Carpeta asfáltica (nueva)	7.5	13.0
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Sub-base (existente)	20	
				Capas inferiores (existentes)	300	
17	G	240 255	A y B	Carpeta asfáltica (nueva)	10	13.8
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Base (existente)	5	
				Sub-base (existente)	25	
				Capas inferiores (existentes)	300	
18	H	255 290	A y B	Carpeta asfáltica (nueva)	7.5	12.6
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Sub-base (existente)	25	
				Capas inferiores (existentes)	300	
19	I	290 310	A y B	Carpeta asfáltica (nueva)	7.5	12.4
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Base (existente)	13	
				Sub-base (existente)	20	
				Capas inferiores (existentes)	300	
20	J	310 370	A y B	Carpeta asfáltica (nueva)	7.5	12.8
				Sub-base rigidizada con cemento Portland (nueva)	25	
				Base (existente)	6.5	
				Sub-base (existente)	25	
				Capas inferiores (existentes)	300	

NOTAS:

- a) La distribución vehicular considerada es: A = 59 %, B = 4 % y C = 37%.
- b) Las cargas consideradas son de 6.5 y 11 t para eje sencillo, 18 y 19.5 t para eje "tandem" y 22.5 t para eje "tridem".
- c) La tasa de crecimiento vehicular considerada es 4.7 %.

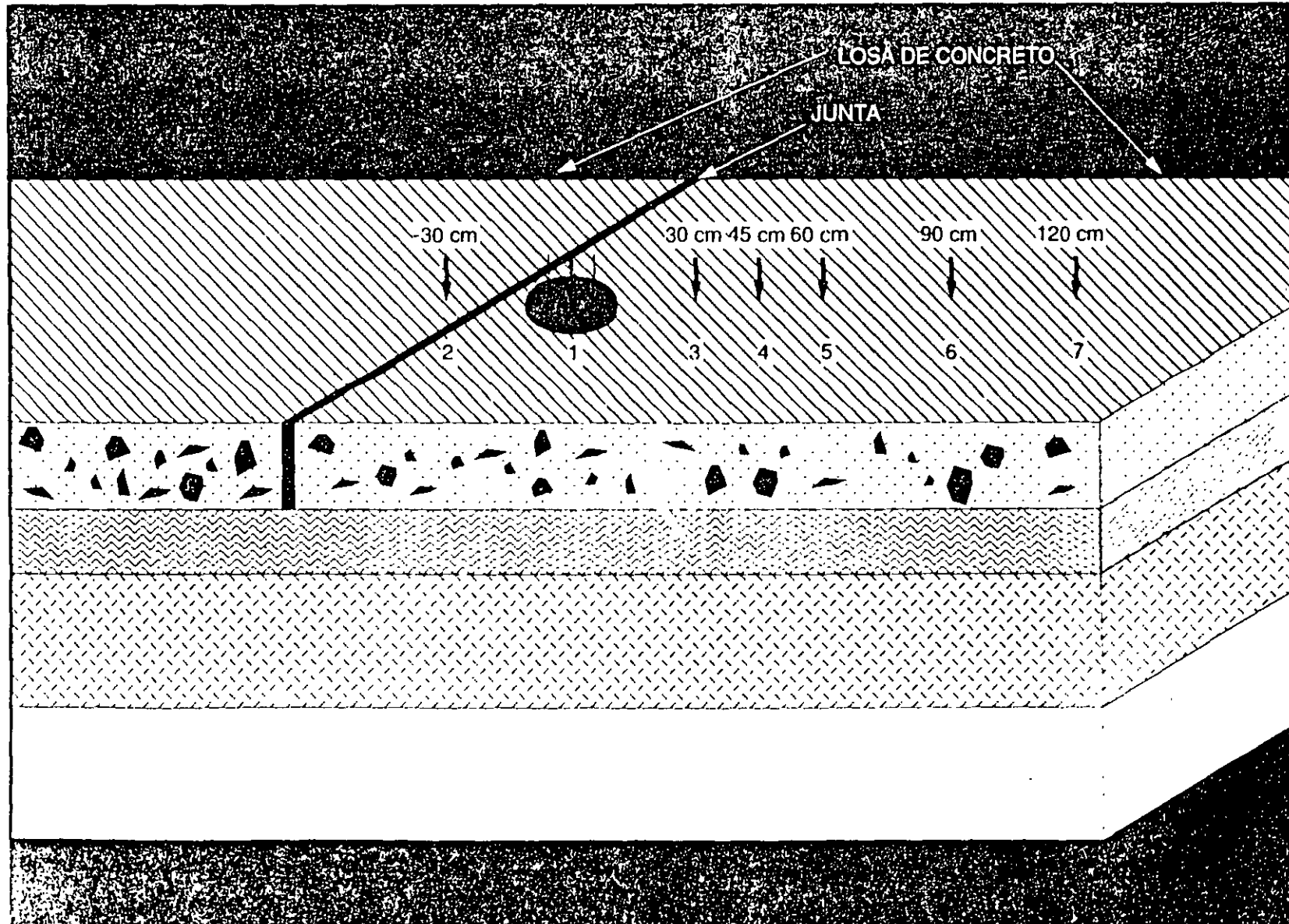
ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA SEGUNDA ALTERNATIVA  
 (VIDA ESPERADA)

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO km a km	CUERPO	ESPESOR DE CAPA (cm)		VIDA ESPERADA (AÑOS)
				Capa	Sub-capas	
21	A	00 95	A	Concreto hidráulico (nuevo)	20	18.5
				Carpeta asfáltica (existente)	7	
				Base (existente)	20	
				Sub-base (existente)	30	
				Capas inferiores (existentes)	300	
22	B	00 95	B	Concreto hidráulico (nuevo)	20	17.8
				Carpeta asfáltica (existente)	11	
				Base (existente)	20	
				Sub-base (existente)	30	
				Capas inferiores (existentes)	300	
23	C	95 140	A y B	Concreto hidráulico (nuevo)	20	18.1
				Carpeta asfáltica (existente)	11	
				Base (existente)	15	
				Sub-base (existente)	15	
				Capas inferiores (existentes)	300	
24	D	140 205	A y B	Concreto hidráulico (nuevo)	20	18.2
				Carpeta asfáltica (existente)	7	
				Base (existente)	15	
				Sub-base (existente)	20	
				Capas inferiores (existentes)	300	
25	E	205 215	A y B	Concreto hidráulico (nuevo)	20	18.3
				Carpeta asfáltica (existente)	13	
				Base (existente)	20	
				Sub-base (existente)	20	
				Capas inferiores (existentes)	300	
26	F	215 240	A y B	Concreto hidráulico (nuevo)	20	18.7
				Carpeta asfáltica (existente)	5	
				Base (existente)	20	
				Sub-base (existente)	20	
				Capas inferiores (existentes)	300	
27	G	240 255	A y B	Concreto hidráulico (nuevo)	20	19.7
				Carpeta asfáltica (existente)	10	
				Base (existente)	20	
				Sub-base (existente)	25	
				Capas inferiores (existentes)	300	
28	H	255 290	A y B	Concreto hidráulico (nuevo)	20	18.4
				Carpeta asfáltica (existente)	6.5	
				Base (existente)	20	
				Sub-base (existente)	25	
				Capas inferiores (existentes)	300	
29	I	290 310	A y B	Concreto hidráulico (nuevo)	20	18.1
				Carpeta asfáltica (existente)	13	
				Base (existente)	25	
				Sub-base (existente)	20	
				Capas inferiores (existentes)	300	
30	J	310 370	A y B	Concreto hidráulico (nuevo)	20	18.6
				Carpeta asfáltica (existente)	6.5	
				Base (existente)	25	
				Sub-base (existente)	25	
				Capas inferiores (existentes)	300	

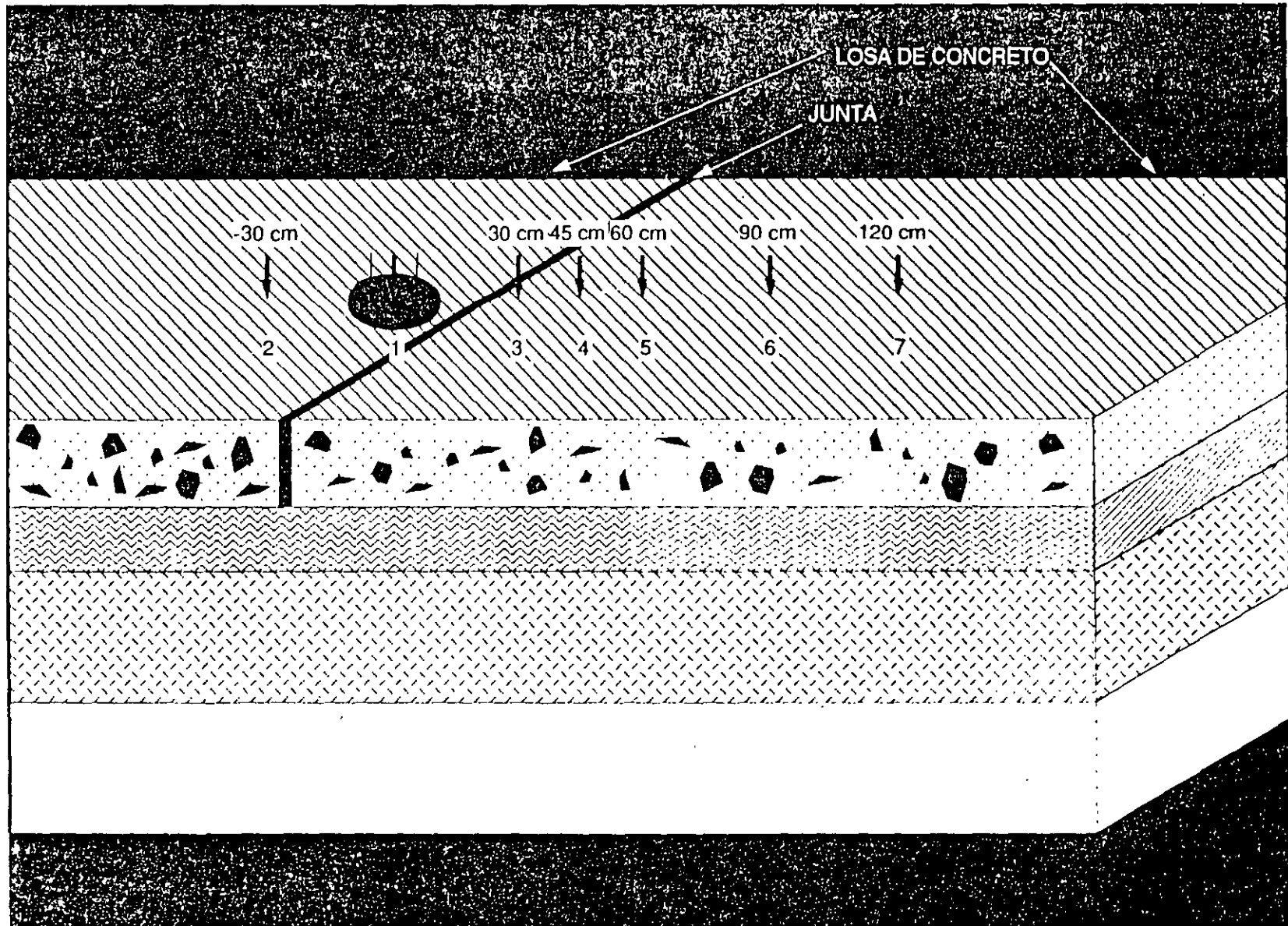
NOTAS:

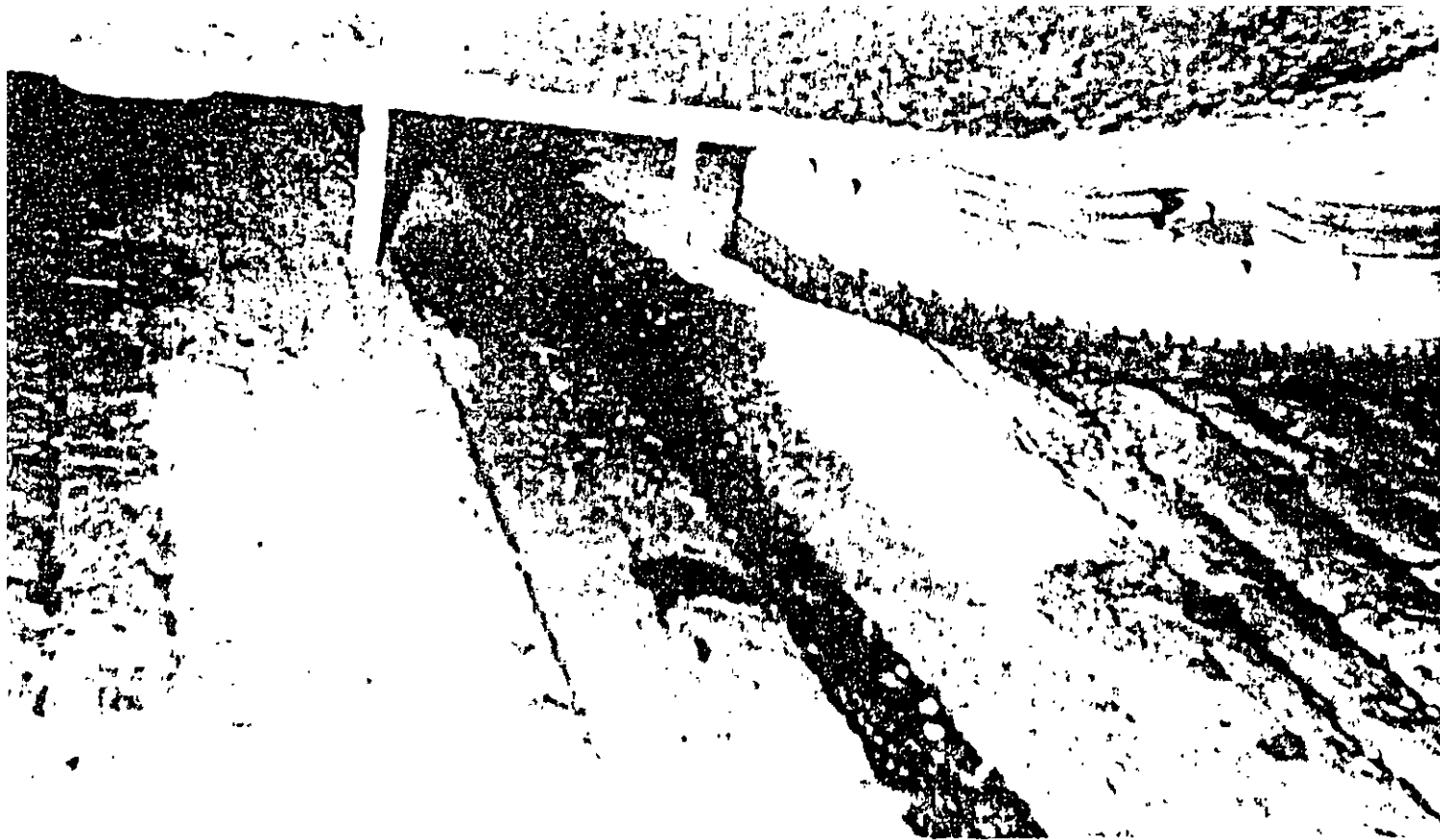
- a) La distribución vehicular considerada es A = 59 %, B = 4 % y C = 37 %
- b) Las cargas consideradas son de 6.5 y 11 t para eje sencillo, 18 y 19.5 t para eje "tandem" y 22.5 t para eje "tridem"
- c) La tasa de crecimiento vehicular considerada es 4.7 %

# CONFIGURACION PARA TRANSFERENCIA DE CARGA

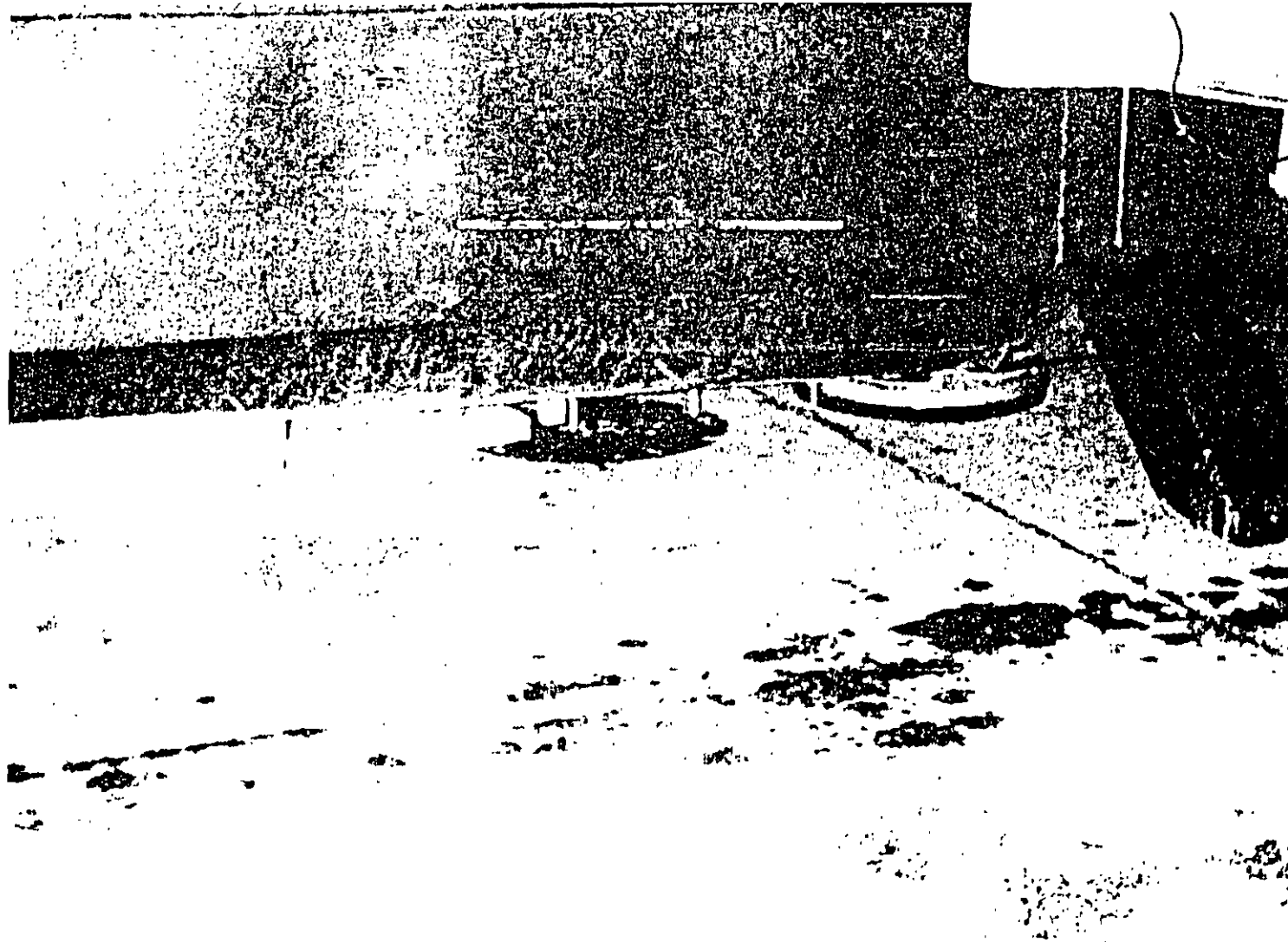


# CONFIGURACION PARA TRAN. DIFERENCIA DE CARGA





DETALLE QUE MUESTRA LA POSICION DEL SENSOR  
Y DEL PLATO DE CARGA AL MOMENTO DE EFECTUAR  
LA MEDICION DE TRANSFERENCIA DE CARGA



MEDICION DE TRANSFERENCIA DE CARGA



LOSA	DIST. (m)	IMPACTO	CARGA (kg)	DESPLAZAMIENTO VERTICAL (Micras)							TEMPERATURA (°C)		HORA	TRANSFERENCIA DE CARGA	DIFERENCIA (S2-S3)
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	AIRE	PAV.			
ADOLFO LOPEZ MATEOS															
1	116	1	6227	258	219	212	184	165	130	107	20	21	23:34:58		7
	119	1	6168	466	461	374	318	264	177	121	20	21	23:38:12	0.811	
	119	1	6170	671	604	392	349	299	214	141	20	21	23:39:46	1.541	
2	171	1	6302	353	307	301	265	210	171	128	20	20	23:41:35		6
	174	1	6197	430	387	373	339	290	230	170	20	21	23:42:53	0.964	
	174	1	6191	408	342	384	353	274	249	183	20	20	23:43:52	0.891	
3	197	1	6255	263	231	231	208	161	148	118	19	20	23:45:59		0
	199	1	6269	359	333	295	262	217	174	129	19	21	23:47:09	0.886	
	199	1	6151	358	297	330	294	236	191	140	19	21	23:48:09	0.900	
4	207	1	6214	260	234	228	205	159	145	113	19	22	23:49:57		6
	209	1	6201	353	322	293	262	224	177	132	19	21	23:51:01	0.910	
	209	1	6164	348	297	319	285	195	189	140	19	20	23:51:56	0.931	
5	227	1	6235	267	242	235	215	191	151	119	16	23	23:52:59		7
	229	1	6158	450	422	361	321	275	210	152	19	20	23:54:11	0.855	
	229	1	6197	450	370	426	381	326	245	178	19	20	23:55:15	0.869	
6	252	1	6207	248	221	219	194	151	137	110	19	20	23:57:04		2
	255	1	6230	465	458	369	322	259	200	141	19	21	23:58:43	0.806	
	255	1	6164	438	349	442	397	336	249	174	19	21	23:59:37	0.790	
7	282	1	6186	258	231	225	200	150	146	117	19	21	0:01:26		6
	285	1	6161	701	687	551	486	381	281	188	18	20	0:05:38	0.802	
	285	1	6125	690	548	666	588	471	362	246	18	21	0:06:34	0.823	
8	302	1	6169	251	215	221	200	181	152	126	19	20	0:07:39		-6
	305	1	6246	275	246	228	201	178	139	108	19	20	0:09:24	0.927	
	305	1	6197	275	242	246	219	193	148	112	19	20	0:10:39	0.984	
9	333	1	6108	298	253	272	252	229	184	141	18	19	0:11:48		-19
	335	1	6129	317	292	266	236	207	161	122	18	21	0:12:44	0.911	
	335	1	6230	314	281	284	250	221	169	127	18	20	0:13:32	0.989	

MARIANO ESCOBEDO

LOSA	DIST. (m)	PACTO	CARGA (kg)	DESPLAZAMIENTO VERTICAL (Micras)						TEMPERATURA (°C)		HORA	TRANSFERENCIA DE CARGA	DIFERENCIA (S2-S3)	
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	AIRE	PAV.				
FRANCISCO VILLA															
1	3	1	6119	377	324	323	289	256	207	164	19	20	2:21:18		1
	5	1	6047	833	802	601	491	385	242	156	19	20	2:23:59	0.749	
	5	1	6092	776	581	785	666	537	344	204	18	20	2:25:01	0.740	
2	34	1	6168	352	326	295	256	226	178	134	19	20	2:26:24		31
	35	1	6114	830	748	617	516	414	265	159	19	20	2:27:23	0.825	
	36	1	6127	789	540	594	527	443	315	202	19	20	2:28:17	0.909	
3	84	1	6117	345	299	281	244	207	159	121	19	20	2:29:45		18
	85	1	6106	574	558	426	353	288	193	132	19	20	2:32:16	0.763	
	86	1	6155	583	443	536	453	375	250	160	19	21	2:33:17	0.828	
4	191	1	6163	444	370	360	304	257	190	140	19	20	2:34:50		10
	193	1	6145	764	714	556	457	357	224	143	19	20	2:35:51	0.779	
	193	1	6129	771	575	696	574	457	288	171	19	20	2:36:44	0.826	
5	263	1	6129	272	254	250	231	212	182	152	19	20	2:38:22		4
	265	1	6091	419	394	339	302	266	211	163	19	19	2:39:18	0.860	
	265	1	6102	410	342	385	341	302	236	183	19	19	2:40:09	0.888	
6	315	1	6091	275	251	246	224	204	171	139	19	19	2:41:11		5
	318	1	6085	386	360	307	270	237	185	141	19	20	2:42:15	0.853	
	317	1	6108	387	314	352	307	262	200	149	19	19	2:43:10	0.892	
7	409	1	6144	207	192	186	170	157	132	107	19	20	2:44:40		6
	412	1	6114	278	260	229	203	180	145	112	19	19	2:45:33	0.881	
	413	1	6088	326	261	249	217	191	151	114	19	21	2:46:24	1.048	
8	499	1	6128	307	283	278	255	231	188	148	19	20	2:47:51		5
	501	1	6068	465	449	385	343	299	233	175	18	21	2:48:55	0.857	
	502	1	6060	406	331	430	385	334	258	190	19	20	2:51:42	0.770	
9	656	1	6132	260	238	236	219	205	177	149	18	21	2:54:19		2
	658	1	6129	462	458	369	321	275	208	152	18	21	2:55:20	0.806	
	659	1	6034	485	382	452	397	340	253	182	18	21	2:56:15	0.845	
10	811	1	6132	260	235	237	223	212	190	170	20	19	2:57:59		-2
	813	1	6095	447	315	343	296	254	188	136	19	19	2:59:42	1.089	
	813	1	6089	457	354	332	287	246	182	132	18	19	3:00:40	1.066	
SAN SERGIO															

# CONCLUSIONES

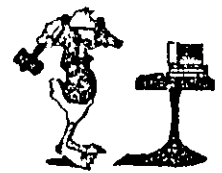
- Existe consenso sobre los principales tipos de daño que se deben tomar en cuenta para el proyecto de pavimentos ( $\epsilon_t$ ,  $\epsilon_v$  y  $\sigma_t$ )
- Aumento en la rigidez de la sub-base trae consigo beneficios significativos
- Incrementar el espesor de carpeta asfáltica no involucra beneficios importantes
- Aumentar el espesor de base contribuye a la disminución de  $\epsilon_t$  y  $\epsilon_v$  (costo alto)
- Aumentar el espesor de la sub-base favorece la disminución de  $\epsilon_v$  pero poco cambio en  $\epsilon_t$
- Considerar para proyecto el factor económico y técnico
- Mayor investigación
- Experimentación a escala natural
- Estricto control de calidad

# CONCLUSIONES

- Mayor representatividad de las condiciones reales



- Reducción en la probabilidad de errores



- Prueba no destructiva

- Datos in situ



- Mayor rapidez

- Económico





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**MANIFESTACIONES DE DETERIORO EN PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS**

**EXPOSITOR: ING. JUAN TÉLLEZ MUÑOZ  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

## **CONTENIDO**

- CAUSAS DE DETERIORO EN PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS
- INSPECCION SISTEMATICA
- LA CORROSION DEL ACERO EN PUENTES
- EL CONCRETO BAJO LA INFLUENCIA DE LOS SULFATOS
- ACCION DE LOS CLORUROS EN EL CONCRETO
- EFECTOS DE LA REACCION ALCALI-AGREGADO, EN EL CONCRETO
- PROCEDIMIENTOS INNOVADORES PARA REHABILITACION  
REPARACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

# **CAUSAS DE DETERIORO EN PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS**

## **MANIFESTACIONES DE DETERIORO EN PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS**

### **CAUSAS DEL DETERIORO EN PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS**

- **INCREMENTO DE LA FRECUENCIA Y PESO, DE LA CARGA MOVIL.** Muchos de los puentes y pasos a desnivel, sobre todo los puentes, son estructuras que tienen mínimo 25 años de vida, por lo que la frecuencia de la carga móvil se ha multiplicado varias veces, respecto a los aforos que se tenían en la época de su diseño; por otro lado, las cargas móviles de diseño en muchos casos fueron la carga móvil HS15 de 24.5 ton. y actualmente las cargas son la HS20 de 32.8 ton, T3S3 de 46.0 ton y la T3S2R4 de 77.5 ton. Es obvio que la mayor frecuencia y la mayor concentración por eje o el mayor peso de los vehículos, ocasionan mayor deterioro en las estructuras de los puentes y pasos a desnivel.
- **INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE.** Indudablemente que las estructuras de los puentes y pasos a desnivel, sufren más deterioro en ambientes marinos como pueden ser los encontrados en las carreteras Costera del Golfo, Costera del Pacífico en sus zonas cercanas al mar, y Autopista Tijuana-Ensenada. En este ambiente marino el acero de refuerzo es más susceptible de sufrir ataques de corrosión que en un ambiente que no lo es. Así también el concreto sometido permanentemente a estos ambientes marinos, sufre ataques por cloruros que lo afectan tanto como al acero de refuerzo, ocasionando que por efecto de la corrosión del acero se fisure, degradándose paulatinamente.

En particular las estructuras de puentes y pasos a desnivel localizados en zonas próximas a complejos petroquímicos como el caso de Coatzacoalcos y Minatitlán en la Costera del Golfo, tienen un motivo adicional para sufrir deterioro, pues es un ambiente por naturaleza corrosivo, sobre todo agresivo para las estructuras de acero estructural, como el caso particular del tramo



levadizo del Puente Coatzacoahuas y los tirantes del Puente Ing. Antonio Dovalí Jaime.

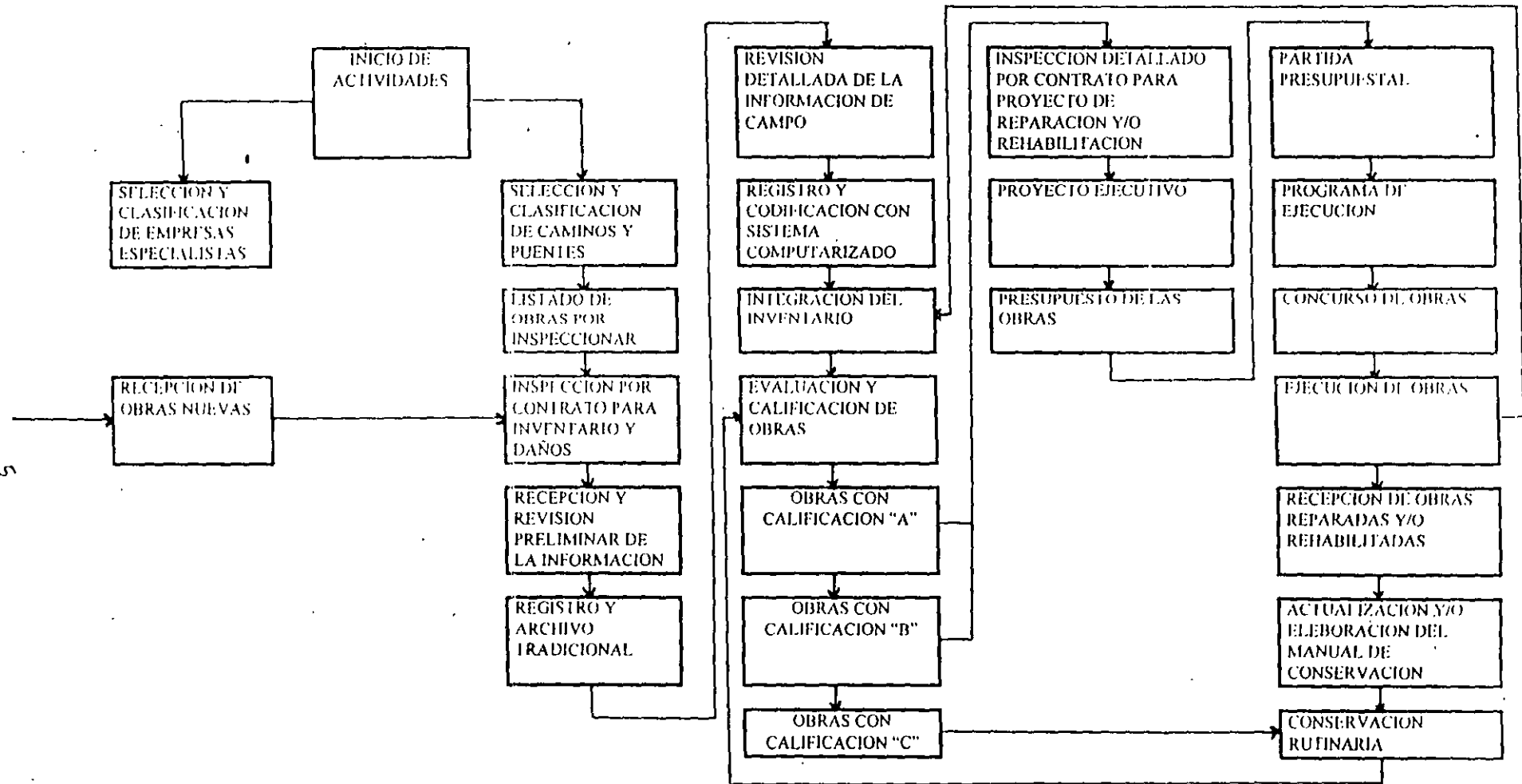
- DEFICIENTES O NULAS ACCIONES DE INSPECCION DE PUENTES O PASOS A DESNIVEL. La manera de detectar los deterioros o anomalías que presenta la estructura, obras exteriores y obras complementarias de un puente o paso a desnivel, es inspeccionándolo periódicamente. Cuando estas inspecciones son deficientes o no se realizan, los daños o deterioros y anomalías que presentan se amplifican de tal manera, que su reparación es cada vez mas costosa y en condiciones cada vez mas difíciles de realizar. El cumplimiento de un programa de inspecciones preliminares que puede llevarse a cabo por la Superintendencia de Conservación de Puentes o mediante contratación de empresas especializadas, permite detectar esos daños y anomalías, cuya reparación puede realizarse a mediano plazo con costos relativamente bajos. De no ser detectados oportunamente, esos daños se amplificarán y su reparación costará cada vez más. En una plática posterior mas detallada, se aprovechará para exponer un sistema para atención de los puentes y pasos a desnivel que de unos diez años acá, se ha venido aplicando en CAPUFE.
- DEFICIENCIA EN EL DISEÑO DEL PROYECTO Y EN LA SUPERVISION DE LA EJECUCION DE LA OBRA. Otro motivo de deficiencias encontrado ha sido que en el diseño no se hayan respetado los mínimos del recubrimiento de acero de refuerzo en el armado de elementos estructurales, pues no se cumple con los valores indicados por las especificaciones de diseño. Este recubrimiento escaso, sobre todo en ambientes corrosivos marinos o petroquímicos, facilita el ataque de corrosión en ese acero de refuerzo, provocando el deterioro de la estructura. Sumando este problema al de una mala supervisión que no verifica recubrimientos correctos y que no se percata de colados mal vibrados que producen zonas permeables a la humedad ambiente, amplifican el deterioro que en la mayoría de los casos se manifiesta

después de varios años. El papel que juega la supervisión en la ejecución de una obra es de tal importancia, que derivado de la atención que se preste a la buena ejecución de la misma, se tendrán obras con mas o menos problemas de deterioro al paso de los años. A continuación se mostrará el "Sistema para la atención de los Puentes y Pasos a Desnivel de CAPUFE".

Como un complemento a esta exposición de causas de deterioro de los puentes y pasos a desnivel, más adelante se complementarán estas ideas con la exposición de los temas "Corrosión del acero en puentes" y "Patología del concreto y acero de refuerzo, en obras civiles".

## **INSPECCION SISTEMATICA**

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES  
 SISTEMA PARA LA ATENCION DE PUENTES Y PASOS A DESNIVEL



## EVALUACION DE DAÑOS Y CALIFICACION DEL ESTADO FISICO DE LAS ESTRUCTURAS

El estado físico de las estructuras de puentes y pasos a desnivel, se califica con alguna de las tres designaciones A, B o C, dependiendo de la gravedad de su daño.

- 9
- CALIFICACION A REQUIERE ATENCION INMEDIATA.**  
Puentes que presentan una o varias deficiencias graves que impliquen un peligro inminente para la seguridad pública o que puedan ocasionar la interrupción prolongada del tránsito sobre dicho puente.
- CALIFICACION B REQUIERE ATENCION A MEDIANO PLAZO.**  
Aquellos puentes que presentan una o varias deficiencias importantes, que de no atenderse oportunamente pueden evolucionar hacia deficiencias graves.
- CALIFICACION C REQUIEREN MANTENIMIENTO NORMAL.**  
Son los puentes que presentan deficiencias menores con evolución lenta y únicamente requieren trabajos rutinarios de conservación, tales como: deshierbe, desazolve de drenes, pintura de parapetos, limpieza y lubricación de apoyos, etc.

**INSPECCION PRELIMINAR DEL ESTADO FISICO DE LOS PUENTES Y PASOS A DESNIVEL**

INSPECCION DEL ESTADO FISICO DE LOS PUENTES

JEFE DE BRIGADA : _____		FECHA : _____	
1.- CARRETERA : _____	COLINEAL A LA CARRETERA _____		
_____	TRANSVERSAL A LA CARRETERA _____		
2.- TRAMO : _____	_____		
_____	_____		
3.- SUBTRAMO : _____	_____		
4.- KILOMETRO : _____	_____		
5.- ORIGEN : _____	_____		
6.- NOMBRE : _____	NO EXISTE _____		
<b>7.- TIPO DE SUPERESTRUCTURA</b>			
CONCRETO REFORZADO _____	CONCRETO PRESFORZADO _____		
METALICO _____	METALICO-CONCRETO _____		
OTRO, ESPECIFICAR _____	_____		
<b>8.- TIPO DE SUBESTRUCTURA</b>			
CONCRETO _____	CONCRETO PRESFORZADO _____		
PILA _____	ESTRIBO _____		
MAMPOSTERIA _____	MAMPOSTERIA _____		
<b>9.- TRAZO GEOMETRICO</b>			
TANGENTE _____	TANGENTE _____		
EN PLANTA CURVA DERECHA _____	EN ELEVACION EN CRESTA _____		_____
CURVA IZQUIERDA _____	EN COLUMPIO _____		
<b>TABLERO</b>			
NORMAL, _____, DESVIADO _____	GRADOS DER., _____		GRADOS IZQ., _____
(SEGUN KILOMETRAJE CRECIENTE)			

10.- ESQUEMAS

PLANTA:



11.- JUNTA DE DILATACION

EXISTE \_\_\_\_\_

NO EXISTE \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

12.- APOYOS

METALICO \_\_\_\_\_ PLOMO \_\_\_\_\_ NEOPRENO \_\_\_\_\_

OTRO \_\_\_\_\_ DESCRIPCION \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

13.- BARANDAL

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

1.4 a - TABLERO DE CONCRETO REFORZADO

DIAFRAGMAS :            NUMERO \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

NERVADURAS :            NUMERO \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

LOSAS :

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

FLECHAS :

SE APRECIAN            \_\_\_\_\_

NO SE APRECIAN            \_\_\_\_\_

MANDAR MEDIR            \_\_\_\_\_

14 b.- TABLERO DE CONCRETO PRESFORZADO

DIAFRAGMAS :      NUMERO \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

NERVADURAS :      NUMERO \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

LOSAS

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1.4 b.- TABLERO DE CONCRETO PRESFORZADO

ANCLAIES

SE APRECIAN \_\_\_\_\_

NO SE APRECIAN \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

MANCHAS :

NO SE APRECIAN \_\_\_\_\_

SE APRECIAN \_\_\_\_\_

LUGAR \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FLECHAS .

NO SE APRECIAN \_\_\_\_\_

SE APRECIAN \_\_\_\_\_

MANDAR MEDIR \_\_\_\_\_

FISURAS :

NO SE APRECIAN \_\_\_\_\_

SE APRECIAN \_\_\_\_\_

LUGAR \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

15.- ESTUDIO DEL CAUCE

A LOS LADOS DE LA ESTRUCTURA, 200 m. EXISTE :

RIO \_\_\_\_\_ CARRETERA \_\_\_\_\_ FERROCARRIL \_\_\_\_\_

OTRO \_\_\_\_\_ ESPECIFICAR: \_\_\_\_\_

EFFECTOS DE SOCAVACION

NO SE APRECIAN \_\_\_\_\_

SE APRECIAN \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ENCAUZAMIENTO

DEFINIDO \_\_\_\_\_ TANGENTE \_\_\_\_\_ EN CURVA \_\_\_\_\_

INDEFINIDO \_\_\_\_\_

CROQUIS (MOSTRANDO PILAS Y ESTRIBOS)

OBSTRUCCION

NO SE APRECIAN \_\_\_\_\_

SE APRECIAN \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

16.- ESTADO DE LA SUBESTRUCTURA

SOCAVACION

SE APRECIA \_\_\_\_\_

NO SE APRECIA \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : (LUGAR Y TIPO) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

DAÑOS POR IMPACTO

SE APRECIA \_\_\_\_\_

NO SE APRECIA \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : (LUGAR Y TIPO) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

HUNDIMIENTOS

SE APRECIA \_\_\_\_\_

NO SE APRECIA \_\_\_\_\_

MANDAR MEDIR \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : (LUGAR Y TIPO) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

DESPLOMES

SE APRECIA \_\_\_\_\_

NO SE APRECIA \_\_\_\_\_

MANDAR MEDIR \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : (LUGAR Y TIPO) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

AGRIETAMIENTOS

SE APRECIA \_\_\_\_\_

NO SE APRECIA \_\_\_\_\_

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

17.- REVISION DE ACCESOS Y CONOS DE DESPLAZAMIENTO

ACCESOS

ACCESOS

EN TERRAPLEN \_\_\_\_\_

EN TERRAPLEN \_\_\_\_\_

ENTRADA EN CORTE \_\_\_\_\_

SALIDA EN CORTE \_\_\_\_\_

A NIVEL \_\_\_\_\_

A NIVEL \_\_\_\_\_

ESTADO DE ACCESOS Y CONOS; DESCRIPCION (REVISAR HUNDIMIENTOS Y DETERIOROS) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

18.- DRENAJES

SUPERESTRUCTURA

EXISTEN \_\_\_\_\_

NO EXISTEN \_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

SUBESTRUCTURA

ESCURRE \_\_\_\_\_

NO ESCURRE \_\_\_\_\_

19.- SEÑALAMIENTO

INDICACION DE EXISTENCIA DE PUENTE Y/O REDUCCION DEL ACOTAMIENTO

ENTRADA	EXISTE _____	SALIDA	EXISTE _____
	NO EXISTE _____		NO EXISTE _____

20.- ALUMBRADO

EXISTE \_\_\_\_\_ NO EXISTE \_\_\_\_\_

ESTADO : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

21.- MANTENIMIENTO

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

22.- REPARACION

DESCRIPCION : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



23.- OTRAS PARTICULARIDADES

DESCRIPCIÓN : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

24.- REPORTE FOTOGRAFICO



RELACION DE ESTRUCTURAS QUE SE LOCALIZAN SOBRE LA AUTOPISTA TIJUANA-ENSENADA (48)

PUENTES: ( 9 )

UBICACION		INSPECCION DETALLADA	INSPECCION PRELIMINAR	INSPECCION DETALLADA	CALIFICACION ACTUAL
KM.	NOMBRE	1990	1993	1994	ACTUAL
34+180	"ROSARITO"		"C"		"C"
45+015	"EL MORRO"	"B"			"C"
52+820	"MEDANOS"	"B"			"C"
56+175	"EL DESCANSO"		"C"		"C"
65+375	"ALISITOS"	"B"			"C"
69+300	"LA MISION"		"A"	"A"	"B"
73+100	"LA SALINA"		"C"		"C"
88+975	"MANANTIALES"	"B"			"C"
98+990	"EL CARMEN"	"B"			"C"

PASOS INFERIORES PARA PEATONES ( 4 )

UBICACION		NOMBRE	INSPECCION DETALLADA	INSPECCION PRELIMINAR	INSPECCION DETALLADA	CALIFICACION ACTUAL
KM.			1990	1993	1994	ACTUAL
29+030		S/N				"C"
29+900		S/N				"C"
33+860		S/N				"C"
70+950		"MAL PASO I"	"A" (DESMANTELADO)		"A"	
71+789		S/N		"C"		"C"



PASOS INFERIORES VEHICULARES (14)

UBICACION	NOMBRE	INSPECCION DETALLADA	INSPECCION PRELIMINAR	INSPECCION DETALLADA	CALIFICACION ACTUAL
KM.		1990	1993	1994	
14+625	ENTRONQUE "LA JOYA"	"C"			"C"
22+000	ENTRONQUE "SAN ANTONIO"			"A"	"C"
24+620	ENTRONQUE "RANCHO DEL MAR"		"C"		"C"
28+875	"LA TOMATERA"	"C"			"C"
29+395	"ROSARITO NORTE I"		"C"		"C"
29+600	"ROSARITO NORTE II"		"C"		"C"
32+257	"KONTIKI"	"A"			"C"
34+650	"ROSARITO SUR I"	"C"			"C"
34+900	"ROSARITO SUR II"	"C"			"C"
37+405	S/N	"C"			"C"
52+110	"REYNOSA"	"C"		"C"	"C"
59+970	"CARDENAS"	"C"		"B"	"C"
77+710	ENTRONQUE "JATAY"	"B"		"B"	"C"
83+970	ENTRONQUE "EL MIRAD"	"C"			"C"



PASOS SUPERIORES ( 21 )

UBICACION	NOMBRE	INSPECCION DETALLADA	INSPECCION PRELIMINAR	INSPECCION DETALLADA	CALIFICACION
KM.		1990	1993	1994	ACTUAL
9+950	"EL VIGIA"		"C"		"C"
	ENTRONQUE "PUNTA				
16+080	BANDERA"		"C"		"C"
40+350	"POPOTLA"		"C"		"C"
44+015	"GAVIOTAS"		"C"		"C"
46+850	"LA LADRILLERA"		"C"		"C"
49+285	ENTRONQUE "CANTILES"		"C"		"C"
50+440	"PUERTO NUEVO"		"C"		"C"
53+145	ENTRONQUE "CANTA MAR"		"C"		"C"
53+785	"PRIMO TAPIA"		"C"		"C"
55+625	"LA POSTA"		"B"		"B"
56+235	S/N		"C"		"C"
	ENTRONQUE "CUENCA				
58+530	LECHERA"		"C"		"C"
60+720	"LAS CHIVAS"		"C"		"C"
64+410	"STA. MARIA"		"C"		"C"
65+480	ENTRONQUE "ALISITOS"		"C"		"C"
68+000	S/N		"C"		"C"
68+650	S/N		"C"		"C"
69+820	"PUNTA PIEDRA"		"C"		"C"
72+900	"LA SALINA"		"C"		"C"
82+030	"JATAY"		"C"		"C"
87+640	S/N		"B"		"B"

# LA CORROSION DEL ACERO EN PUENTES

## LA CORROSIÓN DEL ACERO EN PUENTES

La corrosión es un proceso de deterioro que se da en los materiales, particularmente en los metálicos, cuando estos interactúan con un medio agresivo: una atmósfera contaminada o un líquido corrosivo, líquido puro o solución acuosa de electrolitos. En este último caso, las sustancias corrosivas son productos químicos que al disolverse se disocian en cargas positivas y negativas.

Así por ejemplo, atmósferas corrosivas son, como la de la ciudad de México, contaminadas con  $H_2S$ ,  $SO_2$  y  $SO_3$  principalmente que, en presencia de la humedad ambiental forman ácidos y se disocian en iones agresivos.  $S^{-2}$ ,  $SO_3^{-2}$  y  $SO_4^{-2}$ , iones éstos sulfuro, sulfito y sulfato respectivamente. Particularmente agresivas son las atmósferas de las zonas portuarias, que en la humedad que arrastran llevan, además iones  $Cl^{-}$  (cloruro)

Todos estos materiales agresivos, actúan sobre metales de las estructuras expuestas, de concreto reforzado y de concreto presforzado, en cada caso de manera específica de acuerdo con las características de los sustratos y las condiciones de ataque corrosivo.

### 1.- El acero expuesto

En el caso del acero estructural expuesto, como es el caso que se da en los puentes de Coatzacoalcos I o de Alvarado, por ejemplo, los procesos corrosivos dependen de factores fuertemente relacionados con las condiciones del sustrato naturaleza del acero, propiedades y estado actual de los recubrimientos anticorrosivos y de condiciones externas como la composición atmosférica, la humedad relativa y el régimen de lluvias

En muchas ocasiones el acero de los puentes es el mismo de origen, pero en la mayor parte de éstos las reparaciones se han realizado utilizando aceros comerciales del tipo A36 O A50, de modo tal que cada uno de esos aceros se comporta un poco diferente frente a los medios corrosivos, dando lugar a procesos y estados de deterioro diversos

En algunos puentes como el Coatzacoalcos I, se presenta una situación particular. cada elemento metálico, dependiendo del papel estructural que juega esta conformado con una acero especial (especificaciones DIN), con la circunstancia consecuente de que ello da lugar a dos cuestiones importantes:

- Cada pieza del puente presenta un proceso corrosivo suigeneris frente a condiciones agresivas semejantes.
- Las consecuencias estructurales de estas acciones corrosivas, son diferentes en cada caso, aún cuando el proceso corrosivo llegue a ser similar.

Así pues, en beneficio del óptimo comportamiento mecánico de los elementos del puente, el tipo y concentración de aleantes en un acero, puede dar lugar frente a un contaminante atmosférico o en su caso manno, a diferentes tipos de corrosión y lo que en algunos casos puede ser la corrosión generalizada del alma de una pieza de puente o de un larguero, por ejemplo, en un montante o en una diagonal podría ser una forma de corrosión localizada que incluso, llegue a perforar el acero

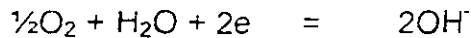
Por otro lado, un mismo tipo de corrosión con sus consecuencias deteriorantes, da lugar a cambios en las propiedades estructurales al grado de que, la afectación en un montante central de la armadura de un puente, tiene consecuencia muy diferentes de las que corresponden a una pieza similar cerca de los apoyos

Ahora bien, las reacciones electroquímicas en las zonas anódicas y catódicas de las miles de pilas de corrosión que se forman en el proceso deteriorante, son las siguientes:

En las zonas anódicas:



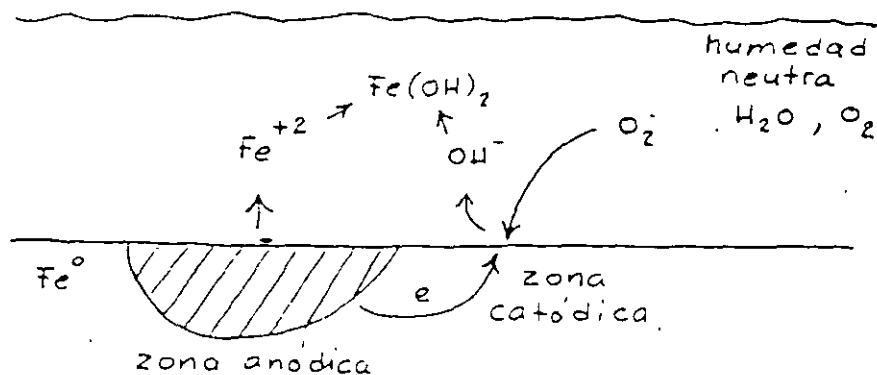
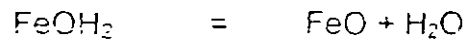
En las zonas catódicas neutras:



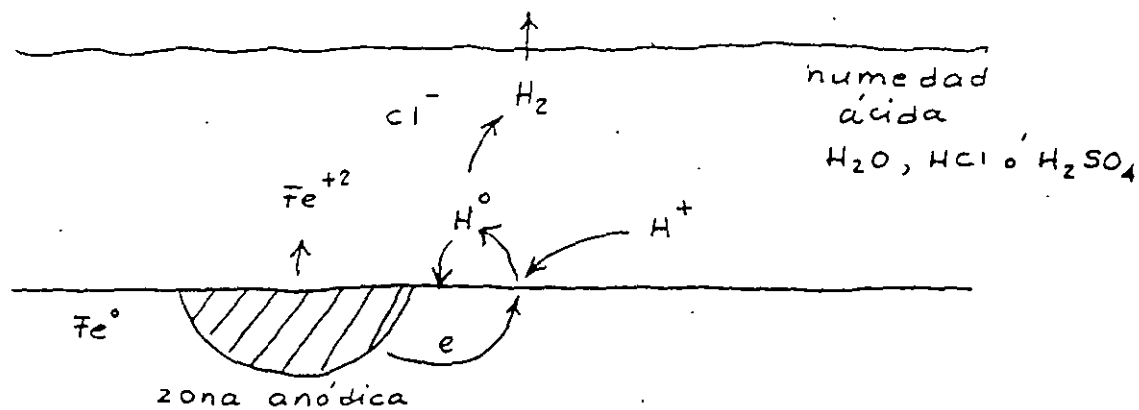
En las zonas catódicas ácidas (consecuencia de atmósferas ácidas):



Como puede observarse, en tanto que en las zonas anódicas se produce frente al contenido salino de la atmósfera corrosiva, una concentración importante de iones ferrosos ( $\text{Fe}^{+2}$ ), en las zonas catódicas se forman iones alcalinos ( $\text{OH}^-$ ), afectando al recubrimiento anticorrosivo y desprendiéndose en el mismo proceso, hidrógeno gaseoso que puede introducirse en el acero, fragilizándolo y favoreciendo con ello, la fractura del metal ante esfuerzos que en otras condiciones no serían críticos. Finalmente, los productos de estas reacciones dan lugar a la formación de hidróxido ferroso ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ), que al deshidratarse, produce esa mezcla de óxidos de naranja a negro, que todos hemos observado:







Por este motivo, las estructuras metálicas expuestas a atmósferas agresivas, deben protegerse mediante la aplicación de recubrimientos que cumplan con tareas como:

- Una protección de barrera que tiene como propósito, aislar al sustrato del medio ambiente (recubrimiento epóxico, por ejemplo) y
- Una protección específica del sustrato y un recubrimiento general, fuertemente resistente a la atmósfera, lo que constituye los sistemas de primario y acabado respectivamente ( como puede ser un epóxico con zinc y un poliuretano elastomérico)

Cuando se trata de acero sumergido en un medio acuoso, como un río, una laguna o el mar, como es el caso de las piernas de las plataformas o las columnas que sostienen parcialmente el puente Coatzacoalcos I por ejemplo, los procesos corrosivos son similares a los mencionados, sólo que en este caso, independientemente del tipo de protección, puede aplicarse protección catódica con ánodos galvánicos o corriente impresa

#### Referencias:

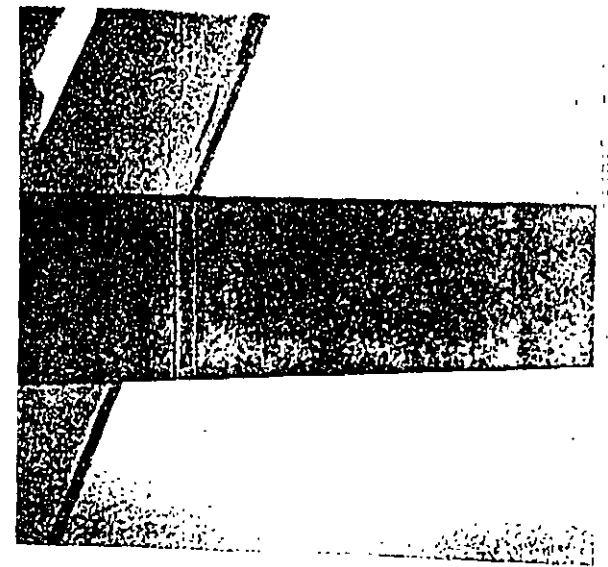
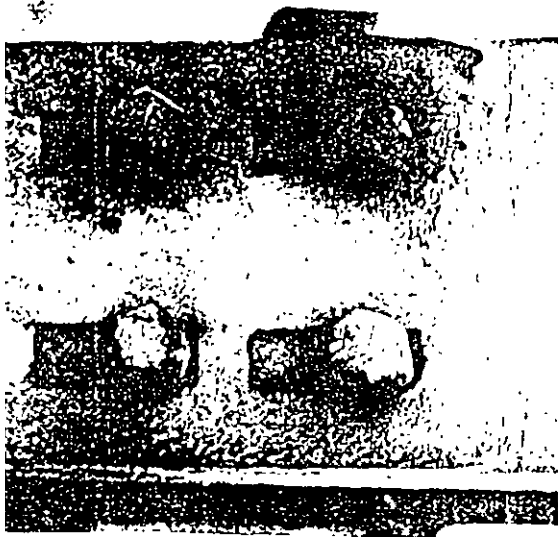
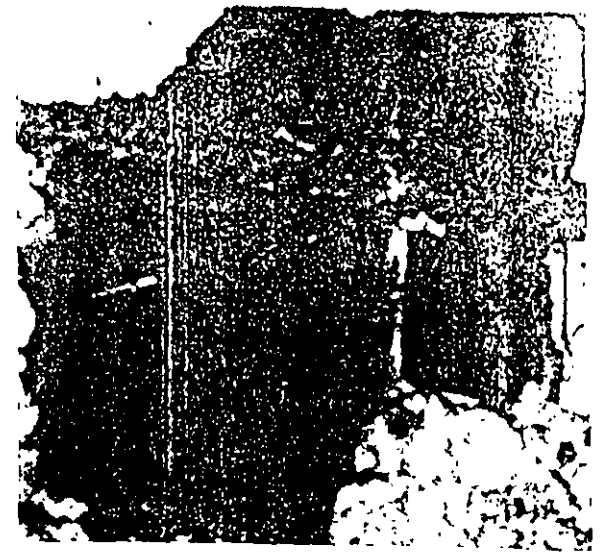
Demetrios E. Tonias **BRIDGE ENGINEERING** McGraw-Hill, Inc N Y 1994

Parsons & Brinckerhoff **BRIDGE INSPECTION AND REHABILITATION**

John Wiley & Sons, Inc N Y 1993

Highway Research **RECORD** No 110 Highway Research Board Washington

D C. 1966



CORROSIÓN EN  
ZONAS OCULTAS  
(aeración diferencial)

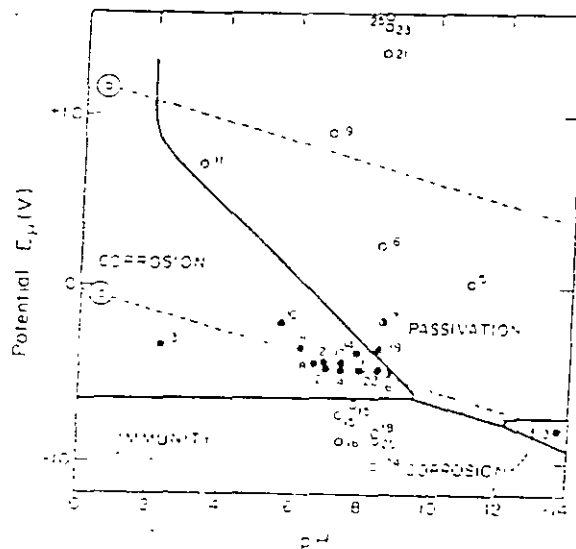
CORROSIÓN  
LOCALIZADA

CORROSIÓN  
GENERALIZADA

## 2.- El acero de refuerzo

El acero en el concreto reforzado es barra de acero al carbón embebido en un medio alcalino ( $\text{pH} = 12$  a  $13$ ), que es la interfase con el concreto. En condiciones óptimas este concreto debe ser un producto con una densidad aproximada de  $2500 \text{ Kg/m}^3$  y una relación agua cemento no mayor a  $0.35$

Generalmente, el acero de refuerzo se ahoga en el concreto, desnudo quizá con algo de cáscara de laminación que es un óxido de fierro configurando una capa muy delgada. No obstante ello, lo que en principio protege al acero en cuestión es el hecho de que el  $\text{pH}$  de  $12$  en la interfase acero-concreto, es lo suficientemente alto para situarlo en la zona de pasivación (Diagrama de M Pourbaix), ésto es, para protegerlo contra la corrosión del agua de fraguado del concreto

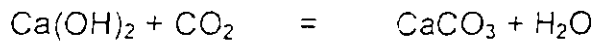


Sin embargo, dado que los "colados" en la práctica nunca son compactos ni están libres de huecos y hendiduras e incluso de fisuras, de un modo u otro las aguas de lluvia o de lavado, que siempre contienen, cuando menos iones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4$  y  $\text{O}_2$ , penetran fácilmente hasta el acero de refuerzo, provocando procesos corrosivos que oscilan entre estados de oxidación superficial y pasivante, hasta francos fenómenos de deterioro que llegan a trozar las varillas del metal

Los procesos corrosivos y las reacciones electroquímicas correspondientes son similares a las mencionadas en el caso del acero expuesto, con algunas circunstancias particulares:

- Es típica la formación de pilas de aereación diferencial, ocasionando corrosión de zonas ocultas.  
Los iones provocadores del proceso corrosivo, son básicamente los iones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{-2}$ .
- El agua que llega a la interfase acero-concreto, frecuentemente se acumula en los huecos que se forman ahí, provocando la continuidad del proceso de corrosión.
- Cuando al concreto se le ha agregado  $\text{CaCl}_2$  para acelerar el fraguado, la corrosión se acelera y las consecuencias resultan desastrosas.

Por otra parte, conviene considerar el hecho de que al penetrar el  $\text{CO}_2$  atmosférico al interior de las fisuras en el concreto, reacciona con el  $\text{Ca(OH)}_2$  de éste,



abatiendo el pH de la interfase a 8-8.5, ubicándolo por detrás de la zona de pasivación, lo que favorece los subsiguientes procesos corrosivos

Por su parte, en el ambiente marino, el problema se complica debido a que, además, la elevada concentración de  $\text{Cl}^-$  en la brisa (casi 30%), verdaderamente destruye al acero de refuerzo, al grado de que unas veces se llega a pulverizar como óxido y otras destruye al concreto la presión que ejerce el volumen que ocupan los óxidos de fierro, con frecuencia de 8 a 10 veces el del acero del que provienen

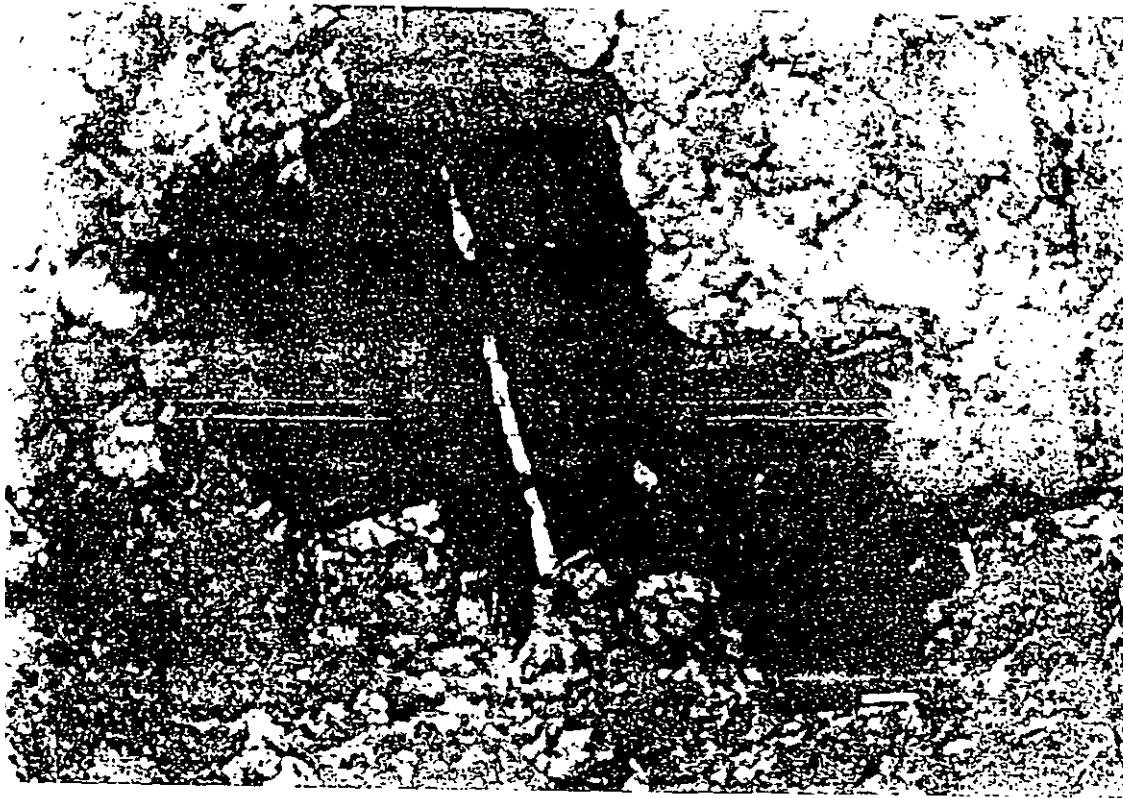
Ahora bien, de manera simplificada puede considerarse que la protección del acero de refuerzo, se lleva a cabo de diferentes maneras:

- Protección previa de la "varilla de construcción" recubriéndosele con productos epóxicos.
- Protección del acero descubierto cuando el concreto que lo rodea se ha deteriorado, utilizando mastiques o morteros epóxicos.
- Protección catódica mediante cintas, instalada desde el colado mismo de las vigas, las losas o las columnas de concreto reforzado.

#### **Referencias:**

- K. B. Pithouse. **The Cathodic Protection of Steel Reinforcement in Concrete**  
Corrosion Prevention & Control. Oct. 1986.
- Ivan Medgyesi et. al **Control de la Corrosión del Refuerzo en Estructuras de Concreto Reforzado.** Instituto FTV de Budapest, Hungría. Traducción al español por el Centro de Documentación Técnica de SCT. Marzo de 1990.
- R. J. Cope. **CONCRETE BRIDGE ENGINEERING: PERFORMANCE AND ADVANCES.** Elsevier Applied Science Publishers, Ltd. England. 1987
- José E. Romero López. **Las Resinas Epóxicas en la Rehabilitación de Estructuras de Concreto.** Construcción y Tecnología Vol IX No 107 Abril de 1997.

## CORROSIÓN EN ACERO DE REFUERZO



## CORROSIÓN EN ACERO DE PRESFUERZO



### 3. EL Acero de Presfuerzo

El acero de presfuerzo es un acero de alta resistencia a la tensión, con una composición media de:

C	0.6	a	0.9 %
Si	0.12	a	1.9 %
Mn	0.3	a	1.2 %

como aleantes fundamentales que le proporcionan un incremento de  $10 \text{ Kg/mm}^2$  en su resistencia a la tensión, por cada unidad porcentual en el contenido de cada uno de los elementos Mn y Si. Además, el Si en la proporción referida, aumenta el límite de cedencia del material y su resistencia a la corrosión.

Sin embargo, los impactos mecánicos y los calentamientos puntuales dan lugar a incrementos en la energía libre del metal y en consecuencia facilitan las fracturas, tanto debidas a corrosión bajo tensión, como por fragilización por hidrógeno

#### 3.1 Fractura por corrosión bajo tensión

La fractura por corrosión bajo esfuerzo es un tipo de corrosión altamente localizado y se define como la fractura perpendicular al esfuerzo de tensión en una aleación, como resultado de la acción combinada de la corrosión y del esfuerzo estático a la tensión, aún cuando con frecuencia sea imperceptible el nivel de corrosión previo a la falla del material. Este esfuerzo al que se hace referencia, puede ser residual o bien debido a una acción externa. El efecto en el metal, puede manifestarse como una fractura intercrystalina, similar a las que se dan en la corrosión de este tipo. Sin embargo, la fractura por corrosión bajo tensión, no ocurre sin esfuerzo, aún cuando se presente corrosión intercrystalina. En general, hay un umbral de esfuerzo, por debajo del cual no se presenta la fractura.

Aún cuando no se conoce cabalmente el mecanismo de la fractura por corrosión bajo tensión, el hecho de que sólo se dé en aleaciones, revela la importancia de la composición, el tratamiento térmico y el procesamiento

mecánico a que se someten los materiales que, en estas condiciones, fallan abruptamente, sin deformarse

En virtud pues, de que el acero de presfuerzo se utiliza bajo condiciones de fuerte tensión, este material cuando menos es susceptible de sufrir este tipo de fallas.

### 3.2 Fragilización por hidrógeno

En virtud de que la ductilidad del acero se reduce considerablemente al aumentar su contenido de hidrógeno, lo que puede provocar la fragilización y la falla repentina, es necesario distinguir entre la fractura por corrosión bajo tensión y la fragilización por hidrógeno. En ambos casos hay fallas violentas, pero las causas son diferentes. La corrosión bajo tensión es resultado de un proceso anódico, en tanto que la fragilización por hidrógeno es un proceso catódico.

La fragilización por hidrógeno se acelera con un mínimo de esfuerzo. El hidrógeno, producto de su formación en la reducción catódica de un proceso corrosivo, no es peligroso, pero en presencia de contaminantes, como el  $H_2S$  y el  $SO_2$ , fácilmente es absorbido por el metal, fragilizándolo.

En síntesis, en las zonas de una trabe de concreto presforzado, donde se han quedado al descubierto alambres o torones, como resultado de la destrucción de las fundas del sistema de postensado por ejemplo por lo regular se manifiestan signos evidentes de corrosión en diversos grados de avance: se trata de corrosión bajo tensión. Ahí, pueden presentarse fracturas súbitas. Al mismo tiempo, la eventual presencia de agua de lluvia acumulada por diversas vías y con un cierto contenido de nitratos, característicos, constituye uno de los medios más proclives a la fractura por corrosión bajo esfuerzo. También la presencia de cloruros puede ser causa de este fenómeno.



La probabilidad de fragilización por hidrógeno es mayor cuando en la atmósfera que rodea a los cables, contiene cantidades aún mínimas de  $H_2S$  y/o  $SO_2$ , lo que con mucha facilidad se da en los puentes carreteros, como consecuencia de la concentración de emisiones de los motores de combustión interna a todo lo largo de la obra.

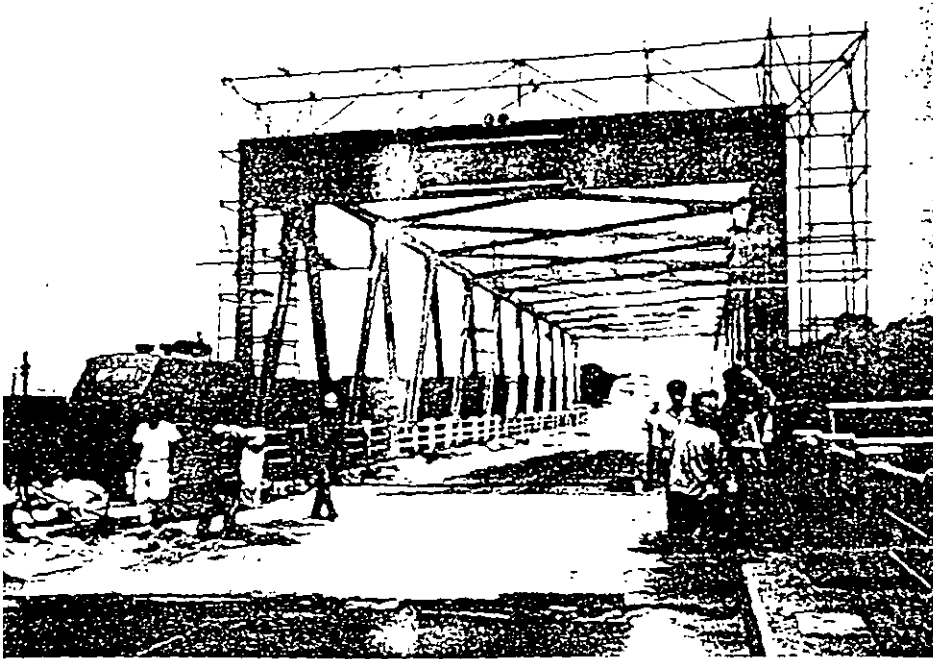
Por lo demás, no debe olvidarse que el acero de refuerzo, también se corroe y se destruye dejando de jugar su papel y contribuyendo a la formación de grietas, fisuras y disgregaciones que con frecuencia dan lugar a que los sistemas de presfuerzo se desnuden, con todas las consecuencias corrosivas mencionadas.

Por ahora, no existen muchas alternativas para la protección anticorrosiva del acero de presfuerzo, dadas las condiciones de su instalación. Actualmente sólo se cuenta, de manera efectiva, con procedimientos de detección de los procesos de deterioro.

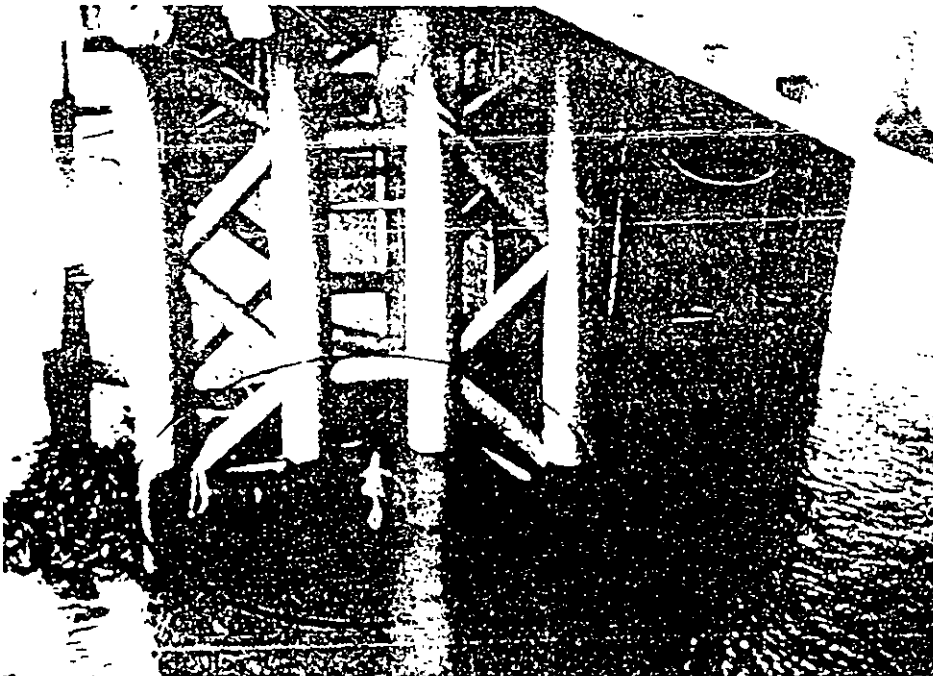
#### Referencias:

- G. V. Karpenko e I. I. Vasilenko **STRESS CORROSION CRACKING OF STEELS**. Freund Publishing house, Tel Aviv Israel 1979
- F. Leonnarat **PRESTRESSED CONCRETO**. Wilhelm Ernst & Sons Berlín 1964
- C. Figueroa Ruano **ACEROS Y ALEACIONES**. Gráfica Turriles México 1984
- Enrique Villarreal Domínguez **SISTEMA ELECTROQUÍMICO PARA LA DETECCIÓN DE PROCESOS CORROSIVOS EN CONCRETO PRESFORZADO Y REFORZADO**. Patente de invención No 184500 México 1997.

PRIMARIO Y ACABADO EN EL  
PUENTE DE ALVARADO



SISTEMA DE PROTECCIÓN CÁTÓDICA  
EN LAS PILAS DEL COATZACOALCOS I



**EL CONCRETO BAJO LA INFLUENCIA DE LOS  
SULFATOS**

# EL CONCRETO BAJO LA INFLUENCIA DE LOS SULFATOS

ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES  
CONTROL DISEÑO Y PATOLOGÍA DE  
OBRAS CIVILES S.A. DE C.V.

## 1.- INTRODUCCION.

El ataque y desintegración del concreto bajo la influencia de sustancias agresivas que se pueden encontrar en forma de líquidos, vapores o materia sólida, es aún en nuestros días un fenómeno no del todo bien entendido. El estudio del deterioro de las estructuras de concreto ha tomado un interés particular a partir de los años cincuenta, situación que puede tener diferentes motivos de entre los cuales se pueden citar la creciente construcción de estructuras de concreto, la necesidad de reparar lo antes construido, la falla de estructuras en forma prematura etc.

Los tipos de daños que pueden afectar cualquier estructura se pueden clasificar en forma general en dos grupos: *Daños de carácter mecánico* y *Daños de carácter químico*, esta clasificación se realiza tomando como referencia la principal influencia de las degradaciones en una estructura, sin embargo es pertinente tener siempre presente que la relación entre los dos tipos de daños es muy íntima, esto es, un problema de tipo mecánico nos conllevará tarde o temprano a degradaciones de carácter químico y viceversa

El análisis de los daños en el concreto ha sido tema de atención para un gran número de investigadores e instituciones en todo el mundo, los cuales concuerdan en que los síntomas de los daños en una estructura se presentan en forma de Deflexiones, Fisuras, Expansiones, Desintegración del concreto o Colapsos ya sea parciales o totales

De los mecanismos de degradación sin lugar a dudas los más complicados por comprender son los de carácter químico, debido a que no solo es necesario conocer claramente el comportamiento del concreto como material único, sino también, la relación de éste con el acero que lo refuerza y con las sustancias que lo degradan

Citar cada una de las sustancias o agentes que son dañinos al concreto, es una labor muy amplia, e incluye un sinnúmero de variables, por lo que en el presente escrito se pretende dar un idea general del fenómeno que a juicio de muchos investigadores y del que suscribe tiene que ver mucho con el comportamiento insatisfactorio de un gran número de obras civiles y de edificación, y que en la literatura técnica común no se encuentra aún bien especificado, siendo éste el fenómeno de los sulfatos dentro de la masa del concreto

## 2.- ORIGEN DE LOS SULFATOS.

Un gran número de procesos destructivos debidos a la formación de sales se puede relacionar con la agresividad de los sulfatos.

El ión sulfato causante de la degradación del concreto puede estar presente en el suelo o en el agua subterránea o freáticas, en soluciones acuosas de ácido sulfúrico o en forma de sales. Sulfatos que son identificados como anión  $SO_4$

Las sales de sulfatos dañinas al concreto están presentes principalmente en suelos selenitosos con yeso y en aguas freáticas de estos mismos suelos, agua de mar, aguas de desecho de la industria química. Cabe hacer mención que el agua de mar aparte de contener sales de sulfatos está compuesta de otras sales cuyo trabajo químico en conjunto la hacen ser de mediana a severamente dañina .

Las aguas principalmente dañinas son aquellas que contienen concentraciones de:

*Sulfato de calcio (yeso) , sulfato de sodio, sulfato de magnesio y aguas de desechos industriales.*

Los sulfatos en forma de sales altamente agresivos son:

*De amonio, calcio, magnesio y de sodio .*

Los sulfatos que se consideran menos agresivos son

*De cobre, de aluminio de bario, por ser insolubles al agua*

El origen de los sulfatos puede ser Natural, Biológico o industrial

### 2.1.- Formación de sulfatos en la Naturaleza.

En forma general todos los suelos contienen sulfatos los cuales constituyen un material alimenticio para las plantas. Su concentración por lo regular es baja oscila entre 0.01 y 0.05% en suelos secos. Sin embargo no es raro encontrar suelos con una cantidad mayor (superior a 5%) en algunas regiones donde el suelo puede contener yeso

Los suelos arcillosos o de aluvión son susceptibles de contener pirita que se oxida al contacto con el aire y la humedad formando ácido sulfúrico. si este es combinado con

el carbonato de calcio finamente distribuido en el suelo formará yeso al mismo tiempo que se desprenderá ácido carbónico.

Una parte de ese yeso formado podrá ser disuelto por el agua freática donde permanecerá una parte cristalizada en forma de yeso. Consecuentemente se formaran tres componentes dañinos llamados componentes finales de la descomposición de la pirita: ácido sulfúrico, sales de sulfato y ácido carbonico.

La oxidación de la pirita se torna diferente cuando se encuentran vestigios de carbón el cual tendrá un efecto reductor en la oxidación. Sin embargo si existe aire en suficiente cantidad la oxidación se llevará a cabo independientemente de la presencia de carbón y la formación de sulfatos continuará.

Bajo la acción del ácido sulfúrico el potasio y el sodio contenido en los feldespatos es transformado en sulfato de sodio y sulfato de potasio los cuales son altamente solubles al agua y dañinos al concreto.

Los sulfatos son formados e introducidos en el agua freática de la manera como se describe a continuación.

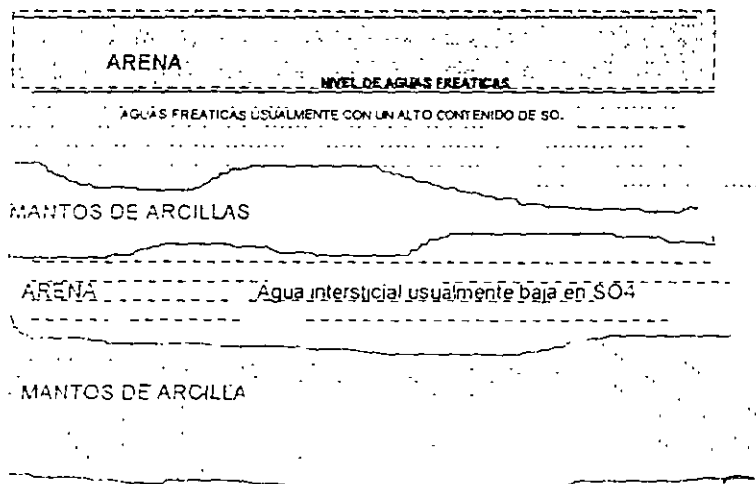


fig. 1

Como se vera más adelante el ion magnesio contenido en las aguas freaticas tienen su origen principalmente de la dolomita y en menor grado de la biotita y clorita. La mayor parte de los iones de sodio en las aguas freáticas vienen de la plagioclasa y solamente una pequeña parte de la biotita y probablemente de la glauconita. Las fuente del potasio son los feldespatos, biotita y glauconita.

El hierro contenido en la pirita y el fierro liberado por la descomposición de los silicatos son limitados por la limonita, hematita y magnetita. El calcio, liberado de la calcita, dolomita y feldespatos, son precipitados en los suelos arcillosos o en un medio como el yeso, podrá aportar una parte al agua freática en forma de iones de calcio

Como se ha comentado, una cantidad importante de los sulfatos son debidos a la oxidación, fenómeno que no se podría desarrollar sin la presencia del aire. Por lo que es fácilmente entendible que la formación de los sulfatos en las aguas cercanas a la superficie es más fácil y en mayor escala que en las aguas de mantos artesianos profundos.

Los sulfatos de las aguas freáticas no dependen exclusivamente de la pirita, yeso y sustancias orgánicas contenidas en los suelos, sino también a los tres factores siguientes.

- 1.- Ventilación del suelo.
- 2 - Velocidad del flujo de las aguas freáticas.
- 3.- Velocidad de evaporación.

## **2.2.- Formación de sulfatos debido a la acción biológica.**

Los sulfatos presentes en el suelo pueden provenir también de la descomposición biológica de tipo aeróbica de sustancias orgánicas que contienen proteínas y/o azufre. lógicamente en este caso sólo se toma en cuenta la albúmina sulfúrica.

En ambientes húmedos el azufre normalmente está presente en forma de compuestos orgánicos. Sulfatos que pueden ser fácilmente disueltos en el suelo, mientras que el azufre combinado en forma de compuestos inorgánicos ofrece una mayor resistencia a ser disuelto y es transformado gradualmente en sulfatos. Esta transformación de azufre orgánico en sulfato requiere de la descomposición del nitrógeno contenido en las albúminas, en los nitratos incrementando así la acidez del suelo

De acuerdo a las investigaciones realizadas en diferentes países el uso de abonos artificiales y el estiércol aumentan en forma importante el contenido de sulfatos en el suelo, aunado a esto, el cultivo del suelo promueve la ventilación del suelo con lo que a ciertas profundidades se incrementa la oxidación del azufre en grandes extensiones, motivo por el cual en suelos cultivados las concentraciones de sulfatos pueden aumentar hasta en un 100% respecto a suelos no cultivados.

La contaminación con sulfatos de origen fecal puede ocurrir por todas partes, con lo que la agresividad del suelo y las aguas freáticas se puede deber a la contaminación de diferentes sustancias.

Cuando se lleva a cabo la construcción de una nueva obra en un terreno cultivado es necesario realizar un estudio profundo sobre el contenido de sulfatos en el suelo así como en el agua subterránea que pudiera llegar a tener contacto con el concreto.

### **2.3.- Formación de Sulfatos como resultado de la contaminación Industrial.**

Existen una gran cantidad de plantas industriales y fábricas (fertilizantes, galvanizados, laboratorios fotográficos, coque), las cuales desalojan en sus entornos una gran cantidad de desechos que al descomponerse en el medio ambiente producen sulfatos que penetran al suelo y a las aguas subterráneas, como un ejemplo de éstas sustancias son el carbón o la escoria, por lo que no es raro que se lleguen a encontrar concentraciones de sulfatos de 1000 a 2000 mg de  $SO_4$  por litro.

Los rellenos con carbón y escoria incrementarán los sulfatos en el agua subterránea y el suelo, contaminando una extensión amplia.

Por otro lado en las zonas industriales así como en las zonas urbanas la combustión de carbón o gasolinas con una cierta cantidad de azufre liberará dióxido de azufre que en presencia de oxígeno y humedad forman el ácido sulfúrico. Un efecto indirecto del humo cargado de dióxido de azufre se hace presente en las ciudades donde las eflorescencias (salitre) y la degradación de ciertas fachadas son debidas frecuentemente a la formación superficial de yeso y a la adherencia de polvos como cenizas, partículas de carbón etc

Las aguas de lluvia, en particular las lluvias ácidas pueden contener sulfatos en forma de ácido sulfúrico el cual ataca la superficie del concreto endurecido así como el concreto plástico

### **3.- PROCESO DE ATAQUE POR SULFATOS.**

Los efectos que causan los sulfatos en la masa del concreto se clasifican en tres grupos:

A - Simultáneamente con la lixiviación o lavado de una parte de los componentes del concreto ya endurecido, principalmente del  $Ca(OH)_2$ , el valor del pH es reducido. Consecuentemente la hidrólisis continúa y se tiene como resultado final la formación de geles no expansivos de sílice, óxido de aluminio, y de óxido de hierro, que al ser



solubles al agua se pierden, aumentando con esto la porosidad en el concreto permitiendo la penetración en forma más rápida de los agentes degradantes dando con ello una degradación mayor al concreto.

B.- Transformación de componentes del concreto endurecido en geles no expansivos e insolubles al agua los cuales permanecerán dentro de la masa del concreto, sin embargo por su consistencia provocarán una disminución en la resistencia del concreto.

C - Los poros y vacíos del concreto son llenados con formaciones de cristales los cuales al endurecer expanden y destruyen al concreto.

La degradación del concreto por los sulfatos es debido principalmente al fenómeno de expansión en relación con la cristalización de la etringita, siendo ésta etringita secundaria.

La formación de la etringita *expansiva destructiva* se distingue de la *expansiva no destructiva o primaria*, obtenida en las primeras etapas de la hidratación del cemento Portland por reacción del yeso puesto que la etringita primaria es expansiva pero se presenta en la etapa plástica del concreto motivo por el cual no causa daños a la masa al experimentar el aumento de volumen.

Esquemáticamente, la formación de la etringita se presenta a continuación:

- La formación de yeso secundario por oposición al primario utilizado como retardante en el cemento. La formación del yeso secundario es resultado de una reacción de sustitución entre la portlandita y los sulfatos. Por ejemplo con el sulfato de sodio.

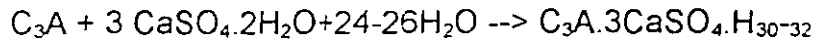


Si la cantidad de sulfatos es elevada (superior a 1000 mg/lit) y la concentración local de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  en la fase líquida intersticial del concreto excede la producción de solubilidad del yeso; este último se precipita. El volumen del sólido precipitado representa un poco más del doble del volumen de los productos iniciales y por lo tanto se presenta una expansión. Sin embargo en la mayoría de los casos esta reacción se mantiene limitada en la medida de que el yeso se forme bajo un proceso de disolución y de cristalización dentro de los espacios libres de la matriz del concreto

- Reacción entre el yeso secundario y los aluminatos de calcio del cemento que forman etringita

Algunos escenarios considerados son:

Sea a partir del C<sub>3</sub>A anhidrido



Sea a partir del aluminato tetracálcico hidratado C<sub>4</sub>A<sub>H13</sub> de monosulfoaluminato de calcio C<sub>3</sub>A.Ca SO<sub>4</sub> H<sub>12</sub>

Según la composición de la fase líquida, en particular de la cantidad de cal, la cristalización de la etringita puede ser expansivo o no.

Dentro de los productos ricos en cal, donde su solubilidad es reducida según lo indica la tabla No 1, la etringita se forma en el sitio al contacto del aluminato de calcio en presencia de una cantidad limitada de una solución fuertemente saturada. La velocidad de germinación, muy superior a la velocidad de crecimiento de cristales, conducen a la formación en masa de pequeños cristales de naturaleza más o menos coloidal. El sólido neoforme, donde el volumen molecular es de tres a ocho veces mayor que el del sólido inicial, sabiendo que se trata del C<sub>3</sub>A o de C<sub>4</sub>AH<sub>13</sub>, desarrollando esfuerzos muy elevados los cuales son debidos a la presión que acompaña a su formación.

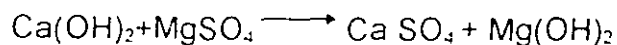
CaO (g/l)	0.065	0.112	0.168	0.224	0.670	1.080
C <sub>3</sub> A 3CaSO <sub>4</sub> ·H <sub>30-32</sub> (g/l)	0.225	0.165	0.115	0.080	0.030	0.002

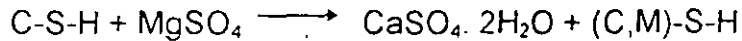
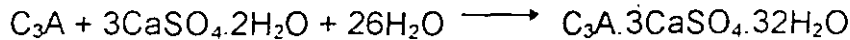
Tabla 1

Por lo contrario dentro de los cementos que liberan menos portlandita, la etringita precipita a partir de la solución dentro de los vacíos intersticiales del concreto y la cristalización en agujas bien formadas no es expansivo.

Los sulfatos más agresivos para el concreto son los sulfatos de magnesio, los de amonio, los de calcio y el de sodio.

**3.1.- EL SULFATO DE MAGNESIO** es fuertemente agresivo por la doble acción del catión Mg<sup>2+</sup> que se intercambia con Ca<sup>2+</sup> y el anión SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> siguiendo las reacciones





El intercambio de  $Mg_2$  con  $Ca_2$  conducen a la formación de brucita  $Mg(OH)_2$  que pueden detener temporalmente la penetración de los sulfatos. Ellos provocan también la transformación progresiva de los C-S-H en un silicato de magnesio hidratado M-S-H sin propiedades cementantes. Además la cristalización de la etringita inestable en presencia del sulfato de magnesio intensifica la reacción de formación de yeso.

**3.2.- EL SULFATO DE CALCIO.** presente dentro de los suelos sobre la forma de yeso y anhidrita y dentro de las aguas subterráneas selenitosas, es agresiva para el concreto sin importar su relativa poca solubilidad. El proceso de degradación más lento, dentro de los casos de los sulfatos de magnesio y de amonio, es debido esencialmente a la formación de una etringita expansiva.

**3.3.- SULFATO DE SODIO.** muy soluble, sufre una degradación por formación de yeso y de etringita expansiva aún cuando las proporciones son función a la vez de la concentración de  $SO_4$  y de la cantidad de aluminato tricalcico  $C_3A$  del cemento. El yeso precipita muy cerca de los 1000 mg/l de  $SO_4^{2-}$ . Los C-S-H, menos sensibles que la portlandita, no son afectados directamente por el sulfato de sodio, pero son sin embargo susceptibles a descomponerse en una segunda etapa por lixiviación parcial de la cal y la formación de yeso.

**3.4.- SULFATO DE POTASIO.** tiene una acción similar a la del sulfato de sodio pero la velocidad de ataque es un poco más lenta.

La mayor parte de los sulfatos metálicos solubles, son agresivos al concreto con excepción del sulfato de plomo y de bario muy poco soluble.

#### 4.- PARAMETROS QUE CONDICIONAN AL CONCRETO EN UN MEDIO SULFATICO.

En la figura No 2 se observa que la resistencia química del concreto crece con la dosificación del cemento, esto es con la compactidad del concreto. Desde este punto de vista es importante señalar que con el aumento en la dosificación del cemento, está generalmente acompañada una reducción en la relación A/C. Por otra parte, la velocidad de degradación es prácticamente proporcional al porcentaje en  $C_3A$  del cemento portland hasta una cantidad cercana al 10% aproximadamente.

Paillere et al demostraron que no solo se debe tener como parámetro la cantidad de  $C_3A$  del cemento sino también y sobre todo la relación  $C_3A/SO_3$ . donde se puede considerar que para valores inferiores de 3 se logrará un buen concreto.

Las adiciones minerales como cenizas volantes silico-aluminosas, puzolanas naturales y el humo de sílice mejoran notablemente el comportamiento del concreto ante los sulfatos.

En un primer análisis se puede estimar que el mejoramiento es debido a la dilución de los aluminatos y a la modificación de la textura de los hidratos que los vuelve más compactos independientemente de la edad del concreto.

### **5.- Acción de las Adiciones Minerales en el Concreto.**

Los cementos con adiciones tienen en general un buen comportamiento ante la agresión de los sulfatos debido a:

-A la reducción de la cantidad de cal y de  $C_3A$  en la mezcla.

Al aumento de la compacidad de los hidratos, en relación con una disminución del volumen poros pudiendo ser hasta un 25%, en el caso de las adiciones principales. La cantidad de poros capilares mayores de 30 mm y la relación media de poros de la pasta de cemento endurecido disminuyen igualmente. Esta modificación de la estructura porosa implica una reducción de la permeabilidad y de los coeficientes de difusión.

- Al modo de cristalización de la etringita, formada por precipitación a partir de la fase líquida la cual no es expansiva.

Un claro ejemplo de la eficiencia de las adiciones en la reducción de la expansión debida a los sulfatos se muestra en la figura 3.

Los cementos para los cuales la cantidad de adición es superior o igual al 60% (CHF, CLK) son considerados como resistentes a los sulfatos, independientemente del clinker de base con el cual se fabriquen. Sin embargo según los trabajos de LOCHER y más recientemente de KOLLEK y LUMEY, las adiciones con una cantidad superior al 11% de  $AL_2O_3$  tienen un comportamiento menos óptimo

Cuando la cantidad de adición es menor del 60%, y en el caso de cementos con cenizas volantes silico-aluminosas o puzolanas es el clinker portland base quien determina la dosificación de cemento. Este clinker deberá satisfacer todas las

especificaciones para cemento portland. en lo que respecta a la cantidad de  $C_3A$  y  $SO_3$

**5.1.- Las cenizas volantes silico-aluminosas** tienen un valor de sustitución de 20 a 30%, tienen generalmente un efecto benéfico sobre el comportamiento del concreto ante los sulfatos. Este efecto es debido al consumo parcial de las cenizas de la portlandita liberada por la hidratación de los silicatos del cemento portland. Esto es debido igualmente a las modificaciones de la microestructura y en particular a la distribución dimensional de los poros que se desplazan hacia las zonas. La eficiencia de las cenizas dependen de su capacidad puzolánica esto es de su capacidad a reaccionar con la cal y a producir los hidratos cementantes.

Las cenizas ricas en cal (cantidad superior de 20%), provenientes de carbón subbituminosos y de lignitos, son menos resistentes a los sulfatos. Como con las cenizas volantes silico-aluminosas, la sustitución de 20% a 30% de cemento por puzolana natural puede tener un efecto muy positivo sobre la resistencia del concreto a los sulfatos. Siempre la eficiencia de las puzolanas dependen de su naturaleza mineralógica que es muy variable, así como su reactividad.

**5.2.- Los humos de sílice.** Ofrecen igualmente una buena protección contra la agresividad de los sulfatos debido al fuerte consumo de portlandita y de la estructura compacta de C-S-H.

**5.3.- Los cementos con adición de fillers calcáreos** son susceptibles a ser empleados en los medios sulfatados moderadamente agresivos (agua de mar por ejemplo). Su contenido dentro del cemento debería ser limitado. Los trabajos de SOROKA Y SETTER sobre la resistencia del mortero de fillers calcáreos ante el sulfato de sodio han mostrado que la sustitución del 10% al 40% de carbonato de calcio a diferentes finuras de cemento portland pueden disminuir las expansiones

## 6.- Recomendaciones.

De lo anteriormente expuesto se puede comentar que para fabricar concretos resistentes al ataque de los sulfatos se debe tomar como una medida la modificación de los contenidos de aluminato tricálcico y de hidróxido de calcio. Lo que es posible mediante el uso de un cemento apropiado, como el cemento portland tipo II donde el  $C_3A$  es menor o igual a 8%, cuando se requiere una resistencia moderada a los sulfatos, mientras que para una resistencia mayor lo recomendable es el uso de un cemento tipo V con un contenido menor del 5% de  $C_3A$

Para la modificación del contenido de hidróxido de calcio un procedimiento adecuado consiste en utilizar un material puzolánico que sea suficientemente apto para reaccionar con el hidróxido de calcio, a fin de convertirlo en compuestos útiles que no reaccionen con los sulfatos.

Para que los sulfatos ataquen al concreto es necesario que penetren en sus poros, y para ello se requiere que se hallen en estado de solución; es decir, si los sulfatos se encuentran en estado sólido el riesgo de ataque es mínimo, pues al no penetrar en el concreto sus efectos se limitan a la superficie del mismo. Sin embargo, la primera condición es la más frecuente, y esta circunstancia pone de relieve la enorme influencia que tiene la permeabilidad del concreto en su resistencia a los sulfatos. Esto se reconoce al admitir el hecho de que emplear un cementante adecuado es un requisito necesario pero no suficiente, y que se debe complementar con la utilización de una baja relación AGUA/CEMENTO esto con la finalidad de hacer al concreto menos permeable.

Las medidas preventivas anteriores, deben aplicarse cuando se construye la estructura y existe conocimiento de que en el medio de contacto hay sulfatos en grado perjudicial para el concreto. Pero además, en caso en que se requiere dar mayor protección al concreto, o bien se trata de proteger estructuras construidas sin las provisiones indicadas, existe una tercera medida consistente en aplicar un recubrimiento superficial al concreto endurecido e interponer entre éste y el medio de contacto un material que actúe como barrera de separación entre ambos; para cuya ejecución existen diversos productos y materiales adecuados.

Es evidente que esta última medida de protección sólo es aplicable cuando la superficie de concreto resulta accesible para recibir el tratamiento. Tal puede ser el caso de ciertos elementos prefabricados de concreto, como los tubos que deben permanecer enterrados o bajo el agua y en los cuales es frecuente especificar la aplicación de recubrimiento externo de protección, no solo contra la penetración de los sulfatos sino también de otras sales como los cloruros que propician la corrosión del acero de refuerzo, en especial cuando se trata de tubos de concreto presforzado.

Otra circunstancia en que puede requerirse la aplicación de este tratamiento de protección externa, es cuando una estructura en servicio muestra síntomas de deterioro por ataque de sulfatos, ya sea porque no se hizo la evaluación oportuna del medio de contacto y no se tomaron medidas preventivas en su construcción, o porque las medidas adoptadas no fueron suficientes en función de la agresividad real del medio de contacto; y finalmente, debe aplicarse sobre este último concreto el tratamiento de protección superficial elegido.

En los sitios donde existe una alta probabilidad de la existencia de altas concentraciones de sulfatos en el suelo y en las aguas freáticas, debe hacerse la evaluación obligada y oportuna de la agresividad de estos medios de contacto, cuando se construyen estructuras de concreto en sitios localizados cerca de la costa, por la posible influencia del agua de mar.

El agua de mar posee, en términos generales, un contenido total de sales disueltas del orden de 35,000 ppm, de las cuales aproximadamente 90% son cloruros y cerca de un 10% son sulfatos, con una mínima proporción de sales diversas. Los cloruros no atacan químicamente al concreto, pero por su elevada concentración, hacen que esta constituya un medio de contacto que favorece la corrosión del acero de refuerzo. En cuanto al contenido de sulfato, puede suponerse en un nivel ordinario aproximado de 3000 a 3500 ppm. Lo cual significa, que el agua de mar puede calificarse como de grado moderado a severamente agresiva; sin embargo existen diversas características y condiciones que deben tomarse en cuenta para hacer su correcta evaluación en este sentido.

En primer término, suele admitirse que el agua de mar es menos dañina de lo que podría predecirse en función de las posibles reacciones de los sulfatos que contiene. Esto se atribuye a su elevado contenido de cloruros, que la convierte en un medio en el que se disuelven con gran facilidad el yeso y la etringita que se producen por las reacciones de los sulfatos, de manera que ambos productos tienden a ser extraídos por lixiviación antes de generar demasiadas presiones internas en el concreto. De este modo, la exposición del concreto al agua de mar por inmersión continua, no produce manifestaciones en forma de microfisuramientos y desintegración como sucede en el ataque común por sulfatos, sino más bien se manifiesta por un incremento en la porosidad superficial del concreto. No obstante, en la zona de fluctuación del nivel del agua de mar, en donde el concreto se somete cíclicamente a humedecimiento y secado, hay un efecto adicional de desintegración producido por el aumento de volumen que experimentan las sales absorbidas al secarse, a cuyo efecto deben sumarse las acciones deteriorantes del oleaje y de la corrosión del acero de refuerzo, en el caso de elementos de concreto reforzado.

De conformidad con lo anterior, e independientemente por ahora de la prevención del fenómeno deteriorante de la corrosión del refuerzo el concreto expuesto al agua de mar se halla en riesgo de sufrir deterioro por acciones químicas y físicas. Las de índole químico derivadas del ataque de los sulfatos, pueden suponerse moderadas y para prevenir sus efectos suele considerarse suficiente el uso de un cemento portland tipo II, o en su defecto un cemento tipo portland-puzolana hecho con clinker tipo II, completando esta medida con el empleo de una baja relación agua/cemento.

En cuanto a las medidas de las acciones físicas, representadas por el efecto abrasivo del oleaje, sólo tienden a ocurrir en las zonas de las estructuras expuestas a la fluctuación del nivel del mar, al oleaje y/o las salpicaduras producidas por las olas. En estas condiciones de exposición, además del uso del cemento indicado, es necesario proveer al concreto de mayor impermeabilidad y resistencia, para lo cual suele requerirse una relación *a/c* no mayor de 0.45. Cabe anticipar que estos requisitos de relación *a/c* se vuelven más estrictos cuando el propósito es prevenir la corrosión del refuerzo

Por otra parte, es necesario tomar en cuenta también lo que en las zonas bajas inmediatas a las costas, donde el agua de mar se mantiene estancada o con poca movimiento. En tales casos, es frecuente que por efecto de la evaporación se incremente la concentración de sales, de modo que en estas condiciones el agua adquiere un elevado contenido de sulfatos que le confieren un mayor grado de agresividad al concreto, haciendo entonces necesario aumentar la protección de las estructuras contra el ataque químico de los sulfatos, mediante el uso de un cemento portland tipo V o un cemento portland-puzolana hecho con clinker tipo V e incluso de un recubrimiento de protección superficial cuando se justifique.

Sin embargo es necesario tener presente que en estos casos el contenido de sulfatos puede mostrar diferentes sustancias en las distintas épocas del año, en función de la aportación de aguas pluviales; por tal motivo, es recomendable que la evaluación de la agresividad al concreto de este medio de contacto, se realice mediante muestreos efectuados en todas las épocas del año, a fin de tomar en cuenta las condiciones que sean más desfavorables.

## 7.- BIBLIOGRAFIA.

BICZÓK Imre Concrete corrosion, Concrete protection. Chemical Publishing Co. Inc. New York 1967

OLLIVIER Jean p et BARON Jacques La Durabilité des Bétons. Presses de L' école Nationale des Ponts et Chaussées Paris France 1992

MASTERS L.W and BRANDT E Prediction of service life of building materials and components, CBE W80/RILEM 71-PSL Final report. 1987.

BARON Jacques Les principes de composition du betóns de porosité minimale, in Le Betón hydraulique, Presses de I'ENPC 1982



LEA F.M. The chemistry of cement and concrete, Edward Arnold Ltd, de Londres, 1956

PAILLERE A.M. REVERDY M et MILLET J. Influence du ciment sur la dégradation du béton en milieu marin, Bull. Liaison Lab. Ponts et CH. 1985.

LOCHER F.W. Zur Frage des Sulfatwiderstandes, von Huttzementen, ZKG., 1966

ACI Committee 201 Report 201R "Guide to Durable Concrete" American Concrete Institute. Detroit, Mich (1982).

## **ACCION DE LOS CLORUROS EN EL CONCRETO**

## ACCION DE LOS CLORUROS EN EL CONCRETO

Ing. Juan Luis Cottier Caviedes  
Control Diseño y Patología de  
Obras Civiles S.A. DE C.V.

La importancia de los cloruros dentro de la masa del concreto estriba en la influencia que éstos tienen en el desarrollo del fenómeno de corrosión en el acero de refuerzo o cualquier otro metal embebido, su proceso degradante tiene poca importancia en relación de sus efectos en la masa del concreto cuando este es simple o sin refuerzo.

Los cloruros así como la mayor parte de agentes químicos agresivos penetran como contaminación en los componentes del concreto al momento de la dosificación o bien cuando el concreto ha endurecido (absorción) esto se presenta cuando se expone a un medio ambiente agresivo como puede ser el agua de mar o sales para deshielo por ejemplo.

El estado sobre el cual se encuentran los cloruros dentro del concreto puede ser en dos tipos libres o mezclados.

Los cloruros libres se encuentran en el concreto sobre dos formas principalmente, físicamente son absorbidos por las paredes dentro de los poros o químicamente son ligados por reacción con ciertos compuestos del cemento. En el último caso los compuestos formados son el monocloroaluminato hidratado, también conocido como sal de Friedel, cuya fórmula es  $C_3A \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$ . En las condiciones normales de concentración de ion cloro en el concreto, no se encuentra la sal de Friedel.

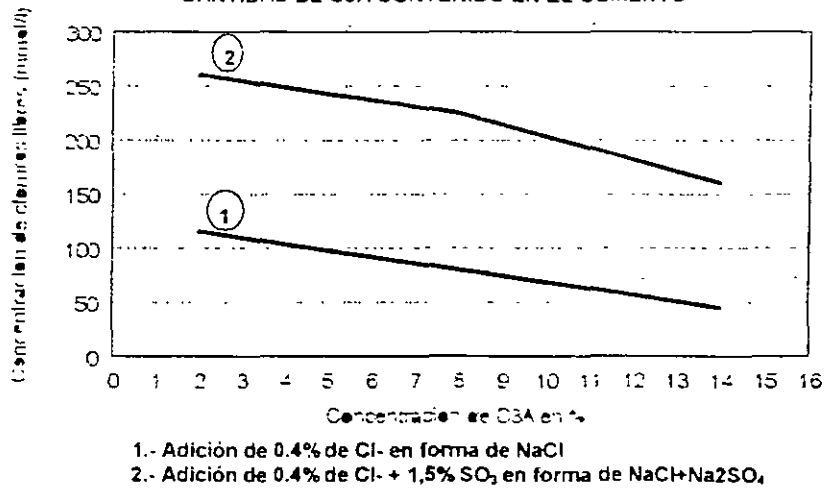
Los cloruros que no son fijados químicamente o físicamente pueden penetrar fácilmente al interior del concreto por capilaridad, bajo los efectos de la variación de la humedad consecuencia de los ciclos de humedecimiento/secado. Se puede considerar también la penetración por difusión sobre el gradiente de concentración a partir de agua de mar por ejemplo. Estos cloruros son también susceptibles de penetrar hasta el acero de refuerzo para despasivarlo.

La capacidad de fijación de los iones  $CL^-$  por el cemento depende de la naturaleza de este último, y principalmente de la cantidad de aluminato tricálcico  $C_3A$  presente en el clinker. Una situación parecida se hace presente con otros compuestos del cemento como el ferroaluminato tetracálcico  $C_4AF$ . El cual es susceptible a formar compuestos muy complejos.

Otras especies iónicas pueden intervenir sobre la fijación química de los cloruros. Así por ejemplo los iones sulfato reaccionan de preferencia con los iones cloruros sobre el  $C_3A$ .

presentes en forma de sulfoaluminatos y en detrimento de la capacidad de fijación de cloruros como se puede ver en la figura 1.

VARIACION DE LA CONCENTRACION DE CLORUROS LIBRES EN FUNCION DE LA CANTIDAD DE C3A CONTENIDO EN EL CEMENTO



Estos resultados explican que el cemento portland normal con una cantidad considerable de **C<sub>3</sub>A** sean resistentes a los medios con concentraciones importantes de cloruros, sin embargo esto no se cumple en el caso del agua de mar a causa de la presencia de los sulfatos. Por otro lado, la penetración de cloruros libres dependen de la estructura porosa del concreto, el porcentaje de cloruros libres aumenta con la relación **A/C** (a la vez que la cantidad de cloruros se mantiene sensiblemente constante) y con la concentración en sales del medio ambiente

### Cinética de la difusión del ion cloro libre.

La velocidad de penetración del cloruro libre dentro de los poros del concreto varía en forma importante dependiendo de las condiciones de exposición. A partir de un medio líquido la penetración es muy lenta, aproximadamente tres veces más débil que el agua misma.

Ella puede ser descrita por un proceso de difusión. Numerosos modelos realizados están basados sobre la segunda ley de FICK, donde la concentración **C (x, t)** en cloruros, tienen una profundidad **x** al cabo de un tiempo **t**, representado en la ecuación:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = Da \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

Da es un coeficiente de difusión aparente o coeficiente de difusividad que toma en cuenta las posibilidades de captura de iones cloruro por reacción química con los aluminatos o por absorción en la superficie de poros. Diferentes soluciones de la ecuación de FICK han sido propuestas considerando una función de error. En un medio semi-finito, tenemos.

$$C(x,t) = C_0 (1 - \text{erf}(x/2 \sqrt{D_a t}))$$

La solución a la ecuación se podrá dar con una buena aproximación utilizando la siguiente expresión:

$$\ln C(x,t) = \ln C_0 - \frac{x^2}{4 D_a t}$$

Donde  $C_0$  es la concentración del ion cloro en la superficie de la probeta.

Otros investigadores han propuesto expresiones con resultados muy aceptables, entre las más reconocidas se encuentra la propuesta por Midgley e Illston la cual es:

$$C = k d^{-m}$$

Donde  $k$  y  $m$  son parámetros dependientes del tiempo y de la permeabilidad de la pasta.

Los coeficientes de difusión aparentes del ion cloro  $CL^-$  son cuantificados por el cemento portland y sus valores medios son reagrupados en la tabla 3

RELACION A/C	COEFICIENTE DE DIFUSIÓN APARENTE $D_a$ ( $10^{-12} \text{ m}^2 / \text{s}$ )
0.4 - 0.6	1 - 5
0.6 - 0.8	4 - 12

Tabla 3

Otro parámetro estudiado por diferentes investigadores es la influencia de la naturaleza del catión asociado a los cloruros. Al parecer la difusión de los cloruros combinados con cationes bivalentes ( $CaCl_2$  por ejemplo) es más rápida que a los correspondiente a los cationes monovalentes como el  $NaCl$ . Por el contrario, los cloroaluminatos se forman en cantidades más importantes a partir del  $CaCl_2$  que con  $NaCl$ , aunque los cloruros libres sean

menos abundantes. Se estima también que la fijación de cloruros libres reduce la dimensión de los poros más pequeños modificando así la morfología de las fibras del C-S-H.

El cloruro de calcio conduce así a una estructura más abierta a nivel de poros capilares que el cloruro de sodio, el que facilitará la difusión de especies químicas libres. Así que la fijación de los cloruros ligados modifican la geometría de poros, influyendo el proceso de penetración. Estas consideraciones muestran la compleja de las interacciones entre los diferentes factores que intervienen en la difusión de los cloruros

### **Principio de despasivación.**

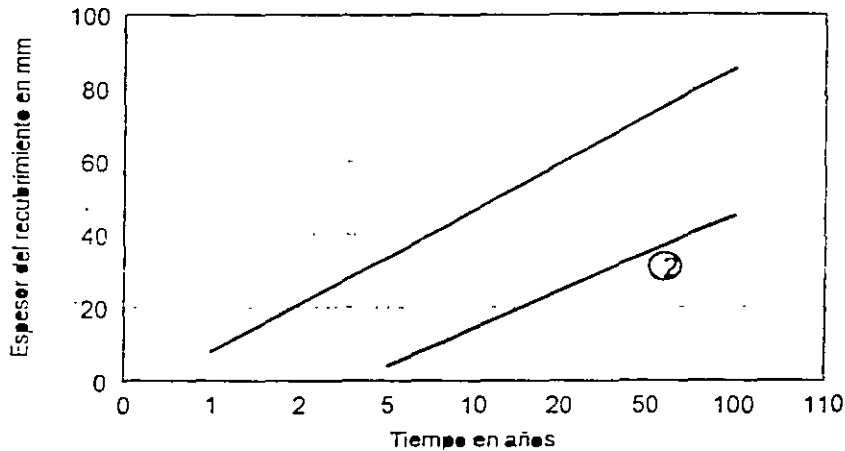
El proceso de corrosión del acero de refuerzo puede desencadenar cuando los cloruros atacan al acero en una cantidad suficiente para despasivarlo. Esta cantidad de ion cloro deberá ser más importante que el p.H de la solución intersticial, la cual es más elevada, o bien el valor del p.H. es está directamente condicionado por los iones  $\text{OH}^-$  y más que la cantidad propia de iones  $\text{Cl}^-$ , es preferible considerar la relación  $\text{Cl}^-/\text{OH}^-$  de iones  $\text{Cl}^-$  activos con respecto a los iones pasivantes  $\text{OH}^-$ .

Según a lo descrito por Hausmann el principio de la etapa crítica de la despasivación a partir del cual la corrosión se desarrolla a una velocidad importante corresponde cuando la relación  $\text{Cl}^-/\text{OH}^-$  es igual a 0.6. Otros estudios subrayan también la importancia de la relación / la toman como una relación logarítmica entre los iones cloro activos y los hidroxilos pasivantes. De acuerdo al investigador Raharinaivo y sus colaboradores el inicio de la despasivación esta asociada a un intercambio de la naturaleza de los productos de la oxidación en la superficie del acero. Cuando el  $\text{Cl}^- < \text{OH}^-$  se forma el hidróxido ferroso estable; por el contrario cuando el  $\text{Cl}^- > \text{OH}^-$  el hidróxido formado es inestable, contiene cloruro y se transforma en un compuesto intermedio reconocido con el nombre de herrumbre verde antes de producir finalmente el lépidocrocite ( óxido ferrítico hidratado) conteniendo cloro.

Cuando la Penetración de cloruros se efectúa dentro del concreto carbonatado superficialmente, el bajo valor del p.H. disminuye la estabilidad de los cloroaluminatos, logrando con ello producir iones cloro libres aumentando la concentración. El principio de despasivación se inicia rápidamente y por lo tanto la corrosión se hace más grave.

A partir del coeficiente de difusión aparente de cloruros y utilizando como principio crítico de despasivación el valor de 0.6 de la relación  $\text{Cl}^-/\text{OH}^-$ , TUUTTI propone un modelo de calculo de la duración de inicio de la corrosión en función del espesor del recubrimiento para lo cual se presenta la siguiente gráfica simplificada.

## INICIO DE LA CORROSION EN FUNCION DEL RECUBRIMIENTO



Las curvas 1 y 2 corresponden a los coeficientes de difusión de cloruros de  $10^{-11}$  m<sup>2</sup>/seg. y  $10^{-12}$  el nivel de concentración de cloruros sobre el acero es de 10,000 ppm y la relación Cl-/OH- = 0.6

Como en la mayor parte de los casos de degradación por sustancias dañinas las adiciones al concreto afecta la penetración de los cloruros en la masa del concreto.

### La influencia de la naturaleza del cemento y las adiciones minerales.

Se pueden citar tres consecuencias relativas a la incorporación de adiciones minerales al cemento que intervienen en la penetración de cloruros.

1 - La capacidad de fijación de cloruros está determinada por la concentración de C3A+ C4AF del cemento. Ahora bien la concentración de estos compuestos disminuyen en presencia de escorias o cenizas volantes ya que los aluminatos provienen como sabemos del clínker. La cantidad de los cloroaluminatos formados se reducirá. La concentración de cloruros libres será más elevada para los cementos con adiciones minerales. Ahora bien los informes realizados por diversos autores muestran que por el contrario, la cantidad de cloruros combinados es más elevada en los cemento compuestos con escorias y con cenizas volantes que en los cementos Portland normal. Esta capacidad mayor de fijación será debido a la fuerte absorción de cloruros sobre los poros del cemento hidratado. Por el contrario, la cantidad de cloruros combinados, y también los libres es menor en los concretos con humo de sílice. Según los trabajos del investigador de Short et Page la disminución de la capacidad de fijación se debe a la disminución de la solubilidad de los cloroaluminatos provocado por la disminución del pH de la solución intersticial en presencia del humo de sílice.

2.- Las adiciones minerales reducen sensiblemente el p.H. de la solución intersticial, efecto que fue más importante con el humo de sílice. Esta disminución conduce a admitir una concentración más débil en cloruros a nivel del acero de refuerzo cuando consideramos la relación característica  $Cl/OH^-$ .

3.- El coeficiente de difusión aparentemente depende de las adiciones minerales. A condición de respetar un curado del concreto prolongado. La adición de escorias, ceniza volante o humo de sílice reducirá sensiblemente los coeficientes de difusión de los cloruros en el concreto, pues los valores medios reportados son expuestos en la tabla siguiente.

Naturaleza del cemento A/C= 0.5 a 0.6	Coefficiente de difusión $D_a (10^{-12} \text{ m}^2/\text{seg})$
Cemento Portland	5
Cemento con escoria	0,5
Cemento con cenizas	1,5

La incorporación de humo de sílice conduce también a una disminución del coeficiente de difusión del mismo orden que la escoria cuando la cantidad de humo de sílice es inferior al 20%.

Por otro lado, como en el caso de la carbonatación, los cementos con filler calcáreo se comportan como los cementos portland con puzolana para una misma resistencia sobre los aspectos de difusión de cloruros.

El conjunto de consideraciones muestran que las adiciones de productos minerales modifican el valor crítico del inicio de la despasivación, sin embargo sobre todo reduce la velocidad de penetración de los cloruros, siendo esto determinante en el desarrollo de la corrosión del acero.

Podemos sin embargo afirmar que a nivel de periodo de inicio, la calidad del concreto (baja relación A/C, tipo de cemento utilizado, vibrado óptimo y curado adecuado), tienen una influencia mayor que la decisión de utilizar un determinado tipo de cemento y las condiciones de exposición a las cuales se someta al concreto.

El examen sistemático de estructuras afectadas por el fenómeno corrosivo nos revelan en forma general que los daños son motivados por un deficiente recubrimiento del acero de refuerzo, bien por el precario espesor o por la porosidad del concreto y su poca resistencia.



Los estudios y observaciones muestran que la durabilidad del acero de refuerzo depende en primer lugar a la realización de un concreto de buena calidad, bien compactado y adecuadamente curado. Las adiciones minerales (escorias, cenizas volantes, humo de sílice etc) limitan la difusión del ion cloruro en la masa del concreto

Es indispensable considerar en todo diseño la humedad y temperatura del medio ambiente, la posible contaminación de cloruros del medio, la carbonatación probable del concreto, así como el proceso de fisuramiento del recubrimiento, para garantizar la durabilidad del acero y del concreto.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.- Grupo de expertos científicos del ICODE, Durabilidad de Puentes de Concreto París 1989.
- 2.- TUUTTI K. Corrosión del acero en Concreto, Instituto Sueco de Investigación en Cemento y Concreto. Ed. Estocolmo Suecia. 1982.
- 3.- POURBAIX. Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions, Oxford, 1966.
- 4.- DIAMOND S. Effects of microsilica on pore solution chemistry of cement pastes, J Amer. Ceram. Soc, 1983
- 5.- VENUAT M. Et ALEXANDRE J. De la carbonatation du béton. Rev. Matér, Const 1968 y 1969
- 6 - MIDGLEY H G and ILLSTON J.M.. The penetration of chlorides into hardened cement pastes Cem. Concr. Res, 1984.
- 7 - SHORT N. R And PAGE C.L The diffusion of chloride ions through Portland and blended cement pastes Silicates Ind 1982.
- 8 - REGOURD M HORNAIN H And MORTRUUX B Durabilite of building materials and components Proc 1ER Intern Conf Ottawa, 1978,
- 9 - BORON J. Et OLLIVIER J P. La durabilité des Bétons. Presses des Ponts et Chaussées 1992

## ACCION DE LOS AGENTES QUIMICOS EN EL CONCRETO

El concreto es sin lugar a dudas el material de construcción más utilizado en todas las sociedades industrializadas de la actualidad, así la producción de concreto y la fabricación de sus componentes forman una parte importante de la actividad económica y de generación de recursos de las sociedades modernas.

Es un material que ofrece diversas aplicaciones, compuesto principalmente por cemento, agua y agregados. Material muy durable y de buen comportamiento durante su vida útil. Sin embargo, en ciertos casos puede presentar problemas provocando un comportamiento inesperado de las estructuras o de algunos elementos de las mismas.

Son muchas más las ventajas a favor del concreto que los problemas ocasionales que presenta, por lo que estos son un precio mínimo que se paga por todos sus beneficios que del concreto se obtienen. Es importante subrayar que la mayoría de los problemas se pueden evitar o minimizar si se conocen y comprenden las causas que contribuyen a crearlos. De esta forma podemos desarrollar procesos que conjuguen calidad, eficiencia, seguridad y economía.

En el presente trabajo se tratan tres de los procesos químicos que con mayor frecuencia atacan al concreto mermando su vida útil, Acción de los sulfatos, Acción de los Cloruros y La Reacción Alkali agregado. Se pretende dar al Ingeniero Arquitecto o cualquier técnico de la construcción las bases para entender el fenómeno y algunas ideas de como de evitarlos. Dando por entendido que los procesos aquí citados no son los únicos existentes, así como la presencia en el concreto no es de un solo proceso a la vez, sino que en la mayor parte de los concretos dañados son más de dos los agentes agresores a identificar.

La presentación se lleva a cabo en forma independiente de cada tema, aunque como se mencionó su acción en la masa del concreto en general es combinada

**EFFECTOS DE LA REACCION ALCALI-AGREGADO, EN EL  
CONCRETO**

# EFFECTOS DE LA REACCION ALCALI-AGREGADO EN EL CONCRETO

ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES  
CONTROL DISEÑO Y PATOLOGIA DE  
OBRAS CIVILES S.A DE C.V

## SINOPSIS

Se intenta mediante el presente trabajo, mostrar el estado actual del conocimiento acerca de la reacción álcali-agregado, que constituye un aspecto muy particular de la durabilidad de las obras de concreto. El tema cobra interés día a día ya que van en aumento las obras identificadas como afectadas por la reacción, así como también se han identificado más agregados como potencialmente reactivos.

Se exponen en forma general los mecanismos de desarrollo de la reacción, los factores que influyen su creación como son: la presencia de álcalis en el concreto y los agregados potencialmente reactivos, entre otros. Se expone de igual forma cuales son los principales efectos que la reacción causa en el concreto, como son: agrietamiento y disminución de la resistencia, lo que afecta a las estructuras en su seguridad y durabilidad.

El concreto ha sido -desde su descubrimiento- reconocido como un material de construcción durable, entendiéndose como durabilidad la capacidad de resistencia del material, a lo largo del tiempo, en relación con las condiciones del medio ambiente así como también con las condiciones de servicio de las estructuras.

Material compuesto de la mezcla de cemento, agua y agregados, los cuales al reaccionar y endurecer forman una piedra artificial, con un comportamiento que se acepta como homogéneo.

Las características propias del concreto como son: resistencia, manejabilidad, forma de producción, facilidad de tomar la forma del molde donde se deposita, durabilidad, etc., le han permitido ser el material de construcción más usado a través del tiempo.

En los inicios del siglo XIX se aceptaba la hipótesis de que los agregados (arena y grava) eran cuerpos inertes cuya función era principalmente como relleno sin actividad alguna, además se aceptaban solo dos agentes que causaban daños al concreto: el congelamiento y el agua de mar, haciendo a un lado cualquier otro tipo de reacciones que se relacionaran con la pasta y los agregados las cuales, por lo general, tienen efectos perjudiciales que normalmente dan origen a expansiones nocivas para la integridad del concreto.

Durante los años 20's y 30's en el estado de California, en Estados Unidos, se observaron una serie de agrietamientos en estructuras que cumplían ampliamente con las

especificaciones marcadas en los códigos de diseño, construcción y calidad de los materiales, motivados por encontrar una respuesta real al fenómeno de agrietamiento, un amplio grupo de técnicos se dieron a la tarea de estudiar el comportamiento inexplicable

En el año de 1940 el investigador Thomas Stanton pudo demostrar la existencia de la reacción llamada álcali-agregado, como un proceso intrínseco de degradación del concreto, dejando en claro que las condiciones del medio ambiente en que se encuentran las estructuras son tan importantes como lo es el cemento y los agregados, reafirmando el verdadero papel que los agregados desempeñan como componentes activos, utilizados en la dosificación del concreto.

Estudios posteriores a los realizados por Thomas Stanton demostraron que éstos agrietamientos y expansiones en el concreto tenían su origen en una combinación de cemento con alto contenido de álcalis y agregados opalinos usados en su dosificación.

Durante las décadas siguientes este fenómeno se ha estudiado en diferentes laboratorios y en diversos países tales como Australia, Canadá, Francia, Nueva Zelanda, China, Sudáfrica, etc.; investigaciones que han experimentado un rápido progreso en distintas direcciones, logrando identificar los diferentes tipos de agregados que son susceptibles a intervenir en dicha reacción, mecanismos de desarrollo y métodos de diagnóstico. Muchos han sido los aportes al tema, sin embargo se pueden identificar cuatro como de particular importancia: Thomas Stanton de Estados Unidos quien explicó por primera vez el fenómeno de la reacción, Swenson de Canadá, quien identificó la reacción Alcali-Carbonato, Idarm de Dinamarca quien por primera vez investigó un concreto dañado con la reacción álcali-agregado en Europa y Vivian de Australia quien explicó los mecanismos de la reacción.

Las investigaciones de T. Stanton marcaron el camino para innumerables investigaciones en el área de la reacción alcali-agregado que han enfocado sus objetivos, primordialmente, en métodos que permitan seleccionar el agregado a utilizar para evitar la reacción, dejando en un plano secundario la identificación del fenómeno en el concreto endurecido, sistemas de monitoreo del desarrollo de la reacción, así como métodos y materiales de reparación de estructuras afectadas por la reacción

## **PRINCIPIOS DE LA REACCIÓN ALCALI-AGREGADO**

La reacción alcali-agregado se identifica como un proceso fisicoquímico en el cual intervienen principalmente los minerales que constituyen la roca utilizada como agregado, según sea su naturaleza cristalina o amorfa y los hidroxidos alcalinos del concreto que pueden ser aportados, bien por el cemento, por los mismos agregados o por algún agente externo

Gran parte de los agregados utilizados en la dosificación del concreto con cemento portland son químicamente estables y sin interacción deletérea con otros ingredientes del

concreto, sin embargo este no es el caso de los que contienen ciertos minerales que reaccionan con los álcalis solubles en el concreto.

Esta reacción que se genera es denominada en forma general como álcali-agregado, identificándose tres diferentes tipos de reacción como son.

- Alkali-carbonato.
- Alkali-silicato.
- Alkali-silice

Varios tipos de interacciones pueden ocurrir en cada clase y no todas son necesariamente expansivas o deletéreas.

De las reacciones presentadas, la primera se considera diferente de las otras pues se lleva a cabo entre los álcalis aportados por el cemento en la fase líquida del concreto y las rocas carbonato; este es un caso poco frecuente. Se identifica como un proceso químico de dolomitización esto es una descomposición de la dolomita ( $\text{CaMgCO}_3$ ) en presencia del hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  propiciando la formación de calcita  $\text{CaCO}_3$  y de brucita  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , minerales estables e insolubles.

En la realidad se conoce poco de este tipo de reacción por lo poco frecuente que se presenta. Existe un solo tipo que se produce en presencia de agregado fino o arena dolomítica, la cual contiene calcita y arcilla intersticial y produce expansiones significativas.

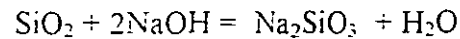
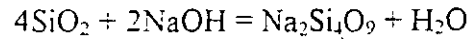
Las reacciones álcali-silicato ocurren en concretos ricos en álcalis los cuales contienen argilita y rocas del tipo grauvaca en el agregado. La reacción de este género de rocas y los álcalis es por lo general lenta y no está completamente comprendida. Los constituyentes silíceos en los agregados pueden expandirse causando la ruptura del concreto. Por la expansión de partículas individuales, se sugiere la absorción de agua sobre las superficies aluminio-silíceas previamente secas localizadas en las porciones microcristalinas de las mismas. Se deduce que puede existir una relación directa entre la cantidad de material microcristalino, la porosidad y la expansión del concreto que contiene estos agregados.

La reacción más frecuente donde intervienen los hidróxidos álcali y el material silíceo de los agregados del concreto es identificada como álcali-silice, fenómeno que es particularmente expansivo ya que tiene la capacidad de desarrollar suficiente presión de dilatación para fisurar y romper el concreto. Generalmente la reacción progresa lentamente, permitiendo que las expansiones sean previstas algunos años antes de que el daño de la estructura sea de gravedad.

Esta reacción tiene la particularidad de producir un gel álcali-silíceo el cual es higroscópico y es el resultado de la interacción de los álcalis solubles en el cemento y los elementos integrantes de las partículas de agregados, que por su característica de ser

hidrofilico absorbe humedad, incrementando su volumen. De esta manera, genera presiones suficientes para fracturar la estructura del concreto

De acuerdo a diferentes investigadores, la reacción se considera que progresa en función de las siguientes ecuaciones idealizadas



En términos generales, la reacción puede ser en dos etapas. La primera es la hidrólisis de la sílice reactiva por OH- formando un gel, y en una segunda fase comienza la absorción de agua por lo cual el gel aumentará de volumen induciendo a la generación de presiones que formarán microgrietas cercanas a los lugares de la reacción, permitiendo su propagación y aglutinamiento, provocando así, agrietamientos dentro de la estructura del concreto y expansiones generalizadas del elemento afectado, como se observa en la foto 1.

Se observa que al aparecer las primeras grietas, estas permiten el acceso de agentes degradantes al interior del concreto, ocasionando que aparezcan otros mecanismos destructivos. El fenómeno de corrosión del acero de refuerzo, no se desarrolla en forma convencional, debido al pH del gel que es altamente alcalino. El fenómeno de lixiviación del carbonato de calcio es común. El carbonato de calcio se deposita sobre las superficies externas del concreto, y deja intersticios mayores en el interior del mismo. Se ha encontrado etringita en las grietas, mismas en las que se ha observado el gel álcali-silíceo, observándose las variedades de etringita cristalina y amorfa, así como desarrollos normales de portlandita en la matriz cementante.

Es importante hacer notar, que en la mayoría de los casos, la etringita encontrada es la que normalmente se forma entre el aluminato tricálcico y el sulfato de calcio en la hidratación del cemento, lo que sugiere que ninguna fuente externa de ataque de sulfatos ha causado el desarrollo de la etringita, sino que por el contrario el sulfato necesario se deriva de la matriz cementante.

El remplazo de gel por etringita también sugiere que la reacción avanza antes de la formación total de la misma, la cual se estima que se desarrolla de manera principal en el gel, cuya composición es muy variable como se puede observar en la tabla 1.

El transporte de iones sulfato conjuntamente con el agua para la hidratación del gel álcali-silíceo, quizá sea el mecanismo por medio del cual los cristales de etringita se desarrollen y crezcan. Su crecimiento en microgrietas y poros en la pasta de cemento pueden ejercer suficiente presión dentro de la estructura del concreto para contribuir a las expansiones observadas en elementos estructurales.

## NECESIDADES DE ALCALIS EN LA REACCIÓN ALCALI-SÍLICE.

En forma generalizada las estructuras de concreto que se han identificado como dañadas por la reacción fueron construidas con un concreto con cemento portland ordinario, el cual normalmente contiene una pequeña proporción de sodio (Na) y potasio (K) presentes como sulfatos y sulfatos dobles (Na, K) SO<sub>4</sub>, los cuales tienden a cubrir a otros minerales del clínker y también como constituyentes menores en los otros minerales del cemento.

Al parecer los álcalis tienen su origen en la materia prima utilizada en la fabricación del cemento, usualmente la fracción arcillosa y el carbón (si éste es utilizado como combustible del horno). Si el material arcilloso utilizado como materia prima contiene mica o arcilla ilitica, entonces el clínker producido estará enriquecido con potasio, mientras que si está presente el feldespatos degradado, el clínker puede contener más sodio o potasio, o ambos, dependiendo de la composición del feldespatos en la materia prima.

Las cantidades finales de los álcalis presentes en un clínker dependerán de las proporciones de mica, ilita o feldespatos en la alimentación del horno.

Las fases álcalis tienden a ser una fracción volátil en el ambiente del horno. Alrededor de un % se volatiliza durante el proceso de quemado. Una gran cantidad del álcalis es redepositado en la cadena de sección del horno y en los precalentadores, precipitadores de polvos y filtros. A fin de reducir los consumos de combustible y emitir gases más limpios, la recirculación de polvos es práctica común en las plantas modernas pero este procedimiento tiene un efecto adverso en la composición del clínker del cemento.

Con el objeto de contabilizar la cantidad de álcalis presentes en el cemento o concreto se ha generalizado la práctica de expresar el contenido de álcalis en términos de sodio equivalente, correlacionando los óxidos de sodio y potasio en términos de proporciones moleculares. El cálculo a seguir es bajo la relación matemática siguiente:

Sodio equivalente =  $na_0 + 0.653 K_2O$  relación en peso

Cuando el valor del sodio equivalente se encuentra por debajo de 0.6% en peso, la reacción alcali-silice no puede llevarse a cabo, este valor es recomendado por muchos autores como máximo permitido a fin de minimizar el riesgo de daño. Del mismo modo, la masa de álcalis provenientes de otras fuentes no debe ser mayor de 3 kg/m<sup>3</sup> en el concreto. Es importante señalar que en estructuras donde se ha identificado la reacción, estos valores han sido encontrados en niveles menores. Esto puede ser quizá por el resultado de álcalis que han sido lixiviados de la estructura con el tiempo.

Una vez iniciada la reacción, es capaz de generar suficiente energía libre, que le permite continuar a pesar de los bajos niveles de álcalis, o concentraciones altas de álcalis muy localizadas dentro del concreto, siendo capaces de mantener la reacción en esos sitios.



Se tienen evidencias en base a microscopía electrónica de que, a pesar de que existan bajos niveles de álcalis en la pasta de cemento, las partículas reactivas de agregado en el mismo concreto pueden inducir niveles altos de reacción dentro del concreto, en su conjunto

## COMPONENTE SÍLICE-REACTIVO EN EL CONCRETO

Para que la reacción se lleve a cabo, es necesaria la presencia de una determinada forma de "sílice reactivo" El volumen para producir efectos deletéreos necesita ser solo muy pequeño. En estructuras donde se han observado daños calificados como severos, se han reportado componentes reactivos del 2%. Existen varios tipos de rocas que son utilizados en la fabricación del concreto y solo rocas puras tales como las calizas, se pueden excluir de la posibilidad de contener una pequeña proporción de una forma de sílice reactiva, ya sea como constituyente original, primario o secundario.

El considerar únicamente el tipo de roca como criterio para evaluar su potencial de reactividad, nos lleva a situaciones erróneas, por lo cual diversos autores han puesto especial atención en los constituyentes minerales de la roca misma.

Aunque por lo general, la mayor parte de las rocas son capaces de contener formas reactivas de sílice, el número de tipos de sílice que exhiben reactividad es pequeño.

Probablemente los requisitos dominantes para que un material sea reactivo son entre otros, que deberá ser una forma de sílice que es pobremente cristalino o contiene muchos defectos de arreglo, o alternativamente debe ser amorfa o vítrea en carácter. Un ejemplo de los minerales naturales que cumplen estos criterios se presenta en la tabla 2.

Algunos granitos, gneises graníticos, hornblendas y grauwacas, se ha encontrado que son reactivos cuando se utilizan en el concreto. Se ha notado que, aunque el mineral reactivo preciso constituyente dentro de estas rocas no pueden ser identificado, los granos de cristal de cuarzo que ellas contienen muestra que son amorfos cuando son examinadas utilizando un microscopio polarizado. Una observación ulterior (ref. 6) mostró que la reactividad puede ser correlacionada en forma general con la severidad del esfuerzo.

Además de las características de la sílice reactiva, existen otros factores que influyen en la forma como se desarrolla la reacción y la intensidad de sus efectos.

Entre los factores más importantes se encuentran la temperatura, la humedad y la granulometría de los agregados.

La temperatura es un factor que incrementa la velocidad con que se produce la reacción e intervienen en las dos etapas del desarrollo de la reacción: creación del gel y proceso de expansión.

Existe una prueba la cual permite demostrar la influencia de la temperatura en la primera etapa. Esta prueba es identificada como "trozo de gel" y fue desarrollada por Jones y

Tarleton (ref 2). en la cual las partículas de agregado reactivo están expuestas a soluciones concentradas de álcali sobre la superficie de una tableta de cemento, a temperatura ambiente. Los materiales altamente reactivos, tales como el ópalo, desarrollan gel sobre sus superficies, dentro de unos pocos días de almacenados. Si la temperatura de almacenamiento alcanza unos  $^{\circ}\text{C}$ , el desarrollo de gel sobre la superficie de tales partículas ocurrirá dentro de 24 horas, mientras que en algunos materiales menos reactivos tales como algunos pedernales, comenzarán a mostrar desarrollo de gel, aunque a temperaturas normales no se presentan signos de tal reacción.

En la segunda etapa de la reacción, cuando la temperatura es alta, las expansiones producto de la absorción de agua se generan en forma más rápida y su inicio es más temprano. Sin embargo a medida que la reacción continúa, tanto el rango de reacción como el rango de expansión disminuyen. Cuando los concretos reactivos son almacenados a bajas temperaturas, reaccionan en forma más lenta, sin embargo, eventualmente, la expansión alcanza el mismo nivel y puede exceder las expansiones alcanzadas a altas temperaturas.

La influencia de la variación de la temperatura y su ciclicidad sobre la reacción y la expansión, es aún un tema de discusión, pues los efectos resultantes de una variación rápida en la temperatura estarán presentes en las capas externas y expuestas dado que los cambios de temperatura dentro de una estructura de concreto en circunstancias normales serán lentos y limitados.

Existen numerosos reportes donde se indica que las partes de una estructura que están expuestas a los elementos del medio ambiente están más severamente dañados por los efectos de la reacción, que otras partes que se encuentran protegidas del intemperismo. Existen casos donde hay una diferencia notable entre la superficie expuesta a la humedad y los lados protegidos en una misma estructura.

El agua tiene una función dual. Primeramente, es esencial como portador de los cationes álcali e iones oxhidrilo, y en segundo lugar es absorbida por el gel hidrocópico, el cual se expande, desarrollando presiones suficientes para agrietar al concreto.

Es importante recordar que el concreto aún en condiciones secas, tendrá la capacidad de absorber agua, así que, con la excepción de una capa exterior de poco más de 10 mm de espesor la humedad relativa dentro del concreto permanecerá entre un 80 a 90%.

Investigaciones y experimentos han demostrado que los efectos de la reacción tales como la expansión, varían directamente con el porcentaje de humedad relativa del concreto. El tipo de relación se ilustra en la figura 1, donde puede verse que abajo del 70% de la humedad relativa, la expansión y la reacción expansiva no son significativas, pero arriba del 80% de humedad relativa, los efectos de expansión se ve que se incrementan dramáticamente.

Se ha observado así mismo, que la reacción puede ser capaz de formar geles de bajo contenido de humedad, en un inicio, los cuales se expandirán y ejercerán presiones conducentes a la expansión inmediatamente que llega a haber disponibilidad de agua, también hay evidencias de que el gel parcialmente deshidratado puede ser rehidratado, generándose así una expansión cuando se añade agua adicional al espécimen, debido a que el gel seco que se ha vuelto blanco y carbonatado, puede ser reconstituido y no será fácilmente soluble en agua

### **RELACIÓN "PÉSIMA"**

Se han mencionado los diferentes factores que gobiernan el desarrollo de la reacción álcali-agregado. Sin embargo, es interesante indicar que las peores condiciones que pueden presentarse en un concreto no son aquellas donde los factores de reacción se encuentran en sus máximas concentraciones. Este fenómeno fue ampliamente estudiado por Vivian (ref. 3), denominando a dicho ámbito como "proporción pésima", en donde demostró que para cada agregado reactivo, tiene que estar presente un determinado contenido de álcali, para que se produzca la máxima expansión. De dichos estudios se encontraron curvas que, esquemáticamente, pueden ilustrarse de acuerdo a la figura 2

Las curvas obtenidas varían en función de la cantidad y distribución granulométrica del agregado reactivo, es decir, de la superficie expuesta a la reacción y de la relación sodio o potasio en que se presentan los álcalis liberados.

Así, resulta que cementos con muy distintos contenidos de álcalis, pueden dar la misma expansión, con un agregado determinado, variando la proporción de éste último.

### **EFFECTOS DE LA REACCIÓN ALCALI-AGREGADO**

Como se ha comentado, la reacción álcali-agregado es un fenómeno de carácter expansivo, el cual produce agrietamientos, generando esfuerzos en el seno del concreto con la aparición de fisuras. La reacción tiene lugar en la unión de la pasta y el agregado reactivo, así como también en pequeños poros y microfisuras. En ocasiones se genera un anillo en el contorno del agregado reactivo según se observa en la fotografía 2, y en ciertos casos se presenta una exudación en la superficie del concreto que permite que sea más visible el agrietamiento superficial del concreto (ver foto 3)

La expansión del concreto tiene una influencia negativa en las propiedades mecánicas del mismo. El investigador Swaney (ref. 5) en uno de sus trabajos, investigó el comportamiento de los concretos dosificados con agregados considerados como altamente reactivo, uno, y otro como de reactividad moderada según se muestra en la tabla 2, en ella, se puede ver la pérdida en la resistencia a compresión simple, la cual puede llegar a ser de un 40 a un 60% menor a la resistencia especificada de proyecto. De igual manera se tiene registro de una disminución de resistencia a tensión de alrededor de un 65 a 80%. La pérdida de resistencia y del módulo de elasticidad, intervienen en la rigidez de los

elementos y, consecuentemente, influyen en el comportamiento estructural y la durabilidad de las edificaciones.

La presencia de acero en el concreto es un elemento que interviene en el aspecto del agrietamiento, ya que impone restricciones a la fisuración. Por la naturaleza expansiva del fenómeno y los esfuerzos creados en la masa del concreto, el aspecto de las fisuras creadas por el agrietamiento en elementos sin refuerzo, será de forma casual y muy irregular, ocurriendo en todas direcciones, con un aspecto como el de la piel de un cocodrilo, también conocido como "mapeo" (fotos 4 y 5). En estructuras reforzadas, el panorama es diferente, ya que las fisuras se presentan en forma paralela al acero principal y en dirección de los esfuerzos predominantes. La expansión creada en el concreto impone esfuerzos de tensión al acero de refuerzo, que aunados a los esfuerzos de compresión del concreto contiguo al refuerzo le imponen una restricción para deformarse, lo cual da lugar al nacimiento de fisuras paralelas a la posición del refuerzo, mismas que pueden llegar a tener un espesor de 15 mm y una profundidad de 30 cm, sobrepasando por mucho, la capa de recubrimiento de los elementos (foto 6).

Debido a que la humedad y temperatura favorecen el desarrollo de la reacción, el daño causado podrá variar en una estructura, ya que los elementos que se encuentran en contacto con el medio ambiente estarán mayormente afectados que aquellos que se encuentran protegidos, aún cuando todos ellos estén contruidos con el mismo concreto

Los métodos de auscultación y diagnóstico de un concreto dañado, así como la evaluación del grado de reactividad de los agregados quedan fuera de los objetivos del presente trabajo. sin embargo es importante comentar que existen grandes adelantos en las investigaciones que permiten contar con métodos confiables para poder determinar la inclusión a fin de minimizar los efectos nocivos de la reacción álcali-agregado

## CONCLUSIONES

La reacción alcali-agregado es un fenómeno de carácter expansivo, el cual tiene su origen en la interacción química entre los álcalis en el concreto y de la humedad y la temperatura. Por la naturaleza de la reacción, se puede definir su desarrollo en dos etapas principales que son, la primera formación de gel, y la segunda absorción de agua y expansión del producto alcalino provocando daños al concreto. Las dos etapas, aún en estudio, se generarán en una estructura en medio ambiente normal

Los efectos causados por la reacción van desde la aparición de fisuras en la masa del concreto hasta llegar a la disminución en la resistencia a compresión simple del concreto y variación en el módulo de elasticidad, efectos irreversibles que merman la seguridad y durabilidad de las estructuras afectadas.

El conocimiento del principio de la reacción y los factores que la generan y desarrollan ha permitido la creación de una serie de ensayos y metodologías orientadas a evitarla, siendo aún motivo de estudio el seguimiento que se debe dar a una estructura afectada y, principalmente que tipo de soluciones son aplicables para reparar elementos dañados por la reacción

## REFERENCIAS

- 1 Swamy, editor "The Alkali-Silica Reaction in Concrete". Concrete Technology and Design Series, Blackie and Son Ltd., Great Britain, 1991
2. Swamy, "Alkali-Aggregate Reactions in Concrete: Material and Structural Implications"
- 3 Swamy, editor "The alkali-Silica Reaction in Concrete". Blackie and Son Ltd., Scotland, 1992.
- 4 Mena Ferrer Manuel. "Reacción Alcali-Silice en el Concreto". Revista IMCYC, VOL 21, 1983, PP 17-31.
- 5 "Recommendations Provisoires pour la Prevention des Desordres dus á l'Alkali-Reaction". Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Ministère de l'Équipement du Logement, des Transports et de la Mer. Paris, Janvier 1991
- 6 Calleja José. "Posibilidades de Utilización de Aridos Locales para Hormigones de Firmes Rígidos". Curso de Pavimentos de Hormigón del Colegio de Ingenieros de Caminos y Puertos España, 1986
- 7 Petterson Karin "Effects of Silica Fume on Alkali-Silica Expansion in Mortar Specimens" Swedish Cement and Concrete Research Institute. Stockholm, 1992
- 8 Suplemento Mexicano del Informe del ACI-201, "Guía para la Durabilidad del Concreto". México, Noviembre, 1989
- 9 Kostmatka H. Steven, Fiorato Anthony "Detecting and Avoiding Alkali-Aggregate Reactivity" Concrete Technology Today, Portland Cement Association Skokie, Ill., November, 1991
- 10 Building Research Establishment Digest "Alkali Aggregate Reactions in Concrete" Building Research Station, Garston, United Kingdom, March, 1988.
- 11 British Cement Association "The Diagnosis of Alkali-Silica Reaction" Publication 45 042

12. Veronelli Dante J.E. "Durabilidad de los Hormigones. Reacción Arido-Alcali" Monografía No. 352, Instituto Eduardo Torroja, Madrid, septiembre 1978.
13. Regourd M., and Hourian H. "Microstructure of Reaction Products" Proceedings of the Seventh International Conference on Concrete Alkali-Aggregate Reactions 1986
14. Dolar Mantuini. Handbook of Concrete Aggregate, a Petrographic and Technological Evaluation Noyes Publication. N.J., U.S.A.
15. ASTM C227-81 Potential Alkali Reactivity of Cement Aggregate Combinations (Mortar Bar Method). American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1982.
16. Mullick A.K. "Distress in a Concrete Gravity Dam due to Alkali Silica Reaction", "Cement Composites and Lightweight Concrete, vol. 10, no 4, Nov. 1988.
17. Swamy R. N., Al Asali M. "Expansion of Concrete due to Alkali-Silica Reaction". ACI Materials Journal, vol. 85, U.S.A., Jan-Feb, 1988.
18. Swamy R. N., Al Asali M. "Engineering Properties of Concrete Affected by Alkali-Silica Reaction". ACI Materials Journal, vol. 85. U.S.A., Nov-Dec., 1988.

**PROCEDIMIENTOS INNOVADORES PARA  
REHABILITACION O REPARACION DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES**

# PUENTE ALVARADO

## I. DESCRIPCION

El puente Alvarado, ubicado en el kilómetro 1+550 de la carretera Veracruz-Acayucan, tiene una longitud total de 529.7 m.- El puente está integrado por 3 tramos de anclaje de 45m de longitud y sección cajón de peralte variable, una armadura móvil de 66m, 6 tramos suspendidos de 45m y uno de 30m compuestos de 4 traveses de concreto presforzado de 2.0m de peralte (Fig.1).

## II. REPARACION DE LAS TRABES PRESFORZADAS

Durante una campaña de inspección de la superestructura de este puente se detectaron signos que indican que ha comenzado un proceso de corrosión en los cables de presfuerzo de las trabes. Esto implica una reducción de la capacidad portante de la estructura y por consiguiente una disminución de la seguridad.

La primera necesidad que surge en todo proceso de proyecto de reparación es ubicar los puntos ó zonas en donde se produce el fenómeno y evaluar su intensidad para posteriormente planear la sustitución o reforzamiento.

La detección de este tipo de fenómeno en estructuras en las que no se ha tomado alguna precaución especial durante su construcción, es sin lugar a dudas uno de los problemas aún no resueltos de una manera satisfactoria ó para ser más precisos de una forma "económicamente satisfactoria"-

Para la determinación de la fuerza residual en un cable se necesita conocer el esfuerzo al que está sometido en un momento dado y a la sección residual del mismo.



La medición del presfuerzo al que está sometido un cable adherido por una inyección sólo es posible si se ha tomado la precaución de colocar en el momento de la construcción un elemento medidor como:

- Bobina concatenada con el cable, por la que se hace circular una corriente de baja intensidad.
- Dispositivo basado en el principio de la cuerda vibrante.
- Strenght-gage ó extensómetro.
- Otros.

Todos ellos deben ser calibrados con una medición inicial a la hora del tensado de la unidad que miden.

En el caso que nos ocupa, al igual que en la totalidad de las obras, no se han colocado tales dispositivos, por lo que el valor del esfuerzo no es un parámetro disponible. El proyectista sólo puede manejar un valor que sale del esfuerzo de la curva de tensado, y calcular las pérdidas que haya tenido, por lo tanto es un valor estimado.

La sección se puede llegar a determinar siempre y cuando el cable sea accesible desde la periferia de la trabe. Para ello se necesita instalar una pasarela de trabajo, hacer una abertura en la pared de concreto con mucho cuidado con un pequeño cincel muy afilado, ya que los golpes en una trabe comprimida no son muy aconsejables por el riesgo que implican. Finalmente se llega al ducto, se corta el mismo y se observa en el interior la existencia ó no de la inyección y el estado de los cables; eventualmente se podrá apreciar y medir la reducción de la sección de los cables. Si hubiese vacíos se podrá hacer uso de un endoscopio, aparato basado en el principio de la conducción de las imágenes por medio de fibras ópticas, equipado con una fuente luminosa para observar más allá ó alrededor de la abertura inicial.

Para ubicar los cables se puede emplear un equipo de detección basado en la emisión de un flujo magnético, el pachómetro ó un equipo basado en la emisión de rayos nucleares, aparato radiográfico.

Para resumir.

1).-La determinación de la sección de los cables es:

- Costosa.
- Tiene su limitación, solo en las partes accesibles.
- Tiene su riesgo, provoca fisuras por los golpes.

2).-La determinación del esfuerzo es solo posible por estimación.

3).- La información que se obtiene en todo caso es válida sólo en un punto de un cable y no se puede inferir de manera razonable que puede estar pasando en una sección a unos escasos decímetros de la explorada.

Por todo lo anterior, podemos deducir que una campaña de inspección en las condiciones descritas del puente "Alvarado" no es rentable en términos de la relación de costos -cantidad de información- validéz de los resultados, para determinar valores para diferentes secciones de la trabe.

En relación a lo anterior, las autoridades de CYPFIYSC que tenían la responsabilidad técnica, estimaron que la idea de la inspección no iba a aportar información interesante para el proyecto porque se podía deducir que el proceso de corrosión que ya había comenzado, en ese momento estaría en un nivel dado de avance, pero que ese proceso no se podía determinar salvo a costa de detectar todos los lugares de corrosión y proceder a su limpieza y neutralización, situación que no es muy evidente. Sin embargo, lo que sí se podía prever es que tarde ó temprano ese proceso llevaría a la destrucción de las piezas estructurales.

Ante esta situación se realizó un proyecto de reforzamiento que tomase el relevo de la capacidad a medida que el sistema existente fuese fallando.

### III. PROYECTO DE REPARACION

A finales de 1986, de acuerdo a las directivas mencionadas anteriormente, se desarrolló un proyecto de reparación sobre las siguientes bases:

1. Para cada trabe se determinaron las solicitaciones debidas a la carga muerta (peso + sobrecargas) y a la carga viva. Para ese caso se determinó una cantidad de cables de presfuerzo para tomar el 100% de las cargas. En la Fig. No. 2 se muestran las propiedades geométricas de la sección en estudio.
2. Para cada trabe se estimó la fuerza de presfuerzo que tenderían los cables existentes "si no tuviesen corrosión". Para este estado se revisó la capacidad de la estructura y se determinaron los esfuerzos en las diferentes fibras de las secciones. (Fig. No. 3). Se calculó la cantidad de presfuerzo complementario exterior. (6 cables 12T13 por trabe) que se podía aplicar a cada trabe asumiendo que actúa completamente el presfuerzo inicial colocado al construir la obra, de tal manera que al considerar el presfuerzo inicial más el esfuerzo complementario exterior no se exceden los esfuerzos admisibles del concreto según su  $f_c$  28 teórico (de 350 kg/cm<sup>2</sup>) \*. Por otro lado este presfuerzo complementario exterior se determinó además como un número entero de cables, para conservar la simetría en la sección. Como procedimiento general de reforzamiento se previó para la primera etapa lo siguiente:
  - a) Instalar en cada trabe bloques extremos de anclaje y bloques de desviadores para alojar un presfuerzo exterior que tome el 100% de las cargas, y ampliar el bulbo de compresión a lo largo de toda la trabe. (Figs 4 y 5).
  - b) Para el reforzamiento de esta etapa, se comienza tensando al 100% e inyectando, los cables determinados como el presfuerzo exterior complementario. De esta manera estamos seguros de no sobrepasar los esfuerzos admisibles del concreto en ningún caso. (Figura No. 6).

\* Se usó 0.6  $f'_c$  (Reglamento Francés) y se multiplicó por 1.24 por la edad del concreto.

ADAM M. NEVILLE: *Tecnología del Concreto* pág. 298.

c) Como paso muy importante, se deberá tomar nivelaciones de las traveses en puntos característicos (al centro del claro y a los cuartos) antes de introducir el presfuerzo exterior complementario y durante el tensado del mismo tomando lecturas de P-O (fuerzas del presfuerzo - deformación). Como hay varios cables a tensar para el total de las traveses, se obtendrán un buen número de puntos con los que se podrá construir una gráfica para las diferentes secciones de las traveses.

Una vez llegada a esta etapa, se tiene lo siguiente:

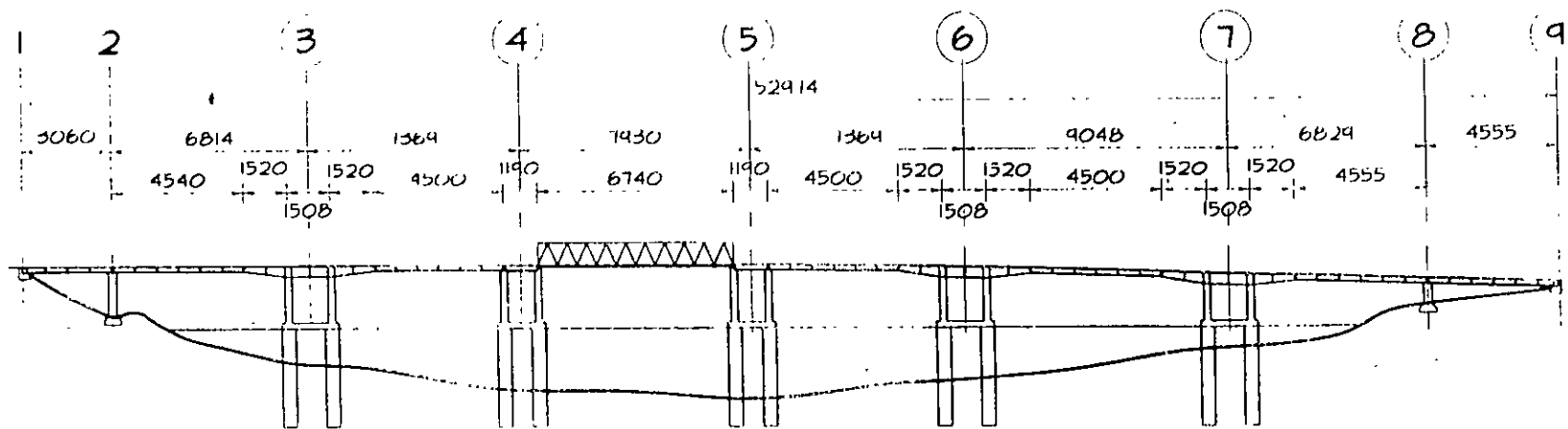
- ◆ Vigas con un presfuerzo adicional exterior no adherido, el cual aumentó la seguridad de las mismas.
- ◆ Gráfica de fuerza de presfuerzo -deformación en ciertas secciones.
- ◆ Bloques de anclajes, para el 100%de las cargas con las partes ahogadas, así como desviadores.

Como segunda etapa de la conservación de esta obra; se implementa una campaña de nivelaciones para vigilar a la misma. Una vez hechas las lecturas en los diferentes puntos, y efectuadas las correcciones por pérdidas diferidas en los cables y por variaciones de cargas muertas si las hubiere; como reecarpetados, cambio de barandales, se podrán ver en las gráficas construidas en la primera etapa la pérdida de presfuerzo de los cables colocados en la construcción original, misma que se asignará a la corrosión del presfuerzo ahogado en la trabe.


La otra situación extrema es tal que podemos imaginar que el presfuerzo original dentro de la trabe se ha corroído y desaparecido completamente Fig. 7). En lugar de dar una ruptura frágil, el presfuerzo exterior se moviliza y toma el 100% de las cargas muertas y vivas, en este caso T3-S3, lo cual se verifica al calcular el momento último resistente de la sección de la sección de acero de presfuerzo exterior, considerando como una sección de acero no adherente. Previamente se verificó que la sección no falla por aplastamiento del concreto, ya que el momento por capacidad última del concreto es superior al calculado anteriormente.

El razonamiento anterior es válido, siempre y cuando el presfuerzo exterior se conserve intacto; esto quiere decir que su sección no haya sido disminuida por efectos de la corrosión, lo cual es posible ya que el nuevo sistema permite la conservación del mismo y si se hace correctamente, en caso de ser detectado un problema de corrosión, se podrá cambiar un toron ó un cable.

En definitiva este procedimiento permite no solo reforzar la estructura sino que le quita su condición de fragilidad ya que es una especie de "red" que detiene la estructura que pudiese fallar súbitamente. Por último, en caso de que no se presentara una falla súbita, es posible seguir reparándola gradualmente midiendo flechas y fuerza residual en los cables nuevos .

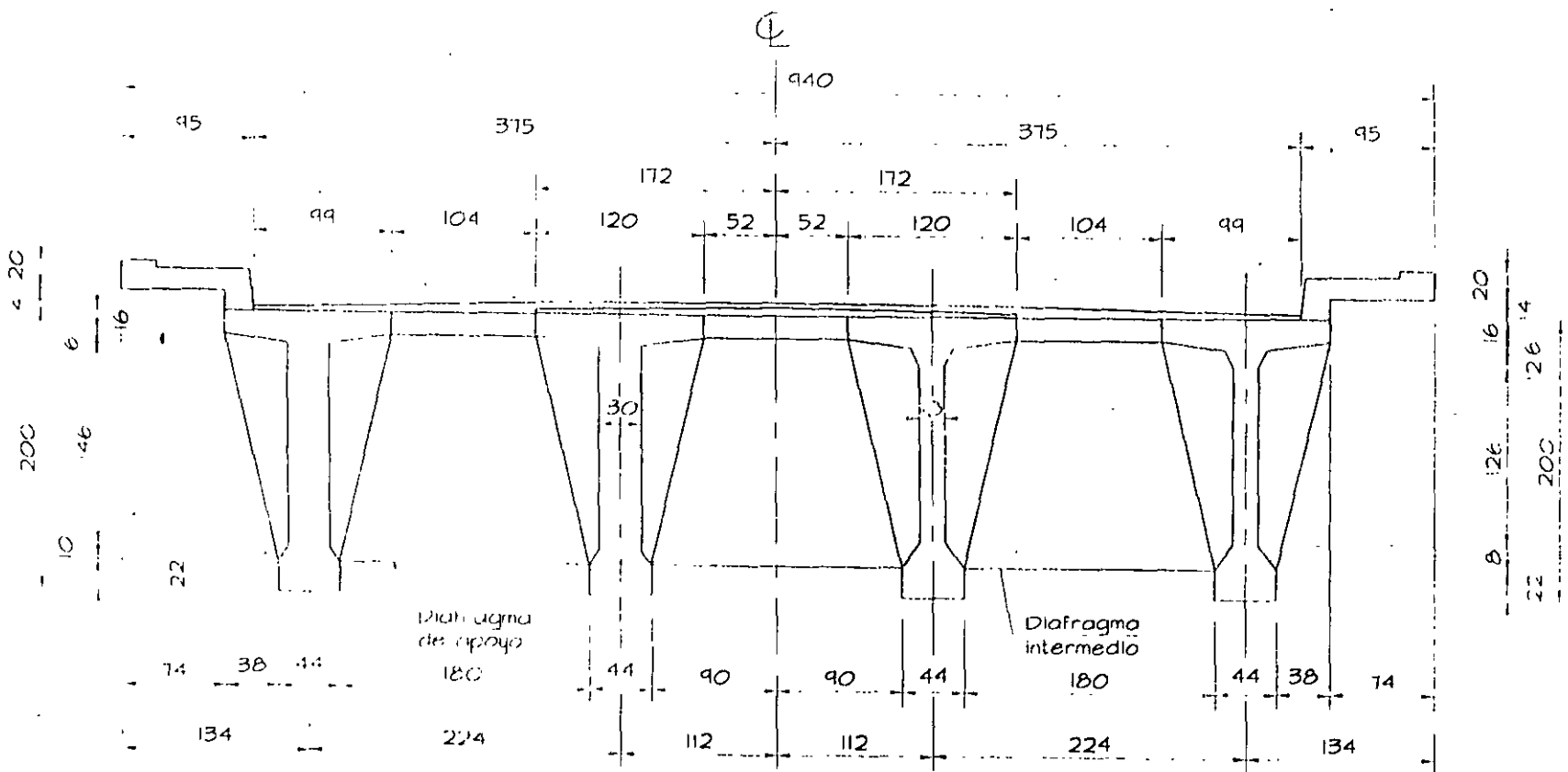


ELEVACION GENERAL POR EL EJE DEL PUENTE


**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**  
 DIRECCION TECNICA

---

**PUENTE  
"ALVARADO"**



MEDIA SECCION  
POR EJE DE APOYO

MEDIA SECCION  
AL CENTRO DEL CLARO

SECCION ORIGINAL



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

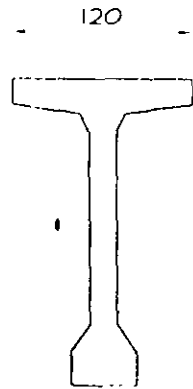
DIRECCION TECNICA

PUENTE "ALVARADO"  
TRAMO DE 45 mts.

FIGURA No. 1

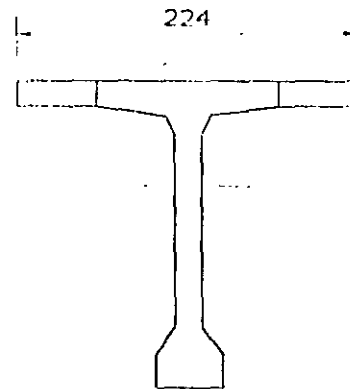
# PROPIEDADES GEOMETRICAS

## SECCION AL CENTRO DEL CLARO



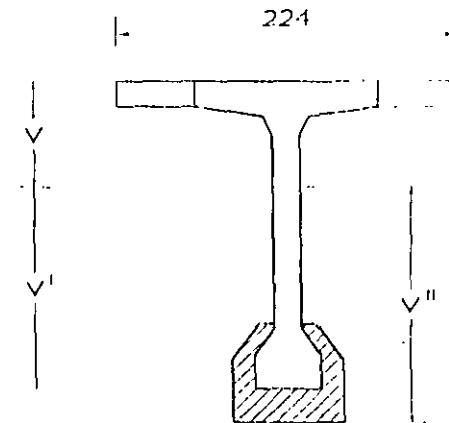
VIGA

$$\begin{aligned}
 A &= 0.645 \text{ m}^2 \\
 V &= 0.8201 \text{ m} \\
 V' &= 1.1793 \text{ m} \\
 I_{xx} &= 0.3223 \text{ m}^4 \\
 I/V &= 0.3927 \text{ m}^3 \\
 I/V' &= 0.2133 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



VIGA LOSA

$$\begin{aligned}
 A &= 0.8116 \text{ m}^2 \\
 V &= 0.669 \text{ m} \\
 V' &= 1.331 \text{ m} \\
 I_{xx} &= 0.395 \text{ m}^4 \\
 I/V &= 0.5904 \text{ m}^3 \\
 I/V' &= 0.2968 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



VIGA LOSA Y BULBO

$$\begin{aligned}
 A &= 1.055 \text{ m}^2 \\
 V &= 0.9483 \text{ m} \\
 V' &= 1.0517 \text{ m} \\
 V'' &= 1.2017 \text{ m} \\
 I_{xx} &= 0.6787 \text{ m}^4 \\
 I/V &= 0.7151 \text{ m}^3 \\
 I/V' &= 0.6453 \text{ m}^3 \\
 I/V'' &= 0.5648 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

PUENTE "ALVARADO"  
TRAMO DE 45 mts.

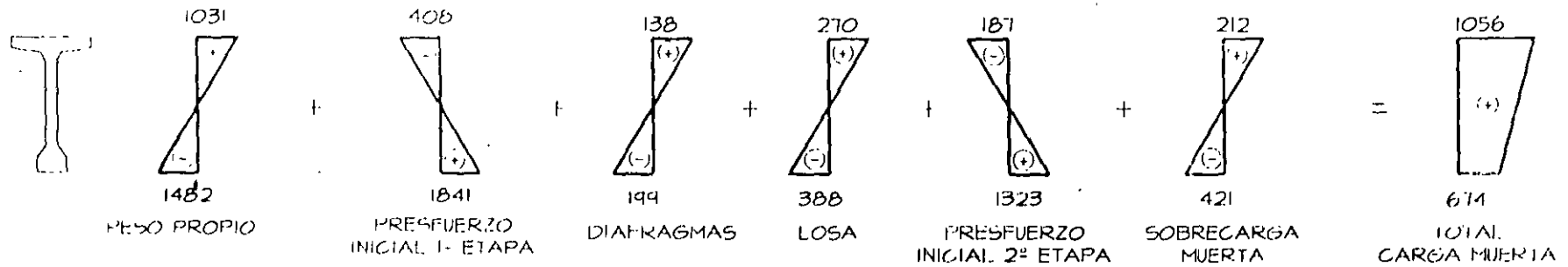
FIGURA NO. 2



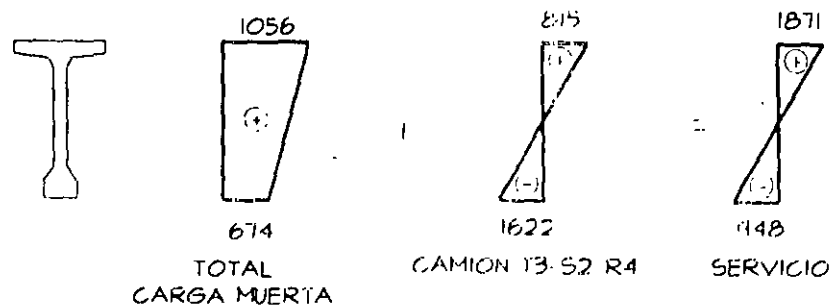
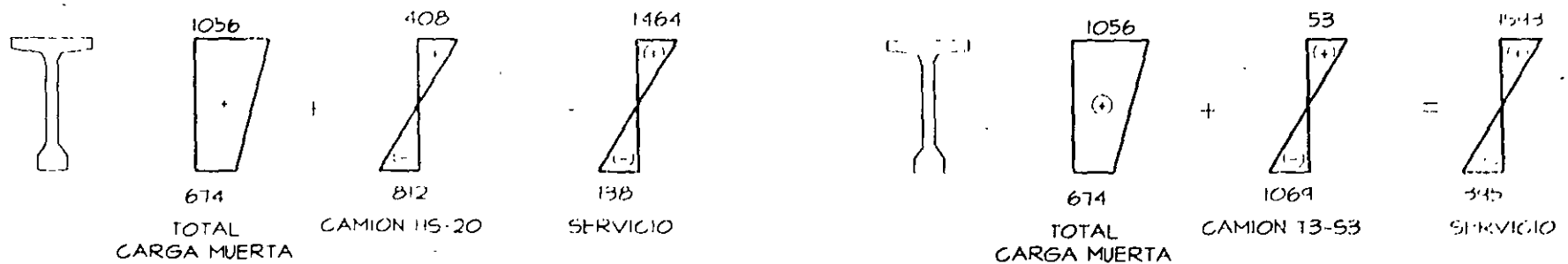
# ESFUERZOS ACTUANTES EN EL PUENTE ( T/m<sup>2</sup> )

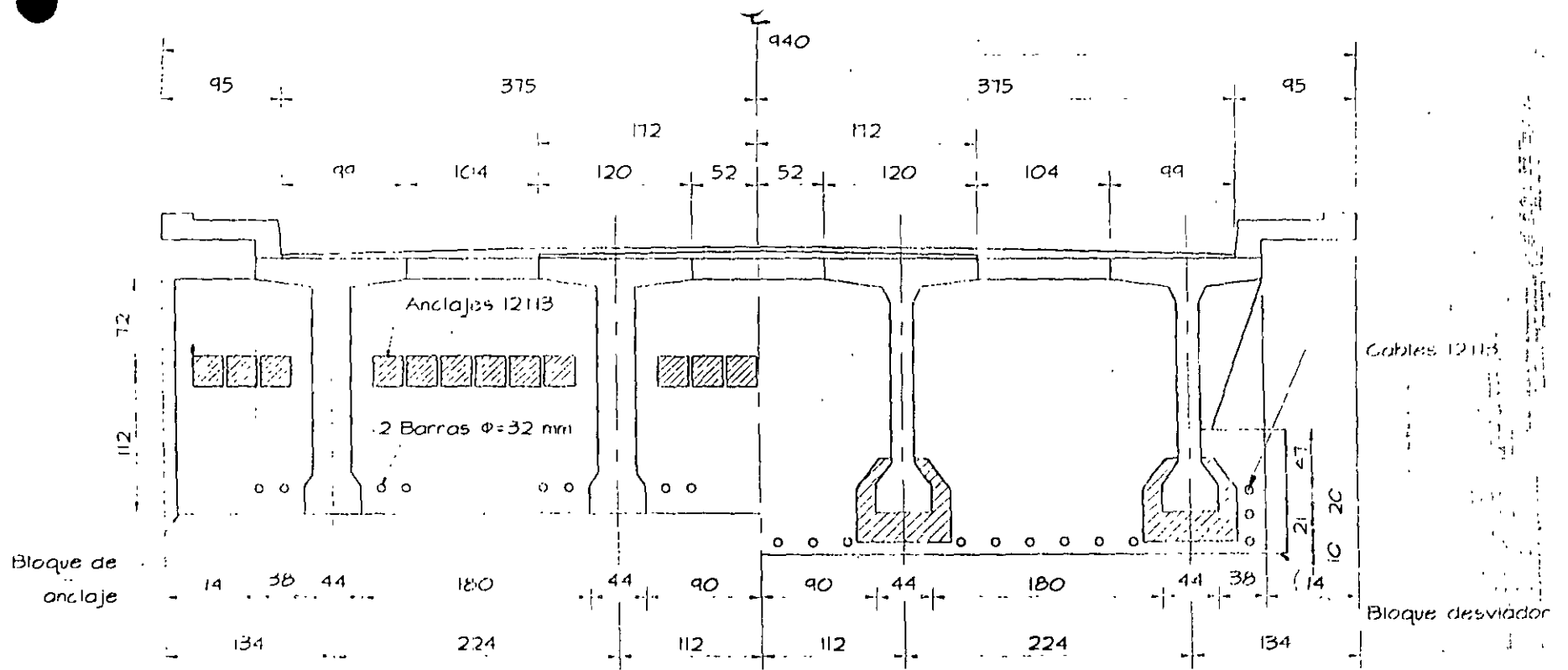
## SECCION ORIGINAL

### a ) CARGAS MUERTAS



### b ) CONDICIONES DE SERVICIO




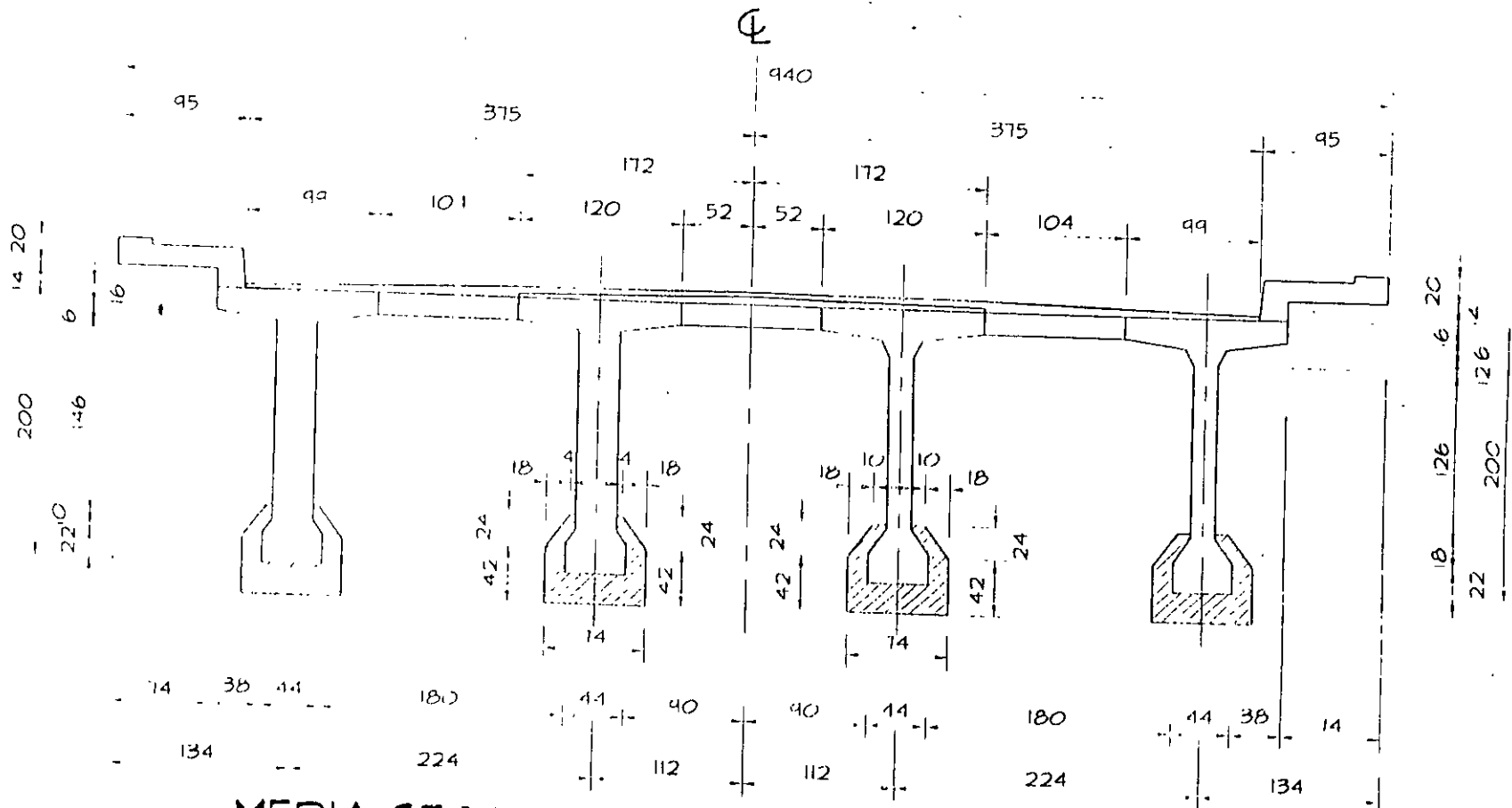


MEDIA SECCION  
POR EJE DE  
BLOQUE DE ANCLAJE

MEDIA SECCION  
AL CENTRO DEL CLARO

SECCION LOCALIZACION PRESFUERZO ADICIONAL



 CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
 DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS  
 DIRECCION TECNICA  
 PUENTE "ALVARADO"  
 TRAMO DE 45 mts. FIGURA No. 1



MEDIA SECCION  
POR EJE DE APOYO

MEDIA SECCION  
AL CENTRO DEL CLARO

SECCION AMPLIADA



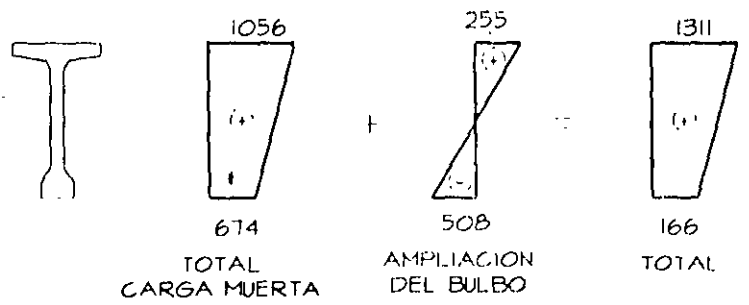
CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS  
DIRECCION TECNICA

PUENTE "ALVARADO"  
TRAMO DE 45 mts. FIGURA NO. 5

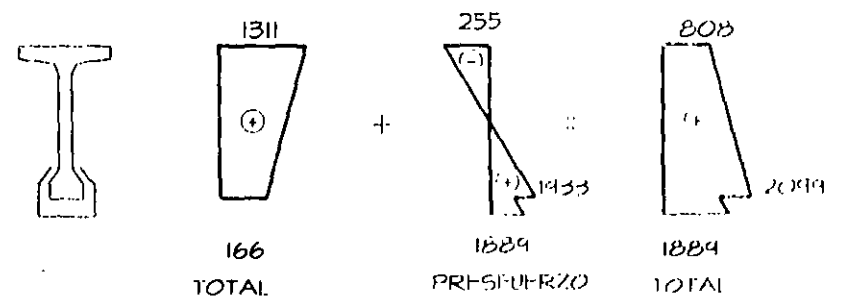
# ESFUERZOS ACTUANTES EN EL PUENTE ( T/m<sup>2</sup> )

## SECCION AMPLIADA Y 100% DEL PRESFUERZO ORIGINAL

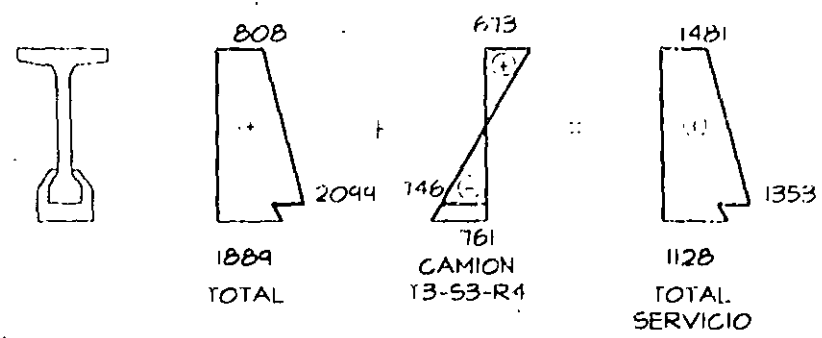
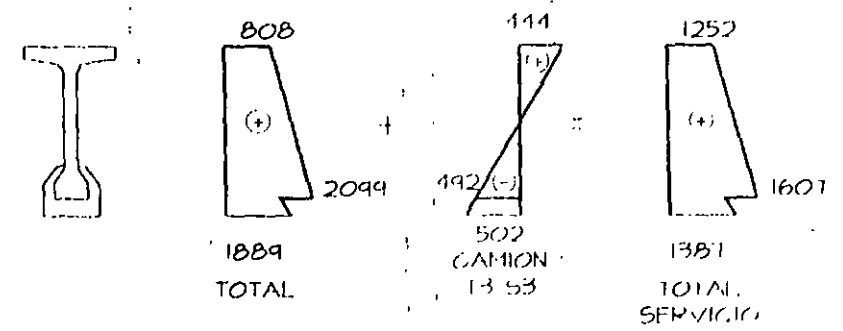
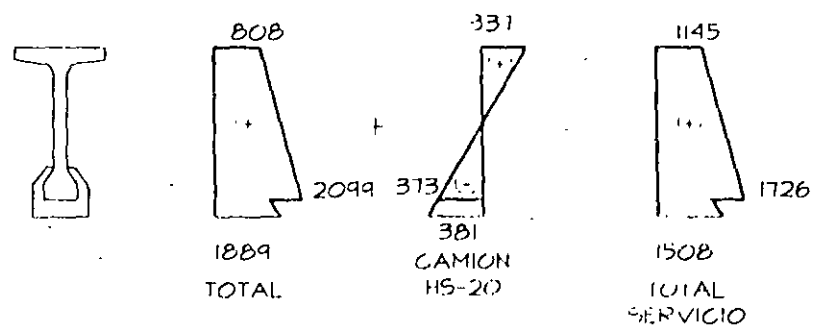
### a) CARGAS MUERTAS




### b) PRESFUERZO ADICIONAL (6 Cables 12T13 por Trabe)



### c) CONDICIONES DE SERVICIO





**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
 DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**  
 DIRECCION TECNICA

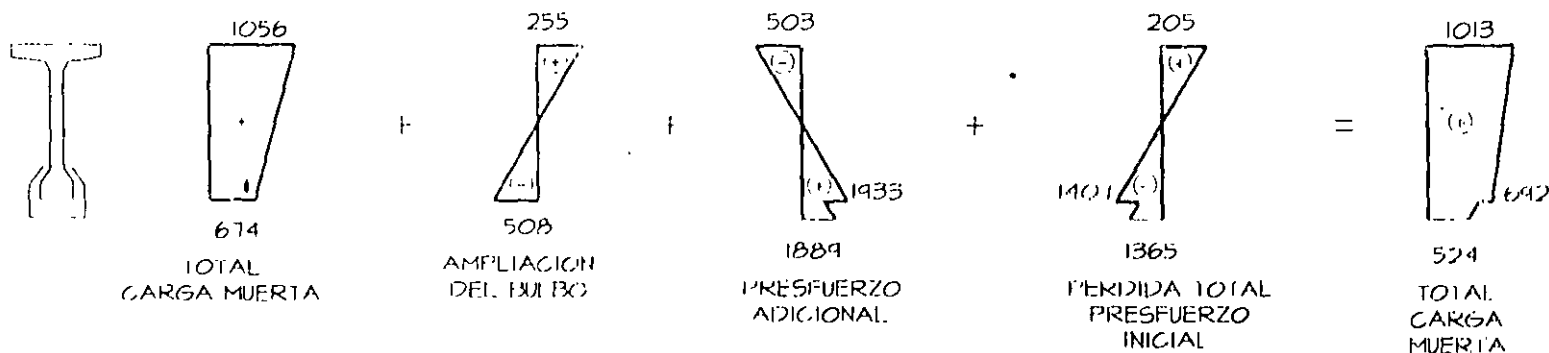
**PUENTE "ALVARADO"**  
 TRAMO DE 45 mts.

Hoja No. 6

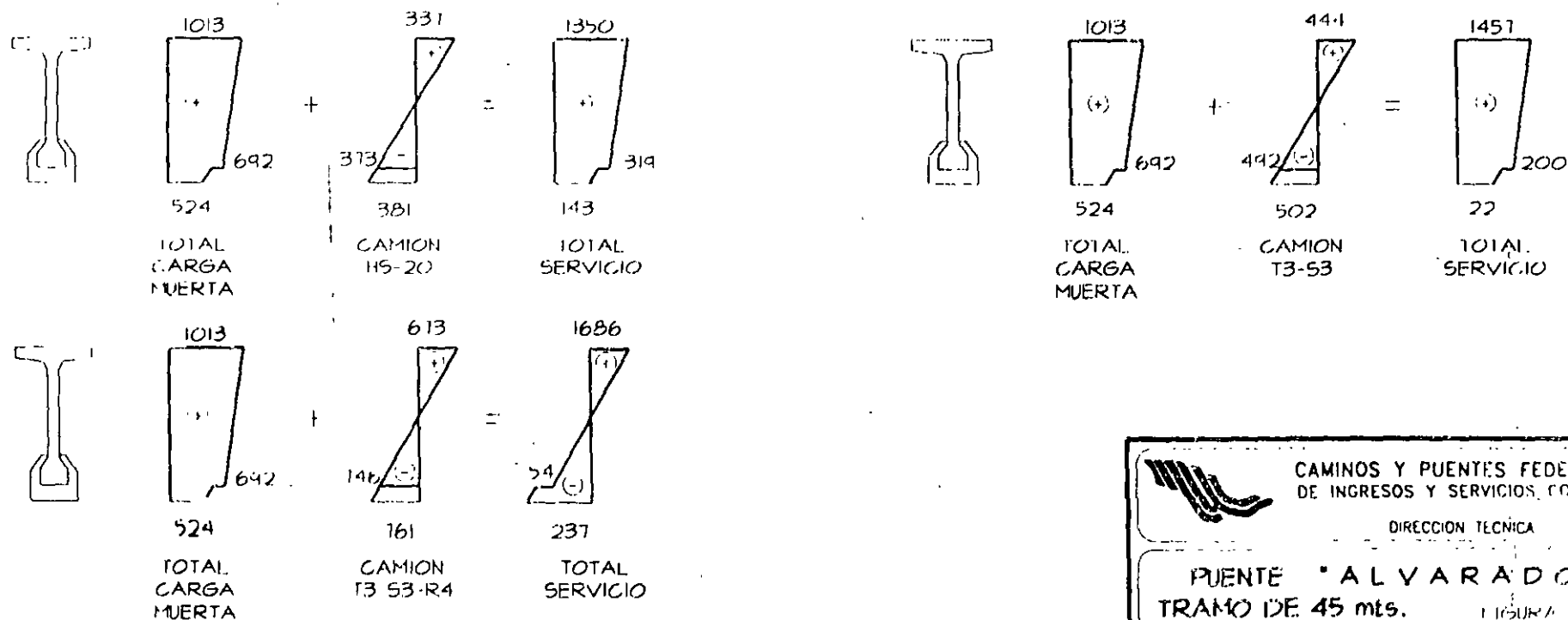
# ESFUERZOS ACTUANTES EN EL PUENTE ( T/m<sup>2</sup> )


## SECCION AMPLIADA Y PERDIDA TOTAL DEL PRESFUERZO INICIAL

### a) CARGAS MUERTAS



### b) CONDICIONES DE SERVICIO





CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

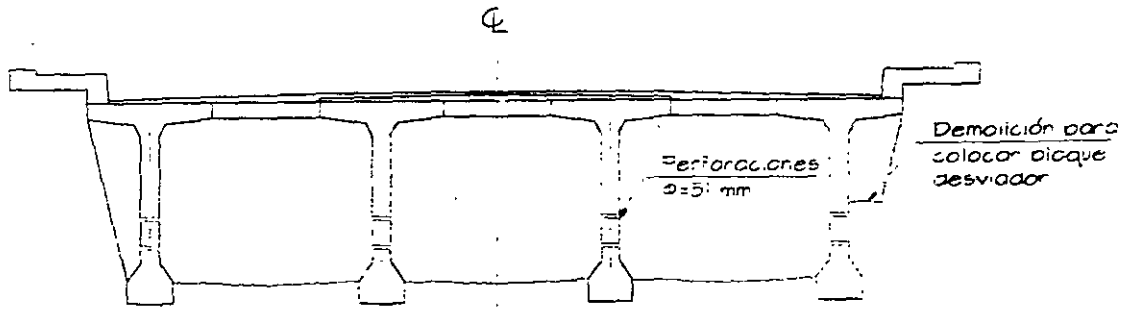
**PUENTE "ALVARADO"**  
TRAMO DE 45 mts. FIGURA 11.1

**E S F U E R Z O S P E R M I S I B L E S  
EN ELEMENTOS DE CONCRETO PRESFORZADO**

REGLAMENTO DEL AASHTO	REGLAMENTO DEL BPEL
<p><b>a) TEMPORALES</b></p> <p>COMPRESION</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PRETENSADOS <math>0.60 f'_{ci}</math></li> <li>- POSTENSADOS <math>0.55 f'_{ci}</math></li> </ul> <p>TENSION</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Con acero de refuerzo <math>0.8 \sqrt{f'_{ci}}</math></li> <li>- Máximo esfuerzo <math>2.00 \sqrt{f'_{ci}}</math></li> </ul> <p><b>b) EN SERVICIO</b></p> <p>COMPRESION <math>0.40 f'_c</math></p> <p>TENSION</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Con acero de refuerzo <math>1.60 \sqrt{f'_c}</math></li> <li>- Con acero de refuerzo pero expuesto a condiciones severas <math>0.80 \sqrt{f'_c}</math></li> <li>- Sin acero de refuerzo <math>0.00</math></li> </ul>	<p><b>a) TEMPORALES</b></p> <p>COMPRESION <math>0.60 f'_{ci}</math></p> <p>TENSION <math>0.70 (6 + 0.06 f'_{ci})</math></p> <p><b>b) EN SERVICIO</b></p> <p>COMPRESION</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Combinación casi-permanente <math>0.50 f'_c</math></li> <li>- Combinaciones raras y frecuentes <math>0.60 f'_c</math></li> </ul> <p>TENSION</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En clase I <math>0.00</math></li> <li>- En clase II</li> <li>- Combinaciones raras                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- A nivel del acero de presfuerzo <math>6 + 0.06 f'_c</math></li> <li>- En otras secciones <math>1.50 (6 + 0.06 f'_c)</math></li> </ul> </li> <li>- Combinaciones frecuentes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- A nivel del acero de presfuerzo <math>0.00</math></li> </ul> </li> <li>- En clase III</li> <li>- La sobretensión en el acero de presfuerzo debe ser menor a <math>0.10 f'_c</math></li> </ul>

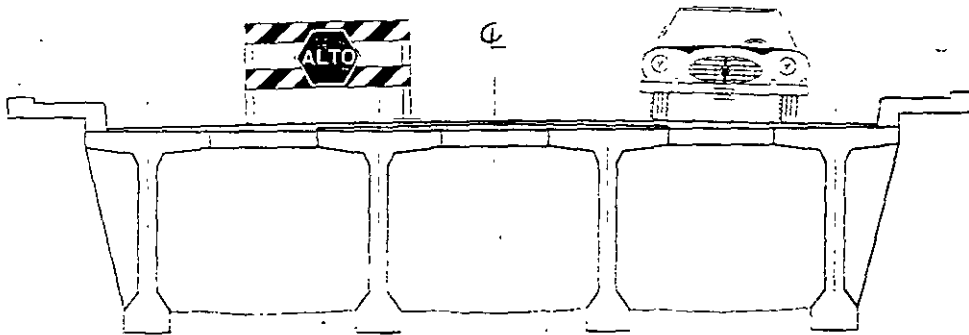
# FASE I

- a) Tomar niveles de la superestructura
- b) Realizar perforaciones en nervaduras y diafragmas para dar paso al presierzo longitudinal y transversal (ver figura 1)



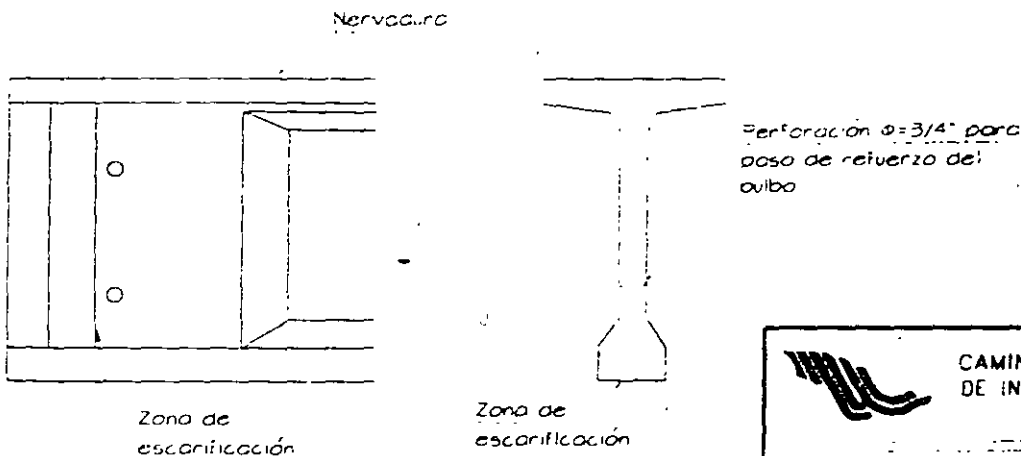
**FIGURA 1**

- c) Cerrar un carril a la circulación y proceder al retiro de la carpeta asfáltica (ver figura 2)




**FIGURA 2**

- d) Escarificar nervaduras y diafragmas en zonas donde se colocan bloques de anclaje, bloques desviadores y ampliación de tubo (ver figura 3)

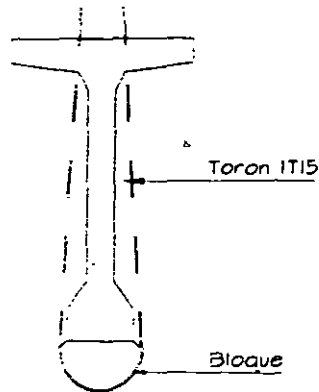


**FIGURA 3**

	<b>CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS</b>
	DIRECCION TECNICA
<b>PUENTE "ALVARADO"</b>	
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	HOJA No. 1

## FASE II

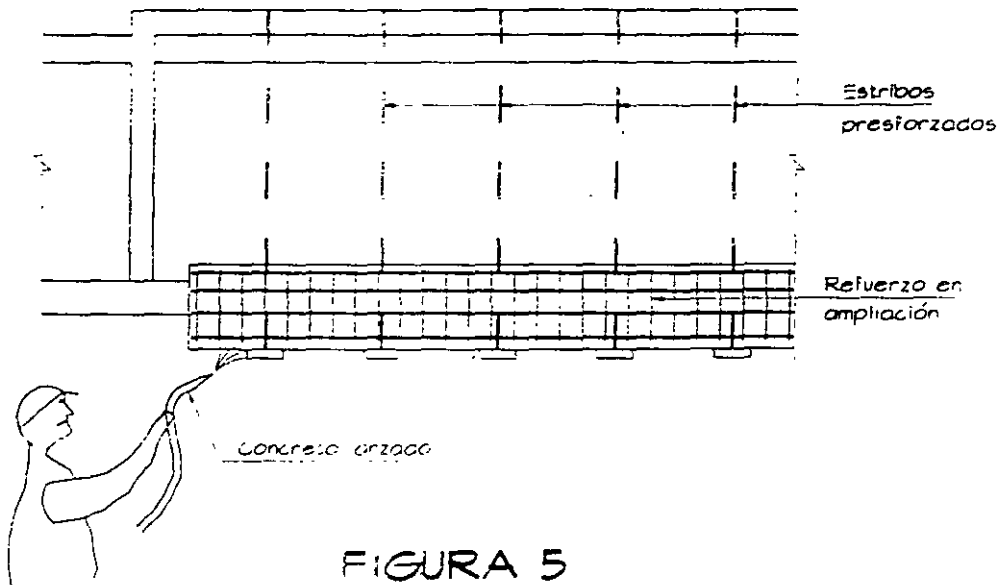
a) Colocar y tensar los estribos prestozados (ver Figura 4)



**FIGURA 4**

b) Retirar juntas de calzada y efectuar demoliciones en la losa para realizar colado de bloques

c) Armar la ampliación del patín inferior en el tramo de 45 mts. (ver Figura 5)




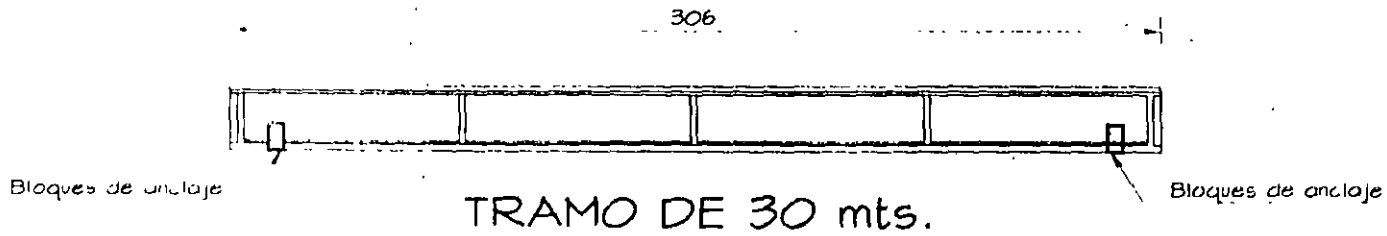
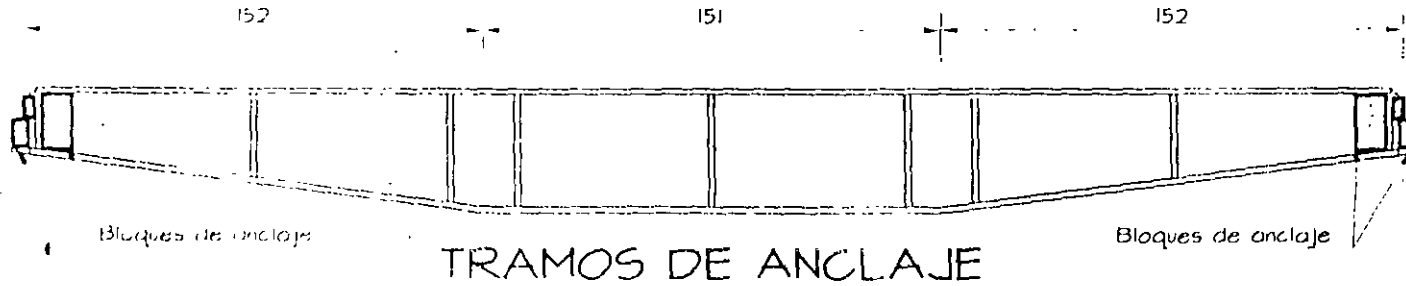
**FIGURA 5**

d) Colar la ampliación del patín inferior, mediante el método de concreto lanzado



# FASE III

a) Armar y color los bloques de anclaje en los tramos de 30 m, 45 m y Tramos de anclaje



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS  
DIRECCION TECNICA  
FUENTE "ALVARADO"  
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO HOJA No. 3

## FASE IV

a) REPETIR LAS FASES DE I A III PARA EL OTRO CARRIL (ver figura 6)

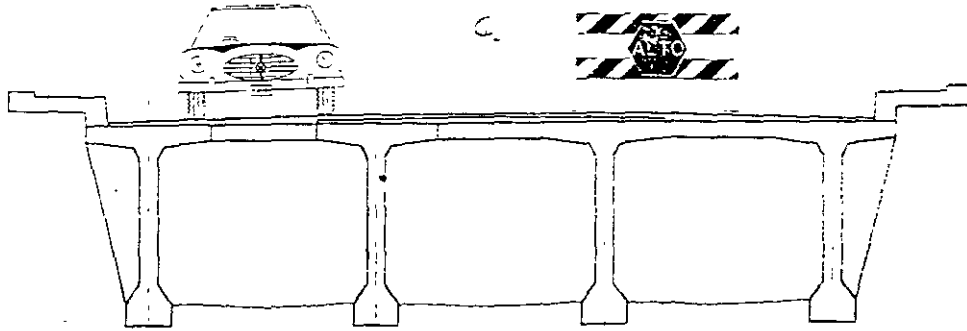


FIGURA 6

## FASE V

- a) Resanar huecos para el colado
- b) Restituir la carpeta asfáltica
- c) En los tramos de 45 mts. ampliar diafragmas centrales y armar el bloque desviador (ver figura 7)
- d) Colar bloque desviador

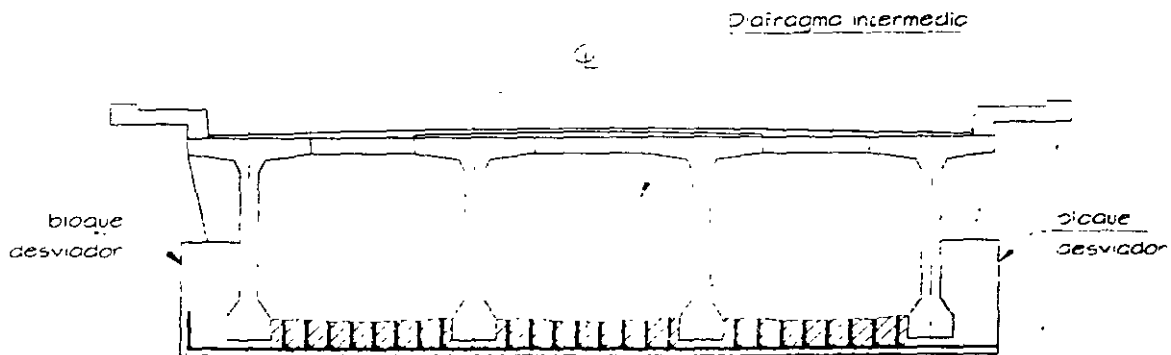

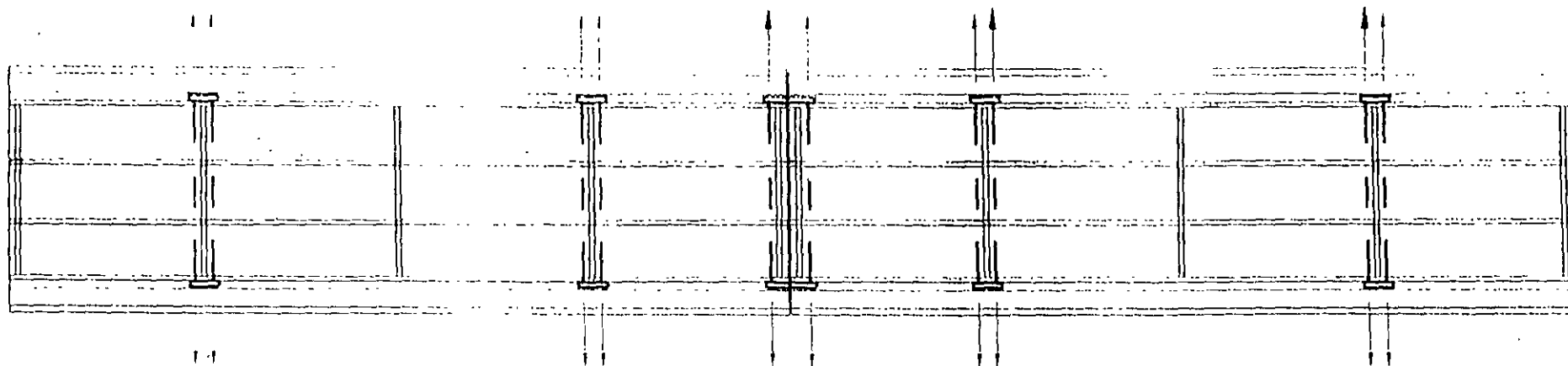


FIGURA 7


	CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
	DIRECCION TECNICA
PUENTE "ALVARADO"	
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	HOJA No. 4

# FASE VI

a) Insertar y tensor los cables de pretuerzo transversal

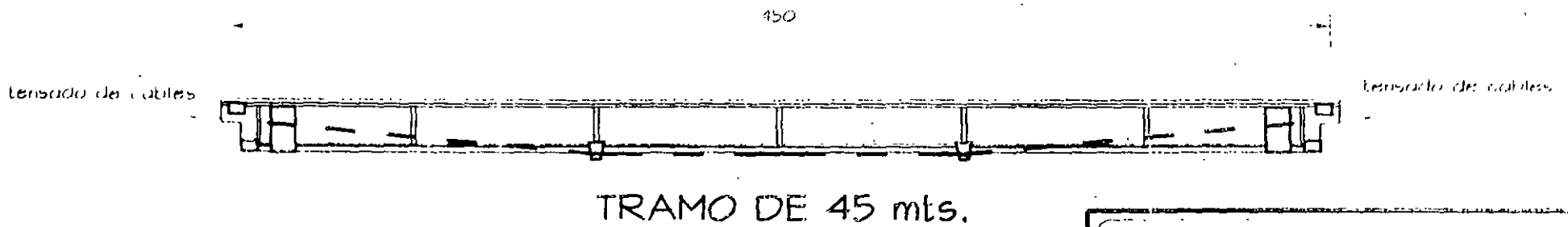
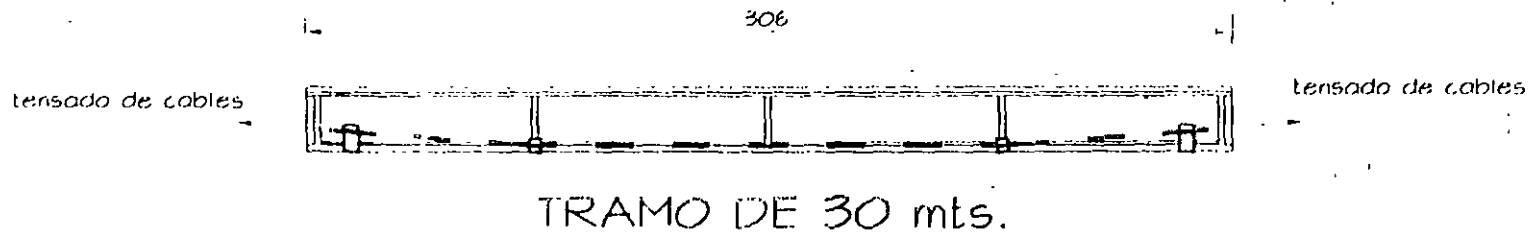
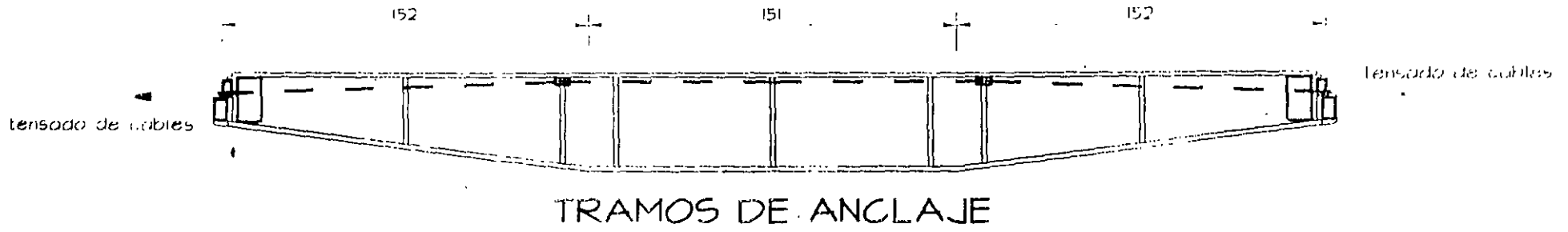



Tensado de cables transversales

 CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS  
DIRECCION TECNICA  
PUENTE "ALVARADO"  
PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO HOJA No 5

# FASE VII

- a) Insertar y tensor los cables de presfuerzo longitudinal
- b) Colocar juntas de calzada
- c) Abrir el puente a la circulación normal



  
CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS  
DIRECCION TERCERA  
PUENTE "ALVARADO"  
PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO HOJA No. 6

## PUENTE ALVARADO

COSTO COMPARATIVO EN % DEL REFORZAMIENTO Y UNA ESTRUCTURA NUEVA; A PRECIOS DE 1991.

### REFORZAMIENTO

COSTOS:	AÑO	FACTOR DE ACTUALIZACION 1991.	IMPORTE
459,273.92 (ARMADURA)	1989	1.6662	765,242.21
4'608,604.03 (TRAMOS DE CONCRETO)	1991	1.0000	4'608,604.03
		<b>TOTAL</b>	<b>5'373,846.24</b>

### COSTOS DE:

#### SUPERESTRUCTURA NUEVA

5'338,368.00	1988	1.7661	9'428,090.00
		<b>RELACION DE %</b>	<b>56 %</b>

#### TODO EL PUENTE

18'916.000.00	1988	1.7661	33'409,547.60
		<b>RELACION DE %</b>	<b>16 %</b>



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

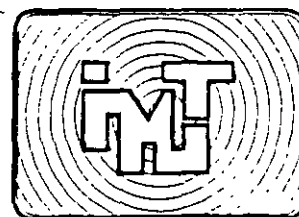
**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**ESTRATEGIAS DE LA CONSERVACIÓN DEL SISTEMA CARRETERO  
EN MÉXICO**

**EXPOSITOR: ING. RODOLFO TÉLLEZ GUTIERREZ  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**



---

---

# **UNA ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACION DE LA RED CARRETERA**

**Instituto Mexicano del Transporte**  
**Secretaría de Comunicaciones y Transportes**

**Documento Técnico No. 11**  
**Sanfandila, Gro. 1995**

---

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

130

**Una Estrategia para la Conservación  
de la Red Carretera**

Documento Técnico No. 11  
Sanfandila, Gro. 1995

---



---

Este documento fue elaborado en el Instituto Mexicano del Transporte por el Ing. Alfonso Rico Rodríguez, Coordinador Operativo y por el Dr. Alberto Mendoza Díaz, Jefe de la División de Estudios Logísticos.

Diversas personas han participado en las investigaciones originales que aparecen en estas páginas dando invaluable ayuda a los autores. Entre ellos merecen destacarse los Ing. Juan M. Orozco y Rodolfo Téllez que contribuyeron a fundamentar muchos de los criterios técnicos asentados; los Ing. Roberto Aguerrebere, Fernando Cepeda y Gandhi Durán realizaron en gran medida los trabajos de evaluación de costos operacionales en México. Asimismo, la metodología computacional fue cuidadosamente afinada por los Ing. Ricardo Solorio, Gandhi Durán y Maximiliano Benavides así como por el Actuario Agustín Reyes. El Ing. José L. Gutiérrez efectuó los análisis relacionados con el efecto de pesos vehiculares. El Ing. Ricardo Arredondo participó en el desarrollo de la metodología para el cálculo de los flujos de valor de carga. El Ing. Emilio Mayoral contribuyó en forma muy importante a la elaboración y edición de este trabajo.

# Indice

---

	<u>Página</u>
1. La Red Carretera Nacional. Su Evolución Histórica y sus Condiciones.	1
2. Necesidad de una Estrategia Nacional de Conservación.	9
3. Bases para una Estrategia Nacional de Conservación.	11
4. Componentes de la Estrategia de Conservación Propuesta.	15
5. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente Técnica.	17
5.1 Sistema para la Evaluación de la Condición Estructural.	17
5.1.1 Bases Conceptuales del Sistema Mexicano.	18
5.1.2 Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos	19
5.2 Módulo Económico del Sistema de Gestión.	23
6. Análisis de los Costos de Operación.	27
7. El Paradigma para Ordenar la Importancia de las Carreteras.	29
8. Comentarios Adicionales sobre el Estudio de Pesos y Dimensiones.	35
9. Equiparación del Criterio de Jerarquización Basado en el Valor de la Carga con otros Criterios comúnmente utilizados.	39
10. Niveles de Calidad según la Importancia Económica de la Carretera.	43

	<u>Página</u>
11. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente de Generación de Recursos.	45
11.1 Ideas Generales.	45
11.2 Sistemas de Generación de Recursos.	49
11.3 Una Propuesta Específica para la Obtención de Recursos para la Conservación Vial en el Caso de México.	52
12. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente Organizacional.	61
12.1 Organización General de los Trabajos de Conservación.	61
12.2 Organización Institucional de los Trabajos de Conservación.	68
Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos.	71
1. Metodología de Campo para la Evaluación de la Red.	71
2. Lineamientos Generales del Sistema.	74
3. Equipo de Cómputo.	75
4. Banco de Datos.	75
5. Formatos.	77
6. Evaluación Sistemática de la Red y su Implementación.	78
7. Recomendaciones para la Implementación del Sistema.	80

---

	<u>Página</u>
8. Instructivo de Llenado de los Formatos.	80
8.1 Aspectos Generales.	80
8.2 Datos Comunes para todos los Formatos.	81
8.3 Formato No. 1: DATOS GENERALES (DATOGEN).	81
8.4 Formato No. 2: INDICE DE SERVICIO (ISA).	83
8.5 Formato No. 3: CAPACIDAD ESTRUCTURAL (CAPES).	85
8.6 Formato No. 4: INVENTARIO DE DETERIOROS (INVEDET).	87
8.7 Formato No. 5: HISTORIAL DE REPARACIONES (HISTOREP).	89
8.8 Formato No. 6: CARACTERISTICAS GEOTECNICAS (CARGEOT).	89
9. Descripción de la Mecánica de Desarrollo de los Subsistemas que Conforman el S.I.M.A.P.	94
9.1 Subsistema DATOGEN.	94
9.2 Subsistema ISA.	95
9.3 Subsistema CAPES.	95
9.4 Subsistema INVEDET.	97
9.5 Subsistema HISTOREP.	97
9.6 Subsistema CARGEOT.	98

	<u>Página</u>
9.7 Subsistema REFIN.	99
ANEXO 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del S.I.M.A.P.	103
I. Metodología para la Obtención del Índice de Servicio Actual.	103
I.1 Requerimientos.	103
I.2 Observaciones a Tomarse en Cuenta.	103
II. Metodología para la Medición de Deflexiones.	104
II.1 Equipo Requerido.	104
II.2 Procedimiento.	104
II.3 Cálculos de Campo.	104
III. Ejemplo de Aplicación.	105
Apéndice 2. Módulo Económico del Sistema de Administración de Pavimentos.	111
1. Introducción.	111
2. Estructura del Módulo Económico.	112
Apéndice 3. Costos de Operación.	115
1. Análisis del efecto de la Pendiente, la Velocidad y la Curvatura de las Carreteras en los Costos de Operación Vehicular.	115
2. Análisis del Efecto del Estado Superficial de la Carretera en los Costos de Operación Vehicular	126

	<u>Página</u>
2.1 Indicadores del Estado Superficial.	128
2.2 Gráficas.	138
Apéndice 4. Sistema de Información Comercial (SECOFI)	147
Apéndice 5. Consideraciones sobre el Comportamiento de Diferentes Tipos de Vehículos Representativos del Tránsito Nacional en Relación a su Capacidad de Carga y Daño a la Infraestructura	157
Referencias.	169

# **1. La Red Carretera Nacional. Su Evolución Histórica y sus Condiciones.**

---

México ha desarrollado una red de comunicación carretera no desdeñable, a partir de mediados de la década de los años 20's de este siglo. Esta red ha desempeñado desde aquel entonces un papel muy importante en la evolución nacional, si bien éste no fue el mismo en todas las épocas.

Durante muchos años, el papel asignado a la red carretera fue, certeramente, netamente desarrollista; buscando comunicar sobre todo a la capital de la República con las capitales de los Estados, se pretendió exitosamente reforzar la integración nacional.

Una segunda etapa del desenvolvimiento de la red se dedicó principalmente a la comunicación con todas las ciudades de importancia, en un afán por completar la integración territorial nacional, a la vez que empezaron a manifestarse otro tipo de preocupaciones, incipientemente relacionadas ya con una vida económica que comenzaba a manifestar necesidades importantes. Estos criterios condujeron a la densificación de la red pavimentada y a la aparición de las rutas principales hacia la frontera norte del país, rutas de desarrollo hacia el sureste y otras.

Cumplidas las dos etapas de desarrollo anteriores en forma razonable y aprovechando los beneficios de lo ya realizado (por cierto, no sólo en el campo carretero), la vida económica y social de México comenzó a reforzarse en forma importante; sin embargo, en los comienzos de la década de los 70's fue evidente que a una red carretera relativamente moderna para la época y con una cobertura nacional cada vez más eficiente, no correspondía una penetración puntual en un campo mexicano en el que la diseminación habitacional en un número muy alto de pequeños pueblos y rancherías, combinado este fenómeno con la bien conocida geografía física del país, abundante en montañas, lugares de difícil acceso y otras particularidades actuantes en el mismo sentido, causaban un grave estado de marginación y abandono a grandes comunidades especialmente constituidas por la población más pobre y necesitada de estímulo. Todo ello condujo a lo que podría considerarse como una tercera etapa en el desarrollo de la red nacional carretera, en la que se puso un énfasis muy especial en la construcción de una red rural de pequeños caminos alimentadores y de rutas de penetración. El objetivo fundamental de esta preocupación fue seguramente el

combate al caciquismo, a la ignorancia, a la insalubridad y a otros amigos de la marginación. Se hicieron muchos caminos no destinados al paso de vehículos, sino al paso de ideas. Hoy, sin embargo, es evidente que esa red destinada a lograr un equilibrio adecuado en la vida nacional tuvo y siempre tendrá una importancia social y económica, pues por el camino que transita la enfermera y el maestro, también entran insumos y salen cosechas y poco después entran insumos y salen productos de agroindustria; muchos de los más modestos caminos rurales han llegado a ser en poco tiempo importantes carreteras totalmente integradas a la red nacional económica; otros conservan su modesto papel inicial, quizá no menos importante.

No hay que decir que durante todo el desarrollo de esta tercera etapa, que en muchos sentidos continúa en la actualidad, la nación siguió construyendo carreteras de mayor ambición y perfeccionando la red ya existente, sobre todo en materia de acortamientos y libramientos.

Es claro que este desarrollo carretero coexistió con un paralelo desenvolvimiento nacional que llevó a la nación a la creación de una infraestructura industrial, comercial y financiera que al alborear la década de los 80's prometía una rápida posibilidad de acceso a desarrollos mucho más modernos y avanzados. En este concierto, la red carretera nacional, si bien incipiente, estaba demostrando ser suficiente para sustentar el desarrollo; por su cobertura y por su variada gama de niveles, no constituía un freno. A despecho de lo anterior, se manifestaba en este momento ya un fenómeno que debería preocupar a todos y que, en especial para los ingenieros, debería constituir una lacerante interrogante. En efecto, aún en aquellos prósperos años, no dejaba de manifestarse un desequilibrio agudo entre una planta industrial que normalmente se situaba entre las primeras quince del mundo, una estructura financiera muy moderna, una vida comercial sumamente pujante y un nivel de vida popular que en muchos casos no correspondía al panorama anterior. Dado lo involucrada que la ingeniería civil se encuentra en ciertos aspectos de la fundamentación del desarrollo nacional, la contradicción atrás señalada debe ser motivo de seria preocupación y quizá una primera consecuencia de tal preocupación pudiera ser la conclusión de que en el momento presente y en el próximo futuro, a la ingeniería civil no le basta hacer obras para el país, sino que precisa hacerlas en condiciones que realmente incidan en el desarrollo social y cultural y en la generación de riqueza para la nación. Con base en esta conclusión se sostienen muchas de las ideas



que más adelante se sustentarán.

Son bien conocidas las consecuencias del bache económico en que México cayó en la década de los 80's. Su reflejo en la problemática actual de la red carretera no puede exagerarse; de hecho esta situación coyuntural a la que afortunadamente parece vérsese un final es muy influyente en la problemática que ahora ha de ser afrontada.

En los últimos años se ha desarrollado lo que podría considerarse una cuarta etapa en el desarrollo de la red nacional, durante la cual, han aparecido y han de aparecer más, un número importante de carreteras muy modernas, merecedoras del calificativo de auténticas autopistas, en las que la participación del capital privado ha jugado por primera vez un papel trascendental en la construcción de la infraestructura nacional. El transporte nacional habrá de beneficiarse extraordinariamente de esta nueva situación.

Del breve panorama histórico anterior se deduce que muchas de las carreteras que hoy resultan importantes en el movimiento nacional fueron construidas hace muchos años para condiciones que, sin exageración, pueden considerarse correspondientes a un país diferente a aquél en que hoy vive el mexicano.

En la década de los 50's, el camino más ocupado de la República era quizá la carretera México-Puebla, con un aforo de 4 mil vehículos, de los que quizá un 10% eran de carga; el camión más pesado no excedía entonces de 8 a 10 toneladas de peso total. En el México actual, como bien se sabe, existen aforos que pueden llegar a ser de 20 a 30 mil vehículos, con 30 ó 40% de vehículos pesados de carga (una proporción notablemente alta a escala mundial). El peso total de los camiones puede ser hoy de 50, 60 ó hasta 70 toneladas. En cualquier caso, los aforos vehiculares de 5 a 10 mil vehículos diarios, con la misma proporción de vehículos pesados, son relativamente frecuentes en el fragmento de la red más ocupado (con longitudes en el orden de los 30 mil kilómetros). En parte, algo de este desarrollo tiene que ser debido a la relativa ausencia de la competencia del ferrocarril.

Habla bien de los planeadores y constructores de antaño, el hecho de que muchas de las carreteras que forman parte de ese segmento más ocupado figuran entre las primeras puestas en servicio; es decir, entre las más antiguas. No es, pues, de extrañar que ya que fueron

construidas para condiciones de tránsito radicalmente diferentes a las actuales, muestren hoy muy especiales condiciones de debilidad estructural y problemática no menos especial para su correcta conservación.

En efecto, los vehículos de antaño transmitían esfuerzos relativamente pequeños, cuyo alcance vertical era también escaso, quizá no superando los 30 ó 40 centímetros. En comparación, los vehículos de carga actuales producen esfuerzos mucho mayores, que llegan con valores significativos a profundidades también más grandes, en el orden de 1 metro y más.

Al importante hecho anterior hay que añadir dos circunstancias. En primer lugar, los materiales empleados en aquellos años para la construcción, especialmente en terracerías, eran de una calidad que hoy debe considerarse como inaceptable para capas que quedan bajo la influencia de las nuevas cargas. Abundan las terracerías francamente arcillosas, de baja resistencia y muy sensibles a cambios volumétricos por variación en sus contenidos de agua, lo que conduce obviamente a carreteras de superficie muy deformable. La segunda circunstancia estriba en que aquel número relativamente escaso de los vehículos que entonces se consideraban pesados, producía efectos de fatiga relativamente poco notables. En la actualidad, esos materiales débiles están al alcance del efecto de penetración de los modernos arreglos vehiculares y dejan ver dramáticamente su baja resistencia, pero además, la mucho mayor repetición de cargas mucho más pesadas induce efectos de fatiga devastadores y causan deformaciones permanentes intolerables.

Estas condiciones imponen a la red básica mexicana condicionantes de conservación muy propias y, por supuesto, diferentes a las prevalecientes en otras redes carreteras en que ya se ha realizado un esfuerzo de modernización que México aún no ha completado, ni mucho menos.

Los hechos anteriores sugieren la necesidad de una nueva estrategia de construcción de las carreteras que se incorporen en el futuro a la red mexicana. Antaño, la filosofía de diseño de la sección estructural fue lograr una zona superior relativamente resistente, aceptando abajo en forma progresiva materiales francamente débiles, que se consideraban a salvo de la influencia de las cargas. Cuando hoy han de ser

conservadas esas carreteras, se requieren verdaderas acciones de reconstrucción en lo profundo, pues aquellas zonas débiles quedaron dentro de la zona crítica.

El cambio de filosofía de diseño que se preconiza para la época actual tiende a lo contrario. Secciones convenientemente robustas en lo profundo y, si por razón de limitación de recursos, algún riesgo ha de aceptarse en la sección estructural, éste debe ser tomado lo más superficialmente posible, donde el refuerzo es una operación natural de costo mínimo. El pavimento no es una estructura que falle de un minuto para otro; capas superficiales débiles significan duraciones cortas, de manera que el criterio expuesto puede manejarse dentro de otro de inversiones diferidas. Fallas en lo profundo no se resuelven más que con costosísimas operaciones de reconstrucción.

Resumiendo, puede considerarse que en este momento, México posee una importante red rural capilar de caminos modestos, cuya finalidad esencial es el desarrollo primario, la facilitación de la permeabilidad a la cultura, al gobierno y al mejoramiento social. Nunca podrá exagerarse la importancia de esta red. Su mantenimiento habrá de ser el necesario para cumplir estas funciones.

Por otro lado se encuentra la parte de la red caminera cuya misión fundamental es sustentar los flujos que son resultado de las grandes actividades económicas y comerciales del país y de sus contactos internacionales que serán cada vez más intensos. Esta porción es la que generalmente se identifica con la más directa contribución del transporte a la posibilidad y generación de la riqueza nacional. El criterio de mantenimiento a aplicar en este caso no puede ser otro más que apoyar de la mejor manera la vida industrial y comercial de la nación. La atención primordial al transporte de carga en el criterio permitirá concentrar esfuerzos de una manera eficaz al fin perseguido, independientemente de que con tal criterio se beneficiará también al resto de los usuarios (por ejemplo, al transporte de pasajeros).

La evolución previsible de la red carretera mexicana no puede, obviamente, ser establecida con seguridad, pero hay ciertas consideraciones que seguramente no estarán fuera de lo que el futuro haya de deparar.

- La actual red básica continuará siéndolo. Esos 25 ó 30 mil kilómetros cubren un área de la geografía nacional en la que seguirán manteniéndose fuertes demandas de transporte; de hecho, esa red habrá de ser reforzada estructuralmente, ampliada y mejorada para afrontar demandas más exigentes, sin excluir de ninguna manera el que en muchos casos las vías actuales hayan de ser inclusive sustituidas por otras nuevas más concordantes con las crecientes demandas.
- Las grandes inversiones que exigen las carreteras modernas habrán de hacer necesaria una creciente participación del capital privado. El aspecto del financiamiento y de los mecanismos de recuperación correspondientes será cada vez más relevante. El punto álgido a buscar en estos mecanismos de financiamiento, tarificación y recuperación estará en muchos casos en lograr paquetes financieros que permitan disponer de recursos para proyectos en que la recuperación sea pobre en los primeros años de funcionamiento. Si la planeación nacional ha de adelantarse a la demanda o, por lo menos, ha de conducir a obras de aparición muy cercana a la necesidad, seguramente seguirá ocurriendo que carreteras muy importantes para el país comiencen con niveles de tránsito bajo pero susceptibles de desarrollos adecuados; de esta manera podrán afrontarse las primeras etapas de vida de las obras con cuotas o costos de mantenimiento razonables que no se transformen en un factor disuasivo de su puesta a punto.
- Independientemente del desarrollo de una red productora de riqueza con capacidad estructural adecuada, buena cobertura y buena conservación, habrá de seguirse desarrollando una red alimentadora municipal y rural que, con sus propias funciones, redondee el panorama nacional del transporte carretero.
- En el otro extremo del espectro, es de prever el desarrollo creciente de la red de carreteras de 4 ó más carriles y de autopistas construidas bajo el régimen de concesión. En muchos casos estas vías modernas substituirán o coexistirán con tramos actuales de la red básica.
- Es de esperar que el futuro traiga también un mayor equilibrio entre el transporte ferroviario, al que en México deben considerársele grandes perspectivas, y el carretero, por efecto de un creciente

desarrollo del intermodalismo, de instalaciones de acopio y del desarrollo de auténticas redes de distribución de carga. También es de esperar una creciente atracción de los puertos marítimos y fronterizos, con su correspondiente influencia en el desarrollo de la red carretera. El desarrollo del cabotaje ejercerá una creciente influencia en la planeación del transporte terrestre, como también la tendrá un eficaz desarrollo de la red nacional de ductos.

En lo referente al estado actual (principios de 1994) de la red básica, se harán algunos señalamientos de mayor detalle en páginas subsiguientes de este trabajo, pero para dar una idea inicial se considera en la Tabla 1 una distribución de la calidad por estado superficial y por porcentajes de una red básica de 30,000 kilómetros, manejando índices de servicio o sus equivalencias a índice internacional de rugosidad (Referencia 1).

Una mayor sensibilidad a los números señalados en la tabla se obtiene analizando las gráficas de costo de operación de vehículos carreteros, en función del estado superficial de las carreteras, las cuales aparecen en este mismo trabajo.

**Tabla 1. DISTRIBUCION DE LA CALIDAD  
POR ESTADO SUPERFICIAL DE  
LA RED BASICA DE 30,000 KM**

INDICE DE SERVICIO ACTUAL	COEFICIENTE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD	PORCENTAJE DE LA LONGITUD TOTAL EN CADA RANGO
> 4	< 2.5	0.2
3 - 4	2.5 - 5.0	30.0
2 - 3	5.0 - 7.5	66.0
1 - 2	7.5 - 10.0	3.8

## **2. Necesidad de una Estrategia Nacional de Conservación.**

---

Antes de entrar a esta parte medular del tema debe acotarse cuidadosamente su alcance en cobertura conceptual. Lo que sigue en este trabajo se referirá en forma exclusiva a lo que atrás ha quedado referido como la parte de la red nacional de carreteras generadora de riqueza. Sin dejar de ignorar su importancia, quedará fuera el tema de la conservación de la red rural capilar ya mencionada. Aún más, aceptando que mucho de lo que se dirá en lo que sigue es aplicable a todo lo que podría ser la red pavimentada federal y estatal, el énfasis conceptual se hará en la fracción de la misma que conforme los grandes corredores de transporte de carga del país. Parece que ha de aceptarse que la ejecución de las ideas propuestas deberá circunscribirse de momento a la red sustentadora y generadora de la riqueza nacional, valuada como se dijo en alguna cifra comprendida entre 20 y 30 mil kilómetros. Los conceptos aquí vertidos, podrán irse aplicando en cobertura creciente a toda la red pavimentada de asfalto, a medida que la destreza y los recursos lo vayan permitiendo.

Para llegar al convencimiento de la necesidad de reunir las tareas de la conservación carretera en un conjunto sistematizado al que pueda darse el nombre de una estrategia, parece conveniente ponderar los siguientes hechos:

- En primer lugar se presenta el arrastre de la historia dentro de la que se generó la red básica mexicana que atrás se analizó brevemente.
- En segundo lugar existe el hecho innegable de que la conservación de la red nacional frecuentemente ha quedado preterida en relación a una dedicación preponderante a tareas de construcción de nuevas obras, fenómeno generalizado en todos los países que buscan acceso a un rápido desarrollo, aunque no se ignore el hecho de que trabajar para lo nuevo tiene muchos aspectos más gratificantes que conservar lo ya adquirido. No hay que decir que aquí existe una fundamental ocasión de reflexión, a nivel de criterio general. -
- En tercer lugar se da la circunstancia de que la red nacional carretera, aún considerada en su segmento básico, ha crecido muy por encima de lo que es posible administrar con métodos

## 2. Necesidad de una Estrategia Nacional de Conservación

tradicionales fundamentados en la información por "comunicación personal", por "sentido común" o por "experiencia" fundada en conocimiento regional o local.

- La gran extensión de la red y el enorme volumen de recursos necesarios para su conservación hacen también muy delicado y conflictivo el correcto empleo de tales recursos. Surge ahora, en mucha mayor medida que antaño, la necesidad de seleccionar y jerarquizar acciones, haciendo en cada tramo precisamente lo que el país requiera en ese tramo. Pasó el tiempo de las acciones de tipo general o de la selección de tales acciones por criterio personal. Hay que reconocer que el volumen de la información manejada está por encima de la capacidad de cualquier ser humano para manejarla en forma selectiva y jerarquizada.

Todo lo anterior impone la necesidad de elaborar un sistema coherente, manejando la información con los recursos del cómputo y estableciendo mecanismos de selección y evaluación de carácter impersonal y sólo dependientes en lo general de los datos proporcionados por la información misma. Cada carretera y cada tramo característico debe ser tratado con el mismo criterio general, evitando todo tipo de desviaciones por inclinación personal o sentimiento.



### 3. Bases para una Estrategia Nacional de Conservación

todos los sobrecostos de operación de los vehículos de carga que sea posible eliminar (eliminar el desperdicio de recursos reales).

De esta manera, la base conceptual de la Estrategia de Conservación propuesta resulta ser la optimización del transporte de carga, eliminando todos los sobrecostos de operación vehicular que la infraestructura pueda contribuir a eliminar.

Lo anterior hace quizá superfluo declarar que todo el resto de la presente exposición deja a un lado lo que podría considerarse la conservación rutinaria de cualquier carretera (limpieza de cunetas y contracunetas, corrección de grietas, amacizamiento y corrección de taludes, reparación de obras de drenaje superficial, etc), concentrándose en aquellas acciones de conservación consideradas como especiales que se reflejan directamente y en forma preponderante en la eliminación de los costos operativos.

Para fines de claridad conviene ahora establecer algunas definiciones que expliquen el alcance conceptual de algunos términos que se utilizarán en lo que sigue.

- Para los fines de este trabajo se entenderá por conservación normal o rutinaria, como ya se dijo, el conjunto de trabajos que deben hacerse para detectar y corregir continua y oportunamente los deterioros naturales de carácter menor, con el propósito de mantener en el corto plazo las condiciones originales de circulación y seguridad.
- Conservación preventiva se considerará al conjunto de actividades que deben realizarse o bien para corregir deterioros que vayan transformándose en mayores, o bien para ir adaptando la vía a condiciones de circulación y seguridad en evolución natural, por crecimiento del tránsito o por el paso del tiempo. Se trata de las acciones que mantendrán a la carretera dentro del nivel de servicio deseado en el mediano plazo. Estas acciones deben ser objeto de la Estrategia Nacional de que se trata en este trabajo. La deficiencia en la conservación preventiva conducirá a la conservación correctiva, siempre más costosa y generadora de sobrecostos de operación por falta de oportunidad. La conservación preventiva engloba, de esta manera, acciones que no sólo sirven para mantener las condiciones técnicas y de

seguridad de la carretera, sino que incluyen también a las actividades necesarias para que tenga lugar un verdadero concepto de conservación, según el cual las cualidades de la carretera deben no ya mantenerse, sino ir evolucionando en el tiempo, de manera que se mantenga el nivel de servicio inicialmente considerado como adecuado, a pesar de que las condiciones de ocupación del camino vayan creciendo como resultado de una evolución natural; es decir, si el tránsito aumenta en número, peso o importancia de los vehículos a lo largo del tiempo, durante ese lapso, la ruta deberá conservar el nivel de servicio para el que se la construyó.

- La tercera etapa de acciones de conservación considerada en este trabajo es la modernización y/o reconstrucción de la carretera. Este es un proceso al que puede llegarse de dos maneras, sea porque por falta de conservación preventiva ocurra un nivel de deterioro tal en la ruta que por acciones de conservación correctiva no sea ya posible una regeneración que no implique una auténtica reconstrucción, o bien porque las condiciones operativas de la carretera hayan cambiado en tal magnitud que ninguna acción que pueda ser considerada de conservación baste para su regeneración (se piensa ahora en crecimiento del tránsito, el deseo de que sea más veloz, aparición o proliferación de vehículos de mayor capacidad o en una natural y comprensible degeneración estructural debida al embate del tránsito, de la acción de factores ambientales y del tiempo).

#### **4. Componentes de la Estrategia de Conservación Propuesta.**

---

Una Estrategia de Conservación de Nivel Nacional tiene que abarcar temas que trasciendan necesariamente los aspectos puramente técnicos del problema. Sin discutir la importancia de éstos, hoy se reconoce en todas partes que uno de los fundamentos de una consistente política de conservación es la obtención de un mecanismo económico-financiero que permita obtener los recursos necesarios para la tarea, que en los tiempos actuales han llegado a ser muy considerables. De esta manera una Estrategia de Conservación Nacional ha de contemplar una vertiente económica, con la cual los encargados de estos trabajos consigan convencer a las autoridades nacionales correspondientes de las ventajas, conveniencia y necesidad de erogar en estos rubros; tarea no fácil, si se piensa en los muchos y poderosos competidores que la conservación encontrará en cualquier reparto de un presupuesto nacional.

Adicionalmente, es opinión de los autores de este trabajo que posiblemente en ninguna parte exista una organización idónea en cuanto a personal, equipos, criterios de distribución de recursos, realmente apropiada para hacer frente a las complicadas tareas que las modernas redes exigen. Predomina un criterio puramente técnico-ingenieril con menor consideración a otros que hoy han alcanzado similar importancia. De esta manera, una Estrategia Nacional de Conservación habrá de dar atención a una tercera vertiente de carácter organizacional.

## **5. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente Técnica.**

---

### **5.1 Sistema para la Evaluación de la Condición Estructural.**

Evidentemente, el primer paso para establecer en forma operativa cualquier estrategia de conservación es conocer el estado de cualquier tramo carretero que desee conservarse. A un sistema que permita realizar las acciones encaminadas a tal fin suele denominársele un Sistema de Gestión de la Condición Estructural de la Carretera o de Gestión de Pavimentos. En lo que sigue se verá que este último nombre, aunque consagrado por la literatura, no es muy apropiado para el caso mexicano, pues se refiere únicamente a una parte superficial del problema.

Los sistemas de administración de pavimentos y de toma de decisiones en materia de conservación que tradicionalmente se desarrollaron en el mundo, a despecho de su excelente calidad para los ambientes para los que fueron concebidos, se consideraron en México insuficientes. Estos sistemas procedían de países desarrollados, con excelentes redes de carreteras, hechas de buenos materiales y estaban calibrados para reaccionar ante la evolución del estado superficial del pavimento y ello en dos sentidos, rugosidad (fricción con la llanta, que se traduce en seguridad de marcha) y deformación o deterioro en la carpeta (que se controla a través del concepto Índice de Servicio o Índice Internacional de Rugosidad). Se partía así de la base de que en todos los casos se tenía una falla funcional, pero nunca estructural. Los métodos correctivos que estos sistemas proporcionaban eran sobrecarpetas, reciclados u otros tratamientos superficiales, dependiendo del espesor de carpeta comprometido en la falla funcional.

En México se consideró que estos criterios no son aplicables en forma única, puesto que con mucha frecuencia los deterioros superficiales están ligados a fallas estructurales profundas (Referencias 2, 3, 4 y 5). Existen en México secciones cedentes, de alta deformación elástica o muy débiles estructuralmente, en las cuales las sobrecarpetas o los tratamientos superficiales están destinados al fracaso inmediato por efectos de fatiga o de deformación acumulada.

Los métodos de evaluación que México adopte tienen que contemplar la estructura de la carretera en profundidad, para detectar una posible falla estructural; no se puede aceptar que las deficiencias en la calidad de rodamiento constituyan el único problema a tomar en cuenta como norma de criterio. Por otra parte, los sistemas disponibles a nivel internacional han ido tomando en los últimos 10 años, estas mismas tendencias de criterio.

También es evidente que una prospección en profundidad realizada por métodos tradicionales básicamente (inspección visual, sondeos, trabajos de laboratorio, etc.) queda fuera de cuestión por razones de tiempo, personal involucrado y costo. De esta manera es preciso encontrar un sistema rápido y simple, a la vez que económico, para la detección de las necesidades de mantenimiento, de refuerzo o de eventual reconstrucción.

#### 5.1.1 Bases Conceptuales del Sistema Mexicano.

El sistema mexicano se fundamenta en tres puntos básicos:

- a. Ha de aceptarse algún tipo de correlación entre la evolución del estado superficial del pavimento y su condición general, de manera que, cuanto más pobre sea la calidad superficial y más rápidamente se deteriore, peor debe ser la condición estructural.
- b. Ha de aceptarse que la deficiencia estructural puede correlacionarse con alguna medida hecha desde la superficie del pavimento. La deflexión o cedencia del pavimento bajo una carga patrón preestablecida, parece ser el concepto que mejor sirve para estos fines. Esta es una conclusión de carácter cuantitativo y se acepta que la magnitud de la deflexión mide el defecto estructural, aunque no lo analice ni lo localice.
- c. Cuando las deflexiones muestren deficiencia estructural en el pavimento, sólo la exploración directa permitirá el diagnóstico y la ubicación precisa de dichos daños estructurales.

### 5.1.2 Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos.

Se denomina así al conjunto de operaciones que tienen por objeto conocer el estado actual del tramo carretero por conservar, estimando las acciones y costos necesarios para llevarlo a una determinada condición considerada aceptable con una indicación del costo necesario para ello. Se trata de un sistema de gestión de la sección estructural de carreteras.

1. El primer paso ha de ser una prospección del estado superficial de la carretera. Esta se hace utilizando un perfilómetro de trazo continuo o instrumento similar, que trabaja incorporado al tránsito a velocidades en el orden de los 30 km/hora y que proporciona un índice de servicio o índice internacional de rugosidad del camino recorrido. En países con redes muy deterioradas, podría estimarse que índices de servicio por arriba de 2 ó 2.5 liberan al camino hasta el siguiente año, sin acciones especiales de mantenimiento. El perfilómetro ha de pasar una vez al año sobre todo tramo de la red básica sujeta a análisis de conservación preventiva.

El paso en años sucesivos dará la evolución del índice de servicio, señalando la necesidad de estudios más a fondo en los tramos de evolución rápida. En ese tiempo, habrá de tomarse en cuenta que los trabajos de conservación normal pueden enmascarar la evolución desfavorable que se tendría en los tramos donde exista una deficiencia estructural más acusada, que lógicamente serían los escogidos para ejercer dicha conservación normal; ésta es información esencial para manejar en el banco de datos disponible en computadora.

A modo de ilustración es de esperar que en la red mexicana, unos 6 mil kilómetros de los 30 mil kilómetros bajo observación muestren un índice de servicio abajo del límite escogido y con una evolución suficientemente rápida como para justificar que esos tramos sean objeto de tratamiento en la segunda fase de aplicación del sistema.

2. El segundo paso será realizar en los tramos o carreteras en que se haya demostrado la necesidad, un estudio de deflexiones. El volumen de trabajo por ejecutar hace aconsejable la utilización de deflectómetros móviles, de tipo automático, que circulan sobre la carretera a velocidades del orden de 3 ó 4 km/hora o mayores, según el tipo de medidor.

Una condición fundamental para que la medida de deflexiones tenga un sentido físico interpretable es que se comparen las provenientes de tramos homogéneos, en materiales, características estructurales, condiciones topográficas y aún en condiciones de detalle, tales como el drenaje o el subdrenaje. La selección de estos tramos homogéneos debe hacerse entonces con base en recorridos de personal experimentado. Este personal llena formas que reflejan la situación general de tramo con información almacenable en el banco de datos.

Una vez dividido el camino en estudio en tramos homogéneos, se seleccionan en cada uno, uno o dos subtramos representativos del orden de 300 a 500 metros, que no deben representar más del 10% del segmento en estudio. Esto hace congruente al estudio de deflexiones con la prospección del estado superficial, de manera que esta segunda etapa del análisis puede completar en un año, longitudes correspondientes a las que resultan de haber completado el paso del perfilómetro en los 30 mil kilómetros, en el mismo período de tiempo.

Actualmente se está considerando para el caso mexicano que un valor estadístico de la deflexión superior a 1 mm indica que ese tramo debe ser estudiado en la tercera etapa del sistema.

No cabe duda de que puede suceder que la longitud de caminos y tramos que de acuerdo con lo anterior requieran ser analizados en la tercera etapa, puede resultar mayor que las disponibilidades de recursos económicos de que se disponga para un año dado. Cuando ello es así, son otras consideraciones tales como la importancia social del camino, su volumen de tránsito y otras de carácter económico, las que llevan a seleccionar el conjunto compatible con los recursos disponibles. No hay que decir que los caminos que han quedado fuera de tratamiento en este caso deben ser objeto de preferente atención al año siguiente o sujetos a conservación normal cuidadosa.

3. En la última fase de aplicación del sistema de prospección del camino, un sistema computarizado de cálculo puede colocar todos los tramos que hayan resultado merecedores de acciones especiales de conservación en iguales condiciones de calidad. El sistema de cálculo debe poder decir que espesor de refuerzo (por ejemplo, grava equivalente o refuerzo de concreto asfáltico) hay que ponerle a cada tramo para dejarlo en un cierto índice internacional de rugosidad o índice de servicio (por ejemplo, índice de servicio igual a 3.5). De esta

manera, como resultado final de esta etapa, se tiene un módulo de comparación de la condición de cada tramo, expresado por el espesor de refuerzo que habría de colocarse para llevarlos todos a la misma condición. El cálculo debe también hacerse con el mismo horizonte temporal seleccionado (por ejemplo, fijando para todos los tramos el refuerzo necesario para darles un índice de servicio de 3.5, que evolucione a un mínimo de 2 ó 2.5 en un mismo plazo fijo, quizá de 4 ó 5 años).

Es posible visualizar la operación del sistema de gestión en un diagrama de flujo como el que se muestra en la Figura 1.

Aquellos tramos que resulten merecedores de una acción especial de conservación por efecto del estado de la superficie de rodamiento únicamente, podrán ser resueltos con acciones de simple refuerzo en carpeta, pero aquellos otros que muestren además deficiencia estructural según el criterio de deflexiones habrán de ser objeto de estudios especiales, que incluyan no sólo detallados reconocimientos de campo, que siempre serán necesarios, sino también trabajos de exploración, de laboratorio, de necesidad de subdrenaje y, en general, de todos los aspectos que permitan conocer la deficiencia estructural que se padezca y elaborar los proyectos de recuperación correspondientes. Toda esta información deberá figurar en el banco de datos del tramo, como importante contribución al conocimiento de su evolución histórica.

Un criterio fundamental a mantener en todos estos aspectos es que arreglos someros sobre secciones estructurales falladas en lo profundo constituyen siempre un dispendio.

El Apéndice 1 (Referencia 6) está dedicado a presentar en detalle el Sistema de Administración de Pavimentos que se ha descrito en lo general en los párrafos anteriores.

El Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) está también dando a su Sistema de Administración de Pavimentos de las Carreteras un complemento adicional, colocándolo dentro del ambiente del conjunto de técnicas que actualmente reciben el nombre genérico de Sistemas de Información Geográfica. Estas técnicas, relativamente recientes, no sólo facilitan en forma muy conveniente el manejo de los datos propios del Sistema de Administración, sino que ofrecen un muy vasto campo para enriquecerlo en forma continua con múltiples formas de información adicional.



# SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS

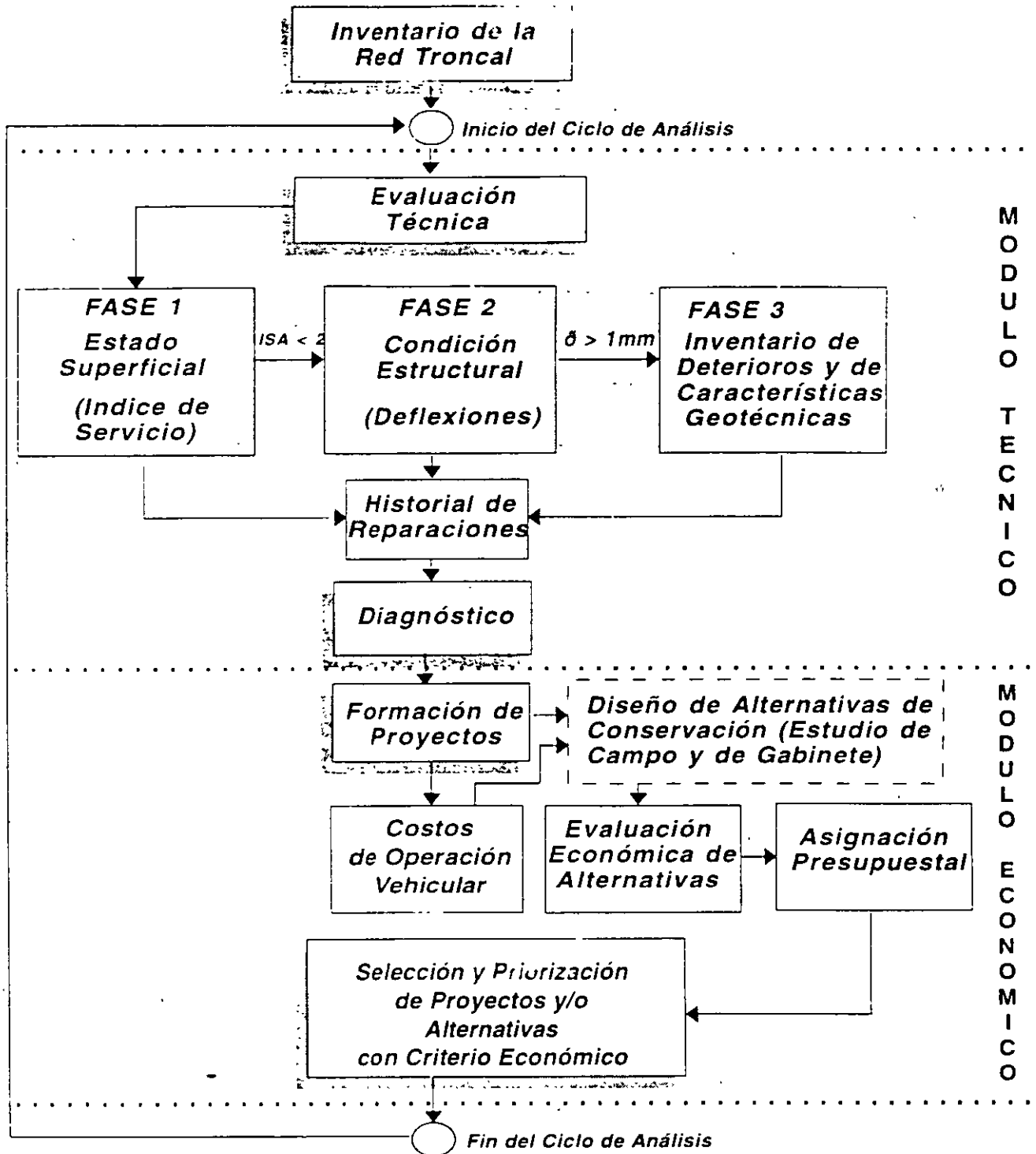


Figura 1.

En la Referencia 7 se describe la metodología que se adopta y se da cuenta de algunas de sus potencialidades. Es opinión de los autores de este trabajo que estos sistemas de información geográfica constituyen en efecto una complementación quizá indispensable para los sistemas de administración de carreteras.

## 5.2 Módulo Económico del Sistema de Gestión.

El sistema de gestión ahora descrito se complementa con lo que ha dado en llamarse su Módulo Económico (Referencias 8 y 9). Es éste fundamentalmente una herramienta de cálculo computacional destinada a trabajar con los tramos que han quedado igualados en los horizontes de calidad y de tiempo al final de la etapa anterior de los trabajos, que fue denominada Módulo de Gestión de la Condición Estructural de las Carreteras.

Este programa computacional ya elaborado, permite, para cada uno de los caminos o tramos, obtener un abanico de variantes tanto para el nivel de calidad deseado como para su evolución en el tiempo; es decir, ahora a cada uno de los tramos que serán objeto de acciones de conservación especial, puede asignárseles diferentes índices internacionales de rugosidad o índices de servicio, indicativos de distintos niveles de calidad, teniendo además para cada caso, diferentes horizontes temporales y también para cada caso el costo que supondría alcanzar esos diferentes niveles de calidad y mantener su evolución por arriba del valor mínimo permisible, teniendo el costo de cada una de esas acciones.

Esta información permite asignar acciones de conservación a cada camino y/o tramo, según su importancia relativa dentro de la red, conociendo el costo de cada una de esas acciones.

Operativamente, el "software" realizado en este momento permite introducir en el análisis cinco alternativas diferentes de mejoramiento para cada tramo. En rigor, todas ellas parten de que el estado superficial tras la corrección es bueno; lo que difiere es el tiempo en el cual ese estado superficial llega a un límite apenas tolerable (en el paquete actual, índice de servicio igual a 2). Al proponer secciones de evolución más lenta, implícitamente se están introduciendo secciones de mayor calidad.

Puede también jugarse con una acción que llegue de un alto índice de servicio al mínimo tolerable en un largo tiempo, comparándola con varias acciones que empiecen en el mismo límite superior y lleguen al mismo límite inferior pero en pasos sucesivos más cortos, en cada uno de los cuales el camino se recupere hasta el límite superior y vaya cayendo a valores cada vez más bajos hasta llegar al mismo final (véase la Figura 2). El "software" que se comenta permite también:

- Estimar en términos de índice internacional de rugosidad la evolución temporal de los deterioros actuales, en caso de no corregirlos por una acción de conservación.
- Correspondientemente, permite calcular el aumento de los costos de operación vehiculares si no se emprenden acciones de conservación o, si se emprenden, en relación con su profundidad y calidad.
- El estimar los ahorros en costos de operación vehicular imputables a la carretera, en cada horizonte de calidad de los diversos tramos o caminos, llevados a diferentes estados por acciones de conservación cada vez más ambiciosas y manejar los costos de estas acciones, permite comparar las acciones con sus resultados de un modo que orienta realmente la elección de alternativas. Desde luego, para la elección de una alternativa concreta, tendrá preferencia la carretera más importante. De esta manera, el criterio que defina la importancia de la carretera pasa a ser vital en la estrategia general; de dicho criterio se hablará más adelante.

En el Apéndice 2 se detalla el Módulo Económico descrito anteriormente, incluyendo aspectos conceptuales y computacionales.

## COMPORTAMIENTO DE UN TRAMO ANTE ACCIONES ALTERNAS DE CONSERVACION

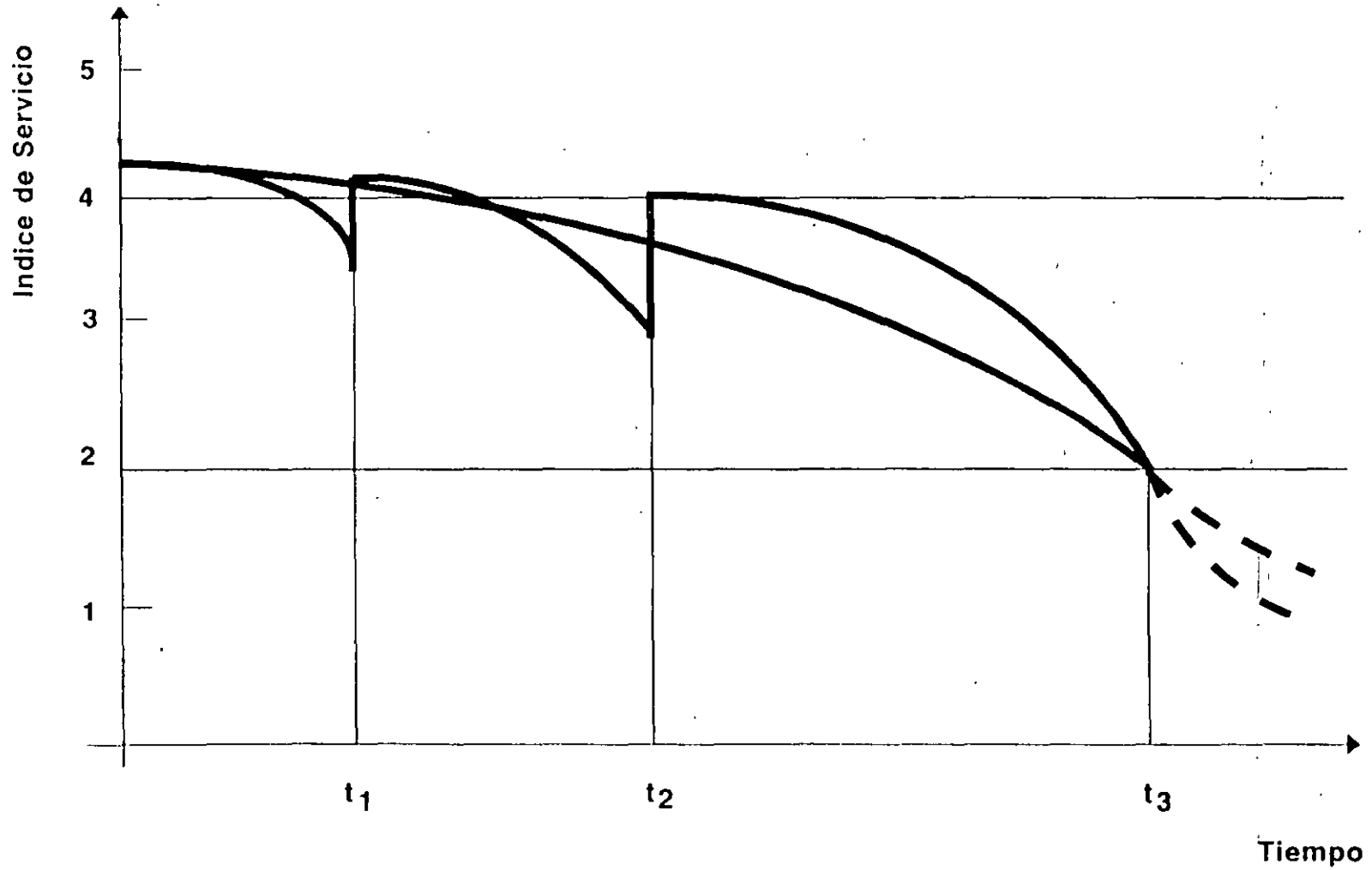


Figura 2.

## **6. Análisis de los Costos de Operación.**

Se trata en esta sección de cómo obtener los sobrecostos de operación vehicular imputables a la carretera y que sean evitables.

Estos sobrecostos se deben fundamentalmente a la pendiente y al estado superficial de la propia carretera. La velocidad de operación juega un papel y en los estudios del Instituto se pensó que la curvatura jugaba otro también de interés. Cuando se concluyeron estos estudios, por lo menos a un nivel capaz de proporcionar información conveniente para una toma razonable de decisiones, se vio que la velocidad efectivamente resultaba muy condicionada por los dos factores primero mencionados y que la curvatura, cuyo papel no es fácil de dilucidar, quedaba muy emboscada por el efecto de la pendiente, pues donde la curvatura es fuerte, las pendientes también suelen serlo y causan un efecto mucho mayor en los costos. En resumen, los sobrecostos de operación vehicular que se hacen intervenir en la Estrategia de Conservación presentada en este trabajo son básicamente los debidos a la influencia de la pendiente y a la del estado superficial de las carreteras.

El Instituto Mexicano del Transporte realizó los trabajos correspondientes y piensa que hoy tiene a disposición de los diversos sectores usuarios de estos temas, una herramienta razonable que permite discriminar lo suficiente.

En los trabajos del Instituto se consideran 5 tipos de vehículos de características mecánicas nacionales (México) que van desde automóviles y los más ligeros vehículos de carga hasta arreglos articulados. En todos los casos, se expresa un factor de sobrecosto que parte de 1, correspondiente a una carretera recta, plana y en magnífico estado superficial (índice de servicio del orden de 4.5 que corresponde a un índice internacional de rugosidad del orden de 2. Quizá deba mencionarse que el propio Instituto estableció una correlación que espera sea válida para México entre estos dos parámetros arbitrarios de medición).

Para efecto de conservación, el estado superficial es el más influyente en los sobrecostos; los otros dejan sentir todo su peso en proyectos de construcción y/o reconstrucción.

## *6. Análisis de los Costos de Operación*

---

Huelga decir que este análisis de los costos de operación vehiculares es el que proporciona los elementos que se mencionaron dentro del Módulo Económico del Sistema de Administración de Pavimentos.

Los estudios originales del Instituto Mexicano del Transporte están contenidos en las Referencias 10 y 11. La misma Referencia 11 incluye la correlación a que se llegó en el Instituto Mexicano del Transporte entre el índice internacional de rugosidad y el índice de servicio con base en pruebas hechas en carreteras mexicanas.

El Apéndice 3 proporciona información adicional sobre estos temas y las gráficas para la estimación de los sobrecostos de operación vehicular a que llegó el I.M.T.

## **7. El Paradigma para Ordenar la Importancia de las Carreteras.**

---

Como atrás quedó dicho, el objetivo único de la conservación de la red productora de riqueza es favorecer en todo lo que sea posible el transporte de carga y el medio para lograr tal fin, desde el punto de vista infraestructural, es disminuir en todo lo que sea posible los sobrecostos de operación vehicular. Para completar este criterio y con vistas a poder ordenar los caminos según su orden de importancia para los fines perseguidos, falta un criterio calificador de dicha importancia.

Obviamente criterios pudieran no faltar, pero cuando abundan, surgen las contradicciones entre ellos, aparece la confusión y se entorpecen o paralizan las acciones, sin olvidar que criterios controvertidos son el campo adecuado para la acción de la opinión y preferencias personales.

En el Instituto Mexicano del Transporte se ha buscado que el criterio para la ordenación de la importancia de las carreteras fuera sencillo y, de preferencia, único. El criterio escogido fue tan simple como el valor de la carga transportada por la carretera en un período anual. De algún modo se acepta que el camino que transporta más valor de carga es el más influyente en la generación de riqueza nacional. Obviamente no se ignora la posibilidad de existencia de casos de diferente comportamiento, pero éstos existirían en cualquier otro paradigma seleccionado.

También, en su momento se dio atención al criterio tradicional de otorgar importancia al camino en proporción a su aforo vehicular, pero se juzgó y esto ha sido ampliamente comprobado por estudios de campo, que el criterio de valor de la carga no coincidiría siempre con el mayor número de vehículos y desde el punto de vista que se consideró primordial, el de contribuir a la generación de riqueza, el del valor monetario se consideró preferible.

El valor de la carga que circula por una carretera en un año dado puede conocerse como uno de los productos derivados de lo que en el Instituto Mexicano del Transporte se ha denominado el Estudio de Campo para Determinar Pesos y Dimensiones de Vehículos de Carga, estudio de fundamental importancia en varios aspectos que trascienden a la Estrategia de Conservación que aquí se discute.

Este estudio ha sido elevado a la categoría de permanente y anual en la Secretaría de Estado Mexicana responsable del transporte nacional y consiste en lo siguiente:

- Se trabaja un cierto número de estaciones instaladas en puntos previamente seleccionados de la red, durante una semana cada una. En ese tiempo se pesan todos los vehículos circulantes durante las 24 horas de cada día, utilizando pesadoras dinámicas calibradas. Como en cada caso se conoce el vehículo que pasó y, por ello, su tara, es posible conocer el peso de la carga transportada.
- A una muestra estadística suficiente de los vehículos de carga circulantes, que puede ser la totalidad de ellos sin causar mayores problemas, se la detiene, midiendo dimensiones para otros fines no discutidos en este trabajo y se les interroga sobre la naturaleza de la carga que transportan. De esta manera se conocen el tonelaje de carga que lleva cada vehículo y el tipo de carga transportado.
- Diversas instituciones nacionales publican datos de origen hacendario útiles a los fines que siguen. De ellas, el Instituto Mexicano del Transporte ha seleccionado al Sistema de Información Comercial de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial del Gobierno Mexicano que anualmente proporciona una relación del valor monetario unitario que corresponde a cada tipo de carga de un conjunto del orden de un centenar en que pueden agruparse con aproximación suficiente a los fines perseguidos, todas las mercancías que circulan por el territorio nacional. Esto cierra el circuito y permite conocer el valor de la carga circulante en el lapso de prueba. A título informativo, la Tabla 2 reproduce esta información para el año que en ella se indica. El Apéndice 4 contiene una explicación un poco más amplia del tipo de carga incluido en cada uno de los rubros considerados en la Tabla 2.

En México se han realizado ya campañas como la anterior y como se señaló, se realizará una cada año (quizá unas 25 estaciones anuales). Acumulando esta información, podrá tenerse en un tiempo muy razonable, un conocimiento de lo que realmente transita por las carreteras de México del que hoy se carece. Hasta donde los autores tienen conocimiento, información parecida es poco frecuente en la actualidad en otros países.



## Tabla 2. VALOR MONETARIO UNITARIO POR TIPO DE CARGA

CLAVE	TEXTO	P.U. USD/KG	CLAVE	TEXTO	P.U. USD/KG
88	Navegación aérea o espacial...	401.75	40	Caucho y manufacturas de caucho	2.11
89	Navegación marítima o fluvial.	263.97	36	Pólvoras y explosivos;	2.07
50	Seda .....	25.48	85	Máquinas, aparatos y material	1.99
87	Vehículos automóviles, tractor	16.76	86	Vehículos y material para vías	1.95
43	Peletería y confecciones	16.19	56	Guata, fieltro y telas	1.87
92	Instrumentos musicales; partes	11.84	9	Café, té, yerba mate y especias	1.85
64	Calzado, polainas, botines y	11.81	76	Aluminio y manufacturas	1.84
71	Perlas finas o cultivadas,	10.89	21	Preparaciones alimenticias	1.78
99	NO	10.82	96	Manufacturas diversas .....	1.73
97	Objetos de arte, de colección	10.30	41	Pielés (excepto la peletería)	1.71
75	Níquel y manufacturas de níquel	10.22	52	Algodón .....	1.69
84	Reactores nucleares, calderas,	10.11	4	Leche y productos lácteos;	1.60
66	Paraguas, sombrillas, quitasol	9.35	79	Cinc y manufacturas de cinc ..	1.49
61	Prendas y complementos de vestir	9.01	38	Productos diversos de la industria	1.37
37	Prod.fotográficos o cinematográf.	8.97	6	Plantas vivas y productos	1.36
93	Armas y municiones, sus partes	8.28	39	Materias plásticas y manufacturas	1.32
51	Lana y pelo fino u ordinario;	8.13	98	Importación de mercancías	1.21
59	Tejidos impregnados, recubiertos	6.84	19	Preparaciones a base de ce	1.19
30	Productos farmacéuticos .....	6.79	27	Combustibles minerales, aceite	1.17
33	Aceites esenciales y resinoide	6.74	34	Jabones, agentes de superficie	1.16
60	Tejidos de punto .....	6.54	14	Materiales trenzables y demás	1.14
13	Gomas, resinas y demás jugos	5.99	53	Las demás fibras textiles veg	0.99
65	Artículos de sombrería y sus	5.95	73	Manufacturas de fundición,	0.99
42	Manufacturas de cuero;	5.43	48	Papel y cartón; manufacturas	0.95
81	Los demás metales comunes;	5.42	2	Carnes y despojos comestibles	0.93
80	Estaño y manufacturas de estaño	5.28	29	Productos químicos orgánicos...	0.88
82	Herramientas y útiles, artículos	4.77	20	Preparaciones de legumbres	0.88
58	Tejidos especiales;	4.37	78	Plomo y manufacturas de plomo	0.87
49	Productos editoriales,	4.09	70	Vidrio y manufacturas de vidrio	0.84
90	Instrumentos y aparatos de o	3.89	5	Los demás productos de origen	0.84
95	Juguetes, juegos y artículos	3.88	7	Legumbres y hortalizas, planta	0.69
3	Pescados y crustáceos y moluscos	3.75	68	Manufacturas de piedra, yeso	0.60
83	Manufacturas diversas de metal	3.43	0	NO	0.52
94	Muebles; mobiliario médico	3.36	15	Grasas y aceites animales o veg	0.43
77	NO	3.22	8	Frutos comestibles; cortezas	0.39
57	Alfombras y demás revestimientos	3.22	69	Productos cerámicos .....	0.39
45	Corcho y sus manufacturas	3.13	72	Fundición, hierro y acero ....	0.38
63	Los demás artículos textiles	3.07	44	Madera, carbón vegetal y manufac.	0.37
32	Extractos curtientes tintóreos	3.06	26	Minerales, escorias y cenizas	0.35
35	Materias albuminoideas;	3.00	22	Bebidas, líquidos alcohólicos	0.35
67	Plumas y plumón preparados	2.97	0A	NO	0.32
24	Tabaco y sucedáneos del tabaco	2.84	17	Azúcares y artículos de confit.	0.31
55	Fibras sintéticas o artificial	2.59	47	Pastas de madera o de otras	0.31
74	Cobre y manufacturas de cobre	2.48	28	Productos químicos inorgánicos	0.31
46	Manufacturas de espartería	2.42	12	Semillas y frutos oleaginoso	0.30
16	Preparaciones de carne, -	2.39	23	Residuos y desperdicios de las	0.29
54	Filamentos sintéticos o artificiales	2.38	11	Productos de la molinería;	0.26
	CAP. SIN DESCRIPCION	2.28	31	Abonos .....	0.14
18	Cacao y sus preparaciones .....	2.20	10	Cereales .....	0.12
1	Animales vivos .....	2.18	25	Sal; azufre; tierras y piedras	0.04
91	Relojería .....	2.15			

La Tabla 3 hace ver que para el grupo de estaciones que se señalan no existe una correspondencia consistente entre el aforo vehicular y el valor de la carga transportada. La ubicación de las estaciones se ilustra en el plano contenido en la Figura 3. Se observan también las ingentes cifras monetarias involucradas en el transporte. Por ejemplo, sólo en la Estación # 1 de la tabla, si se piensa que la diferencia en sobrecosto de operación en un camino considerado como regular a otro considerado como muy bueno, puede ser de un 15 a un 20% y se aplica ese sobrecosto al costo de operación vehicular según el aforo de esa estación, se llegaría a un ahorro anual del orden de 150 millones de dólares sólo por sobrecosto vehicular evitable, más una cantidad no cuantificable de ganancia en concepto de seguridad, rapidez y oportunidad del transporte. De hecho, como se hará ver más adelante, el costo total de operación de la red básica mexicana de 30 mil kilómetros se estima (1994) en 43,500 millones de nuevos pesos, excluyendo el originado en las autopistas de cuota (Referencia 1). De continuar con las tendencias actuales, dicho costo total de operación alcanzará la cifra de 54,500 millones de nuevos pesos en el año 2000 y la de 65,500 en el año 2006 (13,200, 16,500 y 20,000 millones de dólares, aproximada y respectivamente). Los sobrecostos evitables con el actual estado de la red (primer cuatrimestre de 1994) se ubican, después de los análisis respectivos, en las cifras de 4 mil millones, 6 mil millones y 9 mil millones para los años 1994, 2000 y 2006 (1,200, 1,850 y 2,700 millones de dólares, respectivamente). Estos sobrecostos evitables, que responden a un análisis detallado, reflejan el estado de la red al momento del estudio y establecen un promedio nacional del orden de 12% del costo total de operación para el caso de México y en ese momento; debe añadirse también que el estado óptimo de la red no se definió en el estudio con un índice de servicio o índice internacional de rugosidad único para los 30 mil kilómetros, sino que se definió con base en números deseables diferentes para los diversos tramos, de acuerdo con la importancia asignada a cada uno de los mismos en el análisis.

Huelga decir que los resultados del estudio descrito con base en la investigación de pesos y naturaleza de cargas vehiculares probablemente no tienen mayor precisión que la necesaria para rendir óptimos resultados prácticos. El valor de la carga que se transporta por cada tramo de las carreteras principales de México es el criterio que el Instituto Mexicano del Transporte propone para jerarquizar la importancia de los caminos y dar así ordenamiento a las acciones de conservación.

## PRINCIPALES DATOS OBTENIDOS EN CADA ESTACION

ESTACION DE AFORO	NUMERO DE CAMIONES POR DIA (miles)	JERARQUIZACION POR CANTIDAD DE CAMIONES	TONELADAS POR DIA (miles)	JERARQUIZACION POR TONELADAS	VALOR DE LA CARGA POR DIA (miles de millones de pesos)	JERARQUIZACION POR VALOR DE LA CARGA
TEPOTZOTLAN	5.25	1	102	1	547	1
ALLENDE	3.33	2	67	2	281	2
STA. ROSA	1.88	6	22	7	191	3
PIMIENTA	2.22	5	41	4	157	4
SALAMANCA	1.67	7	26	5	150	5
LA LUZ	2.60	3	44	3	129	6
SN. MARCOS	2.34	4	22	8	124	7
TAJIN	1.43	9	20	9	93	8
LA GRANDE	1.48	8	22	6	81	9
AMOZOC	0.54	10	6	10	26	10

Tabla 3.

### LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE PESOS Y DIMENSIONES SOBRE LA RED CARRETERA PRINCIPAL

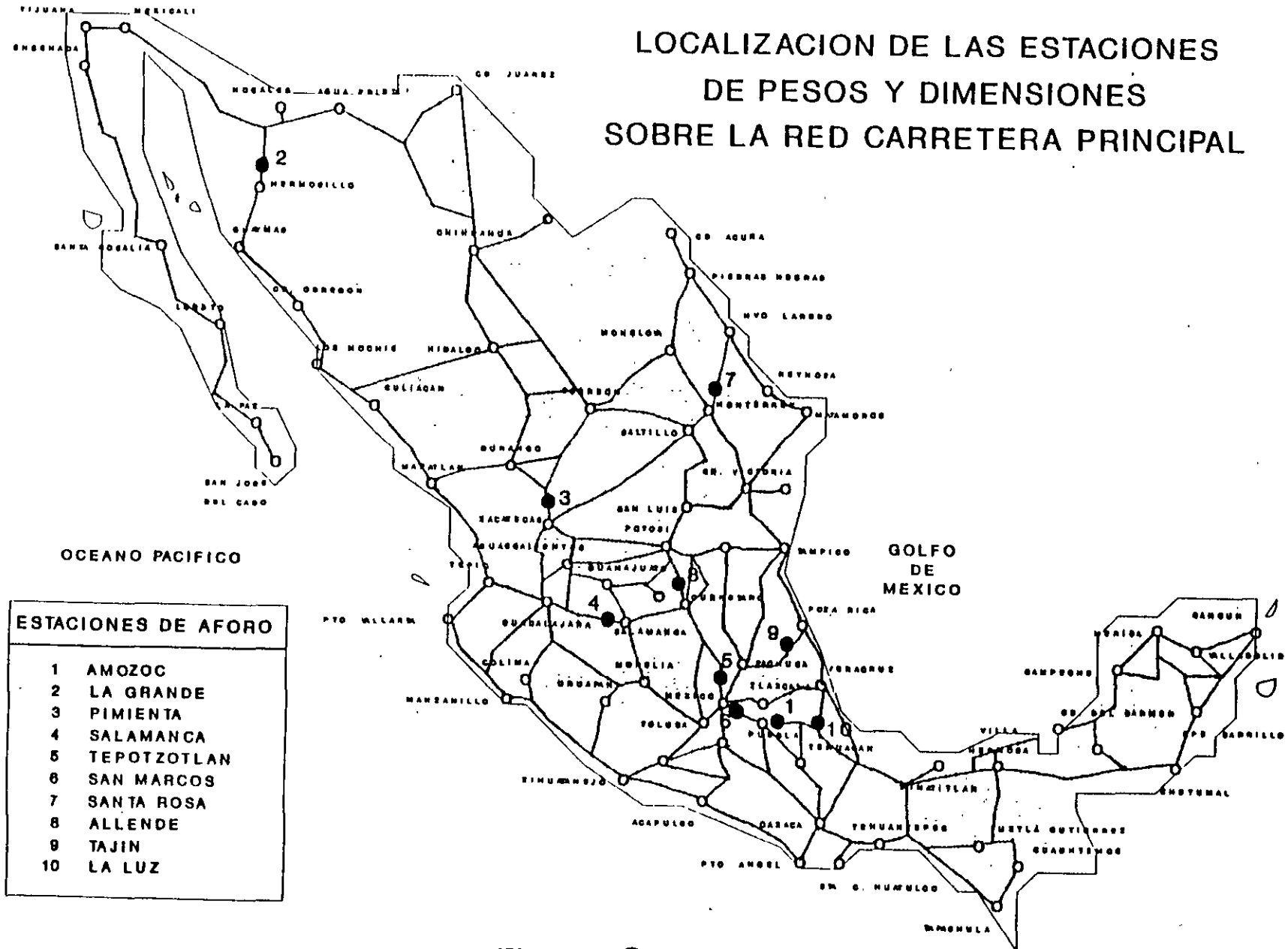


Figura 3.

## **8. Comentarios Adicionales sobre el Estudio de Pesos y Dimensiones.**

---

Debe hacerse en este momento una disgresión en relación a este estudio de pesos y dimensiones que tan someramente se acaba de mencionar. Ante todo debe considerarse, en opinión de los autores de este trabajo, que difícilmente cualquier entidad responsable del transporte en cualquier país, pudiera encontrar un estudio más importante y más trascendente. Al ir conociendo en el transcurso de los años los movimientos de carga que ocupan las carreteras nacionales se obtiene información de incalculable valor que trasciende en mucho la contribución de este estudio a la Estrategia Nacional de Conservación aquí propuesta, cuya importancia por otra parte no puede disminuirse. Se ha señalado que el estudio podría basarse en el establecimiento de 20 ó 25 estaciones temporales cada año (en México), lo que significa, a un costo estimado por estación que trabaje una semana de 130 mil nuevos pesos (40 mil dólares), un costo total anual del orden de 3.3 millones de nuevos pesos (1 millón de dólares), cifras no impresionantes y en forma proporcional, al alcance pleno de las posibilidades de cualquier país. Obviamente un mayor número de estaciones temporales instaladas cada año llevaría a una aceleración del proceso de adquisición de información a escala nacional, pero debe tenerse modestia en el gasto y, sobre todo, realismo, en el sentido de que 20 ó 25 estaciones proporcionan en el caso de México, información que ha de ser procesada, computarizada y, muy especialmente, digerida; es posible que los números mencionados resulten apropiados ante las circunstancias reales.

Además del apoyo a la Estrategia General de Conservación que ya ha quedado descrito, la información obtenida tendría las siguientes utilidades:

- Al ir conociendo los flujos de carga en las diferentes carreteras del país, se adquirirá un elemento contribuyente hacia el adecuado conocimiento del preocupantemente desigual desarrollo regional tan frecuente en países en vías de desarrollo y de incalculable utilidad para la planeación nacional a esa escala.
- El conocimiento de la distribución de la carga en las regiones y carreteras del país sería una contribución decisiva para la planeación de la red nacional de carreteras.

- El mismo conocimiento sería una contribución muy importante para la evaluación y planeación operativa de la red nacional de ferrocarriles.
- Tan detallado conocimiento de la distribución de cargas permitiría planear el intermodalismo en el transporte cada vez con mejor conocimiento de detalle. Esto afectaría a la planeación adecuada de estaciones de transferencia para carga y mercancías, para almacenamientos, para estaciones de concentración y reparto a ciudades y para otras finalidades necesarias del mismo orden. Con la información podría definirse con conocimiento creciente la distribución de mercados, con todo lo que ello implica en la planeación nacional del transporte y la detección de oportunidades de negocio para los transportistas privados.
- Se definirían cada vez mejor los grandes corredores del transporte nacional y, lo que pudiera ser aún más importante, sus cambios y variaciones.
- El resultado del estudio es obviamente esencial para adquirir criterios que sustenten un adecuado reglamento de pesos y dimensiones de los vehículos de carga circulantes, pues no sólo conduce al conocimiento de los pesos sino de los sobrepesos.
- Conectado con el punto inmediatamente anterior, el estudio permite conocer el grado de agresión del transporte que realmente circula y que sucede en la infraestructura carretera, pero permite también comparar este efecto negativo con la ventaja que pudiera dar al autotransporte nacional la posibilidad de llevar más carga, disminuyendo el número de viajes y aumentando la rentabilidad de cada uno. De hecho, ya en la etapa incipiente de aplicación en que ahora se halla el estudio en México, ha rendido importantes frutos en tan controvertido terreno (Apéndice 5).
- Del análisis de los diferentes tipos de vehículos circulantes y de su agresividad comparativa sobre la carretera a cargas netas iguales transportadas, saldrán criterios para alentar la fabricación, armado y uso de los arreglos vehiculares menos agresivos, con el correspondiente desaliento para los vehículos cuya disposición de ejes produzca daños comparativamente mayores a iguales capacidades de transportación.

- También ha demostrado ya la incipiente información disponible, su gran potencialidad para poder estimar el efecto de diferentes medidas reglamentarias en los costos con que las mercancías llegan al mercado usuario (Apéndice 5).
- Las estaciones temporales que se utilizan para adquirir la información podrían servir colateralmente como estaciones de control para cualquier reglamento de pesos y dimensiones que sea establecido, con la ventaja de producir un control no previsible por los usuarios, suficiente y, de hecho, gratuito.
- Es evidente la potencialidad del estudio para detectar necesidades de modernización, ampliación, refuerzo, libramientos y otros aspectos de detalle de la infraestructura carretera nacional.
- Como beneficio colateral proporciona un nivel de estudios origen y destino desconocido hasta el momento, que fácilmente podrán en el futuro cercano conducir a reales posibilidades de simulación del transporte.
- Es evidente la contribución del estudio a cualquier reglamentación sobre transporte de sustancias peligrosas cuyos corredores serían fácilmente identificados por el estudio.

## **9. Equiparación del Criterio de Jerarquización Basado en el Valor de la Carga con otros Criterios comúnmente utilizados.**

---

La jerarquización de las carreteras para definir su importancia relativa se ha realizado en el pasado con base en dos criterios principales. El más común y popular en la práctica ha sido el aforo vehicular. Según este criterio, la carretera más importante es aquella por la que transitan más vehículos; en cuestiones de transporte propiamente dicho, a veces el aforo se circunscribe a únicamente el número de camiones de carga o al de éstos y autobuses de pasajeros. En análisis de más detalle, se ha utilizado como índice de importancia de las carreteras, un criterio beneficio/costo, que obviamente se aplica a muy diversas facetas del papel de las carreteras dentro de la vida social; en este criterio, se compara el beneficio económico del influjo de la carretera misma o de algo que a ella se le haga con el costo que tal cosa conlleve.

En el caso del estudio de pesos y dimensiones vehiculares atrás detallado, aplicado a la Estrategia Nacional de Conservación Carretera, el aforo vehicular refleja de algún modo el costo de operación de los camiones de carga circulantes por cada estación; éste es un dato usualmente tomado en cuenta para definir la importancia de una carretera (por ejemplo, para analizar la conveniencia y oportunidad de acciones de conservación) empleando un criterio tradicional beneficio/costo, en el que el costo es lo que haya que invertirle a la carretera para el fin deseado y el beneficio es el ahorro en costos de operación vehicular que se tenga con la acción emprendida. La jerarquización por valor económico de la carga recoge indudablemente de algún modo el costo de operación vehicular, pero induce a dar la mayor importancia a los tramos carreteros que más inciden en la generación de la riqueza nacional, respaldando acciones (de planeación, proyecto o conservación) que tiendan a reducir los costos del transporte de mercancías, haciendo al país más eficiente en el interior y competitivo.

Los autores de este trabajo piensan que la jerarquización por valor económico de la carga va más lejos que la interpretación literal de los aforos y que representa un criterio más trascendente para valuar la importancia de la vía terrestre, sea carretera o ferroviaria. A modo de simple ejemplo, se ve en la Tabla 4 que la estación Santa Rosa ocupa el lugar 7 por aforo, pero el 3 por valor de la carga; esta estación está



**Tabla 4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ESTACIONES CARRETERAS INSTALADAS DURANTE 1991**

ESTACION DE AFORO	NUMERO DE CAMIONES POR DIA (miles)	JERARQUIZACION POR CANTIDAD DE CAMIONES	TONELADAS POR DIA (miles)	JERARQUIZACION POR TONELADAS	VALOR DE LA CARGA POR DIA (millones de dólares)	JERARQUIZACION POR VALOR DE LA CARGA	RELACION BENEFICIO/COSTO	JERARQUIZACION POR RELACION BENEFICIO/COSTO
TEPOTZOTLAN	5.25	1	102	1	182	1	17.6	1
ALLENDE	3.33	2	67	2	94	2	14.2	2
STA. ROSA	1.88	7	22	8	64	3	4.4	8
PIMIENTA	2.22	5	41	4	52	4	3.2	9
SALAMANCA	1.67	8	26	5	50	5	5.1	6
LA LUZ	2.60	3	44	3	43	6	8.6	3
SN. MARCOS	2.34	4	22	9	41	7	7.7	4
AMAZOC	2.16	6	24	6	35	8	6.8	5
TAJIN	1.43	10	20	10	31	9	4.7	7
LA GRANDE	1.48	9	22	7	27	10	3.2	10

9. Equipación del Criterio de Jerarquización Basado en el Valor de la Carga con otros Criterios comúnmente utilizados

situada en el corredor Monterrey-Nuevo Laredo, vale decir entre uno de los distritos industriales más importantes de México y el principal puerto fronterizo con los Estados Unidos; se piensa que lo que en ese corredor sucede en cuanto a transporte va mucho más lejos del número de camiones de carga que transitan y que cualquier consideración que se haga en torno a un corredor como éste debe referirse a su funcionamiento como transportador de riqueza. Por otra parte, la estación de La Luz representa la situación inversa a la anterior; es importante, pero está en un corredor que transporta productos de mucho menor valor agregado y que incide menos en la trascendencia del transporte nacional desde un punto de vista económico.

La importancia económica del transporte se hace notar en la estación que figura en primer lugar en cualquiera de las jerarquizaciones señaladas (situada en la principal entrada a la ciudad de México desde el norte y el noroeste del país). Puede destacarse que el valor anual de la carga registrada en esa estación equivale a un tercio del producto nacional bruto mexicano.

En la última columna de la misma tabla se ve una jerarquización en términos de la relación beneficio/costo ya descrita. Los costos corresponden a estimaciones reales dada la condición actual de los tramos, considerando la erogación para pasar del índice de servicio actual a un valor de 4.2 (índice internacional de rugosidad igual a 2.5). Puede verse que no necesariamente el ahorro en costo de operación vehicular refleja la contribución final a la optimización del transporte nacional desde un punto de vista económico. La simple evaluación por beneficio/costo tiene un primer factor de confusión en países en vías de desarrollo, pues dicho costo está fuertemente influenciado por la condición estructural que tenga la carretera en el momento de hacer la evaluación; carreteras muy importantes pudieran resultar mal si se encuentran muy deterioradas, lo que por otra parte pudiera ser consecuencia de su especial importancia. También se piensa que el criterio de la mayor contribución a facilitar el transporte más valioso resulta más apropiado a países cuya prioridad inmediata sea generar actividad económica y riqueza nacional.

Si el paradigma de la conservación es el valor económico de la carga transportada por cada determinado corredor, resulta evidente que aquellos tramos de mayor importancia deberán conservarse con mayor

*9. Equiparación del Criterio de Jerarquización Basado en el Valor de la Carga con otros Criterios comúnmente utilizados*

---

calidad y por lo tanto con mayor inversión. Los tramos colocados más abajo en la escala de prioridades no podrán ser por ello eliminados de las acciones de conservación, pero será razonable que éstas se realicen a niveles de índice de servicio ordenadamente más bajos. Obviamente, ésta será la labor básica de la aplicación de la Estrategia de Conservación Nacional. Por otro lado, este problema de jerarquización de calidad y dedicación de inversión según la importancia económica se presentará con cualquier otro criterio que se utilice para señalar esa importancia. En la sección subsiguiente se profundizará sobre este importante tema.

## **10. Niveles de Calidad Según la Importancia Económica de la Carretera.**

---

Es evidente que en este aspecto se impone una jerarquización basada en criterios comparativos entre los diferentes tramos carreteros. La condición ideal del logro de la perfección en cada uno de los tramos carreteros de cualquier país es una empresa no sólo imposible, sino también indeseable. Imposible, porque el nivel de recursos necesario para colocar toda una red nacional en los más altos niveles de índice de servicio (en los más bajos niveles de índice internacional de rugosidad) resultará siempre inalcanzable. Indeseable, porque aunque ese costo pudiera erogarse, resultaría excesivo y no rendidor de frutos; no debe olvidarse que la consideración de una relación entre el costo de una acción de conservación y su beneficio en ahorro de costos de operación vehicular (con su correspondiente repercusión en costos nacionales totales), tiene que ser un evidente mecanismo de control en cuestiones de gasto público, independientemente de las limitaciones que para ese criterio se han comentado. Lo esencial radica en el costo nacional total; si la acción de conservación, debidamente considerado su costo, conduce a un abatimiento del costo nacional total, será justificable desde el punto de vista económico.

Pero en lo anterior, justificable no siempre quiere decir posible; se posibilita si existen recursos suficientes.

Lo anterior plantea uno de los problemas fundamentales de los responsables de la conservación de una red carretera; con un conjunto de recursos siempre menores que la demanda ideal, deberán mantener la red a su cargo buscando la optimización del balance de costos nacionales totales arriba señalada.

El problema anterior sólo puede resolverse fijando para los diferentes tramos carreteros diferentes niveles de calidad buscada, de acuerdo con la importancia que para el país tenga esa carretera. Cabe mencionar que la Estrategia propuesta en este trabajo pretende proporcionar los elementos para resolver ese problema en cada una de sus fases, pero el trabajo específico de tanteo y ajuste deberá ser resuelto acuciosamente, siempre con el criterio de optimizar los costos nacionales totales.

Algunos elementos de criterio para realizar esa operación de balance de la derrama de recursos en toda la red, adicionales a la parte puramente

operativa contenida dentro de la Estrategia General, podrían ser:

- Un arco carretero cualquiera puede tener un valor adicional a si mismo de mucha importancia, cuando se le considera como elemento de un corredor de transporte. En rigor, el concepto corredor de transporte es el que debe regir, en lugar del simple concepto de tramo carretero entre dos puntos (Referencia 13).
- A medida que se vaya aplicando la Estrategia de Conservación, se irá conociendo el volumen y naturaleza de la carga transportada en cada corredor de transporte. De hecho, estos mismos se irán conformando cada vez con mayor justeza.
- A la vez, se irá conociendo también con mayor detalle, la evolución histórica del estado de cada tramo. Se irán corrigiendo deficiencias estructurales causantes de evoluciones demasiado rápidas.
- También será posible conocer cada vez mejor el estado real de la red carretera básica, en su condición estructural y en sus condiciones operativas en materia de capacidad, diversos tipos de cuellos de botella, etc.
- Se adquirirá también una idea mucho más ajustada de todas las acciones de conservación preventiva a realizar, su horizonte temporal y sus costos.

Con todo ese conjunto de información será posible llegar a un modelo confiable de simulación, en el que sea mucho más sencillo y rápido repartir los recursos acertadamente y conocer las repercusiones que sobre los demás corredores de la red pueda tener una cierta erogación específica para un corredor dado. Con este modelo, se simplificará en forma muy conveniente el proceso de asignación de recursos a los diferentes tramos.

La búsqueda de corredores homogéneos de transporte parece ser un criterio insoslayable. Cuando un corredor es heterogéneo en condición estructural, estado superficial, condiciones de capacidad y otras, se compromete gravemente al transporte carretero.

## **11. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente de Generación de Recursos.**

---

### **11.1 Ideas Generales.**

Un escollo al que se enfrentan prácticamente todos los países de la tierra es el de la obtención de los recursos necesarios para la conservación de la red carretera básica. Generalmente, la fuente tradicional de ellos es el paquete de recursos fiscales. El crecimiento que han tenido las redes carreteras en todas partes hace que el monto de dinero necesario para mantenerlas alcance cifras realmente muy elevadas; al crecimiento se une el mayor número y peso de los vehículos de carga que circulan.

La competencia por los recursos dentro de un paquete fiscal general es evidentemente enorme; la conservación compite con necesidades tan claramente perentorias como la educación, la salud, la seguridad pública, la defensa y otras por el estilo. No es extraño y quizá es más bien lógico que esta combinación de factores conduzca a que la conservación no disponga prácticamente en ningún país de las cifras necesarias para llevar a buen puerto su tarea. Los elementos humanos involucrados en la conservación han de reconocer en el mundo entero que, con cierta frecuencia, los criterios con los que se aplica el gasto carecen de una estrategia altamente coherente, lo que conduce a aplicaciones no óptimas, en las que no se jerarquizan adecuadamente los niveles de inversión en los caminos más prioritarios para el bienestar de la nación, en los que se cae en aplicaciones de los recursos de carácter general, asignando cantidades fijas por kilómetro en amplias extensiones de las redes nacionales, en las que se dan tratamientos meramente superficiales a tramos con deficiencias estructurales profundas en los que tales tratamientos tendrán duraciones reducidas y otras deficiencias.

Sin duda la carencia de esa Estrategia Nacional que a veces no permite llegar a una relación claramente convincente entre gasto y beneficio debe producir un cierto desencanto en la sociedad, que puede llegar a considerar más rentable la inversión en aquellas otras necesidades perentorias atrás mencionadas. En rigor, hacer una aportación a esa Estrategia ha sido la preocupación del Instituto Mexicano del Transporte.

Lo importante parece ser plantear las necesidades de conservación en términos de un ahorro en los costos reales totales de la nación, al comparar la inversión necesaria con el beneficio nacional y no sólo

con el beneficio del transporte, pues este último pudiera ser simplemente un beneficio sectorial. Los beneficios de la conservación pueden ir mucho más allá de los que obtenga el transporte considerado como una actividad aislada; deben conducir al precio justo de las mercancías en los mercados, a la preservación de recursos no renovables, a la preservación de la seguridad y la salud, a la preservación del medio ambiente y a otras muchas cosas todas emanantes de una utilización más racional y eficiente de los recursos nacionales.

Aparece así en la Estrategia de Conservación una nueva vertiente, ya no destinada a cubrir baches o reforzar estructuras sino a encontrar caminos convincentes y válidos para la obtención de los recursos necesarios.

Al hecho de que una conservación adecuada tiene que ser benéfica para el país, en el sentido de disminuir sus costos reales, puede llegarse por una reflexión que combina elementos sociales con consideraciones físicas bien conocidas.

La falta o deficiencia de conservación lleva a mala operación o a uso inapropiado de los medios de transporte y su interacción; a fin de cuentas, se traduce en energía de diversas índoles quemada al aire, sin provecho social. Se antoja proponer un concepto de entropía social con un sentido bastante similar al de la entropía de los sistemas físicos. La energía que una sociedad pierde sin un ordenado provecho previsible y previsto, puede ser considerada como sumada al caos universal e interpretada como un incremento de la entropía social. Es obvio que todo movimiento social incrementa la entropía social, pero también es obvio que la meta de toda sociedad tiene que ser minimizar ese incremento; de hecho, debe pensarse que todo exceso sobre ese mínimo, que consume recursos de la sociedad sin generar riqueza para la misma, es indeseable e incrementa los costos sociales reales. Visto así, el que la conservación beneficia los costos reales del país pasa a ser ley de la naturaleza. Se trata pues únicamente de dar significados puntuales y concretos a esa ley para estimular acciones que proporcionen recursos para la conservación de la red carretera; de llegar a esquemas que permitan obtener lo necesario para que, debidamente aplicado, minimice el desperdicio social que desde muchos puntos de vista representa el transporte.

Esos esquemas parece que deben cumplir cuatro condiciones importantes:

- Ser permanentes; habría que resistir la tentación de aprovechar una coyuntura que permitiera dedicar a la conservación en un año dado un monto importante de recursos, pero que no fuera garantizadamente repetible. El atenerse a soluciones de este estilo no sólo no conduciría a una solución a largo plazo, en una red que breve tiempo después estaría en la misma condición de partida, sino que sería perjudicial en su efecto económico y desgastante en la posición de los organismos encargados del trabajo, ante la opinión pública.
- Los esquemas a que se llegue deben estar claramente ligados a la actividad del transporte carretero nacional. Cualquier esquema que eche mano de recursos provenientes de otros sectores encontrará oposición, pues en ellos no faltarán necesidades que demanden recursos adicionales provenientes de esquemas similares.
- Los mecanismos financieros que se establezcan deben procurar que los recursos se capten de quienes se beneficien del uso de las carreteras. Las propuestas deben ser equitativas, en el sentido de que los cobros por el uso de la infraestructura deben definirse de tal manera que paguen más quienes más se beneficien y quienes impongan los mayores costos a la infraestructura; a la vez, el mecanismo debe contener la demostración de que los usuarios que están aportando recursos obtienen beneficios económicos substancialmente mayores que su aportación.
- El esquema de financiamiento que se proponga debe tener la característica de ir proporcionando recursos crecientes a medida que vaya teniendo éxito en el logro de una mejor conservación; es decir, debe ser un mecanismo que produzca beneficios que directamente se puedan relacionar con el objetivo al que se destinan, a la vez que ser una muestra evidente de las virtudes de la conservación desde el punto de vista económico.

Corresponde a los técnicos en el manejo de los recursos económicos y sus mecanismos financieros el establecer los esquemas adecuados, con el apoyo técnico que puedan requerir para ello. Lo que parece una perspectiva obligada es que bajo las bases anteriores, la sociedad en su



conjunto coopere para la adecuada solución de tan importantes problemas; desde este punto de vista, la conservación debe tener un tratamiento similar al de otros muchos servicios públicos, sostenidos de alguna manera por el cuerpo social usuario.

El Instituto Mexicano del Transporte ha realizado estudios que podrían arrojar alguna luz a la tarea de las autoridades hacendarias directamente responsables de la distribución de los fondos públicos destinados a la conservación de carreteras. Estos estudios serán glosados en lo que sigue. También debe mencionarse a la Referencia 14 como una muy interesante fuente de reflexión sobre estos temas. Independientemente de que en ella se sostienen criterios muy similares a los sustentados por el Instituto Mexicano del Transporte, presenta variantes y líneas de argumentación del mayor interés, muy contribuyentes al análisis general de la situación y de las alternativas que puedan ofrecerse para encontrar soluciones.

En los planteamientos de las sugerencias que pudieran hacerse a los responsables de la asignación de recursos destinados a la conservación de redes viales, existen algunos conceptos básicos que conviene señalar.

Las carreteras son un servicio público, como tantos, entre los que figuran el agua potable, la energía eléctrica, las telecomunicaciones en muchos aspectos y otros. Es universalmente aceptado que los usuarios de esos servicios contribuyan de alguna manera a sus costos. También es cierto que existen otros servicios públicos no menos importantes que la práctica universal acepta que deben ser por lo menos parcialmente subsidiados, en el sentido de que se reconoce que su capacidad de generar recursos no puede alcanzar lo necesario para que esos sectores puedan rendir toda la utilidad que de ellos se demanda; la educación, la salud básica, la defensa o la propia administración pública son ejemplos no únicos de tales sectores. El caso de la conservación carretera no está en esta condición, pues aparentemente los usuarios de esa infraestructura no deben constituir, en términos generales, un sector necesitado de subsidio.

La conservación carretera ha de ser pagada directamente por los usuarios de los vehículos que las transitan. Ello podría producir los recursos suficientes, además de una muy importante conciencia del usuario en el lazo que existe entre su aportación y la superior ganancia

que de la conservación reciban; ello produciría un muy saludable interés del usuario en la conservación y generaría una conveniente presión en pro de la eficiencia en las tareas de mantenimiento.

## 11.2 Sistemas de Generación de Recursos.

La búsqueda de recursos destinados a la conservación de carreteras ha recurrido a diversos esquemas de tipo socioeconómico. De ninguna manera se pretende en este trabajo hacer un repaso de todos los utilizados, pero algunos de los más usados no pueden dejar de mencionarse en lo que sigue.

Una idea básica en la que se ha insistido reiteradamente en páginas previas, pero que no puede dejar de mencionarse ahora es que cualquier esquema que se proponga a un gobierno nacional para obtener recursos para la conservación de la red vial debe ir precedido de una clara y sencilla estrategia para su gasto; estrategia que debe contener acciones técnicas para la definición del estado actual de las cosas, acciones técnicas para corregir y mejorar lo que convenga en el estado de los caminos y hasta los límites a que convenga llegar en cada caso particular, acciones que permitan definir los costos de conservación a diversos niveles de calidad y a diversos niveles de permanencia y evolución en el tiempo y, finalmente, criterios y acciones que permitan jerarquizar la importancia de las carreteras, para definir en cada una, niveles de calidad y horizontes temporales realmente compatibles con los recursos disponibles, y que permitan, a la vez, el desarrollo de políticas congruentes hacia el futuro. Se espera que en las páginas anteriores haya quedado establecido que los trabajos del I.M.T. han dado atención a este requisito básico.

En el pasado se popularizó la idea de que el financiamiento de la conservación carretera podría realizarse con la creación de impuestos especiales etiquetados específicamente para ese fin. Hasta cierto punto se buscaba que dichos impuestos gravaran principalmente al usuario del servicio al que se destinaban los fondos. Este tipo de políticas comenzó a tener detractores al aparecer cierta confusión en muchas de las relaciones entre los hechos gravados y el destino concreto de los recursos. Las coyunturas económicas y sociales de muchas naciones, especialmente aquéllas en rápido desenvolvimiento social y demográfico fueron inclinando a los gobiernos a manejar los recursos financieros en

un paquete único, más flexible para atender con la debida oportunidad las situaciones coyunturales, surgidas de la vida diaria de la sociedad. Debe reconocerse que este desencanto hacia los impuestos etiquetados a un servicio específico está muy extendido en la actualidad y que a los detractores del sistema no les faltan sólidos argumentos.

El peaje ha sido otro socorrido procedimiento para la obtención de recursos con posible destino hacia la conservación. El peaje requiere ciertos niveles mínimos de tránsito para obtener una justificación popular y aún económica; la Referencia 14 fija ese límite en 800 vehículos diarios, de manera que aforos menores hacen que la administración del sistema conduzca a gastos que hacen la operación muy poco atractiva. De hecho, la pobreza de los aforos es un argumento contra el peaje en muchos países y ejerce influencia en todos. En el área de América Latina y el Caribe, seguramente no más del 10% de cualquier red carretera podría hacer al peaje una operación realmente interesante; obviamente, no puede cobrarse peaje en toda la red. El sistema queda quizá confinado a la obtención de recursos para la conservación de una red de autopistas. En el caso de México, un sistema tal conduce de hecho a ciertos sobrantes de recursos pero en montos que no alcanzarían para atender de manera significativa la conservación de la red federal.

Los análisis realizados por el I.M.T. (1994), aún reconociendo que dejan amplio lugar a posteriores esfuerzos y a la imaginación creadora de todos los involucrados, han llegado por el momento a la idea de que lo conveniente es investigar el efecto de una elevación muy pequeña en el precio de los combustibles (gasolina y diesel) complementado por un análisis general del impacto de tales incrementos en los diversos sectores de la economía. Estos resultados deben compararse con los ahorros en los costos del transporte nacional y su correspondiente repercusión en aquellos mismos sectores. Si el resultado final de esta comparación resulta a favor de los costos generales del transporte en todos esos sectores o en una proporción abrumadora de ellos, los costos nacionales totales habrán disminuido en forma suficientemente significativa como para que el sistema resulte convincente a los ojos de los responsables de la política hacendaria.

Con estas ideas, se presenta en lo que sigue una propuesta concreta para el caso de México y referida únicamente a lo que se ha considerado como la red básica carretera, de mayor influencia en la vida comercial e

industrial de la nación y la de mayor impacto en los mecanismos que respaldan la generación de la riqueza nacional.

La propuesta da por hecho la asignación de un monto de recursos asignados, que sea suficiente para la conservación obligada y rutinaria de la red básica (limpieza de taludes, limpieza de cunetas, reposición de señalamiento, atención a drenaje y subdrenaje, bacheos, etc) y toma en cuenta la necesidad de recursos de esa red básica para ser reforzada estructuralmente, de tal forma que vaya adquiriendo en forma oportuna y duradera la capacidad estructural requerida para que tales refuerzos vayan siendo menos y menos necesarios con el transcurso del tiempo, ante el incremento del tránsito en número y peso de los vehículos de carga.

Desde este punto de vista, la propuesta tiene un carácter relativamente contingente, sirviendo para colocar la red básica en una condición tal, en alineamiento, seguridad y condición estructural, que en el futuro pueda mantener un estado satisfactorio con inversiones ya principalmente enfocadas al mantenimiento rutinario y no tanto, ni mucho menos, al refuerzo y/o la reconstrucción. Así, al cabo de los períodos de tiempo que se señalarán en la propuesta, la continuación de los programas de obtención de recursos que se exponen podrían inclusive reforzar las necesarias políticas de construcción de nuevas vías, que probablemente nunca dejarán de presentarse.

Los estudios del I.M.T. que amparan la propuesta presentada contienen muchos detalles analíticos que no se incluyen en este trabajo, que se limita a una presentación de resultados.

Los estudios realizados toman en cuenta el hecho de que aún los 30 mil kilómetros de red básica considerados en los análisis no deben llegar al mismo nivel de calidad. La estrategia general elaborada por el propio I.M.T. contiene los elementos para jerarquizar el estado final de índice internacional de rugosidad a que debe llegarse en los diferentes arcos de la red, estableciendo prioridades y jerarquías de acuerdo con criterios que ya han sido expresados en este trabajo.

Todos los arcos de la red fueron analizados individualmente, con base en su contribución económica al transporte general, expresada por el valor de la carga transportada por cada uno, cuando esta información estuvo disponible y con base en aforos (con énfasis en los vehículos de carga),

cuando no lo estuvo. Debe tenerse en cuenta que el estudio de campo de pesos y dimensiones de los vehículos, tantas veces mencionado, es aún joven en México, pero es de esperar que cuando vaya rindiendo más de su vital información, puedan realizarse los ajustes necesarios; otro tanto ocurrirá cuando por avatares obligados en la futura vida nacional, ocurran cambios que los justifiquen.

Todos los arcos fueron analizados con el criterio de integrarlos en corredores homogéneos de transporte (Referencia 13) a través del territorio nacional, pues estos elementos deben constituir la unidad de estudio, antes que los arcos aislados definidos geográficamente o por cualquier otro sistema que no sea el transporte carretero mismo y sus posibilidades de integración con otros modos, tales como puertos marítimos o fronterizos, el ferrocarril, el abasto a ciudades o consideraciones de desarrollo regional.

### **11.3 Una Propuesta Específica para la Obtención de Recursos para la Conservación Vial en el Caso de México.**

La propuesta que a continuación se menciona en su parte conceptual y conclusiva, está contenida en forma más detallada en la Referencia 1. Sin embargo, antes de entrar a su parte medular, conviene proporcionar algunos datos correspondientes a la situación concreta de México (1994) que serán útiles para proporcionar un marco de referencia. También debe aclararse desde ahora que la propuesta se refiere a la red federal básica de carreteras mexicanas, de unos 30 mil kilómetros de longitud que no considera la red nacional de autopistas, muchas de ellas de muy reciente construcción.

Análisis realizados por el I.M.T. hacen ver que el valor de la red básica mexicana en 1994 está en el orden de los 30 mil millones de dólares (valor de reposición). El costo de las operaciones de transporte que sobre ella ocurrirán durante 1994 puede calcularse en un valor de 15 mil millones de dólares. De continuar las tendencias actuales de desarrollo de tránsito, esta cifra anual será de 17 mil millones de dólares en el año 2000 y de 20 mil millones de dólares en el año 2006.

Los estudios detallados realizados hacen ver que, por el estado actual de la red, las cifras anteriores comprenden sobrecostos evitables en la

operación del transporte, que obviamente podrán reducirse de mejorar la conservación carretera. Estos sobrecostos anuales se han calculado en 1,200 millones de dólares en 1994, 1,850 millones en el año 2000 y de 2,700 millones de dólares en el año 2006, supuesto que continuara en tales períodos una derrama de similares tendencias a las actuales de los recursos dedicados a la conservación vial. Debe aclararse que estos sobrecostos están calculados no con respecto a una situación idealmente perfecta de la red, sino con respecto a lo que debería considerarse razonablemente una situación operativa, en la que diferentes tramos y corredores de transporte tuvieran diferentes niveles de calidad, según la importancia de su contribución a la generación de la riqueza nacional. El I.M.T. también cree que esa situación operativa razonable es perfectamente compatible con las capacidades técnicas de la ingeniería nacional y con todas las demás realidades inherentes al problema, en los aspectos técnicos y administrativos. La afirmación que acaba de hacerse incluye la consideración de que se aplicará a los trabajos una Estrategia Nacional del estilo propuesto en este escrito.

Como ya se insinuó anteriormente, otro marco de referencia de la propuesta presentada es la búsqueda de la eliminación de los sobrecostos operativos evitables hasta los niveles convenientes; esa conveniencia queda establecida por el límite que se alcanzaría cuando los costos para conservar un cierto corredor a un determinado nivel de calidad, fueran superiores a los beneficios que tal calidad reportara a la sociedad en conjunto. En otras palabras, conviene conservar en tanto los costos totales nacionales se reduzcan.

Los ahorros que la conservación produce no son despreciables; por el contrario, son enormemente cuantiosos. Esto ya ha quedado señalado, pero analizando el problema desde otro punto de vista, puede decirse que estudios realizados en el I.M.T. y citados más atrás en este trabajo, indican que un camión articulado puede gastar por kilómetro un 15-20 por ciento más, al transitar por una carretera con índice de servicio de 4 (índice internacional de rugosidad de 2.5), con respecto a otra con índice de servicio que apenas exceda el 2 (índice internacional de rugosidad que llegue a 7), considerando un camino de alineamiento vertical normal en México. Esto representa de 0.15 a 0.21 dólares por cada vehículo y cada kilómetro. Como se dijo, el I.M.T. ha estudiado también el efecto trascendental de la pendiente que, aunque no tan directamente ligado con la conservación, sino más bien paradigma del proyecto, puede tener mucho que ver con rectificaciones y/o modernizaciones.

Con estas bases se ha estimado que al levantar el índice de servicio (o reducir el índice internacional de rugosidad) en los valores promedio que se muestran en la Tabla 5, podría llegarse a un ingreso acumulado en 20 años de más de 42 mil millones de dólares, con respecto a lo que sucedería durante esos 20 años, de continuar con una asignación tal como la actual, que se considera de 180 millones de dólares anuales. Conviene decir algo sobre la manera de leer la tabla. La primera columna supone una asignación inicial de 180 millones de dólares en el año cero, la cual irá creciendo en años subsecuentes al mismo ritmo en que se desarrolle el tránsito (supuesto del orden de 3.5% anual, como un promedio para toda la red de 30 mil kilómetros). En tales condiciones (inversión inicial de 180 millones de dólares) se ve que un índice actual de servicio de 2.79 se convierte en 2.54 al cabo de 20 años y que los sobrecostos evitables aumentan en el mismo lapso del orden de 100%.

Si a la conservación se dedicaran 610 millones de dólares en el año cero, con una tasa de crecimiento de esa inversión igual a la del tránsito, se reducirían, en 20 años, en un 60% los sobrecostos evitables y el índice de servicio promedio de la red de 30 mil kilómetros podría mejorar en el lapso, de 2.79 a 3.9.

Consideraciones análogas se presentan en la Tabla 5, para inversiones iniciales de 305, 455 y 760 millones de dólares.

En todas las alternativas de inversión, aparece una columna denominada "Egreso", que representa la asignación de recursos que habría que dar en el año que se indica por encima de la histórica, obtenida a partir de la inicial de 180 millones de dólares, en el año de que se trate.

También aparece una columna de "Ingresos". Esta se obtiene restando el sobrecosto evitable que se tiene cada año con la inversión propuesta, del sobrecosto evitable que ese mismo año se tendría con la inversión inicial de 180 millones de dólares. Por ejemplo, en el año 10, en la alternativa de inversión de 610 millones de dólares, se tiene un ahorro acumulado en sobrecostos evitables (ingreso para el país) de 13 mil millones de dólares, en relación a lo que se tendría si se hubiera llegado a ese año 10 a partir de la inversión inicial de 180 millones de dólares.

En la parte más baja de la tabla se muestra la tasa interna de retorno (rentabilidad) de cada uno de los niveles de inversión, observándose que

AÑO	NIVELES DE ASIGNACION									
	180		305				455			
	INDICE DE SERVICIO	SOBRECOSTO EVITABLE	INDICE DE SERVICIO	SOBRECOSTO EVITABLE	EGRESO ACUMULADO	INGRESO ACUMULADO	INDICE DE SERVICIO	SOBRECOSTO EV. TABLE.	EGRESO ACUMULADO	INGRESO ACUMULADO
0	2.79	1 699	2.79	1 699	120	0	2.79	1 699	267	0
1	2.61	1 847	2.67	1 804	245	43	2.72	1 548	552	299
2	2.45	2 138	2.58	2 016	376	164	2.69	1 650	849	786
5	2.23	2 535	2.54	2 180	798	988	2.72	1 703	1800	3006
10	2.16	3 000	2.63	2 293	1619	3910	2.93	1 398	3638	9661
15	2.34	3 375	2.74	2 193	2600	8899	3.23	1 082	5863	19757
20	2.54	3 385	2.95	1 848	3515	16509	3.66	787	7995	32633
TASA INTERNA DE RETORNO (%):			50.9				77.0			

AÑO	610				760					
	INDICE DE SERVICIO	SOBRECOSTO EVITABLE	EGRESO ACUMULADO	INGRESO ACUMULADO	INDICE DE SERVICIO	SOBRECOSTO EVITABLE	EGRESO ACUMULADO	INGRESO ACUMULADO		
0	2.79	1 699	415	0	2.79	1 699	570	0		
1	2.76	1 443	862	405	2.80	1 350	1106	497		
2	2.76	1 462	1321	1079	2.80	1 341	1773	1294		
5	2.85	1 357	2768	4192	3.00	1 104	3802	5098		
10	3.25	904	5655	13000	3.57	632	7622	15402		
15	3.73	639	9077	25443	3.86	593	9773	28448		
20	3.90	648	10145	39461	3.91	641	10637	42505		
TASA INTERNA DE RETORNO (%):			65.0				55.7			

NOTA: Los montos en esta tabla son en millones de dólares.

Tabla 5.



la inversión inicial de 455 millones y la de 610 millones ofrecen las mejores rentabilidades. La elección entre la asignación de 455 y la de 610 millones no es sencilla.

Volviendo a la Tabla 5, se puede estimar que si la asignación del año cero se transforma de 180 a 455 millones de dólares, el costo de levantamiento del índice de servicio medio de la red a 3.66 llegaría en 20 años; a una cifra del orden de 8,000 millones de dólares adicionales al mantenimiento rutinario (precios actuales). Si la inversión del año cero es de 610 millones, el mismo costo será del orden de 10 mil millones, obteniéndose mejores y más rápidos resultados. También se insiste en que los valores medios asignados a la red en índice de servicio provienen de una ponderación razonable de los valores convenientes en los distintos tramos, pero no son un valor generalizado para todos ellos.

Es de destacar la sorprendente y enorme diferencia que se tiene en el horizonte de 20 años entre los beneficios de la conservación y sus costos; tal parece que esta diferencia justifica por sí misma cualquier incremento en la inversión en conservación.

La cuestión de obtener el incremento necesario en los recursos para la conservación de carreteras es urgente, pero ardua. La gran mayoría de los países en desarrollo dedican a la conservación apenas lo necesario para la conservación rutinaria o aún menos, pero no atienden prácticamente en nada al deterioro natural y menos al verdadero concepto de conservación, que implica la necesidad de ir adaptando lo que se usa, a las nuevas necesidades que aparezcan durante su vida útil; el tránsito crece en forma continua en todos los países en vías de desarrollo, lo que obliga a que los recursos de la conservación tengan también que crecer dentro de este concepto de "conservar".

Supóngase que se decide la alternativa de dedicar 610 millones de dólares a la conservación carretera por simple dedicación de recursos fiscales. Si se regresa a la Tabla 5, se verá que, supuesto que 180 millones son de gasto obligado (en el sentido de que ya se están ejerciendo), al transcurrir el primer año ya el país recibió un ingreso por mejoría en la conservación de prácticamente 405 millones de dólares y que a partir del año 1, ya siempre el ingreso del país por atención a la conservación va siendo gradualmente superior a la demanda de recursos que la alternativa señala. De manera que sólo los 405 millones de asignación inicial adicional son gasto no recuperado previamente por la

nación y que habría de ser financiado, por ejemplo con préstamo externo.

La Figura 4 muestra el flujo de las cosas en la alternativa que se propone.

La primera consideración es que el ahorro nacional se distribuye de alguna manera en la sociedad mexicana, pero no representa un efectivo, que es lo necesario para sustentar el programa de conservación. Ese efectivo tendría que ser proporcionado por el Estado. En la Figura 4, se muestra una curva de incremento de las asignaciones necesarias, en añadidura a los 180 millones de dólares que se consideran un recurso inicial fijo u obligado; como se dijo, la asignación va creciendo con la tasa de crecimiento del tránsito; es de 405 millones en el año cero.

En la misma figura aparece una curva de captaciones que tiene la siguiente génesis. Es preciso considerar algún mecanismo que proporcione dinero para conservar. En este trabajo se propone que ese mecanismo sea basado en recursos fiscales y respaldado por un incremento en el precio de la gasolina y el diesel. Dicho incremento sería del orden de 0.003 dólares por litro de cada combustible cada año a partir del año 1, por las razones arriba explicadas. Se propone que este aumento se considere "ad valorem" en los años subsecuentes y que no exceda de un tercio del ahorro en costos nacionales del año anterior.

En la Figura 4 puede verse que en el año 9, ya la totalidad de los recursos necesarios en la alternativa provienen de la captación. La gráfica incluye una curva de ahorros nacionales totales en costos de operación, obtenidos de la Tabla 5.

De hecho, en la alternativa de inversión de 610 millones de dólares, se comenzaría con un aumento de 0.003 dólares por litro al final del año 1 y el precio iría aumentando hasta un aumento acumulativo total de 0.015 dólares por litro en el año 8 (el precio aumentó en 0.015 dólares por litro a lo largo de 8 años). Con ese tolerable aumento se garantiza el flujo de recursos necesario.

Merece atención la parte sombreada de la izquierda de la figura entre asignaciones y captaciones, pues en esa zona, que dura 8 años, se da a la conservación más de lo que se capta por aumento de precio de combustibles (independientemente de que represente un tercio del

# ASIGNACION INICIAL = 610'000,000 USD

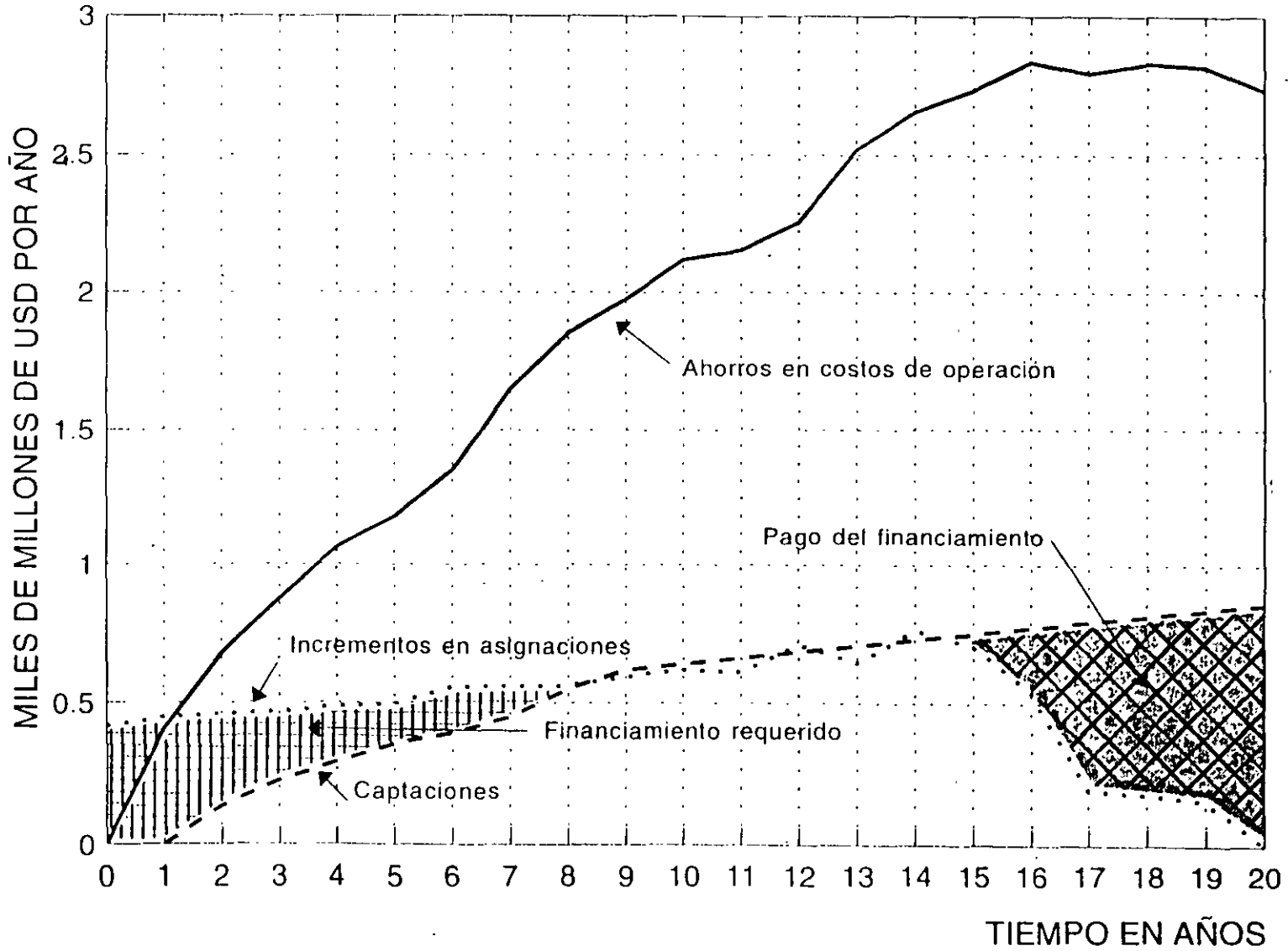


Figura 4.

ahorro nacional). Esa brecha económica habría de llenarse en la propuesta contenida en este trabajo, vía un financiamiento. Los cálculos respectivos hacen ver que entre el año 8 y el año 14 ya se recauda lo necesario y que a partir del año 15, el mejoramiento logrado en el estado de la red hace que las captaciones por incremento en el precio de los combustibles (que se llevó un máximo de 0.015 dólares por litro en los primeros 8 años), permiten obtener recursos para el pago del financiamiento, pues a partir del año 15, el buen estado de la red ya no requiere asignaciones tan importantes para la conservación, las cuales se irán acercando cada vez más a la conservación simplemente rutinaria y preventiva, pero ya sin demanda de drásticas acciones para elevar el nivel de servicio.

En la Figura 4 se ha añadido un criterio adicional para evitar efectos inflacionarios en la inversión en conservación; en primer lugar, la captación se da después del primer año, cuando ya se generaron ahorros en el transporte; en segundo lugar, la captación de recursos fiscales nunca excederá de una asignación total de 610 millones de dólares, ni de un tercio del ahorro nacional del año anterior. Si a partir del año 9 la captación es mayor de 610 millones de dólares, ello se debe a un crecimiento del producto interno bruto por crecimiento de la actividad económica.

La propuesta que se acaba de describir ha sido formulada en el I.M.T. y fundamentada en mucho cálculo de detalle que ahora se omite. Por ejemplo, se calculó el impacto de las captaciones en los distintos sectores del aparato productivo, utilizando la matriz insumo-producto más reciente disponible (fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de México) y se pudo demostrar que con excepción del sector pesquero, los ahorros transferidos a las distintas actividades son siempre mayores que los incrementos de los costos originados por el gravamen propuesto; las captaciones supuestas no son inflacionarias y el hacer el transporte más eficiente abarata el ciclo económico.

Tampoco hay presiones inflacionarias en el ejercicio de las asignaciones, puesto que la mayor parte va a dar a la industria de la construcción o a servicios profesionales, ambos rubros que en México tienen capacidad instalada disponible.

Se considera también que el monto y condiciones del financiamiento que se propone no tienen una repercusión negativa de importancia, por existir un claro mecanismo de recuperación.

Por otro lado, la propuesta aquí formulada tiene algunos beneficios calculables no desdeñables.

Una parte del ahorro generado en los distintos sectores del aparato productivo se convertiría en mayores utilidades para las empresas, lo cual a su vez se traduciría en una mayor recaudación de impuestos.

En un sistema competitivo, otra parte del ahorro tendería a convertirse en reducción de fletes, con los correspondientes beneficios a los distintos sectores del aparato productivo.

La conservación carretera conduce a menores gastos de combustibles. Se ha estimado que dentro del lapso de 20 años que se contempla, significa la eliminación de una capacidad de refinación de 100 mil barriles diarios, con inversión de 3 mil millones de dólares o, como alternativa una importación de combustibles por 1,000 millones de dólares al año.

Se ha podido estimar que la implantación de la política de conservación propuesta puede significar en compra de equipo y refacciones una reducción de salida de divisas del orden de 800 millones de dólares por año.

Se estima que una alternativa económica como la propuesta conduciría a trabajos que significarían la creación de 100 mil empleos directos y 200 mil indirectos, por efecto multiplicador.

No hay que decir que acciones como las que ahora se proponen contribuirían al logro de una mejor imagen de la Administración Pública.

## **12. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente Organizacional.**

---

Una estrategia de conservación que atienda todos los aspectos necesarios, tal como pretende ser la presentada en este trabajo, no puede dejar de incluir ideas sobre la organización, pues parece un hecho fuera de duda que la gran mayoría de los organismos que enfrentan estas tareas no están del todo preparados en el momento presente, desde este punto de vista, para hacer frente a las actuales condiciones técnicas, económicas, financieras, etc.

La organización para la conservación debe contemplarse en dos aspectos. En primer lugar, se presenta un problema general, que se refiere a la responsabilidad de los trabajos, a como se reparten éstos entre la administración gubernamental y las empresas privadas y otros elementos de la misma índole. En segundo lugar, conviene hacer algunas indicaciones sobre la organización interna de los grupos profesionales que atienden la labor.

### **12.1 Organización General de los Trabajos de Conservación.**

Los trabajos de conservación deberán organizarse en cada país considerando sus propias realidades, las formas operativas prevalecientes, sus tradiciones y evolución histórica y, desde luego, las condiciones y características de cada red nacional de carreteras.

Lo que no tiene duda es que parecen presentarse dos criterios rectores que independientemente de que han existido siempre, adquirieron en los últimos años (por lo menos en los países en desarrollo) una relevancia muy notable. Uno es el hecho, ya tan mencionado, de que los costos de la conservación adecuada de una red nacional son tan cuantiosos que su correcta administración se ha convertido en una empresa vital, vigilada por muchos sectores y de gran trascendencia intrínseca. El segundo criterio rector se refiere al objetivo mismo de la conservación: la enorme difusión, creciente complejidad y decisiva influencia de las actividades comerciales del país y del adecuado fomento hacia el desarrollo industrial, producen una clara y perentoria obligatoriedad de que el fin de las tareas de conservación sea la optimización del transporte, con muy especial énfasis en el de carga. Ya no se trata de

tener buenas carreteras; se trata ahora de tenerlas en un estado debidamente jerarquizado, de acuerdo con la importancia de la ruta en tanto forme parte de un corredor de transporte que contribuya a los desarrollos anteriores. Esta idea debe conducir a un cierto cambio en el criterio de los típicos ingenieros de caminos, vinculando su actividad, antaño frecuentemente orientada en demasía a aspectos exclusivamente técnicos, hacia los terrenos del fomento al comercio, al desarrollo industrial y al intercambio social.

La Referencia 15 presenta un útil panorama de las prácticas seguidas en muchos países y de las principales preocupaciones que en ellos se tienen en torno a los trabajos de conservación y a la contribución de las empresas privadas en los mismos. La fuente de información de la referencia proviene del reporte World Bank-INU 91 ("Assessment of Road Maintenance by Contract").

Lo más destacable en el panorama mundial se resume a continuación, en la inteligencia de que se conjunta información de países de los más diversos rangos de desarrollo económico y tecnológico:

- Se detecta dondequiera la necesidad de mejorar la conservación carretera.
- La participación de los contratistas privados en la conservación que tenga carácter de reforzamiento, modernización o reconstrucción (llamada conservación periódica) es muy abundante y creciente.
- En la conservación rutinaria, la contratación con empresas privadas comienza a ser una opción a la que se recurre.
- Se manifiesta una preocupación importante por mejorar la eficiencia de los trabajos de conservación hechos por la Administración Pública.
- Prevalece la idea de que la repartición de los trabajos entre la Administración Pública y las empresas privadas debe ser casuística y flexible.
- Realizar toda la conservación por medio de empresas privadas se considera una opción, pero no la única opción.

- Se acepta que la Administración Pública debe planear los trabajos de conservación, con especificaciones claras y fijación estricta de niveles de calidad, tanto para los trabajos realizados por la Administración Pública como por los contratistas privados. En otras palabras, se reconoce dondequiera la necesidad de lo que en este trabajo se ha llamado una Estrategia Nacional de Conservación.
- Existe una marcada tendencia a aceptar con los contratistas privados, términos de contratación de 3 ó más años. Períodos menores no permiten inversiones en equipos variados y especializados que optimicen las labores de conservación.
- La mayor parte de los países no reportan una diferencia importante en costos entre los trabajos realizados por sus administraciones públicas y por los contratistas privados, pero el trabajo gubernamental puede tener incrementos de eficiencia muy significativos cuando se le pone a competir con el trabajo privado.
- En la labor de los contratistas privados, existe a nivel mundial una preocupación por propiciar la intervención de empresas pequeñas.
- Cuando se han dividido los trabajos de conservación entre contratistas privados e instituciones de gobierno, se han reportado beneficios mutuos por incremento en la competitividad de ambas fuerzas de trabajo.
- Las economías de escala que pueden conseguirse dando grandes contratos de conservación a grandes empresas, son por otra parte, a menudo contrarrestadas por una disminución del nivel de competitividad y de eficiencia de tales grandes empresas.
- Suele considerarse al trabajo gubernamental como más capaz de dar respuesta pronta a casos de emergencia.

De lo anterior se desprende claramente que no existen tendencias totalmente favorables al trabajo privado o al público; ambos han de ser cuidados, protegidos de alguna manera y convenientemente entrenados. La conclusión universalmente aceptada de que el buen desenvolvimiento de sistemas de conservación privada requiere contratos de duración mayor que la usual, es importante. Esta necesidad es quizá mayor en



países en vías de desarrollo, en los que las redes carreteras suelen adolecer de deficiencia estructural, pues en tales casos, los primeros tiempos de la evolución de un contrato implican refuerzos o reconstrucciones muy demandadoras de inversiones que sólo podrán recuperarse en años subsecuentes, en los que la conservación tenga un carácter más rutinario.

Los autores de este trabajo piensan que los trabajos de conservación ofrecen amplio campo para la intervención privada. Coinciden en considerar prácticamente inevitables los contratos de duración razonablemente larga, que permitan las inversiones necesarias y los tiempos de recuperación suficientes. Piensan también que la gran empresa tiene cabida en estos programas, así como lo tiene la mediana; la diferencia entre ambas puede centrarse en la longitud del tramo a conservar, objeto del contrato. Estas longitudes podrían llegar a ser del orden de 500 kilómetros en los grandes contratos y de 100 a 200 kilómetros en los contratos con empresas medianas.

No se ve con la misma claridad la posibilidad de contar con la deseable presencia de empresas pequeñas en estos trabajos. Esta presencia sería conveniente para fomentar el desarrollo local y como un elemento de justicia general, pero estas ideas no deben llevar a encomendar los trabajos a quien no tenga la fuerza necesaria para hacerlos bien.

El encomendar la conservación rutinaria a una empresa pequeña, dejando la conservación de refuerzo y reconstrucción inicial o periódica a una empresa mayor, no es un criterio que se recomiende por si mismo. La superposición de ambos trabajos es, en la práctica, continua en mil pequeños detalles; esta superposición de responsabilidades generaría confusión y una poco clara línea de responsabilidad, lo que siempre es fuente de malentendidos y conflictos. Una solución que propiciaría la presencia de empresas pequeñas en estos trabajos sería la aparición de la figura de una empresa procuradora de empresas, figura creada por la asociación de varias pequeñas compañías. La procuradora de empresas podría inclusive ser una firma independiente que buscara las asociaciones locales que resultaran convenientes.

En el régimen de trabajo privado, la empresa debe asumir la responsabilidad total sobre el mantenimiento de su tramo. La norma de calidad básica deberá ser el valor que la administración oficial considere conveniente para el tramo, del índice internacional de rugosidad mínimo

que en él debe existir. La empresa podrá proponer los ciclos temporales correspondientes; es decir, la empresa seleccionará y propondrá el índice internacional de rugosidad con el que iniciará cada ciclo temporal, así como el tiempo en que dicho valor inicial llegará al mínimo valor pactado en el contrato. También habrá de proponer las acciones de conservación, los materiales y los sistemas con los cuales realizará sus trabajos.

Corresponde a la Administración Pública, con la planeación que emane de su Estrategia Nacional de Conservación, fijar las características mínimas de calidad del tramo (índice internacional de rugosidad mínimo). La Administración Pública señalará en cada caso, el sistema de medición que utilizará en su inspección y los márgenes de tolerancia estadística aceptados. De no cumplirse este último requisito, el contratista privado estaría obligado a realizar sus trabajos con la perspectiva de lograr valores de calidad más altos que los necesarios, de acuerdo con la Estrategia Nacional utilizada, encareciendo innecesariamente la conservación de la red carretera y violando la Estrategia adoptada. No debe olvidarse que los eventos y resultados de la construcción pesada suelen responder razonablemente a distribuciones estadísticas normales (curvas de Gauss), de manera que la empresa que busque un determinado valor, tratando de lograrlo en forma precisa, tendrá un 50% de probabilidades de llegar a valores menores que la norma, lo que resulta ser fuente inagotable de dificultades y malentendidos cuando se utilizan criterios estrictamente determinísticos, sin tolerancias bien definidas respecto a la norma. En efecto, considérese la Figura 5 que presenta conceptualmente el problema. Supóngase que el objeto del contrato, al ser llevado a la realidad de la obra, alcanza un valor que aparece con la frecuencia representada por la curva de Gauss que se dibuja. Supóngase que se pacta el valor 30 como meta del contrato. Si el contratista dispone sus trabajos para llegar a ese 30, quedará por abajo en un 50% de los casos. Si el contrato se maneja determinísticamente, el contratista no tendrá más solución para salir bien de las inspecciones que buscar un valor superior, tal como por ejemplo 40 (y aún en ese caso obtendría un pequeño porcentaje de valores por abajo de 30).

La forma racional de pactar sería estipular que el contratista debe obtener valores con un mínimo (28 en la figura) y aún habría que aceptarle que un cierto porcentaje de los valores muestreados quedaran por abajo de ese límite inferior del rango (en la figura se ha imaginado

## CONCEPTO DE TOLERANCIA ESTADISTICA

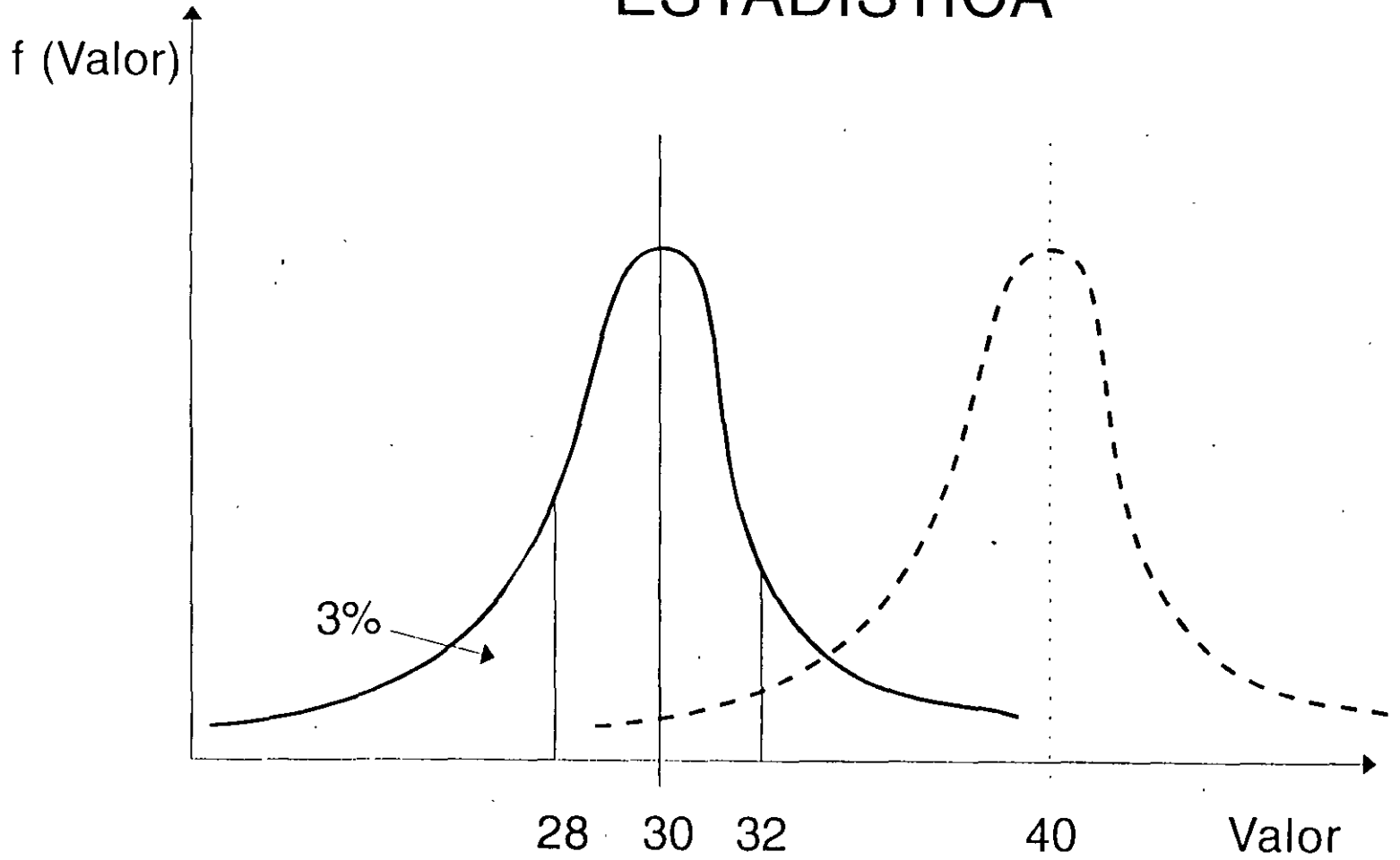


Figura 5.

que esa pequeña cola abajo de 28 representa el 3% del área total bajo la curva; es decir, que estadísticamente hablando un 3% de las muestras medidas podrían acusar un valor menor inclusive que 28).

Corresponde al contratante fijar valores congruentes de la meta y de las tolerancias, según el trabajo por realizar y los medios disponibles para ello.

Parece conveniente exigir, en los términos del contrato, que se firme con la empresa contratista, una reconocida asesoría de obras y la utilización de adecuados laboratorios.

La franquicia o la concesión podrán ser figuras jurídicas utilizables para el otorgamiento de contratos de concesión allí donde existan claros mecanismos de financiamiento dirigidos al mantenimiento de las carreteras o cuando el Estado reciba para su operación, carreteras concesionadas que hayan cumplido el término de la concesión original.

Ya se ha insistido lo suficiente sobre la importancia del hecho de que el Estado posea una Estrategia Nacional de Conservación, con objetivo único de lograr el mejoramiento del transporte nacional, eliminando los sobrecostos operativos eliminables y que contenga un claro elemento de jerarquización de la importancia de los caminos por conservar, claramente congruente con el objetivo de mejorar el transporte nacional, en fomento de las actividades comerciales e industriales del país. En este trabajo se ha propuesto que sea el valor monetario de la carga transportada sobre un determinado tramo o sobre un corredor, el paradigma de dicha jerarquización, aceptando que los caminos de mayor importancia económica en el sentido señalado, son los más contribuyentes a la generación de la riqueza nacional. Este parece un criterio razonable de jerarquización, por lo menos en los países en desarrollo, muy especialmente necesitados de generar dicha riqueza.

De acuerdo con lo anterior, corresponde a la Administración Pública el fijar las metas de la conservación jerarquizada, en forma anual y compatible con los recursos disponibles. También será atribución de la Administración Pública ir variando en forma conveniente estas metas, sea por la evolución natural del mejoramiento que imponga la disponibilidad de recursos o por los cambios que se detecten en las modalidades de transporte dentro de la red por conservar; que aparecerán en forma frecuente por generación de nuevos polos

industriales y comerciales o por cualesquiera situaciones que influyan y hagan variar los corredores de transporte utilizados por la carga.

## **12.2 Organización Institucional de los Trabajos de Conservación.**

Si se aceptan los puntos de vista expresados por los autores de este trabajo, resulta clara la necesidad de modificar de alguna manera la organización interna de los organismos gubernamentales que los apliquen. Tradicionalmente, estos organismos son Comisiones, Direcciones Generales o Departamentos muy orientados hacia la realización de los trabajos de ingeniería civil que la conservación implica; sin embargo, estas organizaciones resultan poco sensibles a las realidades y los cambios que prevalecen en el transporte nacional, último objetivo de su labor. De esta manera, habrán de aparecer en las organizaciones directamente conectadas con el mantenimiento carretero, elementos humanos competentes para acopio y digestión de estadísticas sobre el transporte y análisis de sus cambios en los aspectos operacionales, capaces además de interpretar los distintos horizontes económicos que vayan presentándose. También habrá de fomentarse la dedicación de grupos de análisis financiero, atentos a la generación de sistemas productores de recursos y a la distribución de éstos. Ello implicará la aparición de personal preocupado de ciencias económicas y sus afines, en colaboración estrecha con los tradicionales ingenieros de caminos. Estos elementos podrán estar en permanente y productivo diálogo con las autoridades hacendarias de la nación, responsables de las asignaciones presupuestales.

La fundamental importancia de la conservación carretera en el devenir del desarrollo regional, hará aconsejable en muchos países en vías de desarrollo, la incorporación de sociólogos y hombres de intereses afines, a estos grupos de trabajo. Es frecuente que el desarrollo regional no sea muy armónico en muchos países y no debe desaprovecharse la oportunidad que el transporte representa como elemento propiciador de cambios adecuados, de la misma manera que la existencia de esos desequilibrios de desarrollo ejerce una influencia que no puede ser ignorada en el propio transporte.

Los elementos humanos que manejan los programas de conservación deben estar convencidos de que los dictados de cualquier estrategia

estarán llenos de particularidades, situaciones que han cambiado o de simples errores. Las grandes extensiones de las redes de carreteras actuales imponen tratamientos estratégicos automatizados y de carácter muy general; la observación y la continua revisión de la información disponible sobre las operaciones del transporte, podrán efectuar correcciones oportunas, pero a pesar de todo, muchos errores y falsas apreciaciones subsistirán; éste es el precio de la generalidad y tales errores habrán de corregirse pacientemente cuando se hagan visibles.

Naturalmente que la técnica ingenieril propiamente dicha tendrá siempre un papel tan importante como el que le ha sido tradicional en los trabajos de conservación. Independientemente de cualquier método automático de medición o de los esfuerzos del cómputo, nada substituirá al conocimiento personal y detallado que los ingenieros tengan de un tramo carretero; la matización de sus informes, la realización de faenas correctivas o constructivas y la interpretación de los resultados obtenidos estará siempre teñida de ese conocimiento personal, que constituye el matiz de todo el sistema de trabajo.

La formación de una base continuamente renovada de datos, que permita la construcción de un acervo histórico y evolutivo de la situación de la red carretera es otra meta esencial a lograr por el personal involucrado. Esta información histórica juega un papel imposible de exagerar. En este sentido, la realización anual del estudio aquí llamado de pesos y dimensiones será altamente valiosa.

## **Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos.**

---

### **1. Metodología de Campo para la Evaluación de la Red.**

Se trata de obtener el índice de servicio o el índice internacional de rugosidad del tramo objeto de prospección.

El índice de servicio resulta de la calificación subjetiva promedio de 4 personas que recorren el tramo en cuestión en un vehículo comercial, a la velocidad normal de operación y que proporcionan una calificación de 1 a 5, evaluando la comodidad y condiciones de seguridad del viaje.

El índice internacional de rugosidad resulta, por procedimientos bien conocidos, del paso de un medidor automático de perfil; la medición obtenida es de carácter objetivo y resulta de la acumulación de las desviaciones verticales del sensor del instrumento por cada kilómetro andado. El Instituto Mexicano del Transporte ha obtenido una correlación, que se juzga adecuada para el caso, entre el índice de servicio y el índice internacional de rugosidad (Ref. 7).

Para el caso mexicano y teniendo en cuenta que en los primeros tiempos de aplicación de la estrategia habrá posiblemente numerosos casos en que exista un cierto rezago de conservación en los tramos, podría ser conveniente considerar que índices de servicio (o sus equivalentes índices internacionales de rugosidad) que queden por abajo de 2 ó 2.5 requerirán continuar adelante con el estudio del tramo; valores superiores liberan al camino por un año de acciones especiales de conservación preventiva (sólo estarán sujetos a conservación normal). El conjunto de tramos que definan la red básica a la que se aplique la estrategia nacional deberá ser evaluado cada año.

El paso en años sucesivos dará la evolución del índice internacional de rugosidad, resaltando aquellos tramos de evolución desfavorable más rápida, que deberán considerarse como especialmente necesitados de atención. Habrá de tomarse también en cuenta que trabajos recientes de conservación normal pueden enmascarar la evolución desfavorable que se tendría en los tramos donde exista una deficiencia estructural más acusada, que lógicamente serían seleccionados para ejercer dicha conservación normal; ésta será una información esencial para manejar en banco de datos disponible en la computadora.

El segundo paso de la prospección a realizar en los tramos o carreteras en que el índice de servicio sea menor que el límite tolerable, será un estudio de deflexiones.

Es aconsejable hacerlo con deflectómetros automáticos móviles que puedan incorporarse con mínimas molestias a la corriente del tránsito, de los cuales existen numerosos modelos en el mercado. En el caso de no contar con estos equipos podrá recurrirse a otros de más lenta operación, incluyendo el empleo de Vigas Benkelman.

Una condición fundamental para que la medida de deflexiones tenga un sentido físico interpretable es que se comparen las provenientes de tramos homogéneos, en materiales, características, condiciones topográficas y aún en condiciones de detalle, tales como el drenaje o el subdrenaje. La selección de estos tramos homogéneos debe hacerse, entonces, con base en recorridos de personal experimentado. Este personal llena formatos que reflejan la situación general del tramo con información almacenable en el banco de datos.

Una vez dividido el camino en estudio en tramos homogéneos, se selecciona en cada uno, un subtramo representativo de 500 m, que no debe representar más de 10% del segmento en estudio.

Debe insistirse en la necesidad de realizar medidas de deflexión sobre tramos que sean realmente homogéneos en los aspectos señalados; de otra manera, las deflexiones obtenidas no son comparables, en el sentido de no poseer la misma significación como elemento índice de características de comportamiento fundamental de las secciones estructurales de la carretera. Por ejemplo, en dos cortes carreteros análogos, uno puede presentar grandes deflexiones en su pavimento y otro menores, pero si el de mayor deflexión tiene un severo problema de subdrenaje, será ese factor y no ninguno inherente a la propia sección estructural el culpable del deterioro que se observe. La deformación bajo una llanta tiene diferentes repercusiones en el funcionamiento de materiales distintos; muchos materiales volcánicos resilientes se deforman fuertemente, agrietándose las carpetas pero sin que se produzcan deformaciones diferenciales permanentes; esos materiales con gran deflexión pueden mantener sobre ellos carpetas muy microfisuradas, pero con excelente condición de rodamiento durante largos períodos de tiempo. Deflexiones similares o aún mucho menores pueden significar una futura evolución desastrosa, por ejemplo, en



materiales que contengan finos plásticos tradicionales. Los ejemplos al respecto podrían multiplicarse, todos ellos indicativos de que deflexiones parecidas pueden tener significados muy diferentes cuando cambian los materiales de la sección estructural o cuando cambian condiciones de subdrenaje o inclusive de topografía.

La muestra de 500 m en que se haga un completo análisis de deflexiones y que represente longitudes no mayores de 5 km es suficiente como para justificar un tratamiento estadístico extensivo a todo el tramo.

Todo lo anterior hace congruente al estudio de deflexiones con la prospección del estado superficial, de manera que la segunda etapa del análisis puede completar en un año, longitudes correspondientes a las que resultan de haber completado el paso del perfilómetro o equivalente en la longitud total de la red estudiada en el mismo período de tiempo.

En el caso de México, se considera que un valor estadístico de la deflexión superior a 1 mm, (0.04 pulgadas) indica que ese tramo debe ser estudiado en la tercera etapa del sistema.

No cabe duda de que puede suceder que la longitud de caminos y tramos, que de acuerdo con lo anterior requieran ser analizados en la tercera etapa, puede resultar mayor que las disponibilidades de recursos económicos de que se disponga para un año dado. Cuando ello es así, son otras consideraciones tales como la importancia económica del camino, su volumen de tránsito y otras de carácter social, las que lleven a seleccionar el conjunto compatible con los recursos disponibles. No hay que decir que los caminos que han quedado fuera de tratamiento en este caso, deben ser objeto de preferente atención al año siguiente o sujetos a conservación normal cuidadosa.

En la tercera etapa del sistema debe hacerse un análisis cuidadoso de los caminos sobre los que habrá que ejercer acción de mantenimiento especial, refuerzo o eventual reconstrucción. Esto debe hacerse por procedimientos convencionales que incluyan exploración de campo y trabajo de laboratorio, a fin de conocer el comportamiento estructural al detalle y sus fallas y elaborar los proyectos de refuerzo o reconstrucción respectivos.

Un elemento esencial del sistema es el banco de datos, sin el cual no cabe pensar en el establecimiento a largo plazo de la metodología general que se ha descrito.

En primer lugar, el I.M.T. cuenta con un programa (disponible en el I.M.T.) que permite manejar los índices de servicio, para definir zonas por arriba y por abajo del límite de rechazo previamente seleccionado.

En segundo lugar, desarrolló también un programa (disponible en el I.M.T.) para el manejo de la información de las deflexiones.

Es de recalcar la conveniencia a que ha llegado la experiencia mexicana en el sentido de incorporar en todo lo que sea posible al sistema, la acción personal de los ingenieros a cargo del camino, a fin de robustecer su conocimiento del mismo y de tener información de primera mano sobre su estado general (Ref. 2).

## **2. Lineamientos Generales del Sistema.**

El Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos (S.I.M.A.P.) se puede definir como el conjunto de actividades relacionadas con los procesos de organización, coordinación y control que afecten la funcionalidad, economía y vida útil de la sección estructural de las carreteras y que permitan una utilización adecuada de los recursos humanos y presupuestales disponibles. Se considera al S.I.M.A.P. en su fase I específicamente, como la herramienta actual necesaria para ejecutar los trabajos de conservación correctos a las necesidades existentes en el lugar y el momento precisos.

El S.I.M.A.P. está compuesto básicamente por 7 subsistemas: el DATOGEN que registra y archiva datos generales de ubicación y de tránsito; el ISA que procesa los índices de servicio actuales de las carreteras en estudio; el CAPES que procesa deflexiones obtenidas en el campo para obtener refuerzos necesarios; el INVEDET que maneja los inventarios de fallas o deterioros de tramos evaluados; el HISTOREP que lleva un registro de archivo de reparaciones de mantenimiento menor/mayor efectuadas; el CARGEOT que se encarga de procesar las características geotécnicas de las estructuras del pavimento y sus alrededores y por último, el REFIN que se encarga de procesar la interacción de resultados de los 6 primeros subsistemas para llegar a

a resultados y recomendaciones finales de acciones a seguir.

La Figura A1.1 muestra un diagrama que ilustra la interrelación de los distintos componentes del S.I.M.A.P.

### **3. Equipo de Cómputo.**

El S.I.M.A.P. puede ser usado en cualquier microcomputadora personal I.B.M. de los modelos PC/XT, PC/AT, PS/2 o compatibles.

Es recomendable contar con disco duro (20 megabytes) para así estar en posibilidad de manejar un mayor número de datos y, al mismo tiempo, de ganar rapidez de ejecución.

Sin embargo, es posible utilizar una máquina con 2 drives para disco flexible de 5 ¼ ó 3 ½ pulgadas.

### **4. Banco de Datos.**

Su objetivo prioritario deberá ser el de ayudar a los responsables a administrar los problemas operacionales con herramientas destinadas a satisfacer necesidades bien definidas.

Se trata de poner un gran número de datos (sólo los necesarios para simplicidad del sistema) en forma adaptada a disposición de los responsables, desarrollando sistemas lógicos de colección, archivo y tratamiento de la información, puestos al día permanentemente.

El banco de datos debe contener la siguiente información básica:

- Información base, incluyendo: nomenclatura y clasificación, características geométricas, estructura del pavimento y trabajos, tráfico y accidentes.
- Resultado de la auscultación, incluyendo: adherencia, uniformidad y deflexión.

Asimismo, se establecen las siguientes recomendaciones específicas:

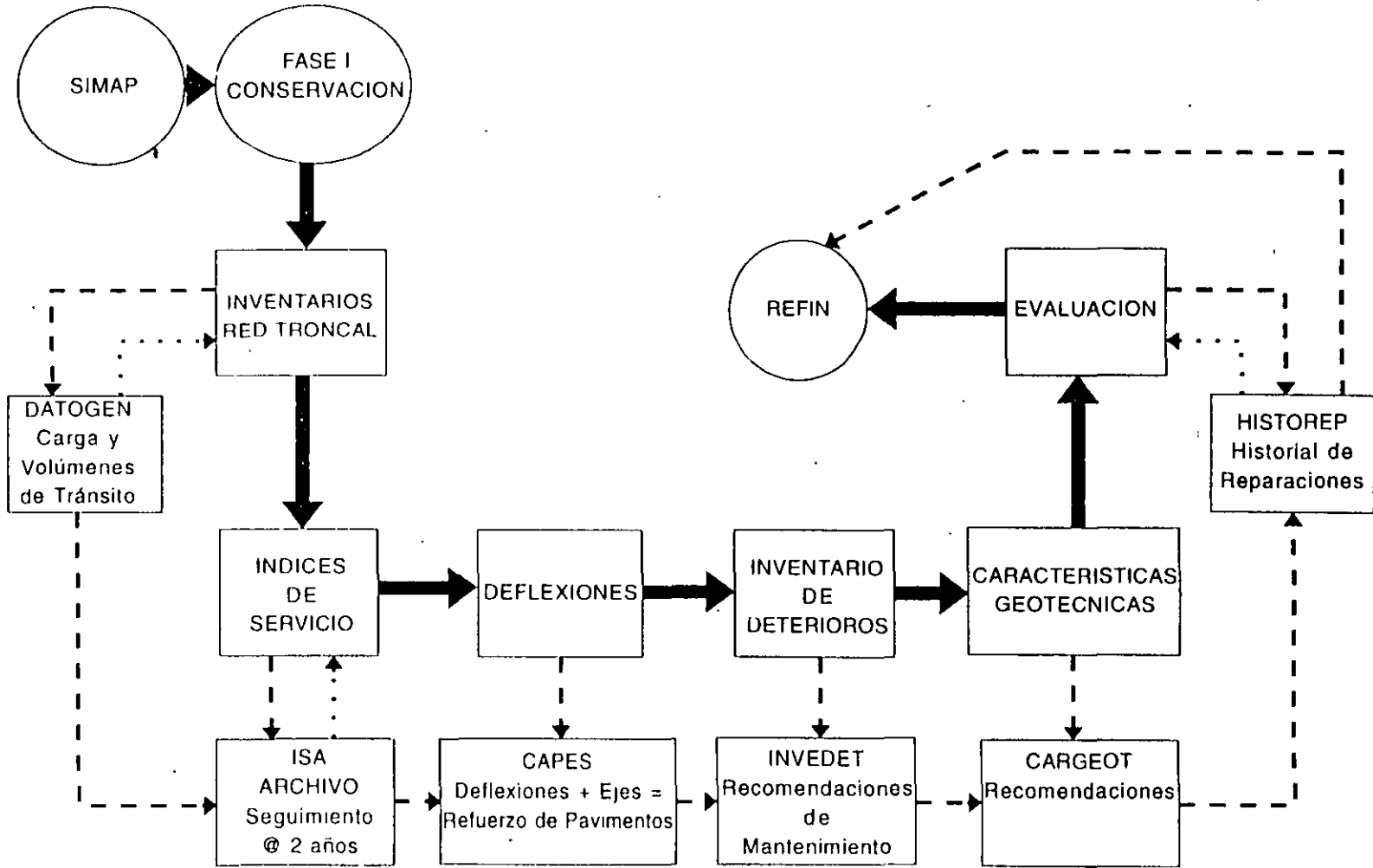


Figura A1.1

- La creación de NOMENCLATURA para identificación de las carreteras se considera indispensable, tanto para uniformizar criterios a nivel nacional como para facilidad y eficiencia en el proceso de corridas de programas de cómputo, por lo que se sugiere utilizar las coordenadas geográficas para orígenes y destinos.
- Se recomienda agilidad y/o velocidad en el proceso del manejo de datos para contar en todo momento con una consulta ágil por parte de los usuarios y/o autoridades responsables.
- Deberán contarse con dos tipos de archivos: FIJO, que contenga datos iniciales que no cambien; y VARIABLES, que contenga datos producto de los subsistemas móviles.
- La retroalimentación será indispensable en todos los pasos o etapas del sistema, para así disponer de resultados y datos que se requiera consultar, permanentemente actualizados. Esto tendrá un valor significativo en la etapa de seguimiento e implantación.
- Se considera preferible introducir el Banco de Datos por etapas, en principio MODULAR.

## **5. Formatos.**

Se deberá contar con 6 formatos básicos para la recolección de datos de entrada al sistema. Estos deberán ser sencillos y fáciles de llenado, con el objetivo principal de uniformizar en todo el país la información colectada, para facilidad de su ordenamiento y proceso y con ello lograr la estandarización. Estos formatos son:

- DATOS GENERALES.
- INDICE DE SERVICIO ACTUAL.
- CAPACIDAD ESTRUCTURAL, CON DEFLEXIONES.
- INVENTARIO DE DETERIOROS.
- HISTORIAL DE REPARACIONES.
- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS.

Se hace notar que para el plan piloto o primera fase, la información requerida y procesada cubrirá únicamente la red troncal federal o parte de ella; por ejemplo, los tramos de mayor tránsito pesado y mayores volúmenes de circulación.

## **6. Evaluación Sistemática de la Red y su Implementación.**

Consiste básicamente en poder contar con un conjunto de acciones que puedan vigilar periódicamente la evolución del comportamiento de los pavimentos de la red básica. Se involucran los resultados obtenidos en los pasos descritos anteriormente, más el seguimiento y sus recomendaciones de evaluación sistemática.

El sistema en estudio deberá registrar en subsistemas lo siguiente:

- MONITOREO.
- REGISTRO FOTOGRAFICO.
- ESTRUCTURA REFORZADA.
- MATERIALES UTILIZADOS.
- INCIDENTES EN PROCESO DE CONSTRUCCION.
- CAPACIDAD ESTRUCTURAL (lecturas periódicas de deflexión).
- INSPECCIONES VISUALES (avance de deterioros).
- CALIDAD DE RODAMIENTO (evolución gráfica del ISA).
- ALTERNATIVAS DE REHABILITACION.
- SELECCION DE ESTRATEGIAS.
- RETROALIMENTACION.

La implementación se logrará cuando se vigile la evolución y comportamiento de los tramos y su velocidad de degradación, para así programar nuevas acciones en el TIEMPO PRECISO y así prolongar la vida útil del pavimento más allá del proyecto y con productividad y repercusión en los costos de mantenimiento futuros.

La Figura A1.2 ilustra las diferentes fases de la evolución de la vida de un pavimento.

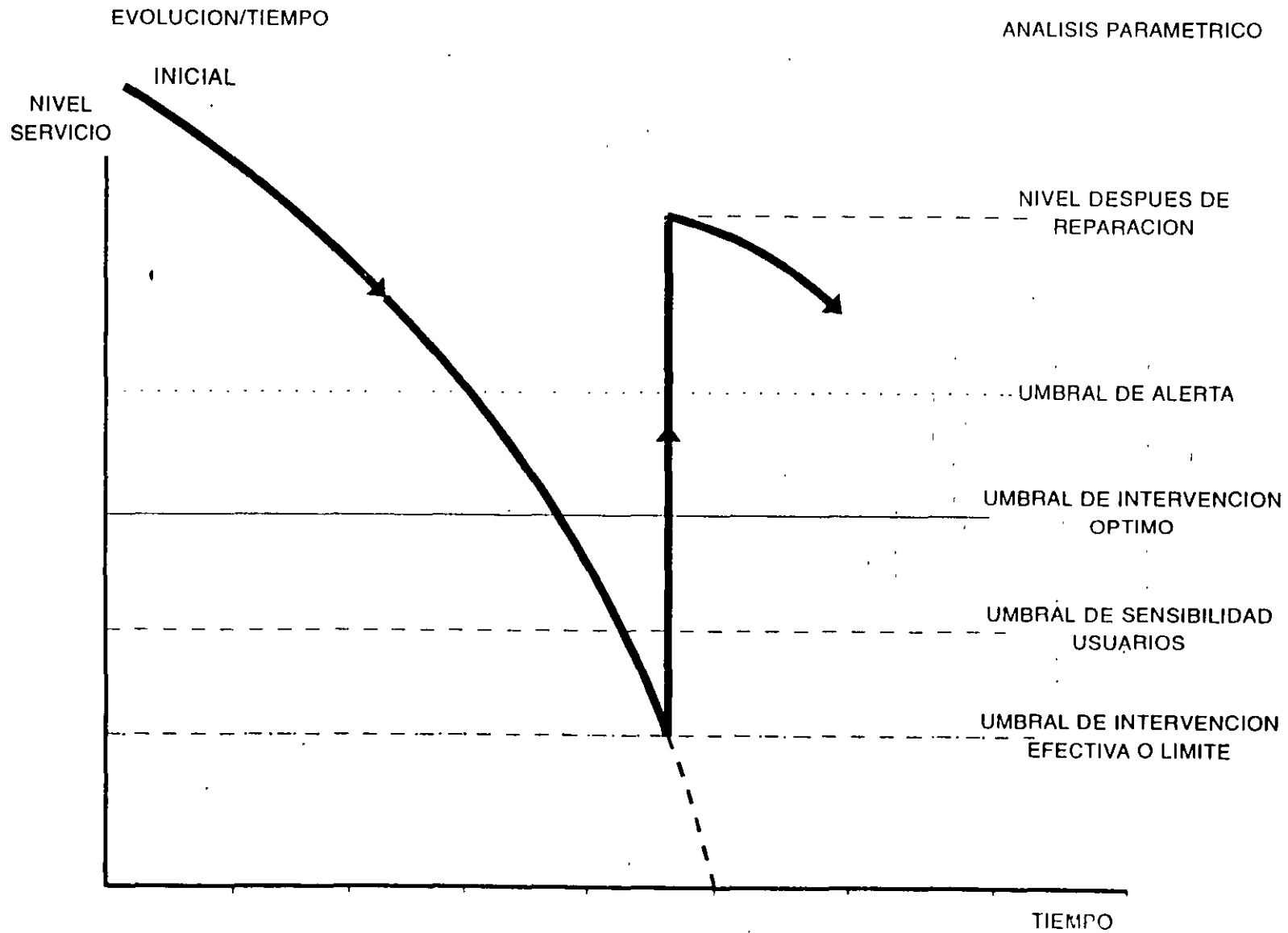


Figura A1.2

## **7. Recomendaciones para la Implantación del Sistema.**

1. Se deberán obtener los datos de aforos de tránsito de los tramos a evaluar, para así poder estar en posibilidad de llenar los datos que se piden en el formato No. 1 DATOGEN.
2. Obtener los promedios de índice de servicio de cada tramo de 5 km, para determinar los críticos que resulten con ISA menor o igual a 2 ó 2.5, según sea el límite fijado.
3. Dependiendo de los resultados anteriores, se sugiere realizar los recorridos para inspección visual de los tramos críticos y así poder llenar los datos que se requieren en los formatos No. 4 y 6.
4. Se deberán efectuar las mediciones de deflexiones, según la metodología descrita en este apéndice, para así llenar los datos necesarios del formato No. 3 CAPES.
5. Llenar datos del historial de reparaciones, según el formato No. 5.
6. Habiéndose completado todos los datos requeridos por los 6 formatos, tanto en el campo como en el gabinete, ya se estará en posibilidad de correr el programa y obtener resultados específicos de trabajos de conservación.

## **8. Instructivo para Llenado de los Formatos.**

### **8.1 Aspectos Generales.**

En esta sección se presenta un instructivo que tiene por objeto el facilitar al usuario el poder llenar adecuadamente los 6 formatos estandarizados con los datos indispensables de entrada y así poder conformar el "BANCO DE DATOS" del Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos en la Red Carretera sujeta a la Estrategia General.

En su primera etapa, el trabajo está orientado a la conservación y mantenimiento de los pavimentos de la red considerada y el primer paso para desarrollar el sistema de una manera efectiva y práctica, es poder contar con un inventario confiable de la red en su estado actual.



Para ello, se requieren los formatos de datos generales para uso común, índices de servicio, capacidad estructural en función de la deflexión, inventario de deterioros, características geotécnicas e historial de reparaciones.

Se consideró suficiente para esta etapa, el llenado de los 6 formatos básicos que se mencionan en las hojas siguientes (resumidos en la Figura A1.3) y se pretende describir en forma breve su instructivo de llenado.

## **8.2 Datos Comunes para todos los Formatos.**

Se llenarán los renglones con la fecha en que se vierten los datos, el origen y destino de la carretera, así como el tramo y subtramo correspondiente y sus coordenadas geográficas (grados y minutos para el origen y el destino).

Para que el usuario pueda detectar fácilmente el origen, destino y longitud de los tramos y subtramos a estudiar, se sugiere utilizar los mapas actualizados de la red carretera federal de la S.C.T.

## **8.3 Formato No. 1: DATOS GENERALES (DATOGEN).**

Este formato deberá llenarse para todos los tramos de la longitud total de la red troncal bajo estudio y contiene los datos generales del tránsito, crecimiento, cargas que soporta, etc.

El tránsito diario promedio anual de los vehículos (TDPA) en circulación deberá contener los vehículos que circulan, separando automóviles y camiones (2, 3, 4, 5 y 6 ejes), importando su clasificación por ejes y en ambas direcciones, así como el peso promedio de los camiones pesados, la carga máxima por eje y la tasa anual de crecimiento. Conviene disponer del porcentaje anual de accidentes, para en otra fase posterior, relacionarlo con el estado superficial de los pavimentos. También se vaciarán los datos de número de carriles de la carretera bajo estudio, así como el período de diseño en años para los cuales se pretende "extender" la vida útil del pavimento.

FORMATOS 1a. FASE BANCO DE DATOS

FORMATO		REGISTRO DE
1	DATOGEN	Datos generales para identificación o uso común.
2	ISA	Índice o nivel de servicio.
3	CAPES	Capacidad estructural en función de deflexiones.
SIMAP		
4	INVEDET	Inventario o levantamiento de deterioros.
5	HISTOREP	Historial de reparaciones, menor o igual a tres años.
6	CARGEOT	Características Geotécnicas.

Figura A1.3

Por último se deberá registrar en el formato el origen de los datos, por ejemplo, Centro SCT \_\_\_\_\_, conviniendo anotar las tres letras de abreviatura del Estado donde se localiza el tramo.

En la Figura A1.4 se muestra el formato DATOGEN; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

#### 8.4 Formato No. 2: INDICE DE SERVICIO (ISA).

Este formato contiene la información indispensable para obtener el I.S.A. (índice o nivel de servicio actual) de la carretera en estudio. Es referente al confort del usuario y su seguridad al transitar y es un indicador de las condiciones superficiales y estructurales del pavimento en sí, para fines de estudios más detallados, como se verá adelante.

Se indica en la parte derecha del formato una "guía" muy simple recomendada por la A.A.S.H.T.O. y que utilizarán los valuadores para calificar el grado de confort y seguridad que otorgan a la superficie de rodamiento.

Se requiere de 4 valuadores y forzosamente uno con experiencia en técnica carretera a bordo de un vehículo con buena suspensión, buena alineación de ruedas y dirección estable; deberán hacer recorridos continuos a la velocidad de operación promedio en el tramo e ir registrando en el formato, cada 5 kilómetros, la calificación estimada por cada observador hasta completar los 50 kilómetros que contiene el formato. En los casos de estar evaluando carreteras con mayores longitudes, se empleará otra hoja del mismo formato.

Es importante hacer notar que las calificaciones promedio servirán para decidir la intervención en los tramos; esto es, segmentos de 5 kilómetros de longitud que obtengan una calificación menor o igual que el límite mínimo, manifiestan condición crítica, lo que requiere continuar con otras mediciones, indicadas en los formatos No. 3, 4 y 6.

En los tramos de calificación "promedio" mayor al límite mínimo aceptable, el sistema analizará los tramos que tiendan a llegar en el corto plazo al límite permisible (por ejemplo, 2.5 ó 3 sería un umbral de alerta), graficándose automáticamente el comportamiento futuro de la carretera.

**Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos**

---

S.C.T.	S I M A P	I.M.T.
--------	-----------	--------

D A T O G E N

Carretera: \_\_\_\_\_  
Tramo: \_\_\_\_\_  
Subtramo: \_\_\_\_\_ Sentido: \_\_\_\_\_  
Código: \_\_\_\_\_

COORD.: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_-\_\_-\_\_

T. D. P. A.

AUTOS: \_\_\_\_\_ 2EJ: \_\_\_\_\_ 3EJ: \_\_\_\_\_ 4EJ: \_\_\_\_\_ 5EJ: \_\_\_\_\_ 6EJ: \_\_\_\_\_

CREC. TRANS. ANUAL: \_\_. \_\_ % ACCID. ANUALES: \_\_ % TEMPERATURA: \_\_ °C

PESO PROMEDIO: \_\_. \_\_ Ton. CARGA POR EJE: \_\_. \_\_ Ton. No. CARRILES: \_\_

ORIG. DATOS: \_\_\_\_\_

PENDIENTE LONGITUDINAL: \_\_. \_\_ % PENDIENTE TRANSVERSAL: \_\_. \_\_

I N D I C A C I O N E S

Figura A1.4 Formato para datos generales.

Por otro lado, el sistema analizará y obtendrá recomendaciones de conservación para todos los tramos evaluados, en función de los datos que se vacíen en los formatos de INVEDET y CARGEOT.

La Figura A1.5 muestra el formato ISA; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

Si la evaluación se hace con base en el índice internacional de rugosidad, el sistema de cómputo desarrollado por el I.M.T., que considera índice de servicio, será igualmente útil sin más que usar la equivalencia entre ambos conceptos, desarrollada por el propio I.M.T. (Referencia 10).

### **8.5 Formato No. 3: CAPACIDAD ESTRUCTURAL (CAPES).**

Este servirá para procesar y deberá ser llenado para los tramos que obtuvieron una calificación de índice de servicio igual o menor que el mínimo aceptable.

El formato registra la capacidad estructural del pavimento en función de la deflexión, que será medida con algún deflectómetro en el campo.

En el caso de que las mediciones se hagan con Viga Benkelman, se requiere contar con el siguiente equipo como mínimo:

- Una Viga Benkelman standard con relación 2:1.
- Un camión de volteo, lastrado a 8.2 ton en el eje trasero.
- Tres operadores (un chofer, uno para lecturas y un ayudante para movimiento de la viga).
- Un termómetro.
- Dos bandereros.

Se registrarán 25 lecturas de deflexiones a cada 20 metros, hasta completar los 500 metros que es la longitud de estudio. El tramo de estudio de deflexiones deberá ser elegido de entre los 5 kilómetros evaluados con índice de servicio, al seleccionar la zona más crítica.

Se necesita obtener las 25 lecturas de deflexión en el campo, dejando al programa S.I.M.A.P. el cálculo de la deflexión característica y de la promedio.

Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos

S.C.T.	S I M A P				I.M.T.
<u>I S A</u>					
Carretera:					
Tramo:					
Subtramo:					Sentido:
					Código:
COORD.:					FECHA: _ _ - _ - _
KILOMETRAJE	VALUADOR 1	VALUADOR 2	VALUADOR 3	VALUADOR 4	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	

I N D I C A C I O N E S

- 0 a 1 = Intransitable
- 1 a 2 = Malo
- 2 a 3 = Regular
- 3 a 4 = Bueno
- 4 a 5 = Excelente
- 8 = NO EVALUADO

Figura A1.5 Formato para el índice de servicio actual.

Se requiere obtener la temperatura, en grados centígrados, en la carpeta en el momento en que fueron obtenidas las mediciones de deflexión, para que el programa calcule los factores de ajuste correspondientes.

Se considera conveniente para esta etapa, el hacer sondeos para conocer las características estructurales del pavimento (uno por cada 500 metros de longitud de estudio); por último, deberá llenarse el período crítico en que fueron obtenidas las deflexiones, asignándoles "T" para el período crítico de máximas temperaturas o la letra "F", si se realizaron fuera del período crítico.

La Figura A1.6 muestra el formato CAPES; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

#### **8.6 Formato No. 4: INVENTARIO DE DETERIOROS (INVEDET).**

Contiene la información suficiente indispensable para hacer el inventario o levantamiento de deterioros, con su cuantificación estimada.

Se requiere forzosamente realizar una "inspección visual" detallada a pie, a lo largo del tramo bajo estudio. Este trabajo lo realizarán técnicos con suficiente experiencia en el reconocimiento de fallas y deterioros en pavimentos.

El recorrido deberá cubrir el ancho total del camino bajo estudio. En el caso de evaluación de carreteras de 4 carriles, el recorrido a pie se realizará sobre el carril de mayor tránsito pesado.

Se registrarán las fallas listadas en el formato, que se consideran son las más comunes y representativas en la carpeta asfáltica, así como alguna especial no indicada en el formato. Lo anterior, en función de su longitud o área deteriorada, en porcentaje del total bajo estudio (500 metros). También se registrará la gravedad o severidad estimada en las observaciones de los deterioros, auxiliándose con una fotografía de la falla y las profundidades o anchos para el caso de depresiones o agrietamientos respectivamente.

- Roderas.
- Bachés.
- Grietas Longitudinales.

**Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos**

S.C.T. S I M A P I.M.T.

C A P E S

Carretera:

Tramo:

Subtramo:

Segmento:

COORD.:

Código:

FECHA: \_\_\_-\_\_\_-\_\_\_

LECTURAS DE DEFLEXION

D01	D02	D03	D04	D05
_____	_____	_____	_____	_____
D06	D07	D08	D09	D10
_____	_____	_____	_____	_____
D11	D12	D13	D14	D15
_____	_____	_____	_____	_____
D16	D17	D18	D19	D20
_____	_____	_____	_____	_____
D21	D22	D23	D24	D25
_____	_____	_____	_____	_____

CBR TERR.NAT.: \_\_\_ %      CBR TERRAPLEN: \_\_\_ %

CBR BASE: \_\_\_ %

CBR SUB-BASE: \_\_\_ %

PERIODO CRITICO?: \_\_\_      TEMP.PROM.CARP.: \_\_\_ °C      ORIGEN DATOS: \_\_\_\_\_

I N D I C A C I O N E S

- 1.- Los valores de las deflexiones deberán ser en unidades enteras (hasta 3 cifras) puesto que el programa calculará posteriormente la conversión a milésimas de pulgada para obtener la deflexión característica.
- 2.- Para que los resultados sean confiables se requieren 25 lecturas por segmento.

Figura A1.6 Formato para capacidad estructural.



- Grietas Transversales.
- Desprendimientos/Erosión.
- Asfalto Aflorado.
- Agrietamientos en Piel de Cocodrilo.
- Adhesividad de la Carpeta por Fricción.
- Hundimiento/Depresiones.

En la última columna correspondiente a la gravedad estimada, se deberán considerar únicamente los grados de severidad siguientes: despreciable, de consideración, media, grave y muy grave.

La Figura A1.7 muestra el formato INVEDET; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

### **8.7 Formato No. 5: HISTORIAL DE REPARACIONES (HISTOREP).**

Este formato deberá llenarse para todos los tramos de la red inventariada troncal, independientemente de la calificación de índice de servicio obtenida.

Registra el historial de las reparaciones efectuadas de 3 años a la fecha, tanto de operaciones de mantenimiento menor o preventivo como de mantenimiento mayor o correctivo, indicando las fechas de ejecución y el tipo o clase de trabajo efectuado.

En el último renglón de la tabla del formato deberá indicarse la fecha y tipo de la más reciente intervención de mantenimiento.

Se incluyen dos renglones para observaciones que se consideren pertinentes sobre el tema.

La Figura A1.8 muestra el formato HISTOREP; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

### **8.8 Formato No. 6: CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS (CARGEOT).**

Este formato deberá ser llenado sólo para los tramos que obtuvieron una calificación de índice de servicio igual o menor que el mínimo aceptable.

**Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos**

S.C.T. S I M A P I.M.T.

I N V E D E T

Carretera:

Tramo:

Subtramo:

Segmento:

COORD.:

Código:

FECHA: \_\_\_\_-\_\_\_\_-\_\_\_\_

FALLA	PORCENTAJE	PROF./ABERT.	GRAVEDAD
Roderas	_____	_____	_____
Baches	_____	_____	_____
Grietas long.	_____	_____	_____
Grietas transv.	_____	_____	_____
Desprendimientos	_____	_____	_____
Asfalto a florado	_____	_____	_____
Piel de cocodrilo	_____	_____	_____
Pulido superficie	_____	_____	_____
Hundimientos	_____	_____	_____

ORIGEN DATOS: \_\_\_\_\_

I N D I C A C I O N E S

GRAVEDAD:

- A = Despreciable
- B = De consideración
- C = Media
- D = Grave
- E = Muy grave

Figura A1.7 Formato para inventario de deterioro.

S.C.T.	S I M A P	I.M.T.	
<p><b>H I S T O R E P</b></p> <hr/>			
Carretera:			
Tramo:			
Subtramo:		Código:	
Segmento:			
COORD.:		FECHA: _ _ - _ - _	
<p>———— MANTENIMIENTO MENOR ————</p>		<p>———— MANTENIMIENTO MAYOR ————</p>	
FECHA	DESCRIPCION	FECHA	DESCRIPCION
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
<p>———— I N D I C A C I O N E S ————</p>			

Figura A1.8 Formato de historial de reparaciones efectuadas.

Registra los datos más indispensables de las características geotécnicas de la zona y tramo bajo estudio.

- a. Temperatura ambiente de la zona, en promedio anual, indicando la más alta (máxima) y la más baja (mínima), en grados centígrados. Esto es de particular importancia en zonas con climas extremos que afectan radicalmente el comportamiento del pavimento y su vida útil de servicio.
- b. En la "topografía adyacente" se indicará si existen cortes, terraplenes o balcones en el tramo en estudio. En el caso de presentarse situaciones alternas a lo largo del tramo, se reportará la que predomine.
- c. Precipitación pluvial anual promedio, en milímetros, en la zona en que se localiza el tramo bajo estudio.
- d. Tipo de drenaje superficial o subdrenaje o su inexistencia, así como el estado del mismo a la fecha de la evaluación.
- e. Para conocer la estructura del pavimento en sí, se requiere de un sondeo como mínimo en el tramo de 500 metros bajo estudio localizado, procurando seleccionar un punto en las áreas más críticas. Se determinará el espesor de cada capa hasta la sub-base y el total de la estructura. Asimismo, los materiales componentes y si fue o no estabilizada alguna capa y con que material o producto (cal, asfalto, cemento, etc).
- f. Para el terreno natural de soporte, es indispensable registrar en el formato, el tipo o clasificación del suelo que lo conforma, su valor relativo de soporte y por último si el suelo posee alguna característica especial que haga problemático al mismo, tal como las arcillas con potencial de expansión, colapsables, turbas, etc.

La Figura A1.9 muestra el formato CARGEOT; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

S.C.T. S I M A P I.M.T.

C A R G E O T

Carretera:

Tramo:

Subtramo:

Código:

Segmento:

COORD.:

FECHA: \_\_-\_\_-\_\_

TEMP. MIN.: \_\_ °C

TEMP. MAX.: \_\_ °C

TOPOGRAFIA: \_\_

TIPO DREN.: \_\_

EDO. DREN.: \_\_

P.P.A.: \_\_\_\_

CAPA	ESPESOR	COMPONENTES	ESTABIL.
CARPETA:	_____ cm.	_____	_____
BASE:	_____ cm.	_____	_____
SUB-BASE:	_____ cm.	_____	_____
SUB-RASANTE:	_____ cm.	_____	_____

ALTURAS: DE CORTE: \_\_\_\_ DE TERRAPLEN: \_\_\_\_

SUELO DE SOPORTE: \_\_\_\_\_ C.B.R.: \_\_\_\_ %

CARACT. ESP.: \_\_\_\_\_

ORIGEN DATOS: \_\_\_\_\_

I N D I C A C I O N E S

TOPOGRAFIA:	TIPO DREN.:	ESTADO DREN.:	ESTABILIZACION:
A = CORTE	A = SUPERFICIAL	A = LIMPIO	S = SI
B = BALCON	B = SUBDRENAJE	B = AZOLVADO	N = NO
C = TERRAPLEN	C = NULO	C = DETERIORADO	

Figura A1.9 Formato de características geotécnicas.

## **9. Descripción de la Mecánica de Desarrollo de los Subsistemas que Conforman el S.I.M.A.P.**

El Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos de las Carreteras está compuesto básicamente por 7 subsistemas o subrutinas: el DATOGEN que registra y archiva datos generales de ubicación y de tránsito; el ISA que procesa los índices de servicio actuales de las carreteras en estudio; el CAPES que procesa deflexiones obtenidas en el campo para obtener refuerzos necesarios; el INVEDET que maneja los inventarios de fallas/deterioros de tramos evaluados; el HISTOREP que lleva un registro de archivo de reparaciones de mantenimiento mayor/menor efectuadas; el CARGEOT que se encarga de procesar las características geotécnicas de las estructuras del pavimento y sus alrededores y, por último, el REFIN que se encarga de procesar la interacción de resultados de las 6 primeras subrutinas para llegar a resultados y recomendaciones finales de acciones a seguir.

Se pretende en este capítulo describir de una manera general la mecánica de desarrollo de cada subsistema, para así comprender el panorama de acción de todo el Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos de las Carreteras.

### **9.1 Subsistema DATOGEN.**

Este primer subsistema se alimenta de los datos vaciados en el formato No. 1: origen y destino de la carretera en estudio, origen y destino del tramo por evaluar, kilometrajes de inicio y fin del subtramo específico y coordenadas geográficas correspondientes, en grados y minutos.

Fundamentalmente el subsistema actúa como un archivo fijo y permanente, con opción a la actualización de datos para hacerlo flexible al usuario. Asimismo, proporcionará datos de entrada al siguiente subsistema para alimentarlo con datos de Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) en ambas direcciones, clasificación desde 2 hasta 6 ejes, el peso promedio de los vehículos pesados, la carga máxima por eje, para compararla con la permisible legal y la tasa de crecimiento, en porcentaje.

Por otro lado, registra y procesa el número de carriles de la carretera en estudio, el porcentaje anual de accidentes, que se relacionará con el

estado superficial del pavimento y, por último, el período de diseño, ya que usualmente realizará los cálculos para 20 años como máximo. El programa considerará en otro subsistema, diversas alternativas para 3, 6, 9, 12, 15 y 18 años de extensión de la vida útil.

## **9.2 Subsistema ISA.**

El subsistema ISA sobre los índices de servicio actual registrados en el campo, se alimenta de los datos obtenidos en el formato No. 2.

Básicamente procesa las 4 lecturas obtenidas de cada subtramo, para obtener el índice de servicio promedio. Asimismo, calcula el índice de servicio de diseño de todo el tramo en estudio, en función de los promedios parciales obtenidos.

Su función más importante es seleccionar los subtramos de 5 kilómetros de longitud que hayan resultado con valores menores o iguales que el mínimo considerado aceptable, para enviarlos al subsistema siguiente CAPES y calcular el refuerzo o las soluciones necesarias.

Por otro lado, igual o más importante que el paso anterior, el subsistema procesa la selección de los subtramos que obtuvieron una calificación mayor que la mínima, para analizar su comportamiento futuro y darle seguimiento permanente; lo anterior lo realiza el programa en forma "gráfica" automática para trazar las curvas de comportamiento de índice de servicio versus tiempo (en años), hasta llegar al fin de su vida útil.

Es importante hacer notar que el subsistema marcará una señal de aviso cuando la calificación descienda o llegue a una calificación 0.5 más alta que la mínima, indicando el "umbral de alerta". Asimismo, el usuario podrá seleccionar del menú de opciones, la variedad o conjunto de subtramos que hayan resultado con menos que tal umbral de alerta, indicando con ello que son los tramos que necesitan conservación normal a corto plazo o urgente.

## **9.3 Subsistema CAPES.**

El subsistema CAPES, referente a la capacidad estructural del pavimento, se procesa en función de las deflexiones medidas en el campo y alimentadas por datos contenidos en el formato No. 3.

Con base en las 25 lecturas de deflexiones y temperaturas obtenidas en el subtramo de 5 kilómetros evaluado, el sistema calcula primeramente la deflexión promedio. Con la población de muestras procesadas estadísticamente, procede a obtener la desviación estándar. Inmediatamente después, utilizando la ecuación del Instituto del Asfalto, procede a calcular los factores de ajuste correspondientes por temperatura (dato procedente del formato No. 3) así como el factor por período o condiciones críticas. Una vez logrados los resultados anteriores, el subsistema realiza el cálculo final de la "deflexión característica" del subtramo de 5 kilómetros estudiado, misma que servirá de dato de entrada al subsistema HISTOREP y principalmente servirá junto con los ejes equivalentes promedio diarios, al cálculo del refuerzo necesario en este subsistema CAPES.

Para el proceso del número de tráfico de diseño en función de ejes equivalentes, el subsistema utiliza información del formato No. 1, relativa al tránsito, tasas de crecimiento anuales, pesos promedio de vehículos pesados, número de carriles del camino en estudio, carga máxima legal permitida por eje y factores de ajuste en base al período de diseño en años.

Finalmente, el subsistema utiliza los resultados obtenidos de deflexión característica y del número de diseño del tráfico equivalente, para con una familia de curvas y ecuaciones, obtener el refuerzo requerido de sobrecarpeta de concreto asfáltico. Asimismo, indicará si es necesario solamente uno o varios riegos de sello o el espesor en centímetros de sobrecarpeta para un período de diseño de 20 años.

Una ventaja sobresaliente del sistema consiste en la obtención de 6 alternativas adicionales proporcionando diferentes espesores versus años de extensión de la vida útil del pavimento, lo que representa una ventaja en tiempos difíciles de presupuestos austeros. Por lo anterior, el sistema da opciones para cuando se dispone de escasos, medianos o abundantes recursos; esto es, refuerzos para extender la vida útil 3, 6, 9, 12, 15 ó 18 años, optimizando los resultados obtenidos para que el usuario o autoridades correspondientes dispongan de esa variedad de alternativas que se ajusten a su situación específica.



#### 9.4 Subsistema INVEDET.

Los datos básicos de entrada a este subsistema son los provenientes del formato No. 4 y fueron pensados de la manera más simple para su fácil identificación y cuantificación por parte del usuario.

Producto de los resultados del subsistema ISA, el programa se desarrolla y corre por comparación de valores existentes en el subtramo con valores especificados y/o recomendados.

Se enlistan las fallas o deterioros más comunes en pavimentos de concreto asfáltico: pulido de superficie, hundimientos o depresiones, roderas, baches, grietas transversales, grietas longitudinales, desprendimientos/erosión, asfalto aflorado y agrietamientos en piel de cocodrilo.

En función de su longitud o área en porcentaje, profundidad y severidad estimada reportadas en el formato No. 4, el programa compara tales valores con especificaciones o recomendaciones nacionales, para así determinar si son o no aceptables.

En el caso de resultar aceptables o tolerables, el programa se detiene y pasa a analizar los datos provenientes del siguiente subsistema, CARGEOT. Cuando resultan "inaceptables", el sistema buscará automáticamente el archivo del subsistema REFIN, para localizar: (1) deterioro inaceptable, (2) sus posibles causas y (3) las soluciones más recomendables de reparación, cubriendo aspectos de mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Se analizan en el subsistema en forma detallada 11 deterioros, 31 causas posibles de falla y 28 recomendaciones de solución.

#### 9.5 Subsistema HISTOREP.

El subsistema HISTOREP utiliza datos de entrada provenientes del formato No. 5 y básicamente informa sobre el historial de las reparaciones efectuadas de mantenimiento menor y mayor en los últimos 5 años, mismo que servirá al usuario para conocer las intervenciones, su periodicidad y costos globales invertidos a lo largo de la vida útil del pavimento.

Relaciona las deflexiones características críticas obtenidas del subsistema CAPES, con las fechas más recientes de intervención; esto es, de 3 años a la fecha, para así investigar en su archivo y recomendar soluciones de estudio inmediatas, con evaluaciones a través de los formatos y subsistemas INVEDET y CARGEOT.

## **9.6 Subsistema CARGEOT.**

El subsistema CARGEOT procesa todos los datos provenientes del formato No. 6, sobre las características geotécnicas indispensables de la zona y del tramo de carretera bajo estudio. Inicia el proceso calculando la temperatura media promedio anual para compararla con límites recomendados.

De la misma forma se analizará si el terreno se considera crítico o no, cuando se entregue el tramo bajo estudio en zonas de corte, balcones o terraplenes, reportando la que predomine, si es que el caso resultara con situaciones alternas.

El parámetro de precipitación pluvial anual promedio sobre el tramo en estudio o zona circunvecina considera y compara los datos de entrada del formato No. 6, con límites permisibles o de variación con rangos de efecto nulo, bajo, medio, alto, muy alto y excepcional. A continuación determina si la condición es o no crítica para relacionarla con datos y/o resultados de otros subsistemas (por ejemplo, con drenaje, con agrietamiento en piel de cocodrilo, etc), para con el subsistema REFIN proceder a recomendaciones de acciones a seguir sobre mantenimiento.

De igual manera procesa el parámetro del drenaje, analizando si existe o no, el tipo de drenaje superficial o subdrenaje y, finalmente, si se encuentra o no deteriorado. En este subsistema se relaciona de inmediato la condición crítica o no del drenaje, con los resultados del parámetro de precipitación pluvial anual promedio.

En cuanto a los espesores reportados en el formato No. 6, provenientes del sondeo realizado en el tramo bajo estudio, el subsistema CARGEOT se encarga de compararlos contra valores especificados o recomendados en normas de la S.C.T. y así determinar si cada capa que forma la estructura del pavimento está o no escasa, para así en el último subsistema de resultados finales, calcular el espesor equivalente requerido.

Finalmente el subsistema analiza los datos sobre valores relativos de soporte provenientes del formato No. 6, para determinar condiciones críticas al compararlos con valores específicos o recomendados. También analiza condiciones que son o pudieran ser de alerta al encontrarse con algún tipo de terreno de cimentación formado por arcillas susceptibles de ser expansivas, colapsables o turbas, entre otros. En el caso de que se utilice otro criterio de juicio diferente del valor relativo de soporte, este subsistema podrá modificarse fácilmente, en términos del nuevo índice.

### 9.7 Subsistema REFIN.

El subsistema REFIN, llamado así por procesar resultados finales, se encarga de realizar la interacción de resultados parciales de los 6 subsistemas preliminares, DATOGEN, ISA, CAPES, INVEDET, HISTOREP y CARGEOT, para llegar a obtener recomendaciones de mantenimiento preventivo o correctivo terminales, en función de las evaluaciones, mediciones y observaciones realizadas, vaciadas en los formatos y procesadas modularmente en cada subsistema.

Básicamente se eligió la solución de procesar cada subsistema como un "módulo" independiente, para poder estudiar con detalle todos los parámetros que intervienen y al final del programa, crear un último subsistema que se encargara de la liga o interacción de los 6 módulos individuales.

El subsistema de interacción REFIN inicia su liga tomando resultados del primer módulo DATOGEN, para imprimir recomendaciones de diversas estrategias cuando se presenten tránsitos promedio diario anuales mayores de 15,000 vehículos, así como tasas de crecimiento mayores al 5% anual. Asimismo, el subsistema actúa como un archivo fijo de datos básicos con flexibilidad para una actualización permanente.

Cuando revisa el subsistema los resultados provenientes del módulo ISA, efectúa advertencias cuando el comportamiento del índice de servicio contra el tiempo llega al umbral de alerta; también se encarga de dirigir y ligar tramos con necesidad de intervención urgente a los resultados de CAPES, INVEDET y CARGEOT.

En la etapa de proceso de revisión y liga de resultados con el módulo CAPES, el subsistema revisa el espesor convencional de refuerzo requerido para llegar a diferentes refuerzos que garanticen diferentes horizontes temporales de comportamiento adecuado. Reporta 6 alternativas de diferentes espesores para una extensión parcial por etapas de la sobrecarpeta total requerida para 20 años. Esto es, imprimirá espesores mínimos requeridos para 3, 6, 9, 12, 15 y 18 años, que proporcionarán al usuario varias opciones para decisión final en función de la disponibilidad de recursos.

En cuanto a los resultados del módulo INVEDET, el subsistema REFIN analiza y procesa los casos de deterioros o fallas que resultaron inaceptables, localizando en la forma secuencial de su archivo particular, el deterioro, las causas que lo pudieron originar y sus posibles soluciones de mantenimiento. Como ya se mencionó anteriormente, el subsistema REFIN en este paso, revisa 11 tipos o clases de fallas, 31 causas posibles y 28 recomendaciones de solución.

Al procesar la liga del módulo CARGEOT con los otros subsistemas y sus resultados, REFIN se encarga de revisar y dictar soluciones o recomendaciones para resultados críticos de temperatura predominante, topografía adyacente, precipitación anual pluvial, drenajes, espesores y valores relativos de soporte. Por ello, realiza cálculos para determinar "espesores equivalentes" en función de resultados con espesores escasos de base, sub-base o subrasante; asimismo, recomienda evaluaciones más frecuentes con deflexiones e inspecciones para levantamiento de deterioros cuando la resistencia de cada capa resulte inferior a la permisible.

Finalmente, el subsistema REFIN recomienda soluciones para los casos en que los resultados de deflexiones características del módulo CAPES y las fechas de intervención de trabajos de mantenimiento resulten críticos al exceder valores recomendados en el módulo HISTOREP. También el subsistema actuará como un archivo fijo y flexible de datos para consulta permanente de los usuarios.

Las Referencias 16 y 17 proporcionan información adicional de detalle para el usuario que maneje el software descrito y para los ingenieros de campo que colaboren en la realización de los trabajos.

En relación con la definición de las estrategias de conservación para un tramo dado, la Figura A1.10 ilustra el efecto de diversos tipos de mantenimiento en la evolución del estado del pavimento, en términos tanto del índice de servicio actual como del índice internacional de rugosidad.

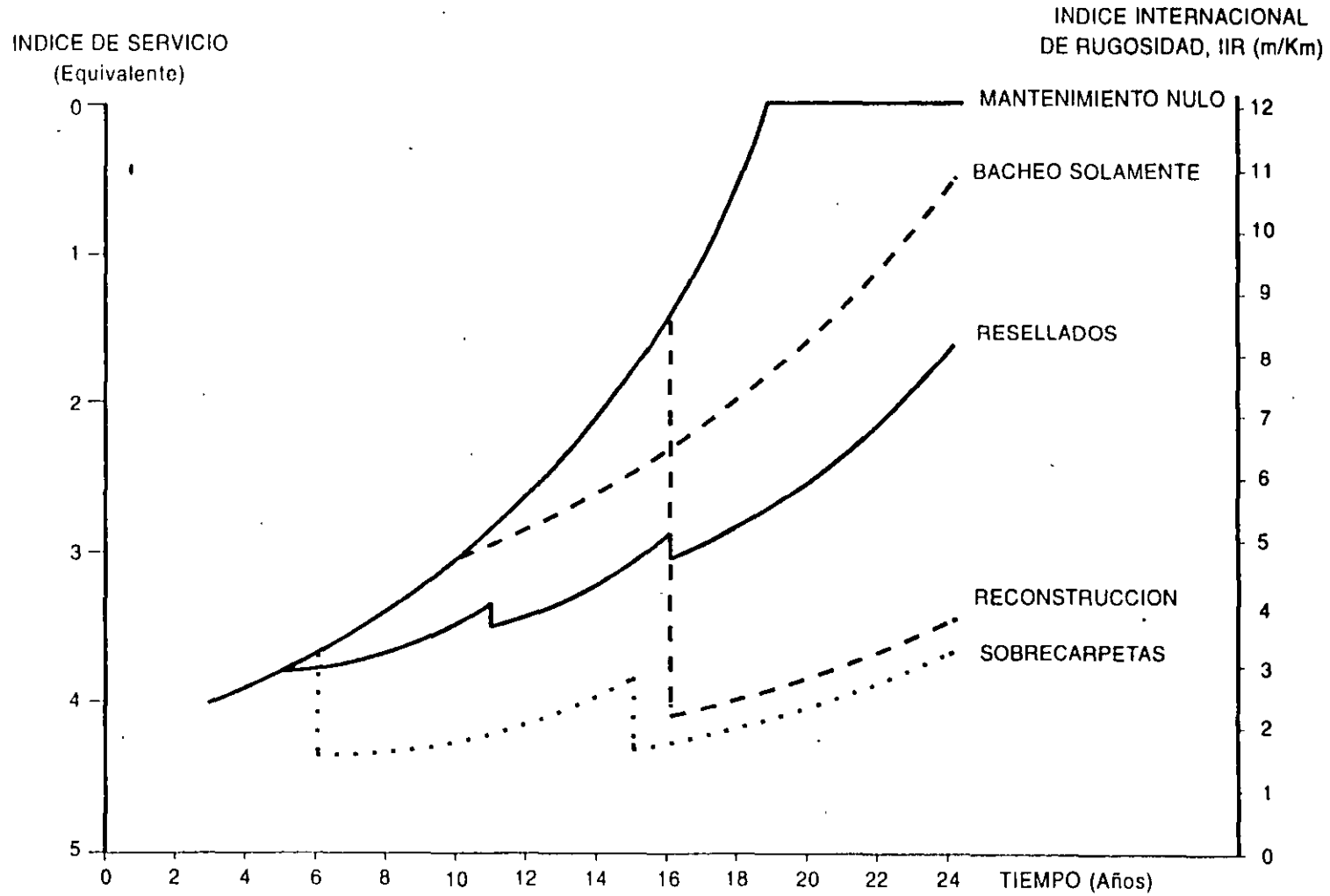


Figura A1.10 Efectos de diversos tipos de mantenimiento sobre los pavimentos con el tiempo en función del Índice de Servicio Actual y del Índice Internacional de Rugosidad

# Anexo 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del S.I.M.A.P.

---

## I. Metodología para la Obtención del Índice de Servicio Actual.

### I.1 Requerimientos.

1. PANEL compuesto por 4 evaluadores (uno con experiencia).
2. CALIFICACIONES según A.A.S.H.T.O de 0-5 (intransitable a excelente).
3. TOLERANCIA de  $\pm 0.3$  entre promedios de evaluadores (panel aceptable).
4. NO SE DEBERA INTERCAMBIAR información entre evaluadores durante el proceso.

### I.2 Observaciones a Tomarse en Cuenta.

- a. Considerar exclusivamente la condición "actual o presente" del pavimento por calificar.
- b. La evaluación deberá basarse en el hecho de que el pavimento soportará grandes volúmenes de tránsito mixto en toda clase de climas.
- c. Deberán ignorarse las características geométricas, tales como alineamiento, anchos, hombros, etc.
- d. No se tomarán en cuenta cruces de ferrocarril, bordes en puentes, alcantarillas hundidas o salientes.
- e. Al recorrer nuevos tramos, no comparar con anteriores ya calificados. Cada sección deberá juzgarse en forma individual e independiente.
- f. Cada evaluador debe preguntarse: ¿Qué pasará si manejo este tramo en estas condiciones continuamente por 8 horas ó 800 kilómetros?

CALCULO:  $ISA = \bar{X} = \sum X/n$

donde: ISA = PSI  $\approx$  índice de servicio actual,

$\bar{X}$  = promedio aritmético.

X = valores individuales asignados por cada miembro del panel.

n = número de evaluadores.

## **II. Metodología para la Medición de Deflexiones.**

### **II.1 Equipo Requerido.**

1. VIGA BENKELMAN ESTANDAR relación 2:1, color aluminio o blanco.
2. CAMION DE VOLTEO lastrado a 8.2 toneladas en el eje trasero.
3. LLANTAS 10x20x12 cuerdas, con presión de inflado de 80 libras por pulgada cuadrada.
4. MEDIDOR DE PRESION de llantas; medir ésta una vez por día.
5. TERMOMETRO (lecturas superior, media y baja de carpeta asfáltica).
6. TALADRO.

### **II.2 Procedimiento.**

- a. Realizar lecturas, en tramos de estudio de 500 metros, a cada 20 metros (25 lecturas en total).
- b. MEDICIONES en puntos localizados en carril exterior a:  
0.60 metros de la orilla (carril angosto < 3.35 metros)  
0.90 metros de la orilla (carril ancho > 3.35 metros).
- c. COLOCAR la viga Benkelman entre llantas tandem (lectura inicial).
- d. ARRANQUE inmediato del vehículo con velocidad lenta hasta 9 metros o más (lectura final).
- e. Determinación de ESPESORES existentes.

### **II.3 Cálculos de Campo.**

- a. Restar lectura inicial de lectura final.
- b. Multiplicar el resultado obtenido por 2, en virtud de la relación 2:1 de la viga Benkelman.
- c. Vaciar resultado en el formato No. 3.

NOTAS: 1. El sistema procederá con la información obtenida en campo a calcular la deflexión característica del tramo así como la deflexión permisible.

2. En caso de utilizar equipo dinámico DYNAFLECT para las mediciones de campo, se procederá a calcular las correlaciones respectivas para así poder entrar en el programa S.I.M.A.P.



### III. Ejemplo de aplicación

S.C.T.	S I M A P	I.M.T.
--------	-----------	--------

— M E N U   P R I N C I P A L —

- A. Capturar información en los subsistemas.
- B. Consultar información capturada en los subsistemas.
- C. Calcular espesor de grava equivalente.
- D. Ver gráfica de deflexiones.
- E. Generar reportes.
- F. Imprimir formatos de campo para los subsistemas.
- G. Modificar identificación de subtramos en DATOGEN.
- H. Eliminar subtramos en los subsistemas.
- I. Transferir datos al MODULO ECONOMICO.
- S. Salir.

Escriba su elección:

Figura A1.11 Menú principal

S.C.T.	S I M A P	I.M.T.
--------	-----------	--------

— C A P T U R A   D E   I N F O R M A C I O N —

- A. Datos Generales (DATOGEN).
- B. Indice de Servicio Actual (ISA).
- C. Capacidad Estructural (CAPES).
- D. Inventario de Deterioros (INVEDET).
- E. Características Geotecnicas (CARGEOT).
- F. Historial de Reparaciones (HISTOREP).
- R. Regresar al menu anterior.

Escriba su elección:

Figura A1.12 Captura de información.

**Anexo 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del SIMAP**

S.C.T.	S I M A P	I.M.T.
--------	-----------	--------

D A T O G E N

Carretera: TIJUANA - LA PAZ  
 Tramo: MULEGE - ROSARITO  
 Subtramo: 150.00 - 210.00

Sentido: 2  
 Código: BCS0005  
 FECHA: 06/07/94

COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

---

T. D. P. A. 8180

AUTOS: 69.07 %	2EJ: 13.45 %	3EJ: 8.56 %	4EJ: 3.67 %	5EJ: 3.06 %	6EJ: 2.20 %
5650	1100	700	300	250	180

---

Tipo de datos a considerar [(C)antidad | (P)orcentaje]: P

CREC.TRANS. ANUAL: 5.0 %    ACCID.ANUALES: 2 %    TEMPERATURA: 30 °C

PESO PROMEDIO: 20.0 Ton.    CARGA POR EJE: 8.0 Ton.    No. CARRILES: 2

PENDIENTE LONGITUDINAL: 2.00 %    PENDIENTE TRANSVERSAL: 1.00

ORIG. DATOS: CENTRO SCT, BCS

Oprima <ENTER> para avanzar un campo o <ESC> para validar toda la captura

Figura A1.13 Datos generales.

S.C.T.	S I M A P	I.M.T.
--------	-----------	--------

I S A

Carretera: TIJUANA - LA PAZ  
 Tramo: MULEGE - ROSARITO  
 Subtramo: 150.00 - 210.00

Sentido: 2  
 Código: BCS0005

COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

FECHA: 06/07/94

KILOMETRAJE	VALUADOR 1	VALUADOR 2	VALUADOR 3	VALUADOR 4
160.00 - 165.00	2.0	1.5	2.5	2.0

Si el segmento NO ha sido evaluado, ponga 8.0 como calificación.

Figura A1.14 Índice de servicio actual.

Anexo 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del SIMAP

S.C.T.	S I M A P				I.M.T.												
C A P E S																	
Carretera: TIJUANA - LA PAZ																	
Tramo: MULEGE - ROSARITO																	
Subtramo: 150.00 - 210.00			Sentido: 2														
Segmento: 155.00 - 160.00			Código: BCS0005155.00														
COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30			FECHA: 06/07/94														
LECTURAS DE DEFLEXION (plg/1000)																	
D01	23	D02	28	D03	30	D04	36	D05	40								
D06	48	D07	50	D08	52	D09	54	D10	56								
D11	53	D12	50	D13	48	D14	40	D15	50								
D16	41	D17	43	D18	48	D19	40	D20	33								
D21	25	D22	28	D23	27	D24	23	D25	29								
CBR TERR.NAT.: 5 %						CBR TERRAPLEN: 10 %											
CBR BASE: 40 %						CBR SUB-BASE: 25 %						TEMP.PROM.CARP.: 58.0 °C					
PERIODO CRITICO? (S/N): N						ORIG. DATOS: CENTRO SCT BCS											
Oprima <ENTER> para avanzar un campo o <ESC> para validar la pantalla completa																	

Figura A1.15 Deflexiones.

S.C.T.	S I M A P				I.M.T.
I N V E D E T					
Carretera: TIJUANA - LA PAZ					
Tramo: MULEGE - ROSARITO					
Subtramo: 150.00 - 210.00			Sentido: 2		
Segmento: 155.00 - 160.00			Código: BCS0005155.00		
COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30			FECHA: 06/07/94		
FALLA	PORCENTAJE		PROF./ABERT.		GRAVEDAD
Roderas	18		30		C
Baches	6				C
Grietas long.	20		3		C
Grietas transv.	10		3		C
Desprendimientos	15				C
Asfalto aflorado	5				C
Piel de cocodrilo	40				C
Pulido superficie	50				C
Hundimientos	20		27		C
ORIG. DATOS: CENTRO SCT BCS					
Oprima <ENTER> para avanzar un campo o <ESC> para validar la pantalla completa					

Figura A1.16 Inventario de deterioros.

Anexo 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del SIMAP

S.C.T. S I M A P I.M.T.

C A R G E O T

Carretera: TIJUANA - LA PAZ  
 Tramo: MULEGE - ROSARITO  
 Subtramo: 150.00 - 210.00 Sentido: 2  
 Segmento: 155.00 - 160.00 Código: BCS0005155.00  
 COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30 FECHA: 06/07/94  
 TEMP. MIN.: 6 °C TEMP. MAX.: 43 °C TOPOGRAFIA: C  
 TIPO DREN.: A EDO. DREN.: C P.P.A.: 210 mm.

CAPA	ESPESOR (cm)	COMPONENTES	ESTABIL. (S/N)
CARPETA:	10		
BASE:	16		
SUB-BASE:	25		
SUB-RASANTE:	30		

ALTURAS: DE CORTE: 2.5 DE TERRAPLEN: 1.0

SUELO DE SOPORTE: ARCILLA PLASTICA

CARACT. ESP.: EXPANSIVA

ORIG. DATOS: CENTRO SCT BCS

Oprima <ENTER> para avanzar un campo o <ESC> para validar la pantalla completa

Figura A1.17 Características geotécnicas.

S.C.T. S I M A P I.M.T.

H I S T O R E P

Carretera: TIJUANA - LA PAZ  
 Tramo: MULEGE - ROSARITO  
 Subtramo: 150.00 - 210.00 Sentido: 2  
 Segmento: 155.00 - 160.00 Código: BCS0005155.00  
 COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

MANTENIMIENTO MENOR		MANTENIMIENTO MAYOR	
FECHA	DESCRIPCION	FECHA	DESCRIPCION
01/11/80	RIEGO DE SELLO	01/01/85	SOBRECARPETA 10 CM.
01/06/88	LIMPIEZA DRENAJE SUPERF.	/ /	/ /
/ /	/ /	/ /	/ /
/ /	/ /	/ /	/ /

Figura A1.18 Historial de reparaciones.

Anexo 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del SIMAP

S.C.T.	S I M A P	I.M.T.
--------	-----------	--------

ESPEJOR DE GRAVA EQUIVALENTE

Carretera: TIJUANA - LA PAZ  
Tramo: MULEGE - ROSARITO  
Subtramo: 150.00 - 210.00  
Segmento: 155.00 - 160.00  
COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

Sentido: 2  
Código: BCS0005155.00

ESPEJOR DE GRAVA EQUIVALENTE: 36.5 cm.
--

DATOGEN...	T.D.P.A.: 8,180	Peso prom.: 20.0 ton. Carga por eje: 8.0 ton. Crecim. tránsito: 5.0 %
CAPES.....	Deflex. prom.: 1.010 mm. Deflex. car.: 1.252 mm.	Temp. carpeta: 58.0°C Periodo critico: N

Oprima cualquier tecla para continuar...

Figura A1.19 Espesor de grava equivalente.

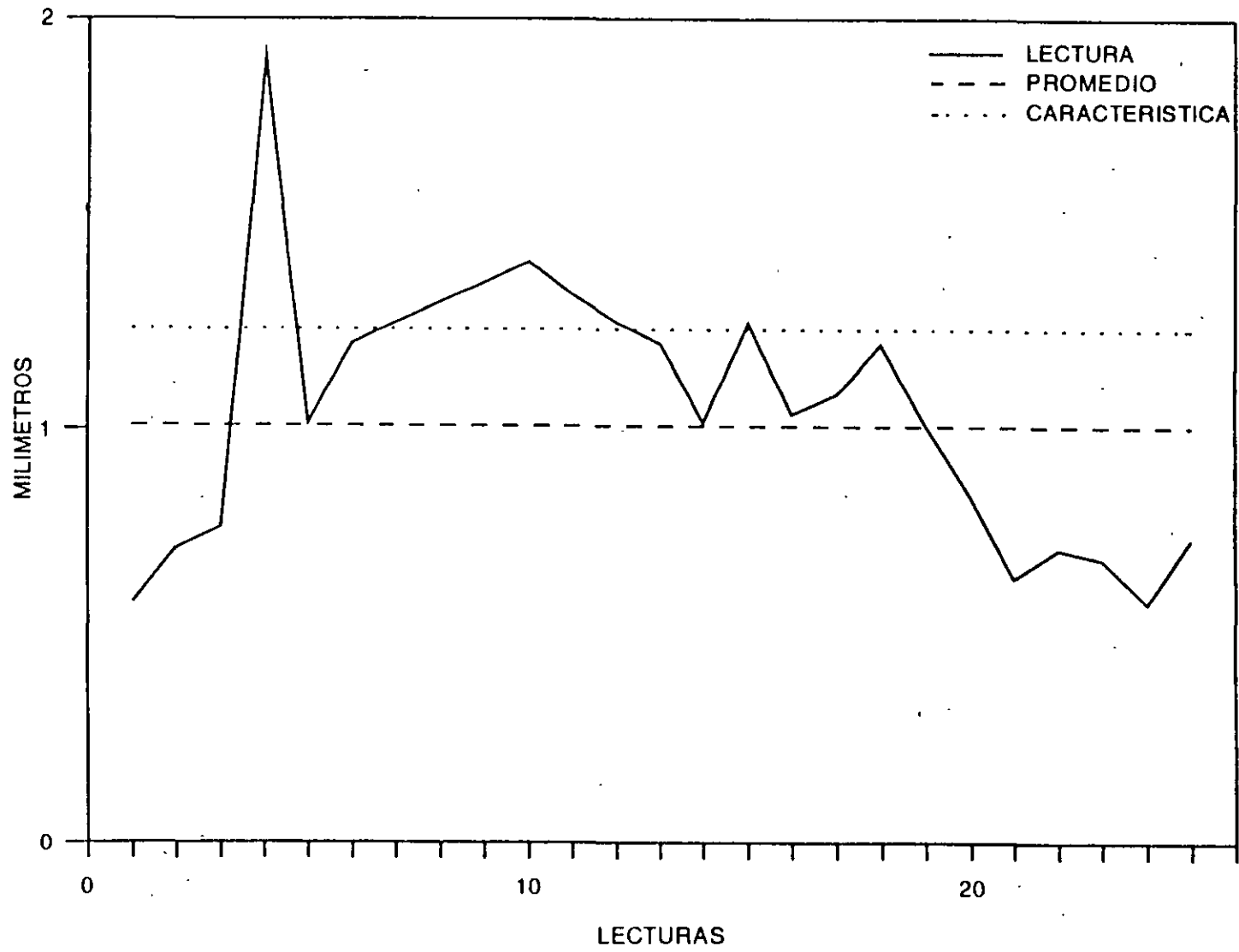


Figura A1.20 Perfil de deflexiones en el tramo de 500 mts. bajo estudio.

## **Apéndice 2. Módulo Económico del Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (Referencias 8 y 9).**

---

### **1. Introducción.**

El Módulo Económico del Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (S.I.M.A.P.) es una herramienta computacional para evaluar técnica y, en especial económicamente, las diferentes acciones de conservación preventiva que pueden ofrecerse para reparar un determinado tramo carretero. Obviamente, estas acciones pueden diferir de tres maneras: en la resistencia estructural pretendida para lograr un determinado índice internacional de rugosidad, en el horizonte temporal en que se desee que ocurra la evolución desde el índice internacional de rugosidad inicial (después de la acción de la conservación) hasta llegar al mínimo considerado como aceptable o en ambas cosas.

Es evidente que la resistencia estructural y el tiempo en que se desea que la solución funcione están íntimamente ligados. Soluciones de mayor horizonte temporal han de partir de secciones estructurales más reforzadas y más costosas.

Así, se evalúan alternativas de conservación de carreteras de concreto asfáltico y se pueden identificar las que representan el mayor beneficio económico. En esencia, se comparan el costo de varias posibilidades de refuerzo con la reducción de los sobrecostos de operación vehicular que se haya logrado con los refuerzos señalados.

Los sobrecostos de operación vehicular se cuantifican con base en otros estudios del Instituto Mexicano del Transporte ya mencionados en otras partes de este trabajo.

Adicionalmente, el Módulo Económico permite seleccionar, entre todas las alternativas estudiadas, las más adecuadas desde el punto de vista económico, cuando existan restricciones presupuestarias que impidan la dedicación de recursos a todos los tramos necesitados.

## **2. Estructura del Módulo Económico.**

La Figura II.1 muestra la estructura con la que funciona el Módulo Económico. A partir de la información emanante del Módulo Técnico del Sistema, que comprende la identificación de los tramos, los aforos y distribución del tránsito, las cargas por eje que ello representan, las características estructurales y deflexiones y de índice de servicio existentes, el Módulo Económico realiza una primera acción que captura la información, la ordena y permite la continuación del análisis. La segunda etapa del proceso lleva al cálculo de los costos de operación de un tramo conformado, sea por un corredor de transporte o por un segmento del mismo, de la dimensión y características de homogeneidad apropiadas (téngase en cuenta que el Módulo Técnico del Sistema de Administración de Pavimentos trabaja considerando como unidades a segmentos de 5 kilómetros de carretera).

Los costos de operación que se utilizan son obviamente los ya mencionados, resultantes de los estudios realizados por el Instituto Mexicano del Transporte; los valores se aplican tomando en cuenta las características de alineamiento vertical que correspondan al camino que se esté analizando; ese alineamiento vertical es altamente influyente en el costo de operación y, por ende, define los valores de partida, pero ya no es tan directamente influyente en los sobrecostos evitables, causados por el estado superficial de la carretera.

En la tercera etapa de aplicación del Módulo Económico, denominada en la Figura II.1 "Evaluación Económica", el técnico a cargo del análisis define un abanico de acciones de conservación a su elección. En rigor, sólo necesita proporcionar al sistema de cálculo, el costo de la acción en que se piense, el índice internacional de rugosidad o índice de servicio al que se pretende llegar con ella y el horizonte temporal de la misma (es decir, el tiempo en el que él calcula que a partir de un índice de servicio por él propuesto, se llegará al mínimo que él considera adecuado para ese tramo carretero en función de su importancia económica).

Conocido el índice internacional de rugosidad (o índice de servicio) de la propuesta y su evolución temporal, el proyectista puede calcular los nuevos costos de operación del tramo, ya en operación automatizada del sistema, que trabaja utilizando las gráficas de costos operativos incluidas en este trabajo. La comparación de este nuevo costo de operación con el que se tenía antes de aplicar la opción de conservación, proporciona el



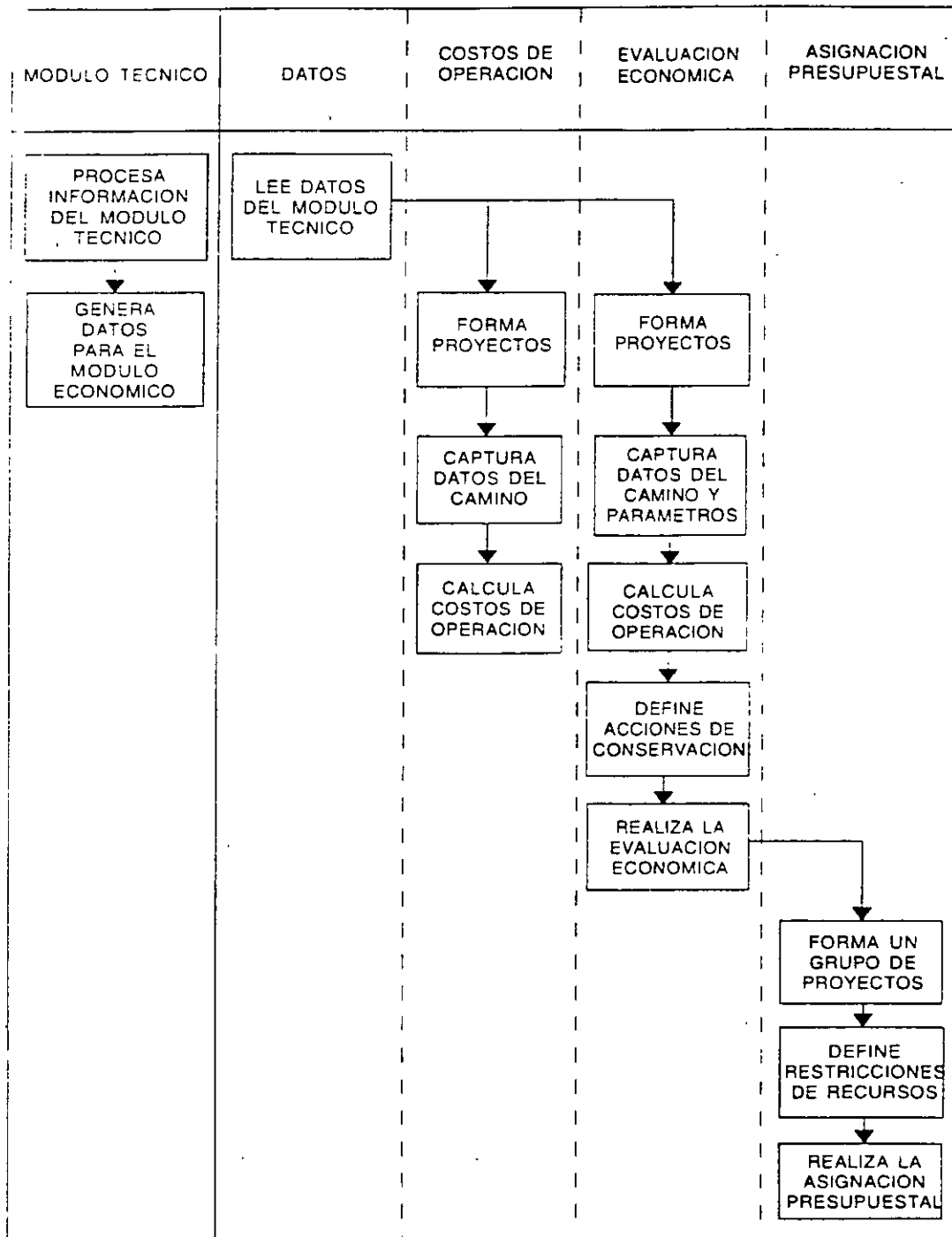


Figura A2.1 Flujo de información del Módulo Económico del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos.

ahorro en costo evitable (beneficio) que la acción conlleva. Como se conoce el costo de la opción, automáticamente se obtiene la relación beneficio/costo y el valor presente neto (beneficio-costo) que le corresponde. El sistema está diseñado computacionalmente para analizar grupos de 5 opciones para cada tramo; si se desea analizar un número mayor de opciones, se repetirá el ciclo, desde el paso de importar datos del tramo del Módulo Técnico. La capacidad del sistema actualmente desarrollado por el I.M.T. permite analizar 50 tramos con 5 opciones de conservación cada uno, sin tener que recurrir a la importación de datos del camino, procedentes del Módulo Técnico.

El cuarto paso computacional del Módulo Económico que se describe, permite agrupar los tramos cuya conservación se estudia en grupos de 50 en 50, incluir el valor presupuestal del que se disponga y realizar automáticamente una asignación de recursos a cada tramo, dando prioridad a las soluciones y los tramos. El grupo de los 50 tramos figura otorgando a cada uno, la opción de conservación que produzca el mayor valor presente neto para el conjunto de los 50. Cabe comentar que si esa opción conjunta óptima sobrepasa el volumen de recursos disponibles para los 50 tramos, el sistema computacional indica que no existe solución posible. Es decir, que el sistema otorga a cada tramo una de las 5 opciones de conservación que se le estudiaron y obtiene el panorama priorizado conjunto que sea congruente con los recursos; obviamente, en un esquema de recursos limitados, no se llegará a la mejor opción de cada tramo, pero si a la mejor del conjunto. Si la respuesta del sistema fue en el sentido de que no hay solución conjunta posible, compatible con los recursos disponibles, el proyectista tendrá que reiniciar el juego con opciones de conservación menos ambiciosas o más baratas o bien retirar del paquete los tramos menos prioritarios.

Dado que el criterio de priorización señalado en el presente trabajo es el valor económico de la carga que circule sobre el camino o el tramo considerado individualmente, puede también jugarse con la asignación presupuestal dada al conjunto de 50, aumentándola en los paquetes más importantes. El algoritmo también permite asignar a alguno de los tramos o caminos de los 50, una opción de conservación prefijada por su importancia, de manera que los recursos necesarios para ella constituyan un invariante de la distribución.

## **Apéndice 3: Costos de Operación (Referencias 10 y 11).**

---

### **1. Análisis del Efecto de la Pendiente, la Velocidad y la Curvatura de las Carreteras en los Costos de Operación Vehicular (Referencia 10).**

Esta parte está destinada primordialmente a los responsables del proyecto geométrico de carreteras y a los especialistas en su planeación. Consta, en su parte medular, de un conjunto de gráficas que tratan de cubrir, a través de 5 tipos de los vehículos que mayoritariamente representan el tránsito en las carreteras nacionales (México), el efecto de la pendiente, la velocidad y la curvatura en los costos operacionales. Esta información es básica para los proyectistas de carreteras nuevas, pero no deja de ser muy importante en cuestiones de conservación, pues es frecuente que estas operaciones lleguen a involucrar cambios de trazo, trabajos de modernización y otros, que incidan en los factores mencionados.

Las gráficas que se presentan relacionan la pendiente, la curvatura horizontal y la velocidad, con el costo de operación. Este se considera como 1 en un tramo recto de pendiente 0%, de manera que los costos correspondientes a otras condiciones de alineamiento horizontal y vertical se expresan como un factor siempre mayor que 1. De esta forma ha tratado de eliminarse la referencia a un precio variable.

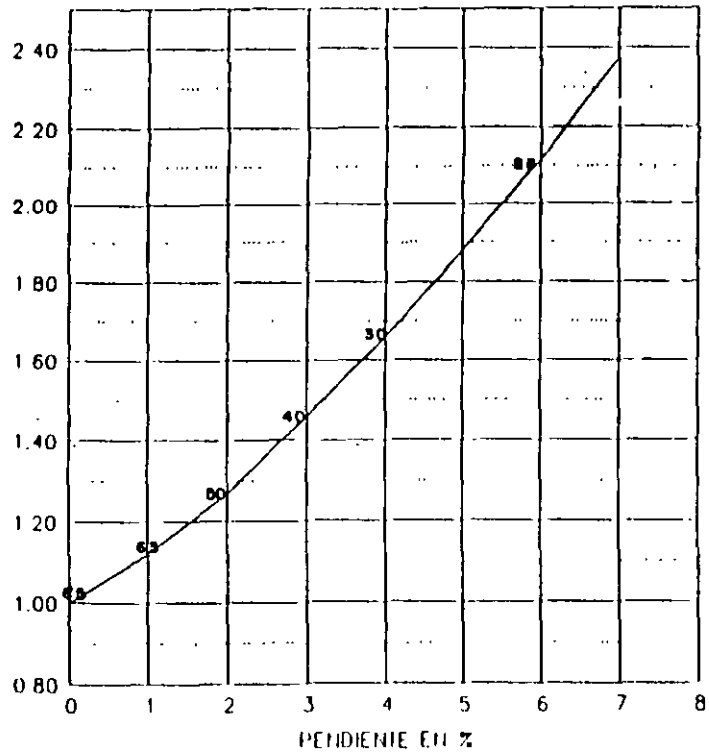
En las Figuras A3.1 - A3.5 se presentan las gráficas que relacionan los factores de costo por cambio de pendiente, velocidad y curvatura. En un principio, en la Referencia 10, el problema se atacó para establecer el costo de operación en función de la pendiente y la curvatura, como si ambas tuvieran en el concepto un peso similar, pero pronto se vió que la influencia de la pendiente es mucho mayor que la de la curvatura, de manera que se decidió una presentación como la que se muestra, en la que básicamente se relacionan costo, pendiente y velocidad de operación típica. Debe notarse, sin embargo, que la influencia de la curvatura en la velocidad de operación es muy notable y que dicho factor también se relaciona estrechamente con la pendiente en el sentido de que ambos elementos son invariablemente coincidentes.

Independientemente del carácter de correlación de información que abarca varios ambientes y otras condiciones no siempre idénticas, se tiene la honesta convicción de que los resultados proporcionados por las gráficas constituyen una útil guía para el personal técnico al cual van dirigidos.

# CAMION ARTICULADO

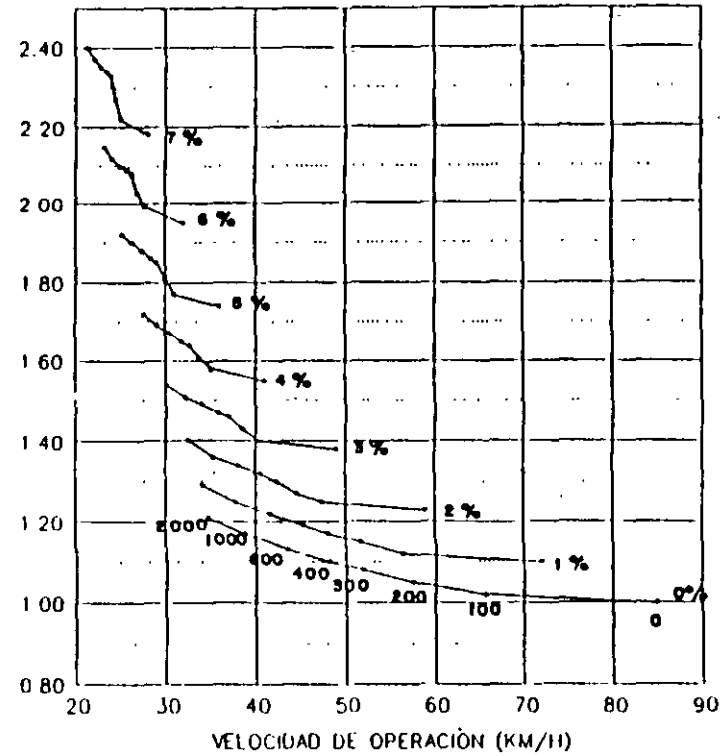
Pendiente en %  
Curvatura acumulada en grd/km

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



Los números anotados junto a la curva indican las velocidades típicas de operación en kilómetros por hora

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



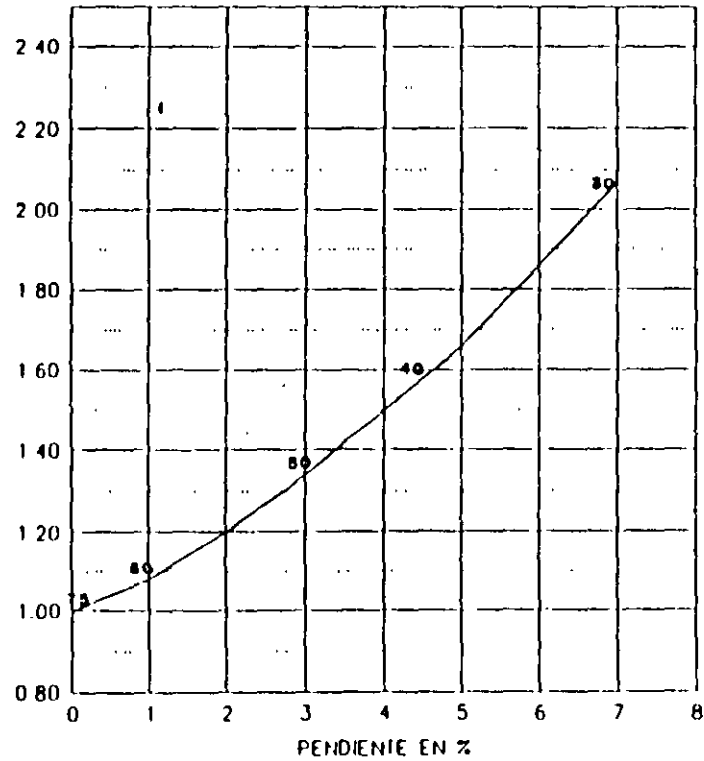
Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grd/km

Figura A3.1

# CAMION 2 EJES

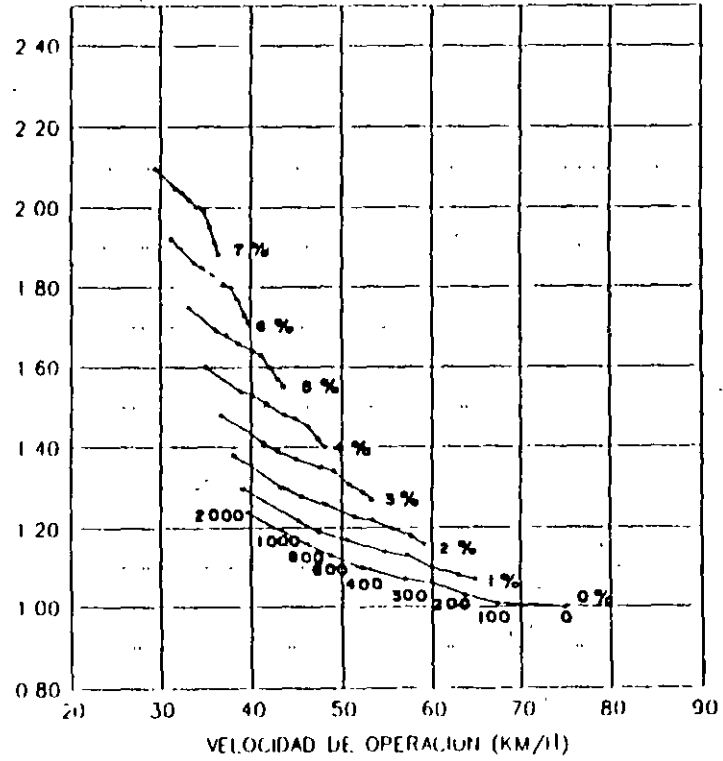
Pendiente en %  
Curvatura acumulada en grad/km

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



Los números anotados junto a la curva indican las velocidades típicas de operación en kilómetros por hora

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



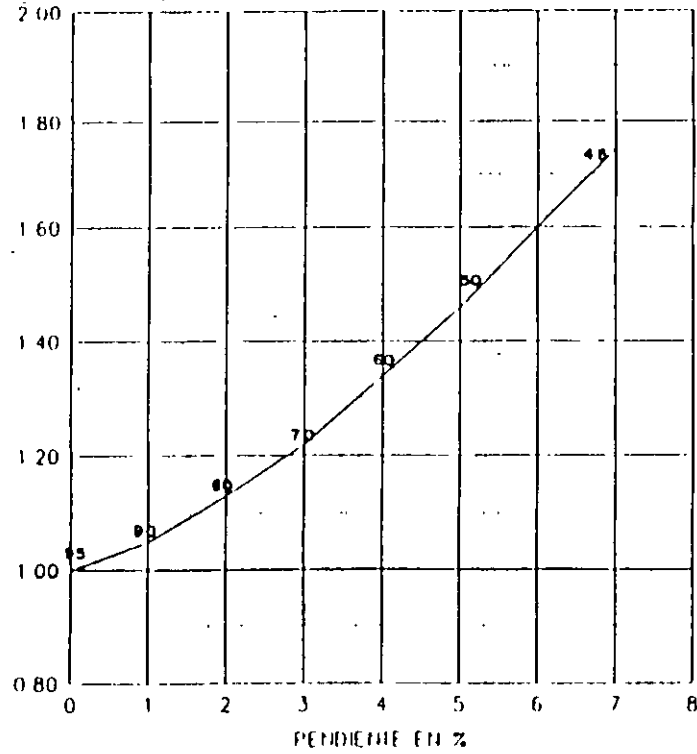
Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grad/km

Figura A3.2

# AUTOBUS FORANEO

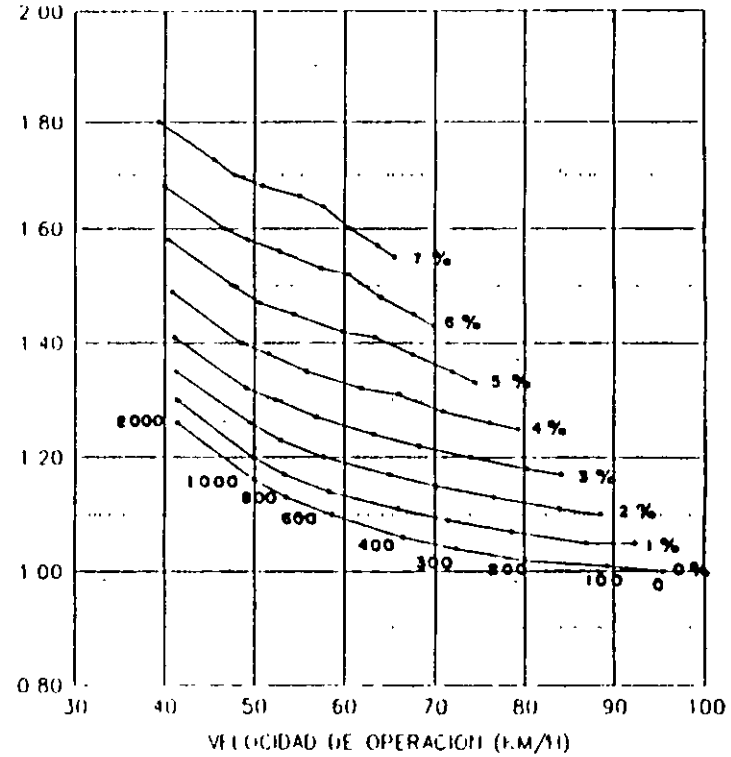
Pendiente en %  
Curvatura acumulada en grad/km

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



Los numeros anotados junto a la curva indican las velocidades típicas de operación en kilómetros por hora

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



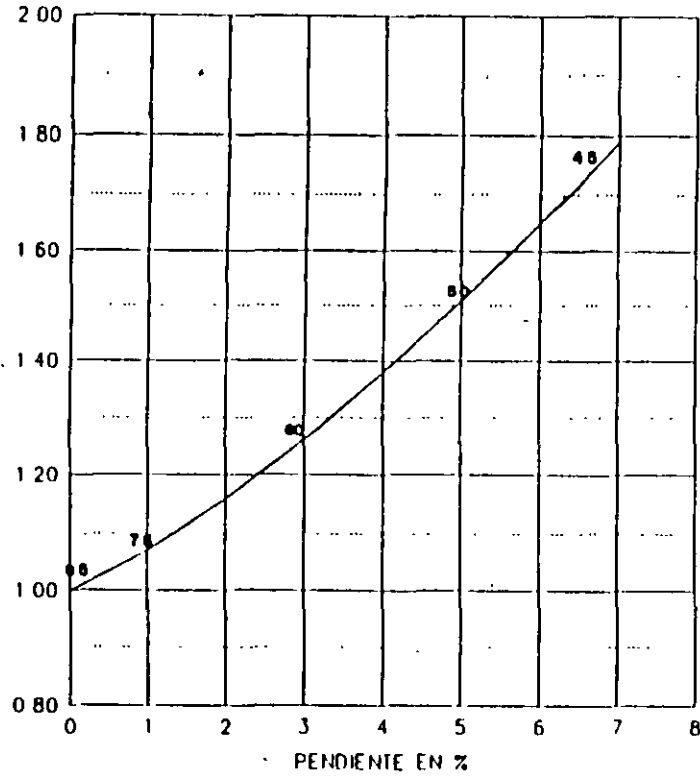
Los puntos y los numeros a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grad/km

Figura A3.3

# CAMION LIGERO

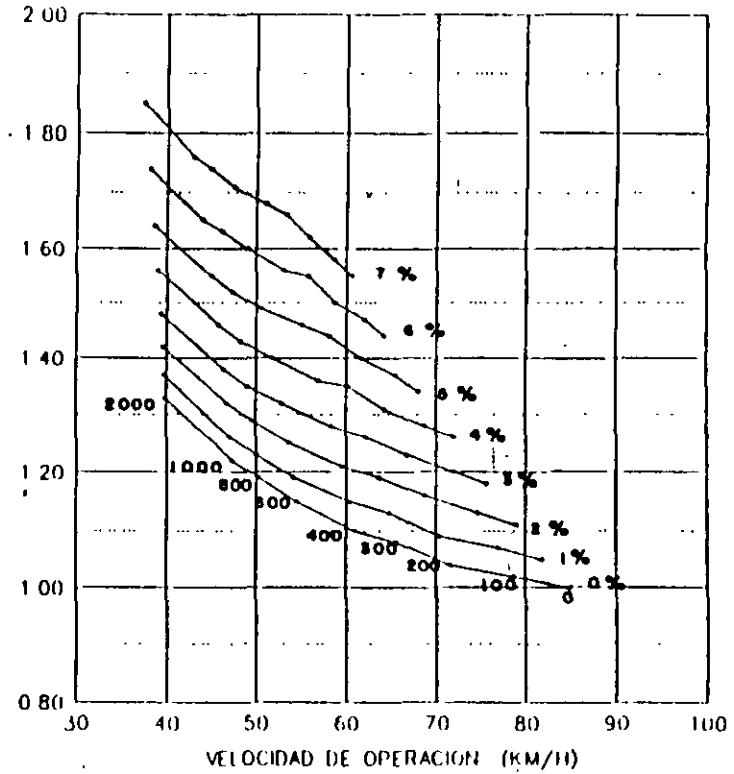
Pendiente en %  
Curvatura acumulada en grd/km

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



Los números anotados junto a la curva indican las velocidades típicas de operación en kilómetros por hora

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grd/km

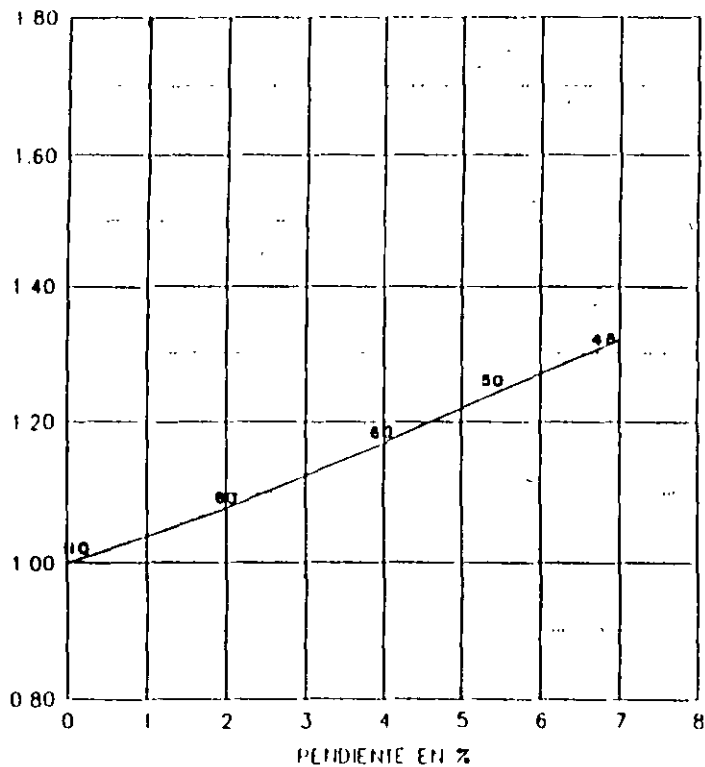
Figura A3.4

# VEHICULO LIGERO ( Utilitario o Automóvil )

Pendiente en %  
Curvatura acumulada en grad/km

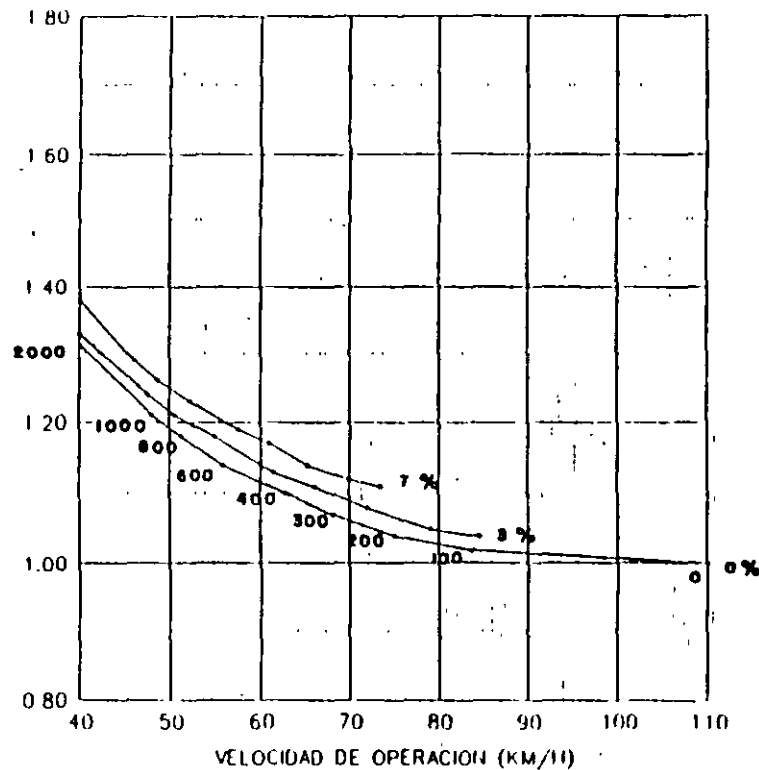
Apéndice 3. Costos de Operación

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



Los números anotados junto a la curva indican las velocidades típicas de operación en kilómetros por hora

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grad/km

Figura A3.5



Para cada uno de los 5 tipos de vehículos seleccionados para el estudio, se presentan dos tipos de gráficas. En el primer tipo aparecen los factores de costo de operación para diferentes pendientes (de 0 a 10 %), supuesto que se circula a las velocidades típicas de las condiciones del caso, en tramo recto. Por ejemplo, para el camión articulado, si se circula a 20 kilómetros por hora, que se considera la velocidad típica para el caso, sobre una rampa con 8% de pendiente, se tendría un factor de sobrecosto de 2.6, aproximadamente, en relación a la circulación sobre un tramo recto con pendiente cero.

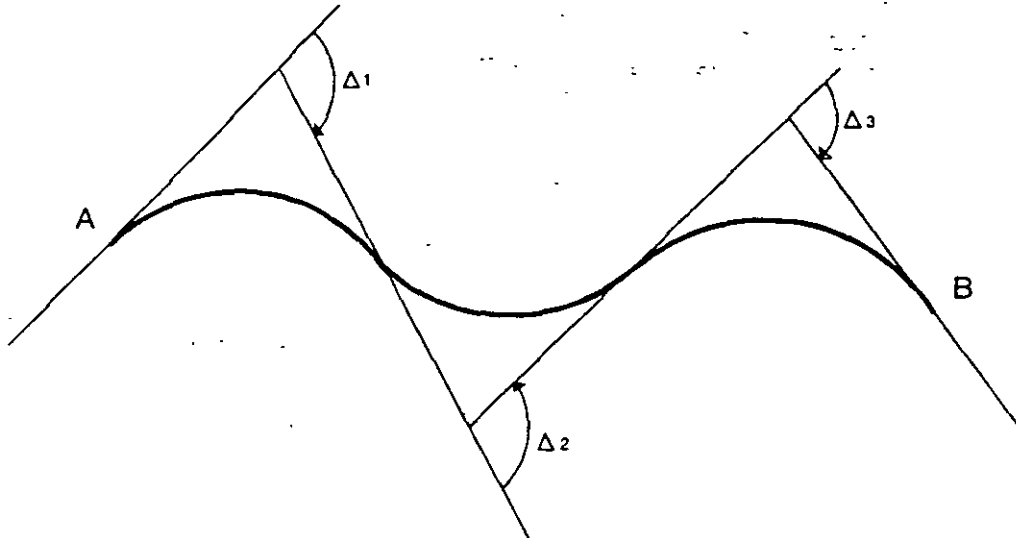
El segundo tipo de gráficas relaciona lo que sucede si se mantiene una determinada velocidad de operación por cuestas con diferentes pendientes y curvaturas. Por ejemplo, para el mismo camión articulado, si la calzada tiene pendiente nula, sólo la curvatura incide en el sobrecosto llegando a un valor de factor de 1.2 si la curvatura acumulada llega a 2,000 (la misma Referencia 10 indica cómo se mide este valor; la Figura A3.6 ejemplifica la forma de estimarlo).

Si se circula por una pendiente de 4%, la velocidad máxima lógica será del orden de 40 kilómetros por hora para curvatura cero, con un valor de sobrecosto del orden de 1.4, pero si para las mismas condiciones la curvatura llega a 2,000, la velocidad de operación habrá disminuido a 26 kilómetros por hora y el factor de sobrecosto se habrá incrementado a 1.75.

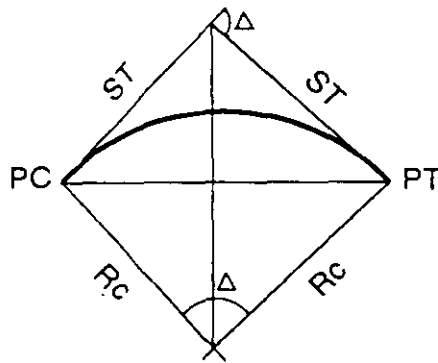
(Los puntos negros sobre las curvas indican los valores de curvatura acumulada que, por claridad, se anotaron únicamente en la gráfica de pendiente igual a cero).

También puede saberse que si se circula por ejemplo a 40 kilómetros por hora por una línea de pendiente igual a cero (posible con una curvatura acumulada máxima del orden de 800), se tendrá un factor de sobrecosto del orden de 1.2; pero con una pendiente de 3%, la velocidad de operación de 40 kilómetros por hora sólo se podría sostener con una curvatura acumulada máxima del orden de 200 y ello con un factor de sobrecosto del orden de 1.4.

El desarrollo del trabajo (Referencia 10) se orientó a la revisión y aplicación a México de estudios existentes sobre el tema en la literatura internacional, con información nacional actualizada.



$$\text{Curvatura horizontal promedio (grad/km)} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3}{L_{AB}}$$



- PC Punto de comienzo de la curva
- PT Punto de terminación de la curva
- ST Subtangente
- Rc Radio de la curva
- Δ Angulo de deflexión de la tangente

Figura A3.6 Estimación de la curvatura

Desde el inicio de la revisión destacó, por haber sido realizado expresamente en países en vías de desarrollo y por su extensión, el Estudio de Normas para el Diseño y Mantenimiento de Carreteras (Referencias 18, 19 y 20) desarrollado bajo el auspicio del Banco Mundial. En dicho estudio participaron instituciones académicas y dependencias involucradas en la planeación, construcción y operación de carreteras de diversos países. Las relaciones entre costos de operación y elementos de proyecto de carreteras fueron estudiadas en Kenia (1971-75), Brasil (1975-84), Santa Lucía (1977-82) e India (1977-83). Debido tanto a los antecedentes generados en Kenia como a una mayor disponibilidad de recursos financieros, los estudios más completos y confiables fueron los realizados en Brasil, por lo que fundamentalmente con base en sus resultados, fueron construidos los modelos matemáticos con los que el Banco Mundial estructuró posteriormente un programa de cómputo denominado Costos de Operación Vehicular (Referencia 21).

Revisando los estudios de los cuatro países mencionados en la Referencia 10, se concluyó que los de Brasil presentan no sólo mayor cobertura y semejanzas en cuanto a tipos de vehículos y características de caminos, sino también mayor similitud económica con relación a las condiciones prevalecientes en nuestro país durante el período de estudio. Por lo anterior, se decidió utilizar su metodología e información pertinente para aplicarla con datos nacionales, utilizando como herramienta principal para la adaptación, el modelo de cómputo basado en los propios estudios de Brasil.

La adaptación consistió en el uso de datos sobre características técnicas de vehículos nacionales, así como costos unitarios de sus insumos. También se definieron, con base en análisis de sensibilidad en rangos de factibilidad, datos necesarios relativos a la utilización de los vehículos. A partir de éstos y de otros datos y coeficientes originales de los modelos, cuyo listado se presenta para cada vehículo al final de este Apéndice, se calcularon velocidades y costos de operación para combinaciones de pendientes de 0 a 10% y curvaturas de 0 a 2,000 grados por kilómetro. En las tablas A3.1 y A3.2 se presentan, a manera de ejemplo, estos resultados intermedios para el caso del camión articulado.

Las velocidades obtenidas fueron, en una segunda fase, ajustadas para reflejar con mayor aproximación las que se observan en las carreteras del país. Los costos, por su parte, fueron divididos entre el costo de

## VELOCIDAD DE OPERACION (KM/H) – CAMION ARTICULADO

Curvatura Horizontal Promedio (grad/Km)	Pendiente media ascendente (%)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	72.03	59.43	49.13	41.58	35.96	31.66	28.26	25.52	23.26	21.37	19.76
100	65.66	56.33	47.33	40.37	35.08	30.98	27.72	25.08	22.90	21.06	19.50
200	57.52	51.70	44.59	38.53	33.73	29.95	26.90	24.41	22.34	20.59	19.09
300	51.93	48.03	42.34	37.01	32.63	29.09	26.22	23.86	21.88	20.20	18.76
400	48.14	45.29	40.59	35.82	31.76	28.43	25.69	23.42	21.51	19.89	18.49
500	45.45	43.23	39.22	34.89	31.08	27.91	25.28	23.08	21.23	19.64	18.28
600	43.45	41.63	38.12	34.14	30.53	27.48	24.94	22.80	20.99	19.45	18.11
700	41.91	40.36	37.23	33.52	30.08	27.14	24.66	22.58	20.80	19.29	17.97
800	40.68	39.33	36.49	33.01	29.71	26.85	24.43	22.39	20.64	19.15	17.85
900	39.69	38.48	35.87	32.57	29.39	26.60	24.23	22.22	20.51	19.03	17.75
1000	38.86	37.76	35.34	32.20	29.11	26.39	24.06	22.08	20.39	18.93	17.67
1100	38.16	37.15	34.88	31.87	28.87	26.21	23.92	21.96	20.29	18.85	17.59
1200	37.56	36.63	34.48	31.58	28.66	26.04	23.79	21.86	20.20	18.77	17.53
1300	37.05	36.17	34.13	31.33	28.48	25.90	23.67	21.76	20.12	18.70	17.47
1400	36.60	35.77	33.82	31.11	28.31	25.77	23.57	21.68	20.05	18.64	17.42
1500	36.20	35.42	33.54	30.91	28.16	25.66	23.48	21.61	19.99	18.59	17.37
1600	35.85	35.10	33.30	30.73	28.03	25.56	23.40	21.54	19.93	18.54	17.33
1700	35.53	34.82	33.07	30.56	27.91	25.46	23.32	21.48	19.88	18.50	17.29
1800	35.25	34.56	32.87	30.41	27.80	25.38	23.26	21.42	19.83	18.46	17.25
1900	34.99	34.33	32.68	30.28	27.70	25.30	23.19	21.37	19.79	18.42	17.22
2000	34.76	34.12	32.51	30.15	27.60	25.23	23.14	21.32	19.75	18.39	17.19

Valores calculados 6/08/90

Tabla A3.1

## COSTOS DE OPERACION-CAMION ARTICULADO (USD/VEH-KM)

Curvatura Horizontal Promedio (grad/Km)	Pendiente media ascendente (%)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.59	0.65	0.72	0.81	0.91	1.02	1.14	1.28	1.42	1.58	1.75
100	0.60	0.66	0.73	0.82	0.92	1.04	1.16	1.30	1.45	1.61	1.78
200	0.71	0.67	0.75	0.84	0.94	1.06	1.19	1.33	1.49	1.65	1.83
300	0.64	0.69	0.76	0.86	0.96	1.08	1.22	1.37	1.52	1.70	1.88
400	0.65	0.70	0.77	0.86	0.97	1.09	1.22	1.37	1.53	1.70	1.89
500	0.66	0.71	0.78	0.87	0.98	1.10	1.23	1.38	1.54	1.71	1.89
600	0.66	0.71	0.78	0.87	0.98	1.10	1.23	1.38	1.54	1.71	1.90
700	0.67	0.72	0.79	0.88	0.98	1.10	1.24	1.38	1.54	1.72	1.90
800	0.68	0.72	0.79	0.88	0.99	1.11	1.24	1.39	1.55	1.72	1.90
900	0.68	0.73	0.80	0.88	0.99	1.11	1.24	1.39	1.55	1.72	1.91
1000	0.69	0.73	0.80	0.89	0.99	1.11	1.25	1.39	1.55	1.72	1.91
1100	0.69	0.74	0.80	0.89	0.99	1.11	1.25	1.39	1.55	1.73	1.91
1200	0.69	0.74	0.81	0.89	1.00	1.12	1.25	1.40	1.55	1.73	1.91
1300	0.70	0.74	0.81	0.89	1.00	1.12	1.25	1.40	1.56	1.73	1.91
1400	0.70	0.74	0.81	0.90	1.00	1.12	1.25	1.40	1.56	1.73	1.91
1500	0.70	0.75	0.81	0.90	1.00	1.12	1.25	1.40	1.56	1.73	1.92
1600	0.70	0.75	0.81	0.90	1.00	1.12	1.25	1.40	1.56	1.73	1.92
1700	0.71	0.75	0.82	0.90	1.00	1.12	1.26	1.40	1.56	1.73	1.92
1800	0.71	0.75	0.82	0.90	1.01	1.12	1.26	1.40	1.56	1.73	1.92
1900	0.71	0.75	0.82	0.90	1.01	1.13	1.26	1.40	1.56	1.74	1.92
2000	0.71	0.75	0.82	0.90	1.01	1.13	1.26	1.40	1.56	1.74	1.92

Valores calculados 6/08/90

**Tabla A3.2**

operación base (en tramo recto de pendiente 0%) para obtener factores adimensionales, como los que se muestran en la Tabla A3.3 para el camión articulado.

La Referencia 10 presenta un procedimiento que permite, en cualquier momento, valuar el costo de operación base en unidades monetarias, conocidos los precios unitarios de los diferentes insumos.

Ha de mencionarse que en las gráficas presentadas en este trabajo, los diferentes factores se han valuado sin tomar en cuenta los impuestos de sus diferentes insumos, independientemente de que éstos forman parte del precio de venta al público. Ello es debido a la consideración de que cualquier impuesto de esa naturaleza es en realidad una transferencia de dinero entre las diferentes personas que forman la cadena comercial, pero no representa una pérdida de valor para la nación. El producto final de las transferencias conforma los ingresos fiscales del Estado y sigue siendo riqueza nacional. Por ejemplo, en la compra-venta de una llanta hay una transferencia de dinero de una persona a otra, pero la riqueza nacional permanece. Si la llanta se consume por el uso, el país perdió una llanta; el costo de ese consumo es el que figura en las gráficas y es el que realmente interesa a un proyectista de carreteras, habida cuenta de la naturaleza del servicio nacional que prestan estas estructuras.

Para reducir posibles errores de aproximación en la estimación de costos de operación, se recomienda analizar tramos homogéneos, minimizando así las distorsiones que causaría el uso de grandes promedios de pendiente o curvatura como datos de entrada a las gráficas.

## **2. Análisis del Efecto del Estado Superficial de la Carretera en los Costos de Operación Vehicular (Referencia 11).**

La información contenida en los estudios realizados por el I.M.T. a este respecto, está básicamente dedicada hacia los ingenieros de conservación de carreteras, pero es evidente la importancia que el tema reviste también para los especialistas en planeación y en proyecto de obras viales.

## FACTORES DEL COSTO BASE-CAMION ARTICULADO (ADIMENSIONAL)

Curvatura Horizontal Promedio (grad/Km)	Pendiente media ascendente (%)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1.00	1.10	1.23	1.38	1.55	1.74	1.95	2.18	2.43	2.69	2.98
100	1.02	1.12	1.25	1.40	1.58	1.77	1.99	2.22	2.48	2.75	3.04
200	1.05	1.15	1.27	1.43	1.61	1.81	2.03	2.27	2.54	2.82	3.12
300	1.08	1.17	1.30	1.46	1.64	1.85	2.08	2.33	2.60	2.89	3.21
400	1.10	1.19	1.32	1.47	1.65	1.86	2.09	2.34	2.61	2.90	3.22
500	1.12	1.20	1.33	1.48	1.66	1.87	2.10	2.35	2.62	2.91	3.23
600	1.13	1.22	1.34	1.49	1.67	1.88	2.10	2.35	2.63	2.92	3.23
700	1.14	1.23	1.34	1.50	1.68	1.88	2.11	2.36	2.63	2.93	3.24
800	1.15	1.23	1.35	1.50	1.68	1.89	2.12	2.37	2.64	2.93	3.25
900	1.16	1.24	1.36	1.51	1.69	1.89	2.12	2.37	2.64	2.93	3.25
1000	1.17	1.25	1.36	1.51	1.69	1.90	2.12	2.37	2.65	2.94	3.25
1100	1.18	1.25	1.37	1.52	1.70	1.90	2.13	2.38	2.65	2.94	3.26
1200	1.18	1.26	1.37	1.52	1.70	1.90	2.13	2.38	2.65	2.94	3.26
1300	1.19	1.26	1.38	1.53	1.70	1.91	2.13	2.38	2.65	2.95	3.26
1400	1.19	1.27	1.38	1.53	1.71	1.91	2.14	2.39	2.66	2.95	3.27
1500	1.20	1.27	1.38	1.53	1.71	1.91	2.14	2.39	2.66	2.95	3.27
1600	1.20	1.28	1.39	1.53	1.71	1.91	2.14	2.39	2.66	2.95	3.27
1700	1.20	1.28	1.39	1.54	1.71	1.92	2.14	2.39	2.66	2.96	3.27
1800	1.21	1.28	1.39	1.54	1.72	1.92	2.14	2.39	2.66	2.96	3.27
1900	1.21	1.28	1.40	1.54	1.72	1.92	2.15	2.39	2.67	2.96	3.27
2000	1.21	1.29	1.40	1.54	1.72	1.92	2.15	2.40	2.67	2.96	3.28

Valores calculados 6/08/90

**Tabla A3.3**

## **2.1 Indicadores del Estado Superficial.**

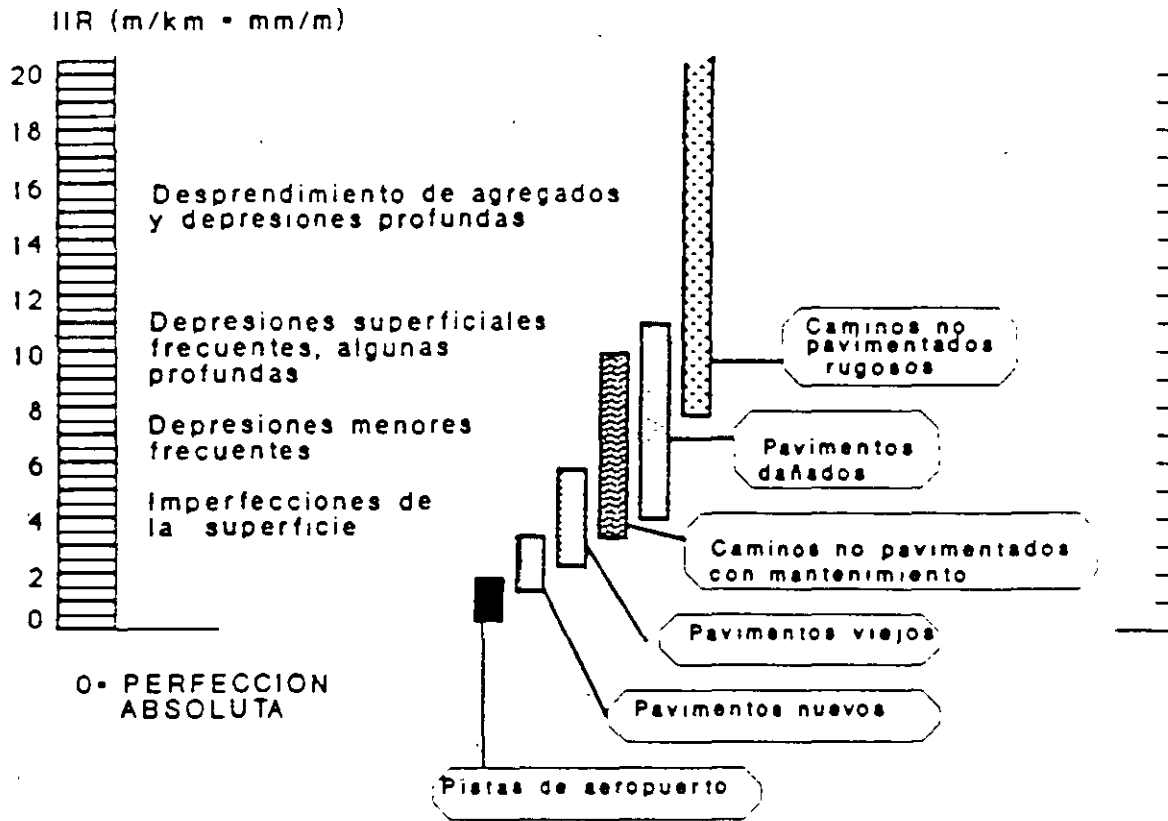
Los estados de la superficie de rodamiento considerados están representados por el índice de servicio y el índice internacional de rugosidad. El primero corresponde a la valuación de la comodidad del viaje en una escala de 0 a 5, que realizan cuatro personas en un vehículo en buenas condiciones de suspensión y alineación, circulando a velocidad normal de operación (Referencias 6 y 17).

El índice internacional de rugosidad constituye una medida de la rugosidad, entendida ésta como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad del viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida y el índice internacional de rugosidad puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud del mismo; su unidad de medida es m/km.

En la Figura A3.7 se muestra gráficamente la escala de dicho índice con una breve descripción del estado cualitativo del pavimento correspondiente a ciertos rangos. Para mayor objetividad, en las Figuras A3.8 se muestran algunas fotografías de pavimentos cuyo aspecto es indicativo de diferentes niveles de rugosidad en términos del índice internacional de rugosidad y del índice de servicio correspondiente.

En virtud de que los equipos disponibles para la medición de la rugosidad son muy variados y generan resultados con base en escalas propias, se incluyen las equivalencias aproximadas entre las principales escalas de rugosidad utilizadas internacionalmente (Figura A.3.9). Cabe mencionar que además del equipo móvil, existe un método muy accesible para realizar estimaciones de la rugosidad en campo por medio del procedimiento utilizado para controlar las tolerancias a las irregularidades de una superficie (Referencia 22). El método consiste en colocar manualmente una regla de 2 ó 3 metros de largo, longitudinalmente, sobre una de las huellas del camino, medir la desviación máxima bajo la regla en milímetros y repetir la operación a distancias convenientemente espaciadas. Con los datos de las mediciones, calcular las frecuencias acumuladas y sustituir el valor del 95 percentil resultante (aquel que es





Fuente:

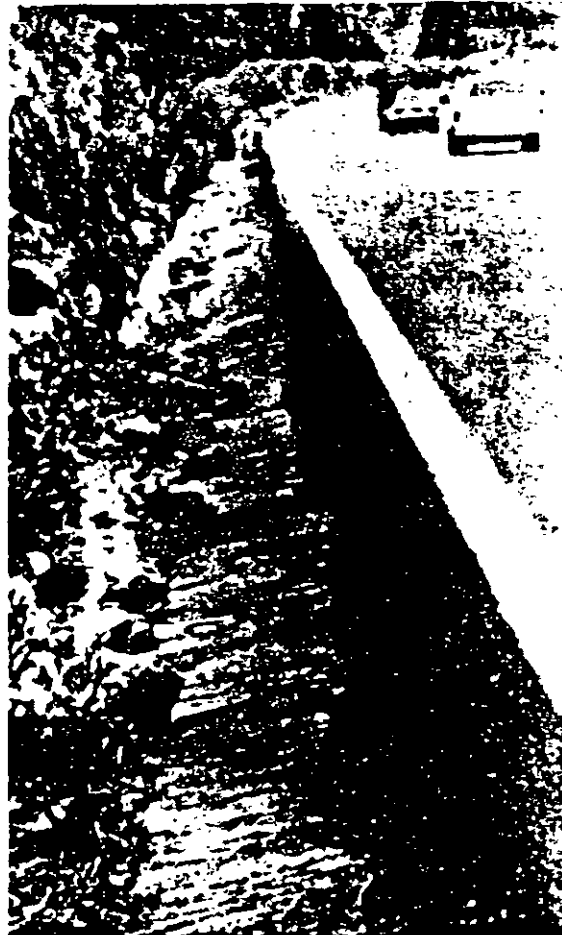
Sayers, M.W., T.D. Gillespie, and W.D.O. Paterson (1986). Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. Technical Paper 46, World Bank, Washington, D.C.

Figura A3.7 ESCALA DEL INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD



a) IS > 4  
IIR 2.0 - 2.5

ASPECTO DE PAVIMENTOS  
CON DIFERENTES RANGOS  
DE NIVEL DE SERVICIO E IN-  
DICE INTERNACIONAL DE  
RUGOSIDAD.



b) IS > 4  
IIR 2.0 - 2.5

Figura A3.8

c) IS 3.5 - 4.0  
IIR 2.5 - 3.5

ASPECTO DE PAVIMENTOS  
CON DIFERENTES RANGOS  
DE NIVEL DE SERVICIO E  
INDICE INTERNACIONAL DE  
RUGOSIDAD.

d) IS 3.0 - 3.5  
IIR 3.5 - 5.0

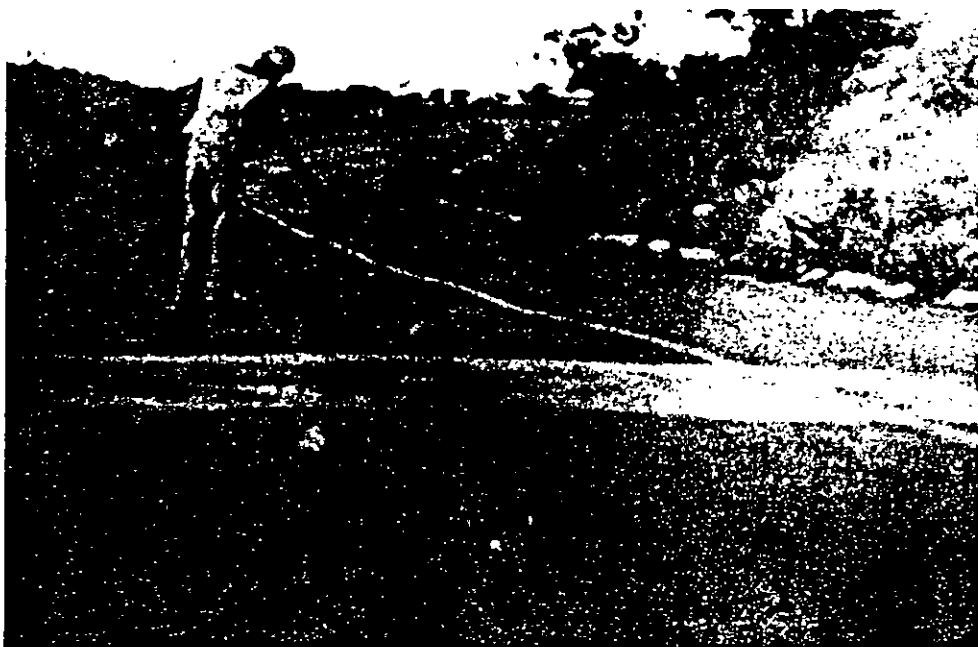
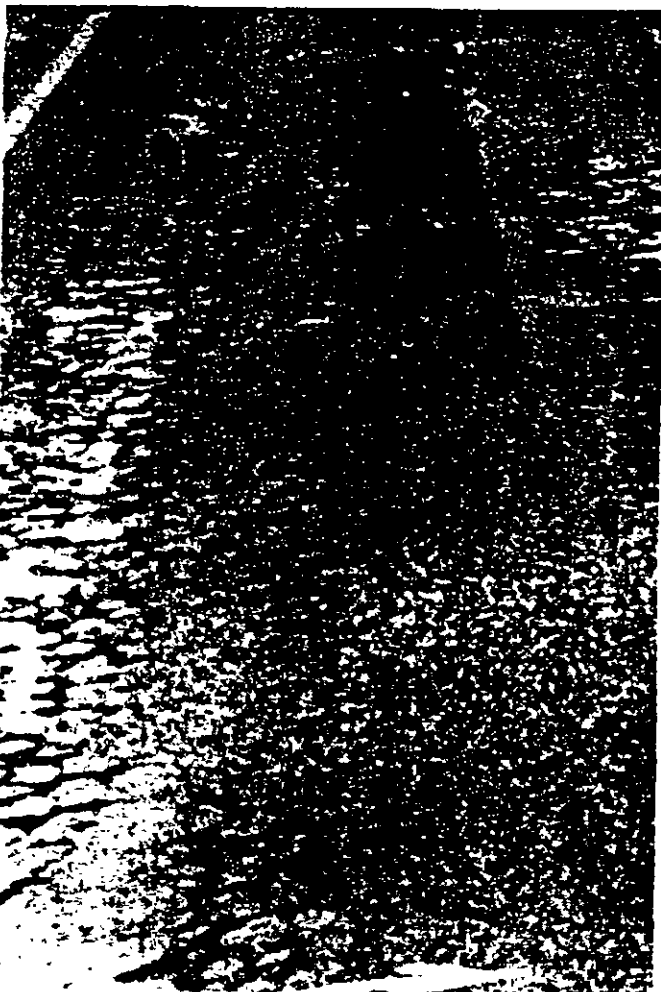
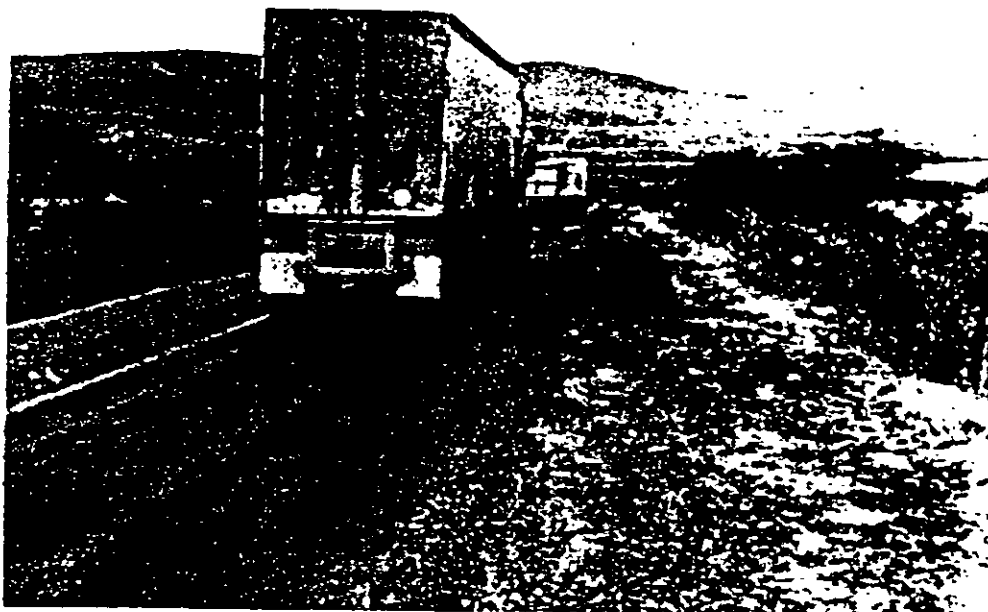


Figura A3.8



e) IS 2.5 - 3.0  
IIR 5.0 - 6.0

ASPECTO DE PAVIMENTOS  
CON DIFERENTES RANGOS  
DE NIVEL DE SERVICIO E  
INDICE INTERNACIONAL DE  
RUGOSIDAD.

η) IS 2.5 - 3.0  
IIR 5.0 - 6.0

Figura A3.8



g) IS 2.0 - 2.5  
IIR 6.0 - 7.0

ASPECTO DE PAVIMENTOS  
CON DIFERENTES RANGOS  
DE NIVEL DE SERVICIO E  
INDICE INTERNACIONAL DE  
RUGOSIDAD.

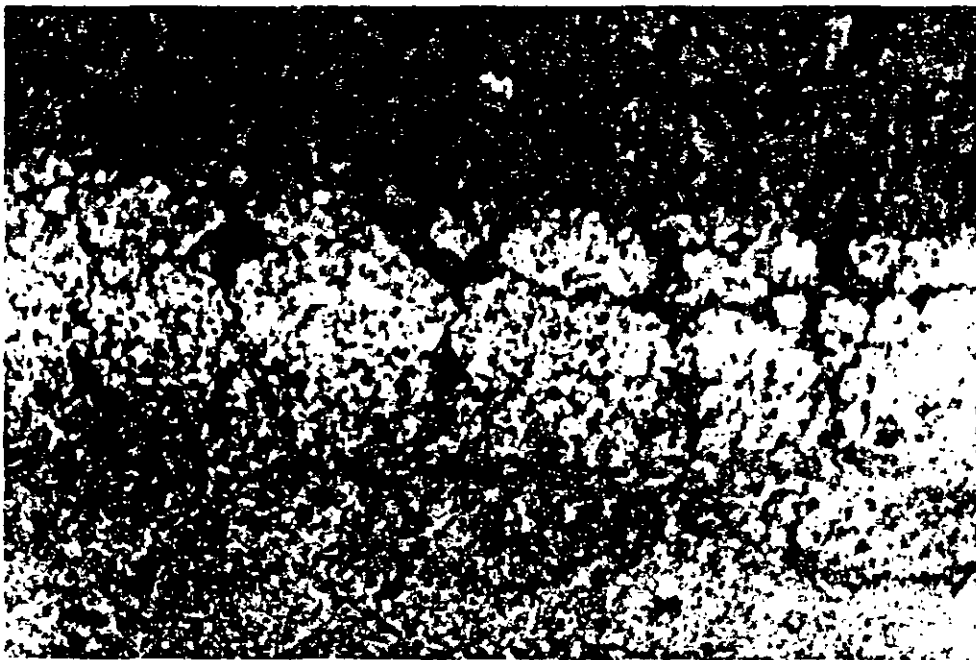
h) IS 1.5 - 2.0  
IIR 7.0 - 8.5



Figura A3.8



i) IS 1.0 - 1.5  
IIR 8.5 - 10.0

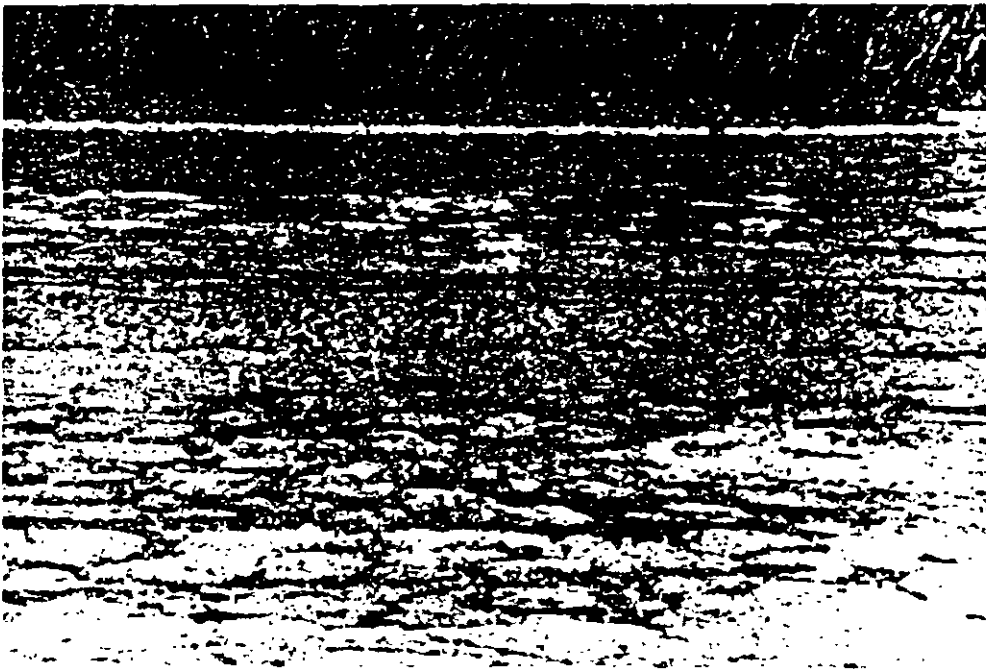


j) IS 1.0 - 1.5  
IIR 8.5 - 10.0

Figura A3.8

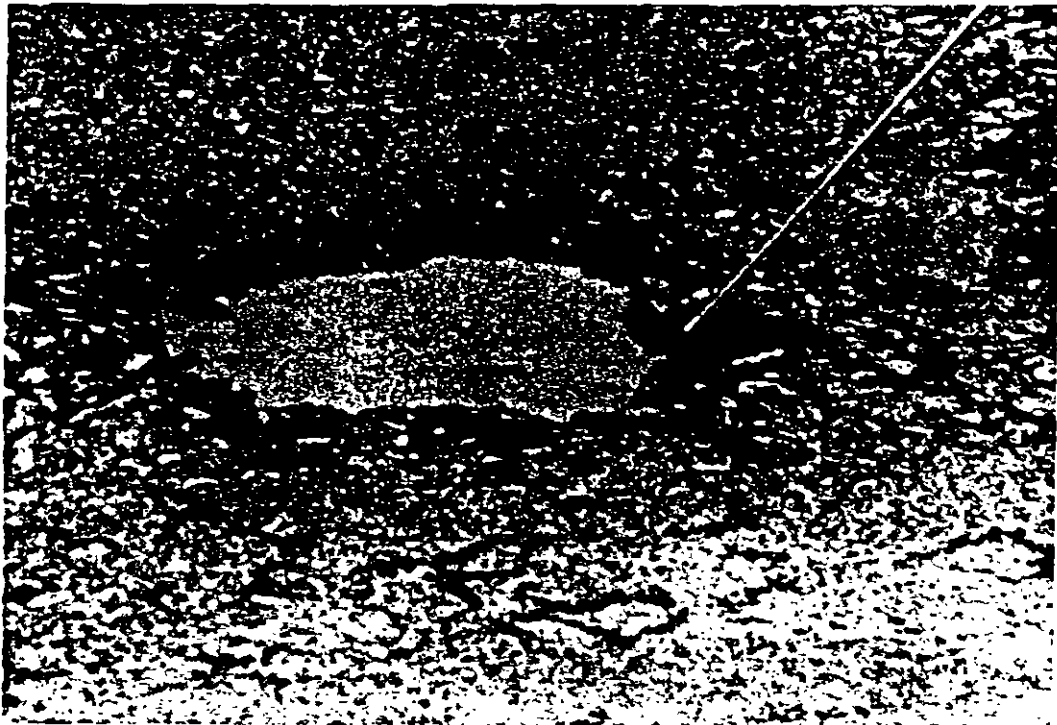


k) IS 0.5 - 1.0  
IIR 10.0 - 11.0



l) IS < 0.5  
IIR > 12.0

Figura A3.8



m)  $IS < 0.5$   
 $IIR > 12.0$

ASPECTO DE PAVIMENTOS  
CON DIFERENTES RANGOS  
DE NIVEL DE SERVICIO E  
INDICE INTERNACIONAL DE  
RUGOSIDAD.

Figura A3.8



IIR (m/km)	QIm (count/km)	Blr (mm/km)	CP2.5 (0.01 mm)	Wsw	CAPL25	IMr (pulg/mill)	IIR (m/km)
0	0	0	0	0	0	0	0
2	20	1000	20	4	4	100	2
4	40	2000	40	8	8	200	4
6	60	4000	60	12	12	300	6
8	80	6000	80	16	16	400	8
10	100	8000	100	20	20	500	10
12	120	10000	120	24	24	600	12
14	140	12000	140	28	28	700	14
16	160	14000	160	32	32	800	16
18	180	16000	180	36	36	900	18
20	200	16000	200	40	40	1000	20

**Nota**  
La línea del centro representa el valor estimado y los márgenes izquierdo y derecho con relación a dicha línea representan los límites inferior (15 percentil) y superior (85 percentil) de datos particulares en torno al valor estimado

- Notas** Conversiones estimadas sobre datos de "International Road Roughness Experiment", (Sayers, Gillespie and Queiroz, 1986)
- IIR** Índice Internacional de Rugosidad (Sayers, Gillespie and Paterson, Public Téc. Banco Mundial #46, 1986)
- QIm** "Quarter-car Index" de un "Maysmeter" calibrado, Estudio de costos en Carreteras, Brasil-PNUD  
 $IIR = QIm/13 + 0.37$  IIR < 17
- Blr** "Bump Integrator Trailer" a 32 km/h, "Transport and Road Research Laboratory", Inglaterra:  
 $IIR = 0.0032 Blr^{0.98} + 0.31$  IIR < 17
- PC2.5** "Coefficient of planarity" sobre una base de 2.5 m de longitud para un perfilómetro APL72 "Centre de Recherches Routiers", Bélgica  
 $IIR = PC2.5/16 + 0.27$  IIR < 11
- Wsw** Energía de Onda Corta para un perfilómetro APL72, "Laboratoire Central des Ponts et Chaussées", Francia:  $IIR = 0.78 Wsw^{0.63} + 0.69$  IIR < 9
- CAPL25** Coeficiente del perfilómetro APL25, "Laboratoire Central des Ponts et Chaussées", Francia:  
 $IIR = 0.45k CAPL25 + 16\%$ ; IIR < 11  
 Donde k=1 para uso general, k=0.74 para superficies de concreto asfáltico, k=1.11 para tratamiento superficial con tierra ó grava
- IMr** Equivalencia del IIR en pulg/milla, de la simulación de referencia de un "Quarter-car" a 50 mill/h (ver "HSRI-reference" en Gillespie, Sayers and Segel, NCHRP report 228, 1980, y "RARS 80" en Sayers, Gillespie y Queiroz, Public Téc. del Banco Mundial #45, 1985)  $IIR = IMr/63.36$
- Fuente.** Adaptación de Paterson, W.D.O. (1987), "Road Deterioration and Maintenance Effects, Model for Planning and Management". The Highway Design and Maintenance Standards Series, pág. 36. The World Bank.

Figura A3.9 CONVERSIONES APROXIMADAS ENTRE LAS PRINCIPALES ESCALAS DE RUGOSIDAD

mayor al 95% de las observaciones e inferior al 5%) en la fórmula siguiente que corresponda, para conocer el valor del índice internacional de rugosidad (IIR), en m/km:

$$\text{IIR (m/km)} = 0.35 \text{ DMR}_3 \quad (\text{A3.1})$$

en donde:

$\text{DMR}_3$  = 95 percentil de las desviaciones máximas bajo una regla de 3 metros de largo;

$$\text{IIR (m/km)} = 0.437 \text{ DMR}_2 \quad (\text{A3.2})$$

en donde:

$\text{DMR}_2$  = 95 percentil de las desviaciones máximas bajo una regla de 2 metros de largo.

Para una solución gráfica del problema puede utilizarse la Figura A3.10.

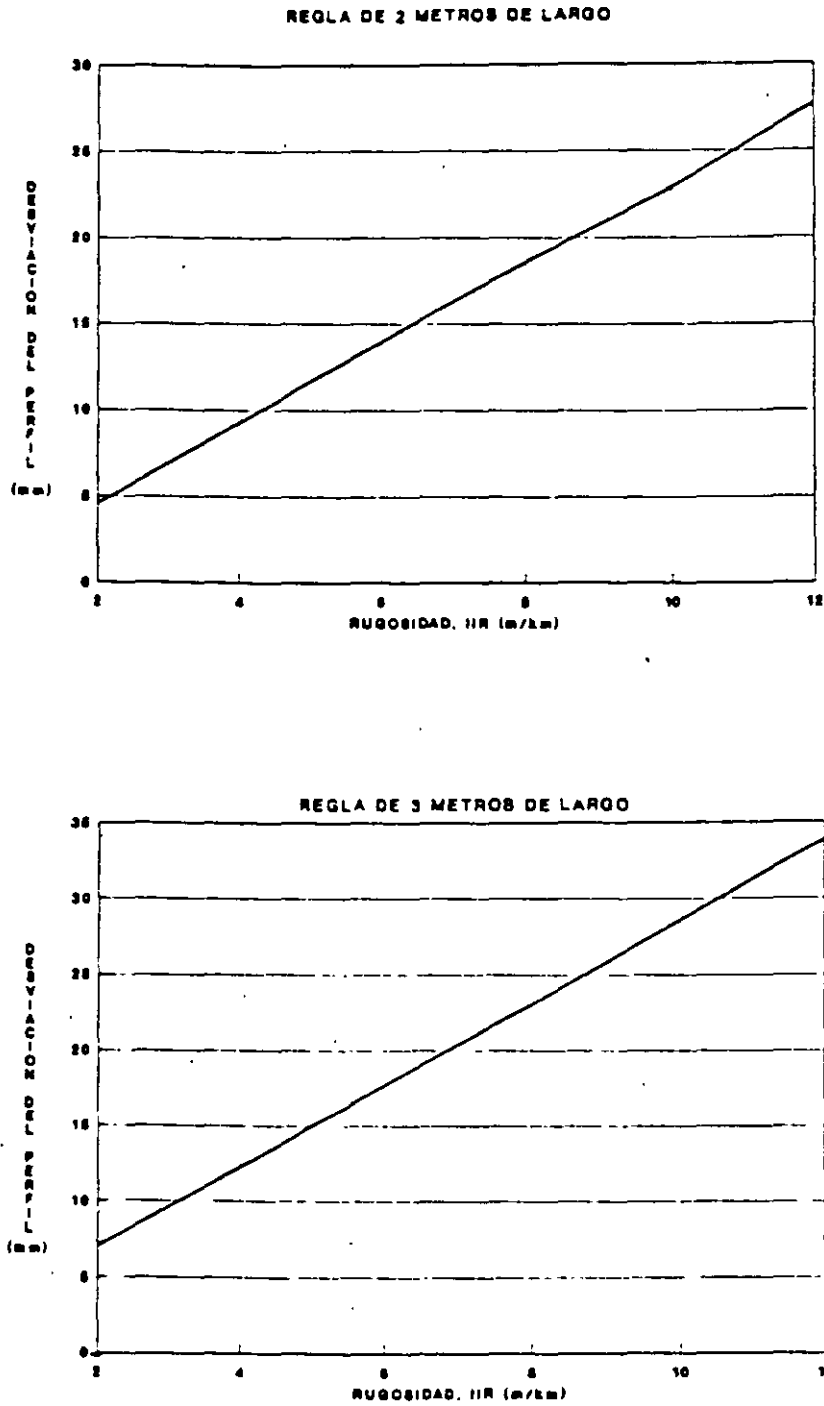
Para reducir errores en la medición de la rugosidad y, por tanto, en la apreciación de costos de operación mediante las gráficas aquí presentadas, se recomienda medir y evaluar tramos homogéneos. Con ello, se reducirán las distorsiones que causaría el uso de grandes promedios de índices de servicio o rugosidad como datos de entrada a las gráficas.

## 2.2 Gráficas.

El resultado final de los trabajos del I.M.T. en el asunto ahora tratado es un juego de dos gráficas para cada uno de los cinco tipos de vehículos seleccionados: un camión articulado con remolque, un camión mediano de dos ejes, una camioneta de carga o camión ligero, un autobús foráneo y un vehículo ligero (Figuras A3.11 a A3.15).

Las gráficas del primer tipo, en la parte superior de las figuras, muestran la relación entre el estado de la superficie de rodamiento, en términos del índice de servicio y del índice internacional de rugosidad y el costo de operación del vehículo como un factor de su costo de operación base, para tres tipos de terreno: sensiblemente plano (ligeras pendientes y curvas suaves), de lomerío y montañoso. Se incluye como referencia el caso base, correspondiente a un camino recto y plano, con pavimento nuevo.

EQUIVALENCIAS ENTRE LA ESCALA DEL INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD Y DESVIACIONES CON RESPECTO A REGLAS DE 2 Y 3 M. DE LONGITUD.



NOTA: Las desviaciones del perfil corresponden al valor del 85 percentil de las mediciones bajo la regla correspondiente.

Fuente: Adaptación de Pateras, W.D.O (1987) 'Road Deterioration and Maintenance Effects. Models For Planning and Management', The Highway Design and Maintenance Standards Series, pág. 40, The World Bank.

Figura A3.10

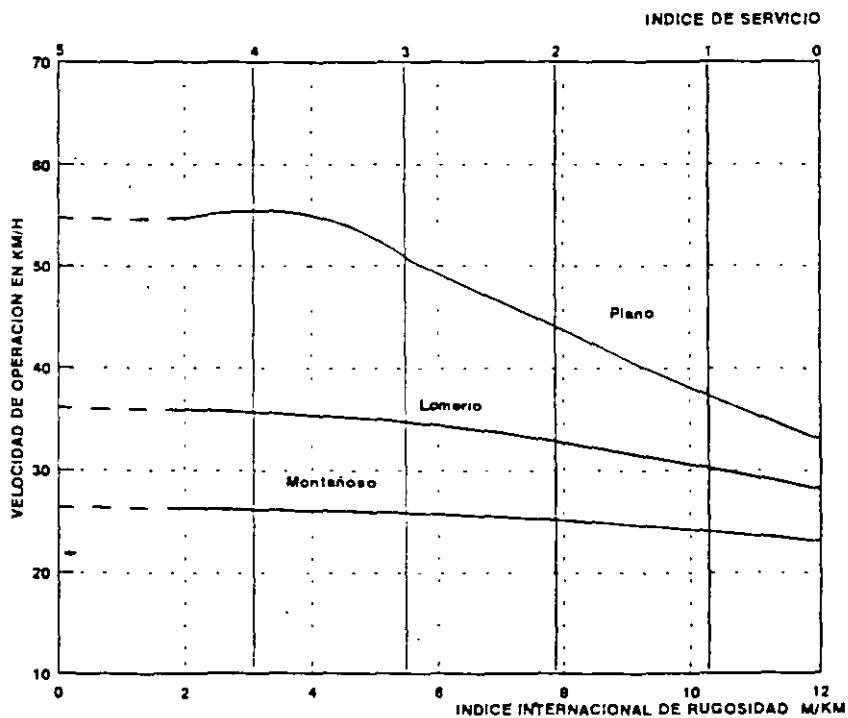
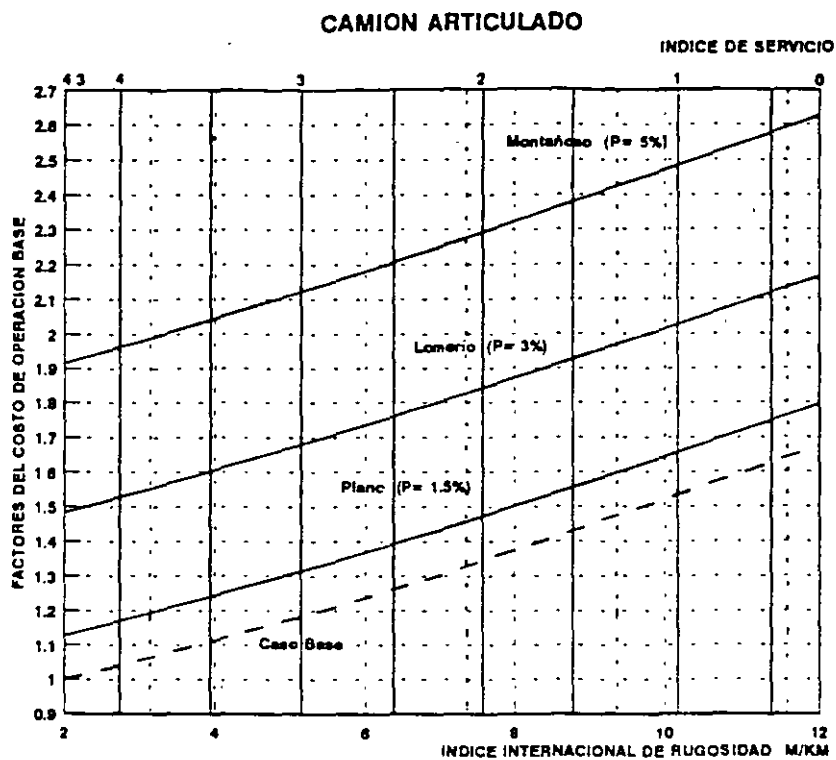


Figura A3.11

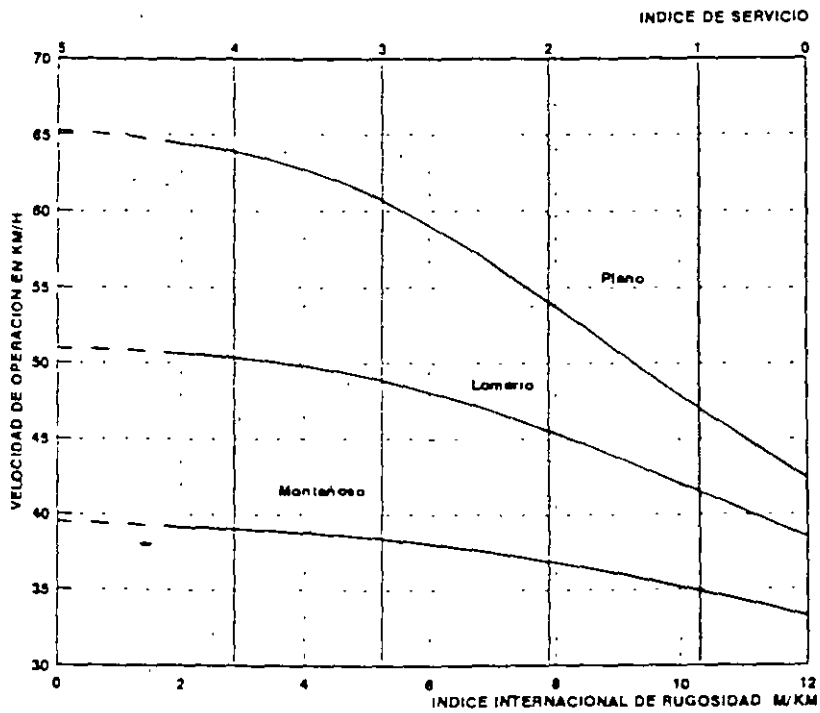
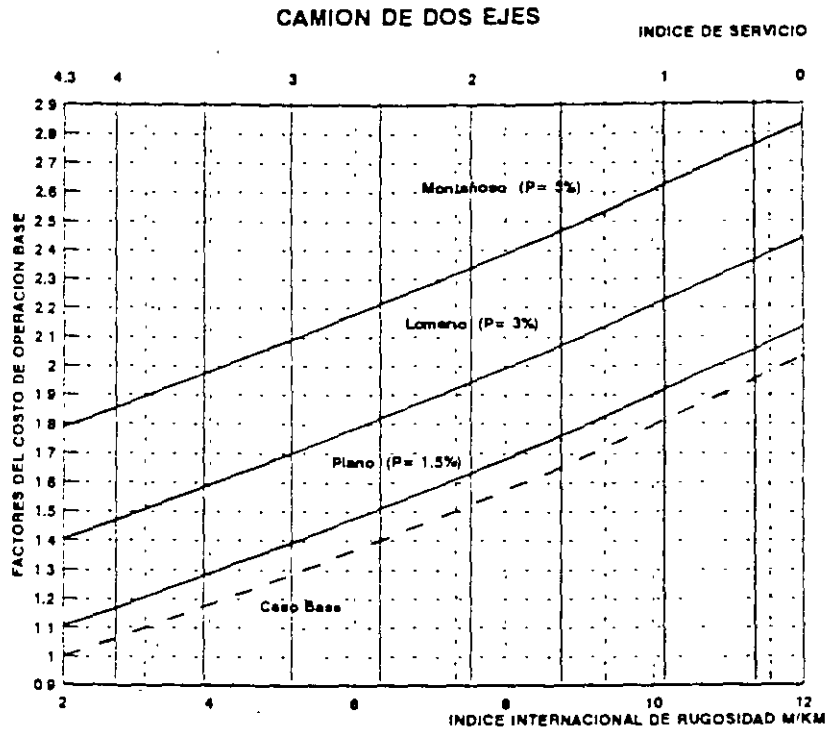


Figura A3.12

AUTOBUS FORANEO

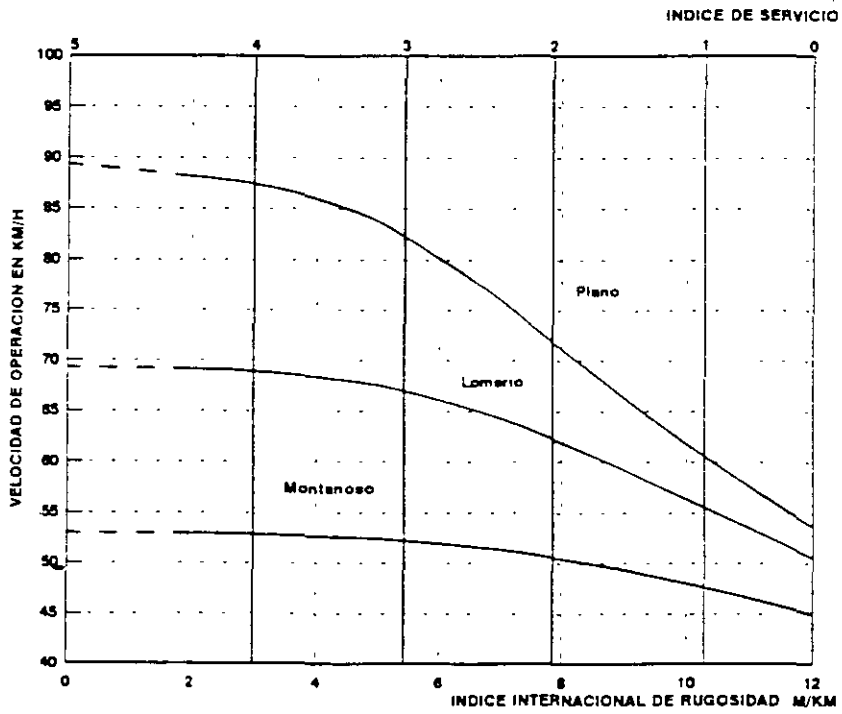
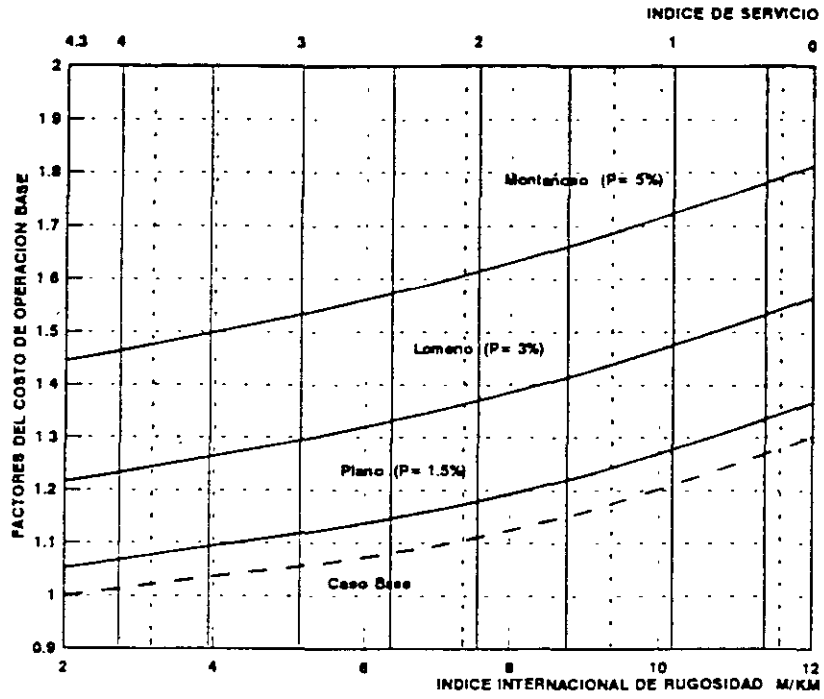


Figura A3.13

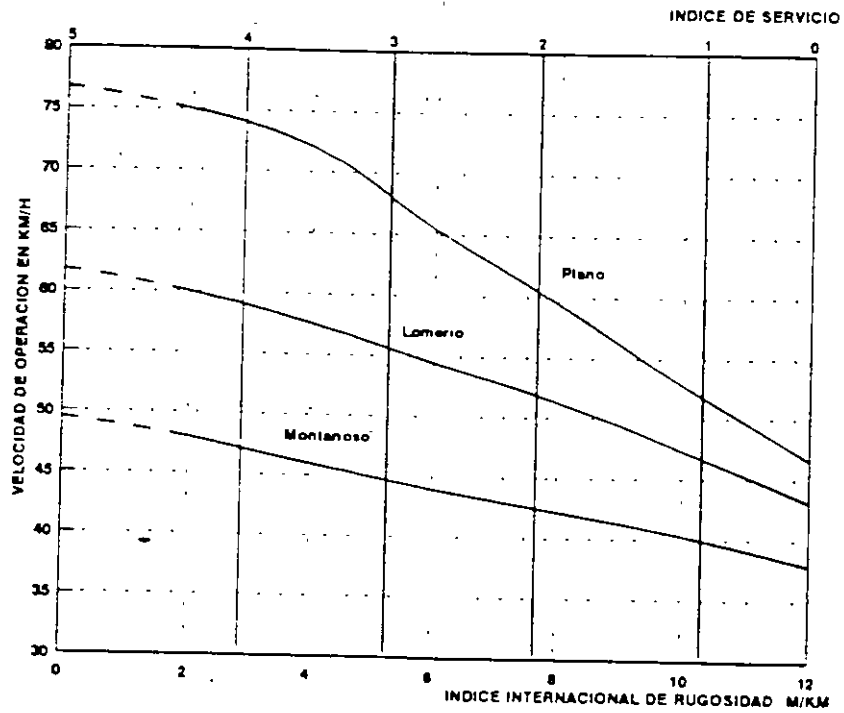
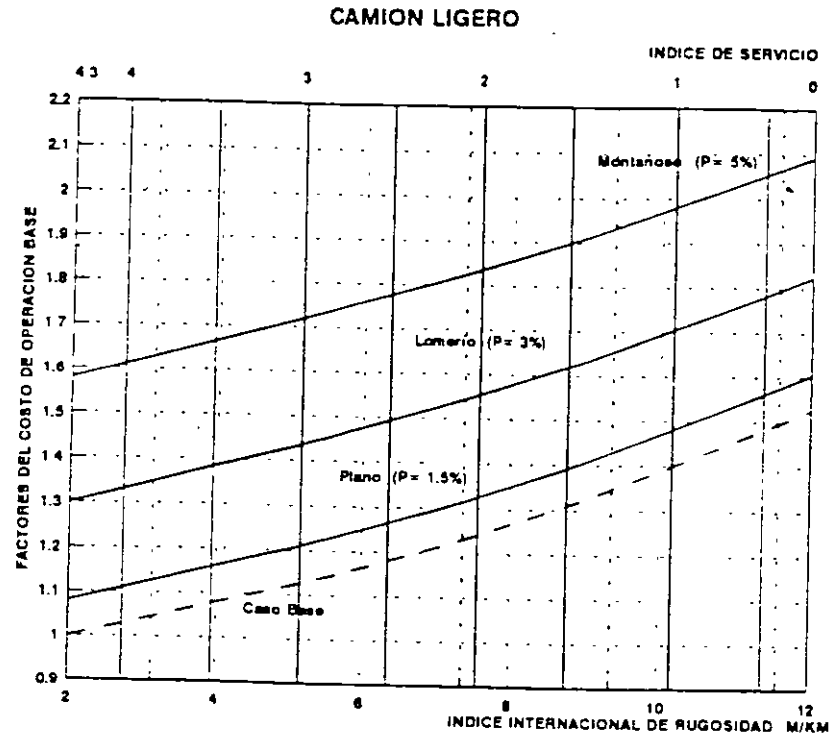


Figura A3.14

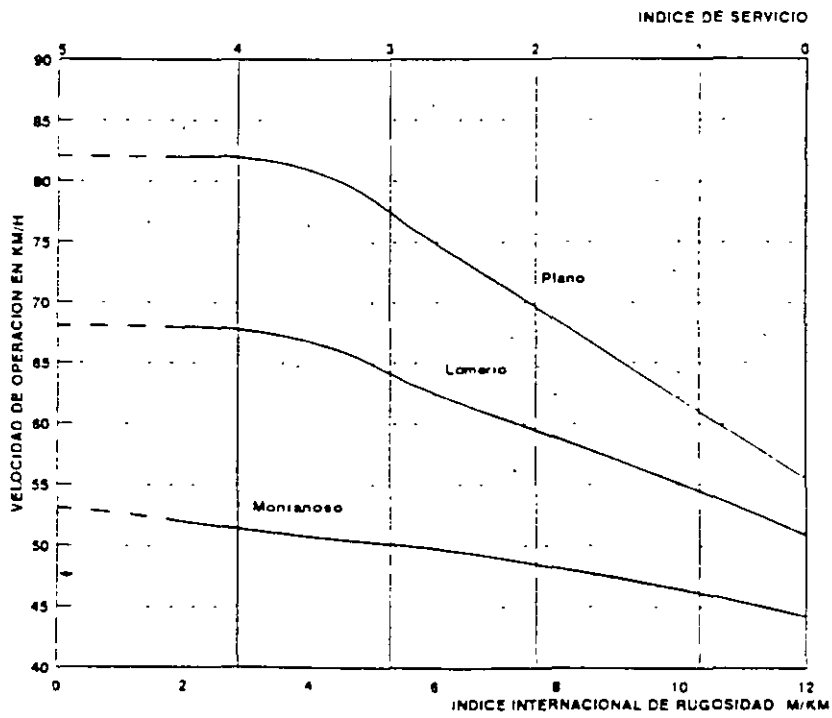
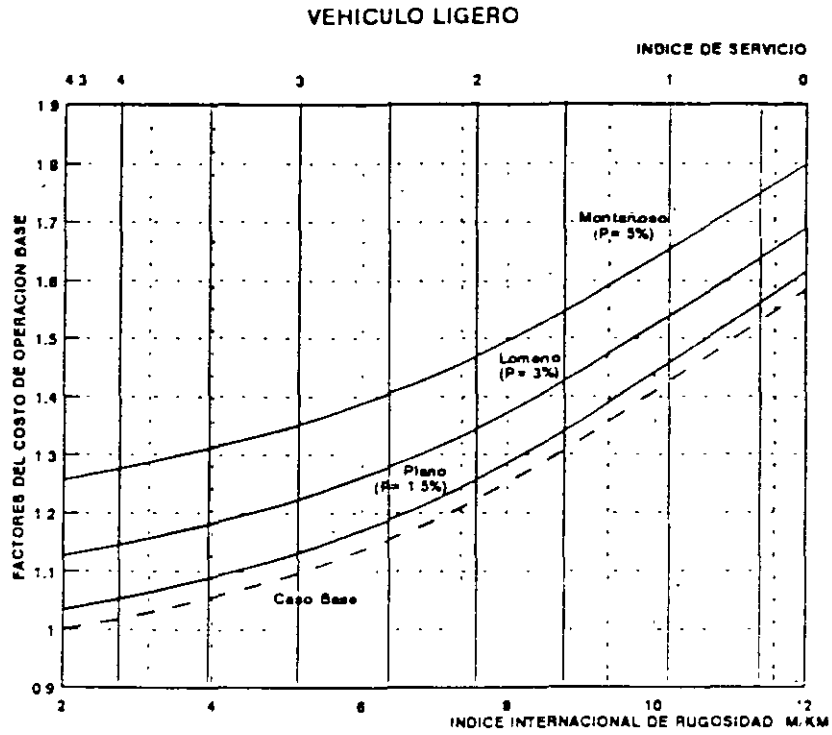


Figura A3.15



Las gráficas del segundo tipo relacionan, para los tres tipos de caminos mencionados, el estado de la superficie de rodamiento en términos del índice de servicio y del índice internacional de rugosidad, con la velocidad e operación típica (correspondiente a una velocidad de "cruce" sobre un camino de un solo carril en cada sentido, sin acotamientos).

Debido a la poca influencia de rugosidades por debajo de un índice internacional de rugosidad de 2 m/km (o por arriba de un índice de servicio de 4.3) tanto en los costos como en las velocidades, dicho rango no se incluyó en la gráfica superior y en la inferior que se presenta en forma punteada con el único fin de mantener presente la tendencia.

En ambas gráficas, las pendientes y curvaturas horizontales que corresponden a cada tipo de terreno son de aproximadamente 1.5% y 200 grados/km respectivamente, para el caso plano; de 3 a 4% y de 300 a 500 grados/km, para terreno de lomerío y más de 5% y 600 grados/km, para terreno montañoso. Al caso base le corresponden pendientes y curvaturas nulas.

De nuevo los estudios que llevaron a la formulación de las gráficas de factores de sobre costo por estado superficial, presentadas inmediatamente atrás, se basan en los realizados por el Banco Mundial en varios países ya mencionados y de nuevo el caso que se consideró más cercano al mexicano fue el de Brasil. La Referencia 21 detalla los datos utilizados y la Referencia 11 la metodología de los estudios realizados por el I.M.T. para adaptar la metodología general, ligeramente revisada, a las características técnicas de los vehículos circulantes por la red mexicana y a los costos unitarios de sus insumos. Se modificaron también los datos relativos a la utilización de los vehículos, en búsqueda una vez más de adaptación a condiciones nacionales.

Las velocidades manejadas corresponden a rugosidades comprendidas entre 2 y 12 m/km, en combinación con pendientes y curvaturas oscilantes entre el trazo totalmente plano y recto, el de terreno sensiblemente plano (aproximadamente 1.5% de pendiente y 200 grados/km de curvatura), de lomerío (de 3 a 4% y de 300 a 500 grados/km) y montañoso (pendiente superior a 5% y curvatura superior a 600 grados/km). Los costos de operación vehicular a que se llegó cubren naturalmente esos mismos rangos.

Conviene decir que todas las gráficas hacen uso de una equivalencia entre los conceptos de índice internacional de rugosidad e índice de servicio, establecida con base en estudios experimentales conducidos en el propio Instituto (Referencia 6), que representan un afinamiento hacia la realidad local de las correlaciones usualmente disponibles a nivel internacional.

## Apéndice 4. Sistema de Información Comercial (SECOFI).

---

### Sección I. ANIMALES VIVOS Y PRODUCTOS DEL REINO ANIMAL.

CLAVE	CAPITULO
1.	Animales vivos.
2.	Carnes y despojos comestibles.
3.	Pescados, crustáceos y moluscos y otros invertebrados acuáticos.
4.	Leche y productos lácteos; huevo de ave; miel natural; productos comestibles de origen animal, no expresados ni comprendidos en otras partidas.
5.	Los demás productos de origen animal no expresados ni comprendidos en otras partidas.

### Sección II. PRODUCTOS DEL REINO VEGETAL.

CLAVE	CAPITULO
6.	Plantas vivas y productos de la floricultura.
7.	Legumbres y hortalizas, plantas, raíces y tubérculos alimenticios.
8.	Frutos comestibles; cortezas de agrios o de melones.
9.	Café, te yerba mate y especias.
10.	Cereales.
11.	Productos de la molinería; malta, almidón y fécula; inulina; gluten de trigo.
12.	Semillas y frutos oleaginosos, semillas y frutos diversos; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes.
13.	Gomas, resinas y demás jugos y extractos.
14.	Materias trenzables y demás productos de origen vegetal no expresados ni comprendidos en otras partes.

**Sección III. GRASAS Y ACEITES ANIMALES O VEGETALES; PRODUCTOS DE SU DESDOBLAMIENTO; GRASAS ALIMENTICIAS ELABORADAS; CERAS DE ORIGEN ANIMAL O VEGETAL.**

<b>CLAVE</b>	<b>CAPITULO</b>
15.	Grasas y aceites animales o vegetales.

**Sección IV. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS ALIMENTARIAS; BEBIDAS, LIQUIDOS ALCOHOLICOS Y VINAGRE; TABACO Y SUCEDANEOS DEL TABACO ELABORADOS.**

<b>CLAVE</b>	<b>CAPITULO</b>
16.	Preparaciones de carne, de pescado o de crustáceos; de moluscos o de otros invertebrados acuáticos.
17.	Azúcares y artículos de confitería.
18.	Cacao y sus preparaciones.
19.	Preparaciones a base de cereales, harina, almidón, fécula o leche; productos de pastelería.
20.	Preparaciones de legumbres u hortalizas, de frutos o de otras partes de plantas.
21.	Preparaciones alimenticias diversas.
22.	Bebidas, líquidos alcohólicos y vinagre.
23.	Residuos y desperdicios de las industrias alimentarias; alimentos preparados para animales.
24.	Tabaco y sucedáneos del tabaco elaborados.

**Sección V. PRODUCTOS MINERALES.**

<b>CLAVE</b>	<b>CAPITULO</b>
25.	Sal; azufre; tierras y piedras, yesos, cales y cementos.
26.	Minerales, escorias y cenizas.

**CLAVE**

**CAPITULO**

27. Combustibles minerales, aceites minerales y productos de su destilación; materias bituminosas; ceras minerales.

Sección VI. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS QUIMICAS O DE LAS INDUSTRIAS CONEXAS.

**CLAVE**

**CAPITULO**

28. Productos químicos inorgánicos; compuestos inorgánicos u orgánicos de los metales preciosos, de los elementos radiactivos, de los metales, de las tierras raras o isótopos.
29. Productos químicos orgánicos.
30. Productos farmacéuticos.
31. Abonos.
32. Extractos curtientes tintóreos, taninos y sus derivados; pigmentos y demás materias colorantes; pinturas y barnices; mástiques; tintas.
33. Aceites esenciales y resinoides; preparados de perfumería, de tocador y de cosmética.
34. Jabones; agentes de superficie orgánicos; preparaciones para lavar; preparaciones lubricantes; ceras artificiales, ceras preparadas; productos de limpieza, velas y artículos similares; pastas para modelar, ceras para odontología y preparaciones para odontología a base de yeso.
35. Materias albuminoideas; productos a base de almidón o de fécula modificados; colas; enzimas.
36. Pólvoras y explosivos; artículos de pirotecnia.
37. Productos fotográficos o cinematográficos.
38. Productos diversos de la industria química.

**Sección VII. MATERIAS PLASTICAS Y MANUFACTURAS DE ESTAS MATERIAS; CAUCHO Y MANUFACTURAS DE CAUCHO.**

<b>CLAVE</b>	<b>CAPITULO</b>
39.	Materias plásticas y manufacturas de estas materias.
40.	Caucho y manufacturas de caucho.

**Sección VIII. PIELES, CUEROS, PELETERIA Y MANUFACTURAS DE ESTAS MATERIAS; ARTICULOS DE GUARNICIONERIA O DE TALABARTERIA; ARTICULOS DE VIAJE, BOLSOS DE MANO Y CONTINENTES SIMILARES; MANUFACTURAS DE TRIPA.**

<b>CLAVE</b>	<b>CAPITULO</b>
41.	Pieles (excepto peletería) y cueros.
42.	Manufacturas de cuero; artículos de guarnicionería y de talabartería; artículos de viaje, bolsos de mano y continentes similares; manufacturas de tripa.
43.	Peletería confecciones de peletería; peletería artificial o ficticia.

**Sección IX. MADERA, CARBON VEGETAL Y MANUFACTURAS DE MADERA; CORCHO Y MANUFACTURAS DE CORCHO; MANUFACTURAS DE ESPARTERIA O DE CESTERIA.**

<b>CLAVE</b>	<b>CAPITULO</b>
44.	Madera, carbón vegetal y manufacturas de madera.
45.	Corcho y sus manufacturas.
46.	Manufacturas de espartería o de cestería.

Sección X. PASTAS DE MADERA O DE OTRAS  
MATERIAS FIBROSAS CELULOSICAS;  
DESPERDICIOS Y DESECHOS DE PAPEL O  
CARTON; PAPEL; CARTON Y SUS  
APLICACIONES.

CLAVE	CAPITULO
47.	Pastas de madera o de otras materias fibrosas celulósicas; desperdicios y desechos de papel o cartón.
48.	Papel y cartón; manufacturas de pasta de celulosa, de papel o cartón.
49.	Productos editoriales, de la prensa o de las otras industrias gráficas; textos manuscritos o mecanografiados y planos.

Sección XI. MATERIAS TEXTILES Y SUS  
MANUFACTURAS.

CLAVE	CAPITULO
50.	Seda.
51.	Lana y pelo fino u ordinario; hilados y tejidos de crin.
52.	Algodón.
53.	Las demás fibras textiles vegetales; hilados de papel y tejidos de hilados de papel.
54.	Filamentos sintéticos o artificiales.
55.	Fibras sintéticas o artificiales discontinuas.
56.	Guata, fieltro y telas sin tejer; hilados especiales; cordeles cuerdas y cordajes; artículos de cordelería.
57.	Alfombras y demás revestimientos para el suelo, de materias textiles.
58.	Tejidos especiales; superficies textiles con pelo insertado; encajes; tapicería; pasamanería; bordados.
59.	Tejidos impregnados, recubiertos, revestidos o estratificados, artículos técnicos de materias textiles.
60.	Tejidos de punto.
61.	Prendas y complementos de vestir, de punto.
62.	Prendas y complementos de vestir excepto los de punto.

CLAVE	CAPITULO
63.	Los demás artículos textiles confeccionados; conjuntos y surtidos.
Sección XII.	<b>CALZADO; SOMBRERERIA, PARAGUAS, QUITASOLES, BASTONES, LATIGOS, FUSTAS Y SUS PARTES; PLUMAS PREPARADAS Y ARTICULOS DE PLUMAS; FLORES ARTIFICIALES; MANUFACTURAS DE CABELLO.</b>
CLAVE	CAPITULO
64.	Calzado, polainas, botines y artículos análogos; partes de estos artículos.
65.	Artículos de sombrería y sus partes.
66.	Paraguas, sombrillas, quitasoles, bastones, asientos, látigos.
67.	Plumas y plumón preparados y artículos de plumas o plumón; flores artificiales; manufacturas de cabello.
Sección XIII.	<b>MANUFACTURAS DE PIEDRA, YESO, CEMENTO, AMIANTO, MICA O MATERIAS ANALOGAS; PRODUCTOS CERAMICOS; VIDRIO Y MANUFACTURAS DE VIDRIO.</b>
CLAVE	CAPITULO
68.	Manufacturas de piedra, yeso, cemento, amianto, mica y materias análogas.
69.	Productos cerámicos.
70.	Vidrio y manufacturas de vidrio.



Sección XIV. PERLAS FINAS O CULTIVADAS; PIEDRAS PRECIOSAS Y SEMIPRECIOSAS O SIMILARES; METALES PRECIOSOS; CHAPADOS DE METALES PRECIOSOS Y MANUFACTURAS DE ESTAS MATERIAS; BISUTERIA, MONEDAS.

CLAVE

CAPITULO

71. Perlas finas o cultivadas, piedras preciosas y semipreciosas o similares.

Sección XV. METALES COMUNES Y MANUFACTURAS DE ESTOS METALES.

CLAVE

CAPITULO

72. Fundición, hierro y acero.  
73. Manufacturas de fundición, de hierro o de acero.  
74. Cobre y manufacturas de cobre.  
75. Níquel y manufacturas de níquel.  
76. Aluminio y manufacturas de aluminio.  
77. (Reservado para una futura utilización en el sistema armonizado).  
78. Plomo y manufacturas de plomo.  
79. Cinc y manufacturas de cinc.  
80. Estaño y manufacturas de estaño.  
81. Los demás metales comunes; "Cermets"; manufacturas de estas materias.  
82. Herramientas y útiles, artículos de cuchillería y cubiertos de mesa, de metales comunes; partes de estos metales comunes.  
83. Manufacturas diversas de metales comunes.

Sección XVI. MAQUINAS Y APARATOS, MATERIAL ELECTRICO Y SUS PARTES; APARATOS DE GRABACION O REPRODUCCION DE IMAGENES Y SONIDOS EN TELEVISION Y LAS PARTES Y ACCESORIOS DE ESTOS APARATOS.

CLAVE	CAPITULO
84.	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos.
85.	Máquinas, aparatos y material eléctrico y sus partes; aparatos de grabación y reproducción de imágenes.

Sección XVII. MATERIAL DE TRANSPORTE.

CLAVE	CAPITULO
86.	Vehículos y material para vías ferréas o similares y sus partes; aparatos mecánicos (incluso electromecánicos) de señalización vías de comunicación.
87.	Vehículos automoviles, tractores, ciclos y demás vehículos terrestres; sus partes y accesorios.
88.	Navegación aérea o espacial.
89.	Navegación marítima o fluvial.

Sección XVIII. INSTRUMENTOS Y APARATOS DE OPTICA, FOTOGRAFIA O CINEMATOGRAFIA, DE MEDIDA, CONTROL PRECISION; INSTRUMENTOS Y APARATOS MEDICO-QUIRURGICOS, RELOJERIA; INSTRUMENTOS DE MUSICA; PARTES Y ACCESORIOS DE ESTOS INSTRUMENTOS O APARATOS.

CLAVE	CAPITULO
90.	Instrumentos y aparatos de óptica, fotografía o cinematografía, de medida, control o precisión; instrumentos y aparatos médico-quirúrgicos; sus partes y accesorios de estos instrumentos o aparatos.
91.	Relojería.
92.	Instrumentos musicales; partes y accesorios de estos instrumentos.

Sección XIX. ARMAS Y MUNICIONES; SUS PARTES Y ACCESORIOS.

CLAVE	CAPITULO
93.	Armas y municiones; sus partes y accesorios.

Sección XX. MERCANCIAS Y PRODUCTOS DIVERSOS.

CLAVE	CAPITULO
94.	Muebles; mobiliario médico-quirúrgico; artículos de cama y similares; aparatos de alumbrado no expresados ni comprendidos en otras partidas; anuncios, letreros y placas indicadoras; luminosos y artículos similares; construcciones prefabricadas.
95.	Juguetes, juegos y artículos para recreo o para deportes; sus partes y accesorios.
96.	Manufacturas diversas.

Sección XXI. OBJETOS DE ARTE, DE COLECCION O DE ANTIGÜEDAD.

CLAVE	CAPITULO
-------	----------

- 97. Objetos de arte, de colección o antigüedades.
- 98. Importación de mercancías mediante operaciones de abrigo; importaciones temporales para trabajos de maquila.

## **Apéndice 5. Consideraciones sobre el Comportamiento de Diferentes Tipos de Vehículos Representativos del Tránsito Nacional en Relación a su Capacidad de Carga y Daño a la Infraestructura (Referencias 23 y 24).**

---

En este apéndice se desea comentar algunos aspectos de importancia para redondear criterios que permitan manejar adecuadamente la conservación de la red carretera. Se refieren a estudios realizados por el Instituto Mexicano del Transporte que están glosados en las Referencias 23 y 24.

En la Referencia 23 se comparan los daños que diversos tipos de vehículos de carga causan a la infraestructura carretera, utilizando el concepto de coeficiente de daño tradicionalmente manejado por los especialistas en capacidad estructural de las propias carreteras. Esta información puede ser útil en el sentido de que en México y quizá en otros muchos lugares circulan vehículos de análoga capacidad de carga pero de arreglos diferentes de trenes de llantas, que causan daños significativamente distintos a la sección estructural de la ruta. Estos análisis podrían resultar útiles para sustentar acciones de aliento a la fabricación y uso de ciertos tipos de vehículos y al desaliento de otros. No se incluye el detalle en este trabajo por considerarse que se trata de un asunto no directamente conectado con la Estrategia Nacional de Conservación propuesta, pero se desea llamar la atención sobre estos estudios porque evidentemente pueden contribuir a la problemática general de la conservación.

La Referencia 24 contiene estudios detallados que también proporcionan información adecuada para la formulación de criterios de conservación y para la formulación de los necesarios Reglamentos que en todas partes regulan los pesos que se aceptan en las redes nacionales. El Estudio origen de estos análisis es el propuesto por el Instituto Mexicano del Transporte y realizado por el mismo y por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Subsecretaría de Infraestructura; Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones). Este estudio, ya fue mencionado en este trabajo con el nombre de Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos de Carga Circulantes.

En el análisis al que ahora se hace referencia se consideraron los vehículos de carga siguientes (con mucho, los más frecuentes en el flujo vehicular mexicano):

- C2: camión de dos ejes, con eje trasero dual.
- C3: camión de tres ejes, con arreglo trasero de tandem de dos ejes.
- T3-S2: camión articulado con tractor de tres ejes (dos en tandem trasero) y remolque de dos ejes en tandem trasero.
- T3-S3: camión articulado con tractor de tres ejes (dos en tandem trasero) y remolque de tres ejes en arreglo triple trasero.
- T3-S2-R4: camión articulado con tractor de tres ejes (dos en tandem trasero), un remolque de dos ejes en tandem trasero y un segundo remolque con cuatro ejes en 2 arreglos en tandem.

La Figura A5.1 resume las conclusiones a que llegaron los cálculos del Instituto Mexicano del Transporte en lo referente a daños que causan a la infraestructura carretera, los vehículos de los tipos mencionados cuando transitan con diferentes cargas. Los estudios que sustentan la información presentada han sido realizados tanto en campo como en gabinete.

En el eje horizontal figura el peso bruto vehicular hasta límites realmente medidos y en el eje vertical se ven los costos emanantes del daño a la infraestructura por tonelada-kilómetro de carga transportada. La gráfica debe leerse teniendo en cuenta la Tabla A5.1 que en su primera columna da los pesos vehiculares máximos permitidos por los Reglamentos Mexicanos de Pesos y Dimensiones establecidos en 1980 y 1994. La propia tabla explica en las columnas (2) y (3), la situación realmente encontrada en el campo, en donde en ocasiones se detectaron vehículos sobrecargados (la columna (2) proporciona el valor promedio encontrado en los vehículos que circularon sobrecargados y la columna (3) proporciona el valor máximo registrado). El significado de la columna (4) se discutirá más adelante.

La Figura A5.1 permite verificar desde otro punto de vista, la eficiencia comparativa que puede existir entre diferentes arreglos vehiculares en cuanto al daño sobre la infraestructura carretera. Ahora el sentido de la reflexión será completamente diferente al comentado en relación al trabajo incluido en la Referencia 23. Lo que ahora quiere decirse es que si se desean transportar, por ejemplo, un número de toneladas que llene

# COSTOS DE DETERIORO CARRETERO PARA DIFERENTES TIPOS DE VEHICULOS

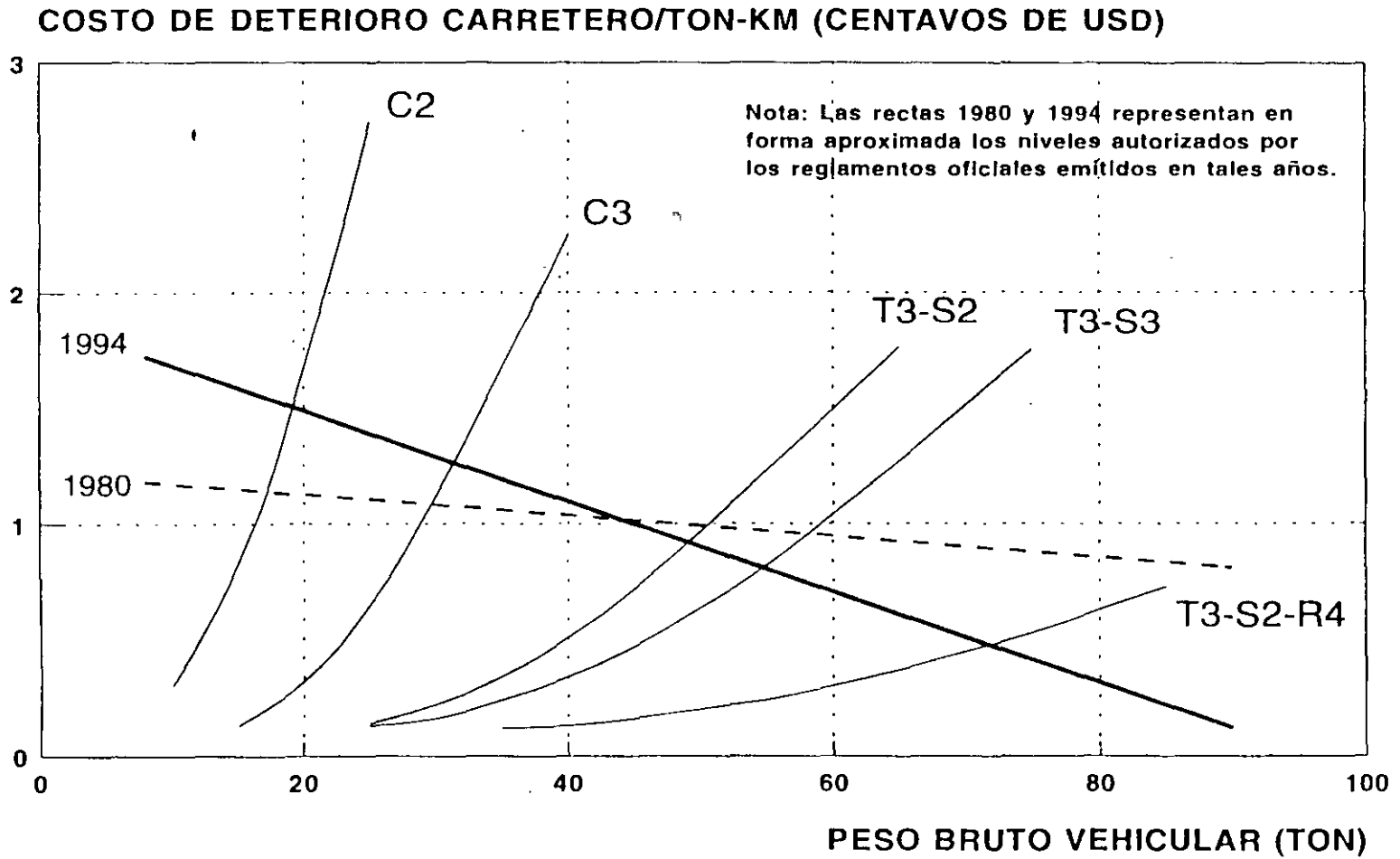


Figura A5.1

**Tabla A5.1 PESOS MAXIMOS PERMITIDOS, PESOS PROMEDIO DE LOS VEHICULOS SOBRECARGADOS, PESOS MAXIMOS REGISTRADOS Y PESOS QUE MINIMIZAN EL COSTO TOTAL/TON-KM PARA CADA TIPO DE VEHICULO.**

TIPO DE VEHICULO	PBV MAXIMO PERMITIDO (TON)		PBV PROMEDIO DE VEHICULOS SOBRECARGADOS (TON)	PBV MAXIMO REGISTRADO (TON)	PBV QUE MINIMIZA EL COSTO TOTAL/TON-KM (TON)
	1980	1994			
C2	15.5	17.5	23	24	20
C3	23.5	26.0	28	36	30
T3-S2	41.5	44.0	49	60	50
T3-S3	46.0	48.5	59	72	60
T3-S2-R4	77.5	65.5	79	84	90

Notas:

PBV = Peso Bruto Vehicular



un arreglo T3-S2-R4 y se transporta con ese vehículo, se hará un daño a la infraestructura varias veces menor que si la misma carga se transportase en varios viajes de un vehículo tipo C2, conclusión que resulta obvia desde varios puntos de vista, pero que incluye una idea muy clara de las ventajas del transporte organizado, en plan empresarial moderno, en relación al transporte individualizado. La diferencia citada es extrema, pero aún para el vehículo C3, el costo de reparar los daños es del orden del doble del que corresponde a la utilización de un arreglo T3-S2-R4.

La Figura A5.2 incluye otro conjunto de información útil. En ella se grafica el costo de operación vehicular versus el peso bruto vehicular de los mismos cinco tipos de arreglo a que se ha venido haciendo referencia. La figura se explica por si misma, pero hace ver la importancia de organizar el transporte para evitar tránsito en vacío o con vehículos no totalmente ocupados y vuelve a resaltar la eficiencia de un transporte bien agrupado que utilice vehículos capaces de aprovechar economías de escala. Destaca en esta figura el buen balance del Reglamento Mexicano de Pesos promulgado en 1980, que se modificó en 1994 aún con mejor balance; en ambos casos, las líneas indicadas demuestran que los pesos tolerados conducen a costos operativos muy bien ponderados para todos los vehículos. La Figura A5.2 explica la tendencia de los transportistas mexicanos a aumentar en lo posible la carga, minimizando el costo operativo.

La Figura A5.3 reúne algunos resultados de las dos anteriores, al presentar para cada tipo de vehículo de los considerados una curva en que se muestra el costo total de transporte, obtenido sumando el costo del daño a la infraestructura con el de operación vehicular. Nótese la tendencia de dicha suma a presentar un mínimo que, en principio proporcionaría el nivel de peso bruto más favorable para cada arreglo vehicular. Evidentemente, éste no puede ser el único criterio a considerar para fijar en un reglamento el peso total permitido para cada tipo de vehículo, puesto que algunas circunstancias importantes no están incluidas en el análisis (por ejemplo, el acelerado deterioro de los vehículos cuando son sobrecargados sistemáticamente y el sobrecosto que esto representa).-

Desde el punto de vista de la conservación, también habrá que razonar con la máxima cautela antes de permitir pesos brutos vehiculares

# COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA DIFERENTES TIPOS DE VEHICULOS

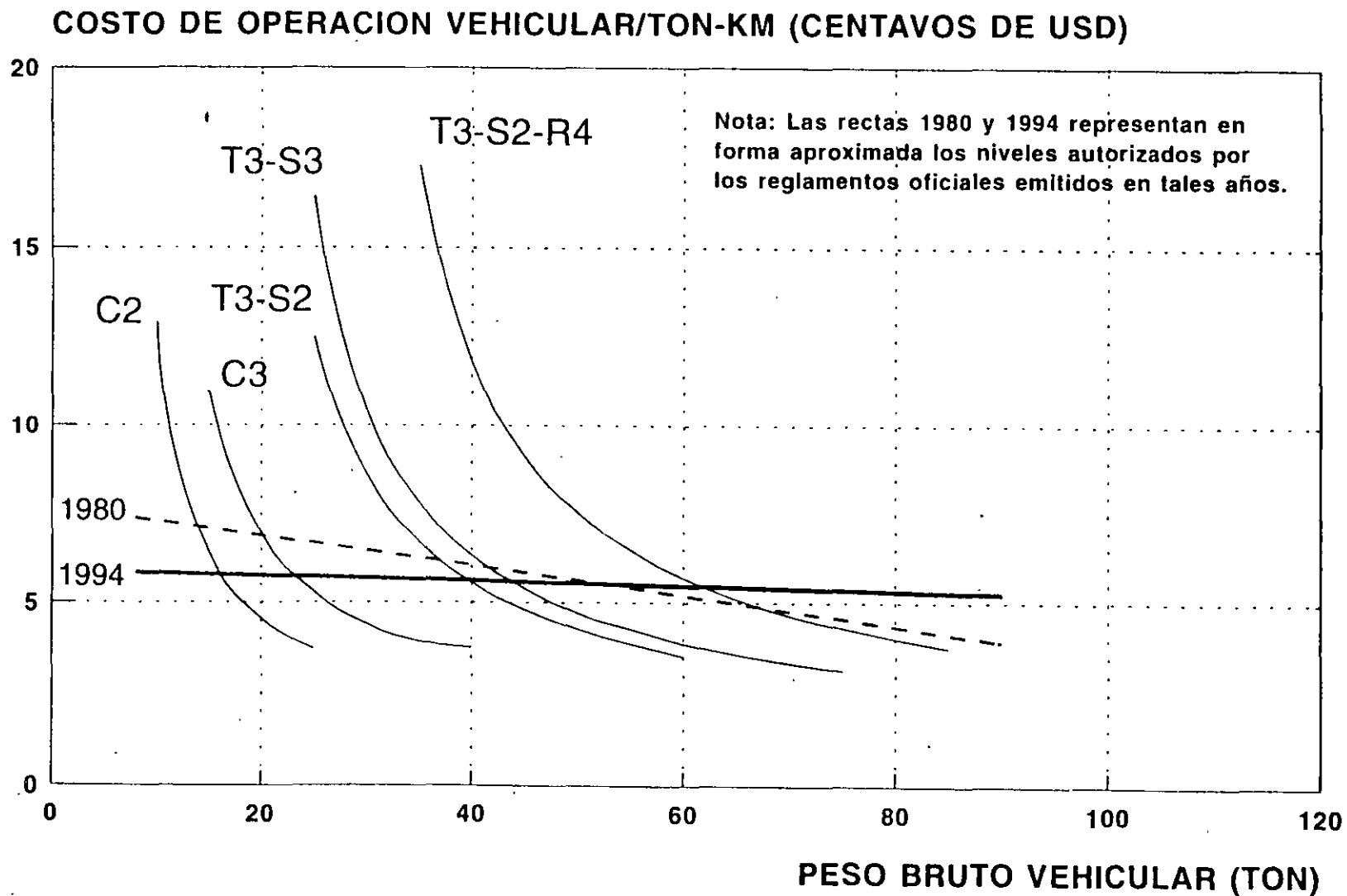


Figura A5.2

# COSTOS TOTALES DE TRANSPORTE PARA DIFERENTES TIPOS DE VEHICULOS (DAÑO A INFRAESTRUCTURA Y OPERACION VEHICULAR)

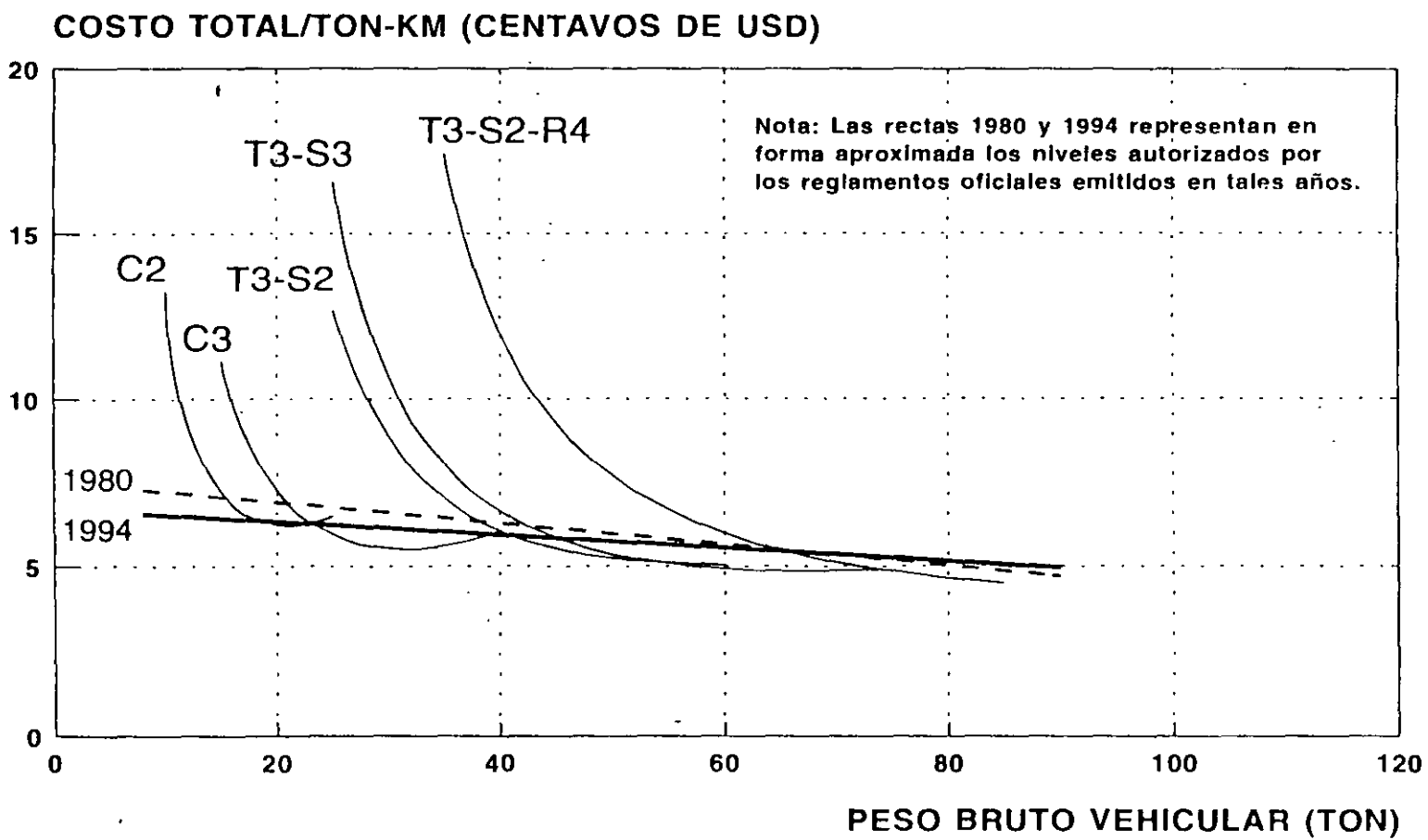


Figura A5.3

elevados (por ejemplo, en el caso de México, mayores que los especificados en los reglamentos en vigor). Ello, porque una cosa es la relación teórica óptima entre el costo de operación del transporte y el costo del daño a la infraestructura y otra diferente es el hecho de que para llegar a esa relación teóricamente óptima, representada por los mínimos en la Figura A5.3, habría que aceptar pesos brutos vehiculares mayores que los actuales, que inducirían obviamente mayores daños que los que hoy se producen, lo que produciría en muchos países un deterioro generalizado de la red carretera, habida cuenta que en ellos los recursos destinados a la conservación carretera son hoy escasos y difícilmente convertibles en lo necesario para caer dentro de esos óptimos teóricos señalados.

Lo que los estudios anteriores señalan y eso debe considerarse dentro de la filosofía de la conservación, es que un determinado incremento en la capacidad estructural de las redes carreteras nacionales, todavía podría tener una repercusión favorable en los costos totales nacionales ligados al transporte.

De hecho, hacen ver los estudios que se reseñan que para los 5 tipos de vehículos analizados, el Reglamento Mexicano de 1980 permite pesos brutos vehiculares que realmente son muy cercanos a los valores que minimizan los costos totales. Ello indica que la conveniencia de orientar los trabajos de conservación al logro de capacidades estructurales crecientes no implica márgenes demasiado grandes y está principalmente ligada al previsible desarrollo futuro del tránsito, con sus efectos de fatiga y deformación acumulada.

En un importante estudio realizado para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Referencia 25), se utilizó la información de campo proveniente del Estudio de Pesos y Dimensiones, ya varias veces mencionado, para establecer lo que podría considerarse una verdadera metodología razonable para estimar el efecto de la modificación de un reglamento de pesos vehiculares existente en un país (México), en el costo del transporte. El criterio utilizado en este excelente trabajo es el de establecer con base en información proveniente de campo, el porcentaje de vehículos de carga sobrecargados de cada tipo, calculando el valor de esa sobrecarga; después, supuesto que todos los vehículos que ahora van sobrecargados según el nuevo reglamento, no lo irán tras su implantación, calcular el número de viajes extra que

ello produciría y valorar ese costo (téngase en cuenta que en el Estudio de Pesos y Dimensiones que se lleva a cabo en México se llega a conocer el recorrido de cada vehículo encuestado en distancia).

Ese costo en el transporte se compara con el efecto de las cargas consideradas en el nuevo reglamento sobre la infraestructura. En cualquier caso real, en un país en vías de desarrollo, es probable que las cargas del nuevo reglamento resulten en menores daños sobre las carreteras, pero cualquier aumento en el número de viajes tendrá un efecto contrario. En el trabajo referido, realizado para la situación mexicana, se proporcionan elementos para la valuación de ambos efectos, con el resultado por demás previsible de que la disminución de cargas resulta favorable para la infraestructura carretera si bien trae un aumento del costo general de transporte por incremento en el número de viajes. El balance de estos conceptos para un caso particular dado, definirá una política consistente.

En el estudio referido se va más adelante en el análisis, estudiando el efecto del incremento en el costo del transporte que se acepta, como consecuencia del balance anterior, en el costo a los usuarios, en los efectos inflacionarios y demás factores económicos.

Todo lo anterior es un excelente ejemplo de los beneficios derivados de un estudio de pesos y dimensiones como el comentado.

Una reflexión final en torno al funcionamiento de un reglamento de pesos y dimensiones del tipo al que se ha hecho referencia en este apéndice es la cuestión del control de su cumplimiento en el campo, cuya importancia es evidente.

La práctica internacional suele inclinarse hacia la instalación de una serie de estaciones permanentes de control que incluyen lo necesario para pesaje y medición, deteniendo a todos o a muestras estadísticas de los vehículos circulantes. Para una red carretera de importancia, el número de estas estaciones resulta elevado y su instalación costosa. El pesaje puede hacerse por procedimientos automáticos que no necesariamente impliquen la detención del vehículo; la medición sigue requiriendo la detención.

Aparte de su costo, la instalación fija de estas estaciones de control ha sido criticada en el sentido de que pudiera propiciar desviaciones de tránsito fuera de reglamento, para evitarlas. Adicionalmente, se han mencionado otros hechos negativos relacionados con su funcionamiento.

El estudio de campo denominado en este trabajo "de Pesos y Dimensiones", al que se ha hecho abundante referencia, pudiera proporcionar una alternativa interesante para establecer el control del reglamento que se comenta. En primer lugar, las estaciones que se instalan para el estudio (más de una veintena cada año en el caso de México) actúan durante una semana cada una y en puntos aleatoriamente seleccionados de la red que, naturalmente, varían de continuo. En el caso de México, las labores de encuesta son realizadas usualmente por jóvenes estudiantes de enseñanza media o media superior (obviamente con respaldo de la autoridad), que es un personal entusiasta y confiable en todos sentidos. La instalación temporal y aleatoria no permite la organización de recorridos de evasión por parte de quien está dispuesto a transgredir el reglamento. El número de estaciones no es muy alto desde el punto de vista de un criterio de control rígido, pero seguramente pudiera bastar al paso de los años. En todo caso representa un control honesto y probablemente con presencia suficiente para cubrir sus fines.

## Referencias

---

1. *Definición de Mecanismos Financieros y Operativos para Modernizar la Conservación de la Red de Carreteras Federales*. Estudio realizado por A. F. H. Consultores y Asociados, S. C., para el Instituto Mexicano del Transporte. (Este estudio contó con amplia colaboración directriz de varios elementos del propio Instituto Mexicano del Transporte). Querétaro, Qro., México, 1993 y 1994.
2. Rico R, Alfonso; Contribución al "Seminario Internacional sobre Administración de Pavimentos"; International Road Federation; Cartagena, Colombia; 1983.
3. Rico R, Alfonso; *"Metodología Mexicana para la Conservación de Carreteras"*; Xº Congreso Internacional de la International Road Federation; Río de Janeiro, Brasil; Octubre, 1984.
4. Rico R, Alfonso; *"Metodología Mexicana para la Evaluación de Carreteras"*; Xº Congreso Internacional de la International Road Federation; Río de Janeiro, Brasil; Octubre, 1984.
5. Rico R, Alfonso; *"Metodología Mexicana para la Evaluación de Pavimentos"*; Congreso Internacional de PIARC; Ciudad de México, México; 1985.
6. Rico R, Alfonso; Orozco O, Juan M; et al; *Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos (SIMAP). Primera Fase*; Instituto Mexicano del Transporte; Documento Técnico Núm. 3; Querétaro, México; 1990.
7. Backoff P, Miguel A y García O, Gabriela; *Módulo Geográfico del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP)*; Universidad Autónoma de Querétaro; Revista Investigación No. 5; Querétaro, México; 1993.
8. Solorio M, Ricardo; Aguerrebere S, Roberto; et al; *Módulo Económico del Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (SIMAP)*; Instituto Mexicano del Transporte; Documento Técnico Núm. 9; Querétaro, México; 1994.

9. Aguerrebere S, Roberto; Durán H, Gandhi; et al; *Módulo Económico del Sistema Mexicano de Administración de la Sección Estructural de las Carreteras. Bases Conceptuales*; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica en Edición; Querétaro, México; 1994.
10. Aguerrebere S, Roberto y Cepeda N, Fernando; *Elementos de Proyecto y Costos de Operación en Carreteras*; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica Núm. 20; Querétaro, México; 1991.
11. Aguerrebere S, Roberto y Cepeda N, Fernando; *Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras*; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica Núm. 30; Querétaro, México; 1991.
12. Arredondo O, Ricardo; *La Importancia Económica de las Principales Carreteras como Criterio para Jerarquizar su Conservación*; Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería; Universidad Autónoma de Querétaro; Querétaro, México; 1993.
13. Rico R, Alfonso; De Buen R, Oscar; et al; *Metodología para el Análisis de Corredores de Transporte de Carga*; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica Núm. 13; Querétaro, México; 1990.
14. Schliessler, Andreas y Bull, Alberto; *Caminos: Un Nuevo Enfoque para la Gestión y Conservación de Redes Viales*; CEPAL; Santiago de Chile, Chile; 1992.
15. Madelin, K; *Maintenance by Private Contractor or Direct Labour*; Roads Núm. 282; AIPCR; Paris, Francia; 1994.
16. Rico R, Alfonso; Orozco O, Juan M; et al; *Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos (SIMAP). Manual del Usuario*; Instituto Mexicano del Transporte; Documento Técnico Núm. 5; Querétaro, México; 1990.



17. Rico R, Alfonso; Téllez G, Rodolfo; et al; *Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos (SIMAP). Manual Operativo de Campo*; Instituto Mexicano del Transporte; Documento Técnico Núm. 4; Querétaro, México; 1990.
18. Chesher, A y Harrison, R; *Vehicle Operating Cost. Evidence from Developing Countries*; The Highway Design and Maintenance Standards Series; The World Bank; Washington, D.C; EUA; 1987.
19. Watanatada, T; Harral, C.G; et al; *The Highway Design and Maintenance Standard Model. Volume 1. Description og the HDM-III Model*; The Highway Design and Maintenance Standard Series; The World Bank; Washington, D.C; EUA; 1987.
20. Bein, P; *Adapting HDM-III User Cost Model to Saskatchewan Pavement Management Information System*; Transportation Research Record 1229; Transportation Research Board; Washington, D.C; EUA; 1989.
21. Archondo Callao, R; *Vehicle Operating Cost Model. Version 3*; The Highway Design and Maintenance Standards Series; The Wold Bank; Washington, D.C; EUA; 1989.
22. Paterson, W. D. O; *Road Deterioration and Maintenance Effects. Models for Planning and Management*; The Highway Design and Maintenance Standards Series; The World Bank; Washington, D.C; EUA; 1987. También: John Hopkins University Press. Baltimore; EUA; 1987.
23. Rico R, Alfonso; Orozco O, Juan M; et al; *Análisis de los Coeficientes de Daño Unitario Correspondientes a los Vehículos Autorizados en la Red Nacional de Carreteras Mexicanas*; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica Núm. 5; Querétaro, México; 1988.

24. Mendoza D, Alberto y Gutiérrez H, José L; *Análisis Económico de los Efectos del Peso de los Vehículos de Carga Autorizados en la Red Nacional de Carreteras*; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica en Edición; Querétaro, México.
25. *Impacto en los Precios al Consumidor de un Reglamento sobre Pesos, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos de Jurisdicción Federal*; Estudio realizado por Moreno Bonett y Asociados, S.C. para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; Ciudad de México, México; Julio de 1993.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**ESTRATEGIAS DE LA CONSERVACIÓN DEL SISTEMA CARRETERO EN MÉXICO**

**EXPOSITOR: DR. VICTOR TORRES VERDIN  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN  
DE CARRETERAS  
U N A M

SISTEMA DE GESTIÓN DE CARRETERAS  
PROGRAMA SISTER PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

CONTENIDO

1.- GENERALIDADES.....	2
2.- DESCRICIÓN DEL MODELO.....	3
3.- DATOS GENERALES.....	7
4.- DATOS QUE DESCRIBEN LA RED CARRETERA.....	9
5.- DATOS QUE DESCRIBEN LAS ESTRATEGIAS.....	10
6.- CALCULOS.....	11
7.- RESULTADOS.....	11
8.- INSTALACIÓN Y EQUIPOS.....	12

## SISTEMAS DE GESTION DE CARRETERAS PROGRAMA SISTER PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

### 1.- GENERALIDADES.

Los responsables de la gestión de una red vial están generalmente confrontados a apremios presupuestarios que no permiten realizar todas las operaciones de mantenimiento deseadas, ni aplicar todas las alternativas técnicas para resolver los problemas de degradación.

Lo anterior tiene aún mayor relevancia en países como México en donde su red federal de carreteras con una longitud de casi 42,000 Km. en 1995, se encuentra en un 55% en pésimo y mal estado, 25% en regular estado y solo un 20% en buen estado, debido fundamentalmente a la antigüedad de su red que fue diseñada para cierto tipo de vehículo y por ende con cargas muy diferentes a los que circulan actualmente, así como a la insuficiencia en los trabajos de conservación principalmente por la falta de recursos económicos.

Sin embargo y ya que es evidente que financieramente es imposible llevar a cabo todas las obras de conservación que se requieren, se plantea la interrogante, cuales serían las prioridades por considerar en los programas anuales optimizando los recursos. De ahí a la necesidad de contar con una herramienta de planeación que permita aplicar estrategias y soluciones varias en la programación de las obras, lo cual sin la ayuda de una herramienta informática adecuada sería prácticamente un problema insoluble.

Es por ello que las decisiones tomadas durante un año dado, tienen consecuencias sobre los niveles de servicio de los años siguientes y las decisiones tomadas al definir los programas de obras a mediano plazo tienen influencias sobre el futuro de la red. Por ejemplo un mantenimiento mínimo a muy corto plazo, conducirá a la degradación de la carretera en pocos años y exigirá una rehabilitación más costosa, con lo cual la economía realizada resulta ficticia puesto que generará gastos más elevados a mediano plazo.

En consecuencia, los responsables de atender la conservación de una red carretera deben ser capaces de prever la evolución de la red, teniendo en cuenta las obras programadas y medir las consecuencias futuras de sus elecciones presentes.

Lo anterior planea dos tipos de problemas:

- Programar las obras anualmente teniendo en cuenta los apremios presupuestarios.
- Prever a Mediano plazo la evolución de la red en función de las asignaciones financieras y/o de igual forma prever los recursos presupuestarios que permitan la conservación y/o el mejoramiento de la red.

Anteriormente la elaboración del programa de conservación de carreteras, se solicitaba a la Residencia General de Conservación de los Centros S.C.T., localizados en cada entidad federativa, a fin de que propusieran las obras de rehabilitación y/o reconstrucción que les parecieran necesarias y una vez conocido el techo financiero del programa, se ajustaban las propuestas a nivel central, quedando así definido el programa de trabajo para el año siguiente.

Este procedimiento como es natural, se veía afectado por la subjetividad de cada uno de los responsables involucrados y al hecho de el sistema tradicional para calificar el estado físico de las carreteras y punto de partida para los Residentes Generales al elaborar su presupuesta, tomaba en cuenta únicamente la superficie de rodamiento sin investigar la estructura de la carretera y por tanto la causa del daño que se refleja en la superficie.

Lo anterior planteaba la urgencia de definir un procedimiento metodológico más objetivo, racional y coherente para la elaboración de los programas, ya que no necesariamente se deben rehabilitar en primer término las carreteras más dañadas sin antes tomar en cuenta otros parámetros como los volúmenes de tránsito, y la importancia social o económica de la misma.

De igual manera el diferir ciertos trabajos de conservación por falta de recursos para su rehabilitación y/o reconstrucción puede ocasionar que estas carreteras se arruinen y que entonces se requieran de inversiones mucho más importantes para los años venideros.

De lo anterior se concluye que un mantenimiento mínimo por ahorro de recursos conducirá a la degradación de las carreteras en pocos años, lo que exigirá rehabilitaciones mas costosas con la cual las economías realizadas resultan ficticias, ya que se generan a mediano plazo gastos mas elevados.

## 2.- DESCRIPCIÓN DEL MODELO.

El programa SISTER como cualquier otro de gestión vial, consiste esencialmente en considerar en su conjunto a la red vial por administrar a partir de un Banco de Datos, definiendo una estrategia óptima de mantenimiento, a partir de simulaciones de las consecuencias de varias alternativas, lo que otorga la posibilidad de evaluar técnica y económicamente cada una de estas propuestas.

Estos sistemas de gestión entre los que pueden citarse también al H.D.M. y al SIMAP, para llevar a cabo su función requieren.

- Una colección de información en la red.
- La construcción de una base computarizada de datos.
- Un modelo de simulación de degradación de la red carretera.
- Un procedimiento de actualización del banco de datos.

En México la necesidad de disponer de un modelo específico de simulación presupuestaria que permita la comparación rápida de estrategias de mantenimiento con una precisión aceptable, aliviado la fases de recopilación y de actualización de datos, de manera que permita garantizar la perennidad del sistema, se planteó hace algunos años. El Programa SISTER desarrollado por la empresa de Ingeniería de BCEOM fue concebido con esta óptica y esta al servicio de los responsables encargados de la definición de la política de mantenimiento dentro de su zona de competencia. Les permite así mismo soportar sus proposiciones durante la presentación a las autoridades políticas y argumentar con los organismos financieros nacionales e internacionales.

La originalidad de SISTER radica en el hecho de que define simultáneamente los trabajos de mantenimiento ligados a una estrategia dada y sus efectos sobre la degradación de las carreteras tanto estructuralmente como de la superficie, estableciéndose así la crónica de los trabajos y la degradación.

Este proceso esta sustentado en tres premisas básicas.

- Considerar el conjunto de la red por administrar y a partir de un Banco de Datos Viales.
- Estudiar una estrategia óptima de mantenimiento de la red simulando las consecuencias de varias alternativas.
- Adoptar un método racional de programación plurianual de las obras de mantenimiento periódico, rehabilitación y reconstrucción.

De ahí que el punto de partida para su implementación sea la constitución del Banco de Datos Viales que permita conocer la red carretera a cargo de la Dependencia, lo que se logra a través de un inventario preferentemente a pie de las características geométricas y y del drenaje de las carreteras, obteniéndose entre otros datos su sección, número de carriles, señalamiento, obras de drenaje etc., agrupándolos por tramos con ciertas condiciones de homogeneidad, como son las características geométricas y topográficas, los niveles del tránsito, el estado de la carretera y la zona geográfica en que se encuentran.

Es muy importante que al llevarse a cabo este inventario se registres también los daños que se observan en la superficie de rodamiento, investigando las posibles causas de las mismas a fin de contemplar todas las soluciones posibles para la reconstrucción de la carretera, teniendo en cuenta las obras de drenaje y el mejoramiento de las terracerías si ese fuera el caso, con el fin de mejorar la capacidad de soporte de la subrasante.

Con tal fin, los Residentes Generales de Conservación de cada Centro S.C.T., y responsables de la realización del inventario a pie, llevan a cabo sondeos cada 300 m., 500 m., o 1 Km., considerando las condiciones de homogeneidad mencionadas al definir los tramos, anotando en los formatos establecidos para el mismo, las propuestas de mantenimiento sugeridas así como el costo aproximado de las mismas.

Constituido el Banco de Datos Viales que debe actualizarse año con año, el interés estratégico principal consiste en segundo término en la simulación informática de la degradación de las diversas carreteras según sus naturalezas, las obras de mantenimiento ejecutadas, las condiciones meteorológicas etc., a partir de una asignación presupuestal  $x$ , que permita prever el horizonte de degradación total de la red si dicha asignación es insuficiente, o en su caso el estado futuro de la misma o de  $x$  tramo si se mantienen los niveles de inversión, efectuando diversos trabajos de mantenimiento periódico y rutinario.

Sobre esta estrategia de mantenimiento, el programa SISTER permite producir una verdadera programación de las obras de mantenimiento periódico, y al permitir la conexión de los módulos de degradación de las carreteras, del módulo de evaluación económica de la rehabilitación y del Banco de Datos, el sistema puede efectuar una simulación por cada sección o tramo carretero archivado, evaluando para cada año del periodo de estudio, los efectos económicos directos correspondiente al nivel de estado de la carretera.

Asimismo la comparación de las situaciones con o sin mantenimiento pesado, el balance de las ventajas económica generadas, confrontadas con el monto de las inversiones necesarias para rehabilitar la carretera, permite calcular la Taza Interna de Retorno del tramo de carretera considerado.

SISTER es un modelo de planeación y no diseña estrategias de mantenimiento, sino que calcula los efectos de la aplicación a la red de una estrategia específica y de sus consecuencias técnicas financieras y económicas sobre un periodo fijado por el ingeniero encargado del proyecto.

De ahí que la parte importante del sistema es evidentemente la definición de las estrategias de mantenimiento para la cual se requiere la experiencia del especialista encargado del proyecto, que permita al programa la adaptación rápida a las situaciones particulares desde el punto de vista de las técnicas como de los medios de investigación disponible.

Permite entonces verificar las estrategias de mantenimiento definidas por el usuario y medir los efectos a largo plazo sobre la evolución técnica de la red, su nivel de servicio y de los costos recurrentes, es decir de las necesidades presupuestarias.

Cada estrategia esta compuesta de un cierto numero de escenarios, refiriéndose cada uno a las condiciones particulares del clima, del nivel de transito y de la política general en materia de rehabilitación. Así dentro de una misma estrategia resultan los mismos principios generales de política vial (mantenimiento mínimo y mantenimiento normal, rehabilitación rápida o progresiva etc.) y se pueden diferenciar los trámites particulares de grupos de tramos homogéneos desde el punto de vista de las condiciones mencionadas anteriormente.

La estrategia y cada uno de sus escenarios son descritos a lo largo de todo un "ciclo de vida" de la carretera, cuya duración es fijada para utilizarse en función de la estrategia y de las condiciones particulares de los grupos de tramos homogéneos. Cada ciclo de vida se termina normalmente por una rehabilitación o al menos un trabajo de refuerzo de la carretera. Cuando este año es alcanzado, el programa regresa sobre el primer año del escenario y comienza el siguiente hasta el año del fin de proyecto.

Cada tramo carretero es una rama sobre la crónica de un escenario en función de su "nota de calidad" al origen del proyecto, es decir de su estado resultante de un inventario previo muy reciente. Es esta nota la que permite al programa "poner al día" el tramo en relación con su escenario teórico de evolución para la estrategia estudiada.

Cabe mencionarse, que el programa SISTER no esta limitado en cuanto al número de rutas y de tramos y actualmente se trabajo en una misma red de 42,000 Km. De longitud que incluyan 450 rutas con tránsito variable, 1574 secciones con tránsito diferente y 4000 tramos.

Cada estrategia esta compuesta de un cierto número de escenarios que se refieren cada uno a las condiciones particulares del clima, del nivel del tráfico y de la política general en materia de rehabilitación. Así dentro de una misma estrategia resultan los mismos principios generales de política vial (mantenimiento mínimo, mantenimiento normal, rehabilitación rápida o progresiva, etc.) se pueden diferenciar los tratamientos particulares de grupos de tramos homogéneos desde el punto de vista de las condiciones mencionadas anteriormente. Estas nociones están explícitas en el párrafo 3.



La estrategia y cada uno de sus escenarios son descritos a lo largo de todo un "ciclo de vida" de la carretera, cuya duración es fijada para utilizarse en función de la estrategia y de las condiciones particulares de los grupos de tramos homogéneos. Cada ciclo de vida se termina normalmente por una rehabilitación o al menos un trabajo de refuerzo de la carretera. Cuando este año es alcanzado, el programa regresa sobre el primer año del escenario y comienza el siguiente hasta el año del fin del proyecto.

#### La Red

La red carretera esta dividida en tramos homogéneos desde el punto de vista de muchos parámetros descritos en detalle en el párrafo 4. Estos parámetros están ligados en particular en su identificación administrativa, su localización en las zonas geográficas predefinidas, su nivel de tráfico y su estado actual.

El estado de la red está caracterizado por dos notas una "nota de calidad" representativa de su estado estructural, una "nota de rugosidad" representativa de su nivel de servicio al usuario. La apreciación del valor de partida de estas notas resulta de un inventario técnico de mantenimiento, cuyo nivel de precisión depende de los medios disponibles.

#### Análisis Económico

Los costos de operación de los Vehículos (COV) son estimados para permitir las comparaciones económicas de las estrategias consideradas.

La variable explicativa principal es entonces el estado de la superficie de la carretera, medido por la "nota de rugosidad". Esta "nota" puede ser las unidades de medida clásicas del estado de la superficie como la rugosidad expresada en mm/km. o el IRI, etc., a fin de permitir comparaciones mas cómodas.

El modelo considera dos tipos de vehículos

- Los vehículos ligeros, combinación de vehículos particulares, camionetas, pick-ups, etc.
- Los vehículos pesados, combinación de autobuses, camiones simples y articulados, etc.

El modelo no toma en cuenta la naturaleza del terreno (plano, lomerío, montañoso), considerado prácticamente neutro en relación a la estimación de las ventajas. Esta opción evita la captura de esta información y también la división en tramos demasiado pequeños de la red estudiada. La referencia elegida es un terreno considerado como promedio en la zona estudiada, en general lomerío.

Pero el standard técnico de la carretera esta tomado en cuenta en un cálculo normalizado que considera los valores promedios de la velocidad posible y de las características geométricas del trazado en planta y del perfil longitudinal de una carretera en terreno de lomerío para cada uno de los estándares elegidos.

El programa compara todas las estrategias a una estrategia de referencia definida por el usuario, calcula el balance actualizado y la relación entre el beneficio en los COV y los costos adicionales de mantenimiento.

### 3.- DATOS GENERALES

#### 3.1 Características del Proyecto.

Bajo esta rúbrica, el usuario define e identifica el proyecto en particular para:

- Su código y su nombre.
- Los datos temporales: El año origen del proyecto (por ejem. 1992) La duración total del proyecto (hasta 20 años) Los periodos elementales para los cuales los resultados serán producidos (hasta 10 periodos de cualquier duración)
- Los datos concernientes al tráfico.  
El año de referencia para los datos de tráfico (por ejemplo 1990).  
La tasa de crecimiento futuro promedio del tráfico (en % por año).
- Los datos concernientes a la moneda utilizada.  
Su nombre.  
La unidad para los precios unitarios (por ejemplo 1000).  
Las unidades para los resultados (por ejemplo 1000000).
- La estrategia servirá de referencia para los cálculos económicos.
- El idioma de trabajo.

#### 3.2 Zonas

Para caracterizar los tramos de carreteras y diferenciar los escenarios de degradación y los precios unitarios de obra es necesario dividir el país en diferentes zonas. Para los tres parámetros utilizados se define un código y su nombre.

-Zonas climáticas: (por ejem. desértica o tropical): Esta noción permite diferenciar la velocidad de degradación ligada a las condiciones climáticas y geotécnicas de la región, así como ajustar los escenarios de mantenimiento.

-Zonas de costos: esta noción permite diferenciar las zonas bien comunicadas, donde los precios son relativamente bajos (zonas costeras por ejemplo) y las zonas más aisladas donde los precios son más elevados en razón de los costos de traslado de los materiales necesarios.

-Zonas administrativas: (por ejem. estados y municipios) o entidades responsables: esta noción es utilizada en la descripción de tramos para editar los resultados por estado.

Otras nociones son definidas aquí:

- El itinerario, que permite reagrupar los tramos pertenecientes a las carreteras señaladas por números diferentes, los cuales tienen una gran relación.
- El tipo de decisión debe ser tomado en cuanto (i) al mejoramiento previo de la carretera o (ii) al mantenimiento "normal" inmediato.

### 3.3 Clases

Se definen tres tipos de clases cuya utilización es específica.

**-Clases de tránsito:** Los tránsitos de vehículos pesados entran en una clase caracterizada por un código y un nombre., en el cual se definen los límites inferiores y superiores de vehículos pesados por día.

La noción de clase de tránsito se refiere al tránsito circulante sobre un carril, esto permite argumentar el estudio de la degradación y los cálculos de costos. El cálculo del tránsito por carril se hace a nivel de cada tramo, al cual se afecta entonces una "clase de tránsito", (TPO a TP5) en el caso de México. Se determinan los límites de las clases considerando los números acumulados de ejes equivalentes por días.

**-Estado de la carretera:** Esta noción permite únicamente presentar los resultados de manera sintética por clase de "nota de calidad". El estado de carretera es definido por un código y un nombre y por los límites inferiores y superiores de la nota de calidad. Un tramo entra en una clase de estado en función de su nota de calidad aplicada o calculada a un dato determinado.

**-Categoría administrativa:** Esta noción permite conocer la localización de los tramos además la edición de los resultados según la categoría administrativa oficial de la carretera (federal, estatal, etc.)

**-Standard técnico:** Esta noción permite conocer el ancho de la carretera, parámetro para los costos unitarios y los COV. El ancho se expresa en número de vías de circulación.

**-Costos de operación de los vehículos:** Aquí se indican los coeficientes de las fórmulas que permiten el cálculo de los COV por tipo de vehículo y standard técnico determinado.

### 3.4 Obras

El usuario puede describir todos los tipos de trabajo considerados e indicar los precios unitarios en función de varios parámetros. Se prevén dos tipos de precios:

- Los que se aplican a la "carretera", como el standard, en particular su ancho. Ejem. Mantenimiento Rutinario de los alrededores, del drenaje, etc.
- Los que se aplican a un carril (3.5 m. De ancho). Ejem. Asfaltar. Esto permite conocer el standard técnico en la mayor parte de casos para la fijación del precio unitario.

El primer caso, el precio se multiplica por el ancho de la carretera. En el segundo caso el precio es multiplicado por el número de carriles y por el ancho de la carretera para obtener el costo total.

**-Naturaleza de los trabajos.** Cada tipo de trabajo esta caracterizado por un código y un nombre que permite un punto de referencia en los siguientes módulos, las ediciones claras y bien documentadas. Un código convencional localiza los precios unitarios según su modo de aplicación. Por ejemplo código que empieza por "L": precio aplicable a la carretera, otro primer carácter = precio aplicable al carril.

**-Precios unitarios:** Los precios unitarios son proporcionados bajo forma de "precios de base" modificables en función de dos parámetros (las zonas de costos y las clases de tránsito) al promedio de coeficientes standares introducidos por el usuario. Esta función de cálculo automático parcial puede ser activada o desactivada cuando se desee.

#### 4.- DATOS QUE DESCRIBEN LA RED CARRETERA.

La red estudiada es dividida en tramos homogéneos como sea necesario. La noción de homogeneidad recupera a la vez las nociones relacionadas a las zonas geográficas, a los niveles de tránsito, a las características geométricas y al estado de la carretera. Esta dirige la estructura del fichero de tramos

-Identificación: categoría administrativa, número administrativo de la carretera, PK inicial, PK final, ruta, itinerarios.

-Situación geográfica: zona administrativa, zona climática, zona de costos.

-Nivel de tránsito (año de referencia): Tránsito observado: volumen total, % de vehículos pesados.

-Características geométricas y estado: standard técnico, año de construcción ( o bien el año efectivo, si está en proceso, o el año de reconstrucción futura si existe proyecto, este campo puede quedar vacío), Nota de calidad de la estructura (año de origen ), nota de rugosidad o de calidad de la superficie (año de origen).

-La decisión se toma en cuanto a (i) el mejoramiento previo de la carretera, o (ii) al mantenimiento normal inmediato

#### 5.- DATOS QUE DESCRIBEN LAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Es aquí donde el usuario describe las estrategias de mantenimiento que se desean probar y comparar.

Como se ha dicho anteriormente, la originalidad de SISTER radica en el hecho de que describe simultáneamente, la degradación de la carretera y las operaciones de mantenimiento consideradas, esto permite asegurar una coherencia permanente a los escenarios.

Por convención se llama "ESTRATEGIA", al conjunto de los escenarios que se aplican a los tramos de características diferentes. Existen tantos de escenarios como combinaciones de valores para los parámetros característicos. Por ejemplo si se definen tres zonas climáticas y cinco clases de tráfico se construirán 15 escenarios que, en conjunto construirán una estrategia.

Por otra parte es necesario diferenciar las carreteras según el nivel de tráfico que soportan, o si es necesario realizar los trabajos de reforzamiento antes de comprometerse con una política de mantenimiento "normal". Se puede entonces describir dos escenarios completos para las rutas cuyas características generales son semejantes (zonas climáticas, tráfico, etc.) antes y después del reforzamiento.

Las estrategias son definidas por los parámetros siguientes.

-Identificación

Código

Nombre

-Campo de aplicación (los escenarios)

Zona climática

Clase de tráfico  
Decisión en cuanto al estatuto, a la prioridad....etc.

-Descripción año por año  
Año de reparación (cronológico del ciclo)  
Nota de calidad de la estructura  
Nota de rugosidad  
Naturaleza de los trabajos (tres campos autorizados)

Cuando dos estrategias son muy semejantes, existe un procedimiento especial que permite derivar una estrategia de otra antes definida.

## 6.- CALCULOS

Antes de empezar el cálculo, se lanza automáticamente un procedimiento para la verificación de la coherencia. Este procedimiento puede de la misma manera lanzarse independientemente en la fase de ajuste. Para probar una estrategia es suficiente indicar el código.

El programa describe la red troncal por tramo. Para cada uno de ellos busca el escenario correspondiente a su zona climática y a su clase de tránsito, se divide en este escenario el año correspondiente al valor de las notas de calidad estimadas para el primer año, después la descripción hasta el último año. Este último año corresponde siempre a una rehabilitación, que permite empezar de nuevo la descripción del escenario después del primer año.

Para cada año el programa prevé los valores de los parámetros útiles para la sucesión de los cálculos esencialmente: el tránsito, las notas de calidad, la naturaleza de los trabajos y sus códigos, así como los COV.

Los cúmulos de kilómetros, los costos de trabajo y las COV, pueden realizarse de acuerdo a diversos parámetros, tales como las zonas administrativas, los estándares técnicos, la naturaleza de los trabajos, etc.

Una estrategia de "referencia" se identifica como tal por permitir comparaciones. Los cálculos económicos permiten comparar rápidamente las estrategias: costos de trabajos y COV actualizados, ratio beneficios/costos (para llamar a la estrategia de referencia).

El programa permite igualmente listar los trabajos considerados por orden de urgencia con el fin de preparar una programación pluri-anual. Sin embargo, es recomendable analizar con cuidado este tipo de resultados pues el programa, como todos los sistemas de gestión de la red, utiliza las nociones estadísticas que no permiten concluir con una muestra pequeña como uno o varios tramos aislados.

## 7.- RESULTADOS

Los resultados están almacenados en ficheros informáticos pueden ser visualizados en la pantalla o impresos en forma de tablas o gráficos. Pueden también ser exportados hacia hojas de cálculo y/o hacia bases de datos para realizar tratamientos adicionales o preparar documentos gráficos personalizados.

Las tablas y los gráficos contienen las cantidades acumuladas de tres variables principales: kilometraje, costo de las obras y COV. Las tablas pueden tener hasta cuatro dimensiones definidas por el usuario (gráficos hasta tres dimensiones), lo que permite clasificar los resultados según una combinación de parámetros, por ejemplo:

- Zonas administrativas (Residencias Generales)
- Standares técnicos
- Naturaleza de las obras
- Periodos de estudio
- etc.

Un formato de tabla puede ser nombrado y almacenado para una utilización posterior. Los mensajes de errores están impresos en tiempo real sobre la impresora o almacenados en un fichero especial para consulta diferida.

## 8.- INSTALACION Y EQUIPOS

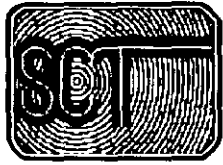
### 8.1 Equipo.

Las características de las computadoras dependen de las características de la red a tratar.

Al mínimo, Sister necesita una computadora compatible PC equipada con disco duro de 100 Mb y cuya RAM es superior a 8 Mb. La versión del DOS debe ser superior o igual a 5.0

En México, para tratar una red de 42000 km. dividida en 4000 tramos es deseable trabajar con las configuraciones siguientes.

- Un procesador de tipo 486/66 Mhz o Pentium
- RAM de 32 MB con el fin de tener la posibilidad de crear un disco virtual que acelera los cálculos y permite no dañar el dicto duro.
- Disco duro que disponga por lo menos 300 MB para almacenar los resultados de varias simulaciones sin imponer copias sistemáticas sobre diskettes.
- Una carta gráfica SVGA
- Una pantalla de color.
- Sistema Operativo DOS 6.22
- Programa Lotus 123 V3.1, Pc tools V8.0 o V9.0, Quatro Pro V5.0 o V6.0 para Windows



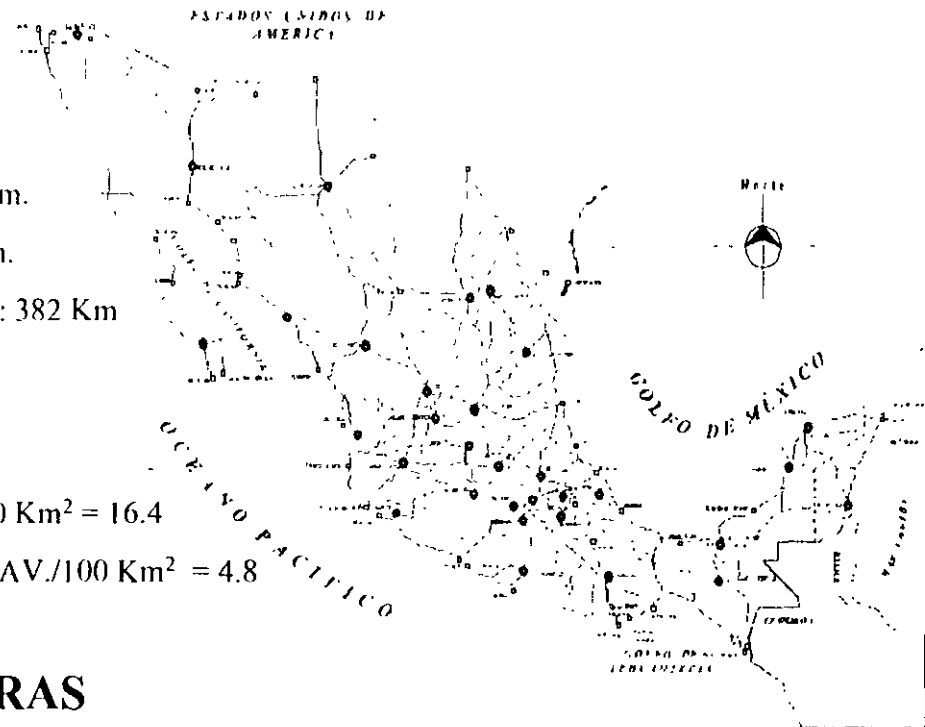
# INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MÉXICO

## RESUMEN NACIONAL

TOTAL: 321,728 Km.  
PAVIMENTADAS: 94,593 Km.  
REVESTIDAS: 159,776 Km.  
TERRACERÍAS: 67,359 Km.

2 CARRILES: 85,438 Km.  
4 CARRILES: 8,773 Km.  
MÁS DE 4 CARRILES: 382 Km

SUP.: 1,958,201 Km<sup>2</sup>    DENSIDADES { Km. CAM/100 Km<sup>2</sup> = 16.4  
Km. CARR. PAV./100 Km<sup>2</sup> = 4.8



## RED FEDERAL DE CARRETERAS

LONGITUD: 41,820 Km.

CENTROS DE ATENCIÓN: 31 RESIDENCIAS GENERALES DE CONSERVACIÓN (EN CENTROS SCT)

# DIAGNOSTICO DE LA RED FEDERAL DE CARRETERAS

ϕ La evolución de la Red Federal en los últimos años ha sido lenta, ya que el 12% tiene menos de 15 años y 53% tiene más de 30 años.

ϕ Los pesos autorizados de los vehículos han aumentado, (de 34 ton. En 1960 a 72.5 en la actualidad).

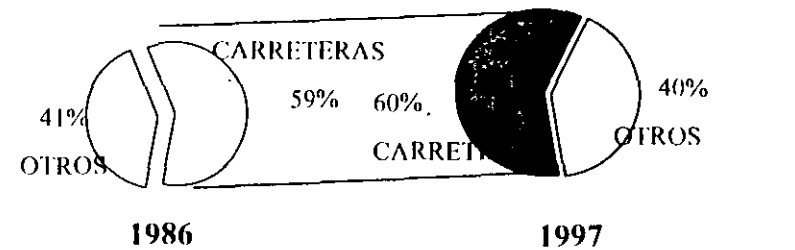
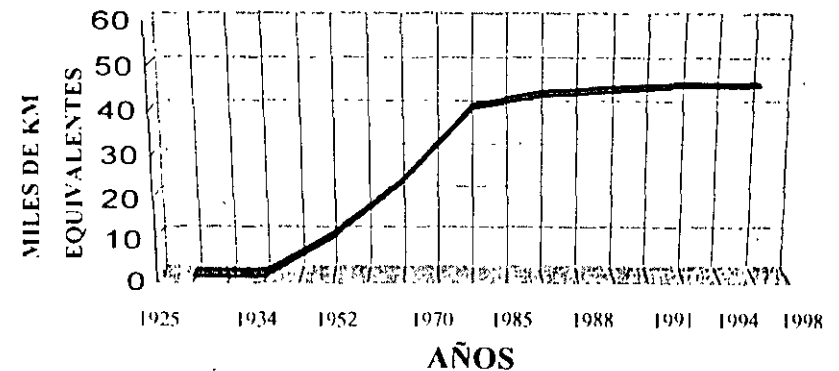
ϕ Durante los últimos 11 años, la carga transportada por carretera en México se ha incrementado en un 38%.

ϕ En el periodo de 1986 - 1997 los pasajeros transportados por carretera se han incrementado en un 71%.

ϕ El 28% de la longitud de la red federal soporta tránsitos diarios de más de 5,000 vehículos y el 20% tiene problemas de capacidad para atender sus tránsitos en condiciones óptimas de seguridad y economía.

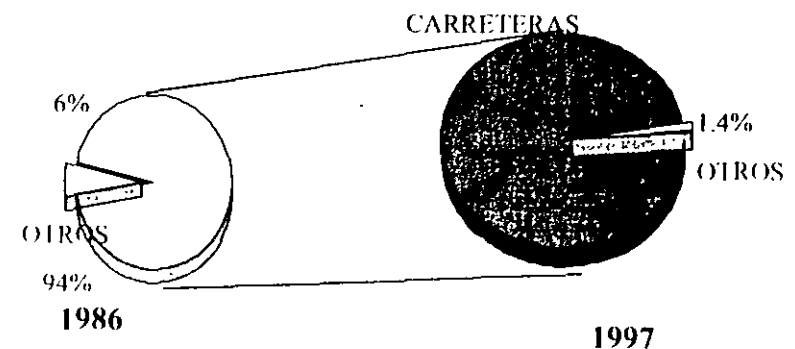
ϕ La red troncal federal, por la que circula la mayor parte de los flujos vehiculares, está constituida por cerca de 22,000 km.

CRECIMIENTO DE LA RED FEDERAL



490 Millones de Ton

676.6 Millones de Ton.



1.654 MILLONES

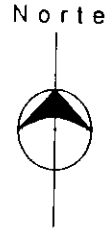
2,833.8 Millones

Pasajeros





ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

▶ El 80% del tránsito pesado que circula por la red federal lo hace únicamente por 25,800 kilómetros



SIMBOLOGIA

- Tp3 
- Tp2 



# **METODOLOGÍA TRADICIONAL PARA LA DETERMINACIÓN DE UN PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.**

## **I. POR ENTIDAD FEDERATIVA (RESIDENCIAS GENERALES DE CONSERVACIÓN).**

- 1.- Conocimiento del estado físico de las carreteras.
- 2.- Evaluación de los daños carreteros.
- 3.- Propuesta de obras requeridas.
- 4.- Cuantificación de recursos necesarios.
- 5.- Atención de requerimientos políticos.
- 6.- Programa preliminar de obras.

## **II. A NIVEL CENTRAL (DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS).**

- 1.- Revisión de los 31 programas preliminares de obras.
- 2.- Solicitudes y requerimientos de carácter político.
- 3.- Ajuste en función del techo financiero autorizado.
- 4.- Definición del programa de obras.

# Conservación de la Red Carretera

## PROBLEMÁTICA ACTUAL

- Deterioro de la RED
- Antigüedad
- Diseño de para otro tipo de Vehículos
- Cargas en aumento
- Insuficiencia de Recursos

## PRIORIDADES

- Optimizar los Recursos asignados
- Prever a mediano plazo la Evolución de la Red

# Modelos de Gestión Vial

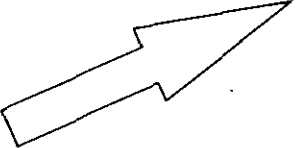
- Considerar en su conjunto a la Red Vial (BANCO DE DATOS)
- Establecer un Modelo de Simulación de degradación
- Definir una estrategia óptima de mantenimiento simulando las consecuencias de varias alternativas
- Adoptar un método racional de programación plurianual de las Obras de Mantenimiento

# *INVENTARIO A PIE*

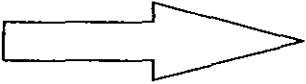
# El Inventario a Pie de Carreteras

**Es un procedimiento alternativo para el registro de las condiciones físicas de la Superficie de Rodamiento y Alrededores de la Carretera, el cual consiste en un recorrido de observación a pie a lo largo de los tramos carreteros que integran la Red Federal.**


## **Beneficios**



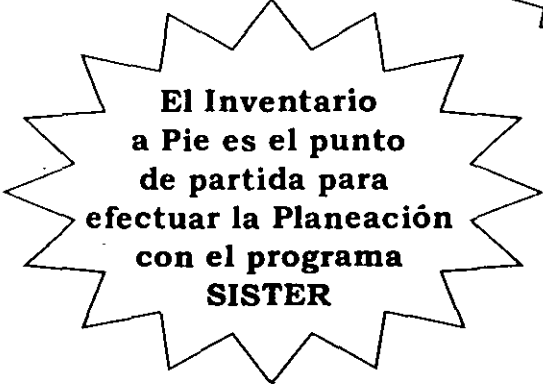
Se logran apreciar de forma minuciosa todos los daños que se presentan en la carpeta asfáltica.



Permite establecer, de antemano, las causas de la degradación de los pavimentos.



Permite contar con información actualizada de las condiciones físicas de la RCF, así como de datos importantes relativos a los Alrededores de las Carreteras.



**El Inventario a Pie es el punto de partida para efectuar la Planeación con el programa SISTER**

## INVENTARIO A PIE DE CARRETERAS

El inventario a pie de carreteras considera el levantamiento de datos en dos categorías

### Superficie de Rodamiento

#### Deterioro

- El que se presenta por exceso de humedad.
- El que es consecuencia de la mala elaboración de mezclas asfálticas.
- El que es resultado de la mala aplicación de la liga asfáltica.
- El que es reflejo de la edad de los pavimentos y de otras condiciones especiales.

### Alrededores de la carretera

- Drenaje insuficiente, azolvado o faltante. (superficial y subterráneo).
- Limpieza de Derecho de vía.
- Señalamiento vertical y horizontal insuficiente o deteriorado.
- Utilización de Gaviones.

FORMATO PARA EL LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO A PIE CORRESPONDIENTE A LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

Nombre y No. de la Carretera:		MERIDA - CANCUN 180													
Tramo:		MERIDA - VALLADOLID										Fecha	SEPTIEMBRE DE 1996		
		5 0		8.0				12 0			16.0				21 0
D A Ñ O S	SUPERFICIE DE RODAMIENTO														
	RODERAS		30											20	
	ASENTAMIENTO TRANSVERSAL														
	ASENTAMIENTO							40							
	AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL		10												
	AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL														
	PIEL DE COCODRILLO		20				20					60			
	AGRIETAMIENTO TIPO MAPA						10							20	
	BACHES														
	EXPULSIÓN DE FINOS														
EROSIÓN LONG. DE LA CARP															
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO		Reconstrucción del tramo						Reconstrucción del tramo							

D A Ñ O S	ABULTAMIENTO														
	DESPLAZAMIENTO DE BORDE		10												
	MEDIA LUNA f >= 4cm														
	MEDIA LUNA f <= 4cm														
	OTRAS FISURAS							100							
	PULIDO DE LA SUPERFICIE							20							
	EXCESO DE ASFALTO														
	CALAVERO		20												
	DESCASCARAMIENTO														
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO		Aplicación de riego de sello													

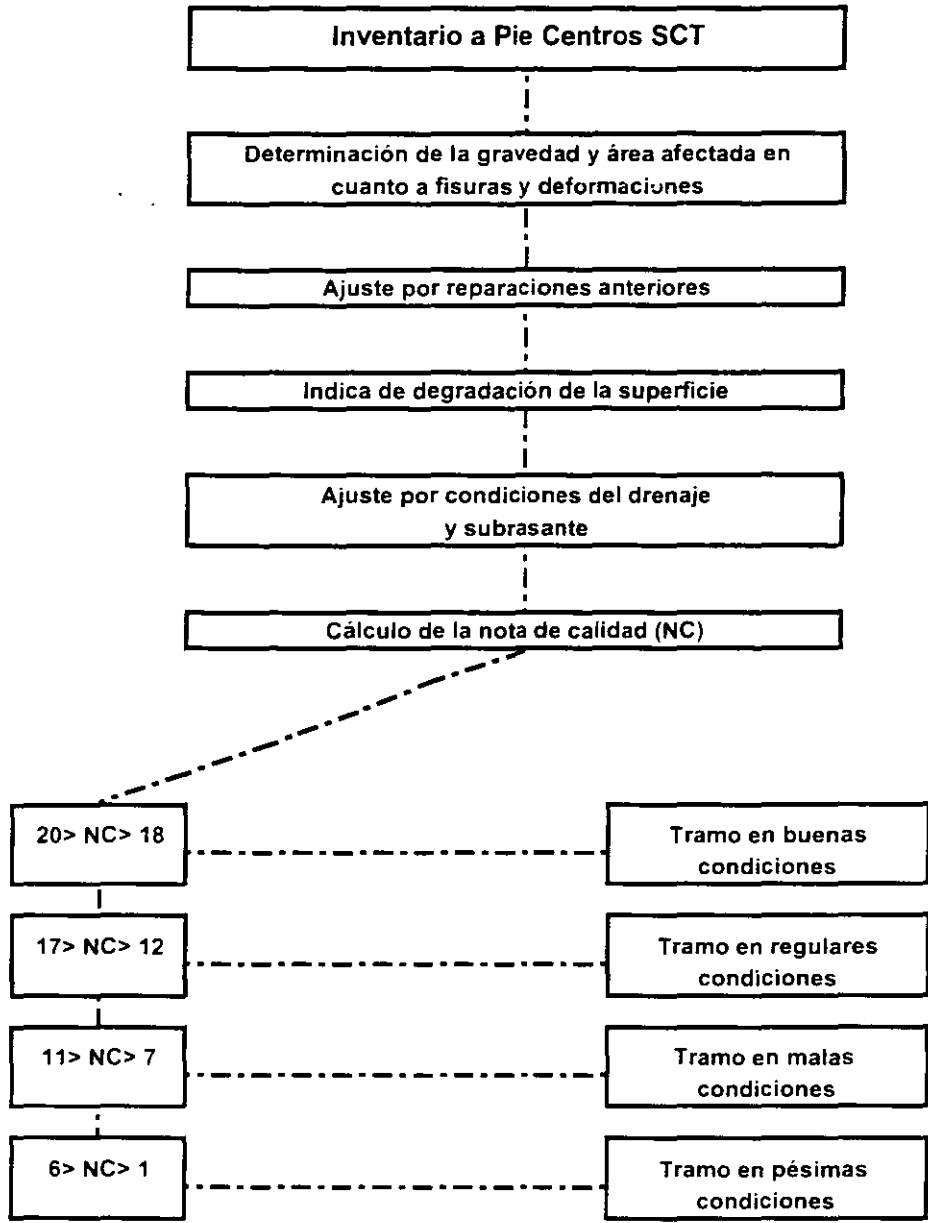
DEFLEXIONES (Año) 1/100m m															
INDICE DE DEGRADACION		7		3				7					7		
ACOTAMIENTOS I, D, A				A 2.0 m									D 2.5 m, I 1.5 m		
NO DE CARRILES				4									2		
ANCHO DE CALZADA				22.0									11.0		
TDPA				9360									7100		
% VEHICULOS PESADOS				10									10		
TRABAJOS RECIENTES								Renivelación y Sello							
TRABAJOS PROGRAMADOS				Renivelación y Sello (1997)									Renivelación y Sello (1997)		

OBSERVACIONES: LOS TRABAJOS PROGRAMADOS SON DE ESPERA EL TRAMO REQUIERE RECONSTRUCCION



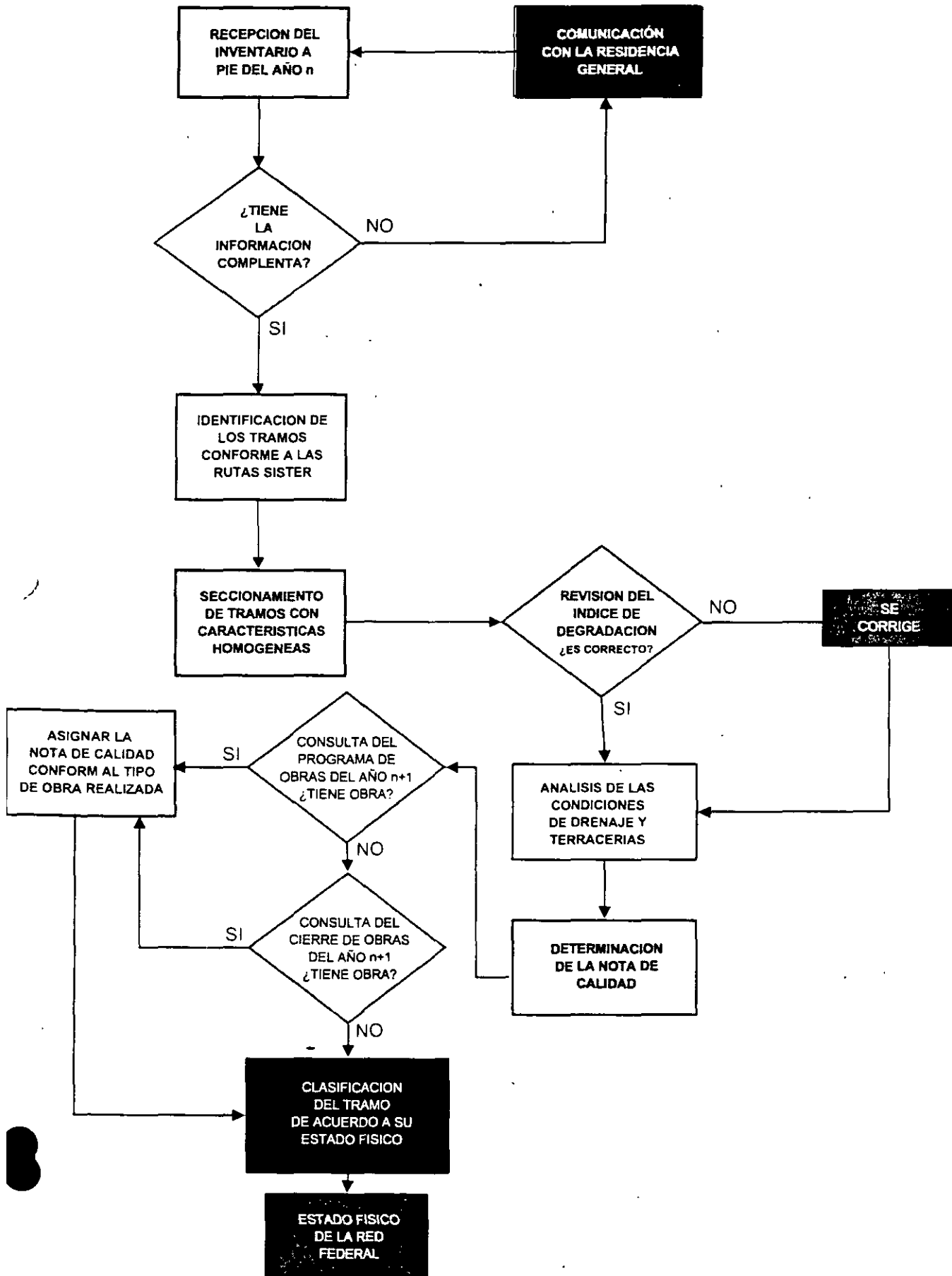
# ESTADO DE LA RED FEDERAL

(Procedimiento para calificación)



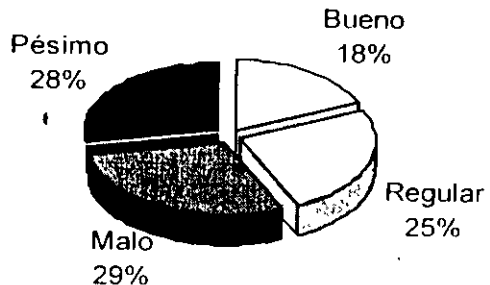
Nota de calidad	20 a 18	17	16	15	14	13	12	11 a 9	8	7	6 a 5	4	3	2	1
Nota de rugosidad	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

# PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DEL INVENTARIO A PIE DE LA RED CARRETERA FEDERAL



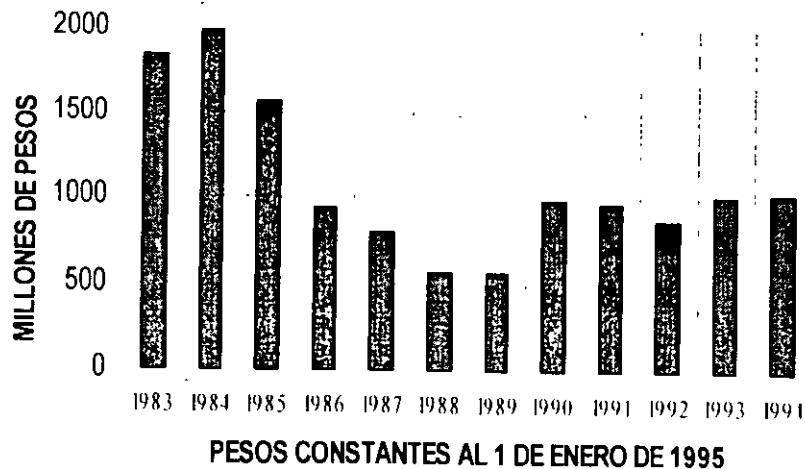
# IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO SISTER

Fines de 1994



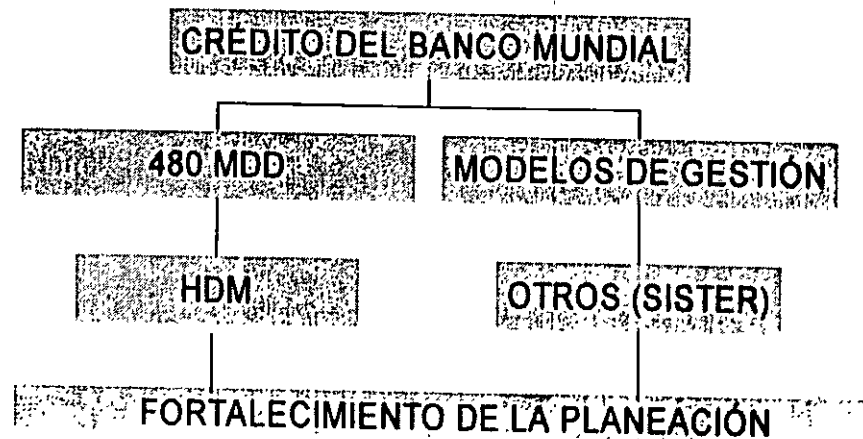
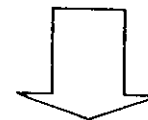
ESTADO FÍSICO DE LA RED

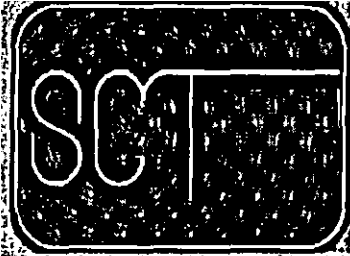
PRESUPUESTO DE LA DIR. GRAL. DE CONSERVACIÓN



DETERIORO DE LA RED FEDERAL DE CARRETERAS DEBIDO A LA SITUACIÓN ECONÓMICA PREVALECIENTE

- \* INSUFICIENCIA DE RECURSOS FISCALES
- \* REDUCCIÓN PRESUPUESTAL COMO CONSECUENCIA DE LA CRISIS FINANCIERA
- \* NECESIDAD DE RECURSOS EXTERNOS





Secretaría de Comunicaciones y Transportes  
Dirección General de Conservación de Carreteras

**SISTER**

Simulación de Estrategias de  
Conservación de Carreteras

# *Objetivo Principal*

**SISTEM**

Planear a corto, mediano y largo plazo el estado físico de la red carretera federal mediante la aplicación de una estrategia de mantenimiento vial en la cual se definen los trabajos necesarios para alcanzar las metas establecidas considerando los apremios presupuestales.

# Planeación

Metas

Prever a futuro el estado físico de la red carretera

Definir los recursos financieros necesarios para alcanzar las metas

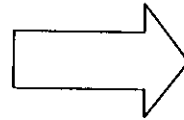
Determinar las obras de mantenimiento a efectuar en la red carretera

# Modelo SISTER

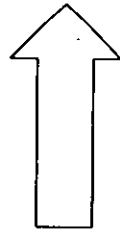
DEFINE SIMULTANEAMENTE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO  
LIGADOS A UNA ESTRATEGIA DADA Y SUS EFECTOS SOBRE  
LA DEGRADACION DE LAS CARRETERAS



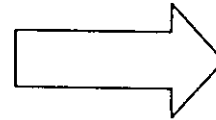
SE ESTABLECE LA CRÓNICA DE LOS  
TRABAJOS Y LA DEGRADACION DE  
LAS CARRETERAS



- Define las obras prioritarias dentro del contexto nacional, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito y la importancia socioeconómica de la carretera.
- Efectúa el análisis económico para determinar la rentabilidad de los proyectos seleccionados.
- Determina los techos financieros necesarios anualmente, para alcanzar las metas programadas del estado físico de la red carretera en un horizonte de mediano y largo plazo.



- Inventario a Pie de la Red Carretera Federal**
- Características geométricas.
  - Daños superficiales (fisuras, deformaciones, etc.).
  - Daños estructurales (obras de drenaje, sondeos, etc.).
  - Propuestas preliminares de solución.



**Banco de datos de la Red Carretera**  
(Actualizado anualmente)



# *Requerimientos*

- **Estado físico de la red.**
- **Volúmenes de tránsito (TDPA).**
- **Porcentaje de vehículos pesados.**

## *Complementarios*

- **Zonas climáticas.**
- **Zonas de costos.**
- **Costos unitarios de mantenimiento.**
- **Número de carriles.**
- **Tasa de crecimiento vehicular.**

# REQUERIMIENTOS DEL MODELO DE PLANEACIÓN SISTER.

## I. TIPOS DE TRÁNSITO (TP) \*

\*NÚMERO DE VEHÍCULOS PESADOS EN UN SENTIDO

- TP0 - De 0 a 75
- TP1 - De 76 a 300
- TP2 - De 301 a 1000
- TP3 - De 1001 a 2000
- TP4 - De 2001 a 6000
- TP5 - Más de 6000

## II. ZONAS CLIMÁTICAS.

CL 1 : ALTIPLANO CENTRAL

CL 2 : FRANJA COSTERA (APROXIMADAMENTE 50 Km. TIERRA ADENTRO).

## III. ZONAS DE COSTOS.

ZC 1 = 0.77 AGS.; B.C.; B.C.S.; COA.; CHI.; GTO.; HGO.; MOR. Y SON.

ZC 2 = 0.85 CHA.; DGO.; GRO.; N. L.; OAX.; TLA. Y ZAC.

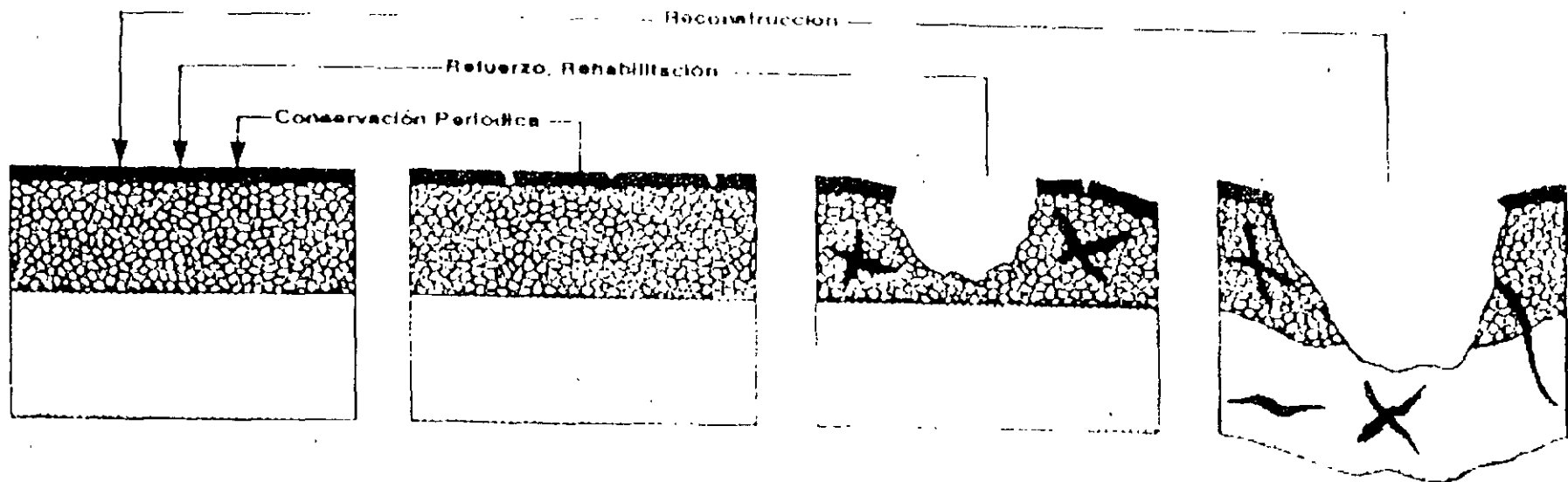
ZC 3 = 1.00 CAM.; COL.; JAL.; MICH.; NAY.; PUE.; QRO. Y TAMPS.

ZC 4 = 1.37 MEX.; Q. ROO.; SLP.; SIN.; TAB.; VER. Y YUC.

## IV. TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR: 3% ANUAL.

# Base de datos de SISTER

Ruta	Nº Carr.	Km. ini.	Km. fn.	Zona Clima	Zona de costo	Codigo decisión	Centro SCT	Num. carriles	TPDA	% VP	Nota de calidad	Nota de rugosidad
A	1	0	13	CL2	ZC4	1	BCA	4C	28019	11	19	2
A	1	13	16	CL2	ZC4	1	BCA	6C	28019	11	19	2
A	1	16	25	CL2	ZC4	1	BCA	2C	10566	7	14	6
A	1	25	64	CL2	ZC4	1	BCA	2C	4323	30	19	2
A	1	64	71	CL2	ZC4	1	BCA	2C	1603	26	16	4
A	1	71	95	CL2	ZC4	1	BCA	2C	1603	26	19	2
A	1	95	110	CL2	ZC4	1	BCA	4C	1603	26	19	2
A	1	110	113	CL2	ZC4	1	BCA	4C	14410	14	18	2
A	1	113	117	CL2	ZC4	1	BCA	2C	14410	14	18	2
A	1	117	123	CL2	ZC4	1	BCA	2C	14410	14	18	2
A	1	123	140	CL2	ZC4	1	BCA	2C	3201	14	19	2
A	1	140	185	CL2	ZC4	2	BCA	2C	3201	14	14	6
A	1	185	205	CL2	ZC4	2	BCA	2C	3201	14	14	6
A	1	205	226	CL2	ZC4	2	BCA	2C	3201	14	14	6
A	1	226	241	CL2	ZC4	1	BCA	2C	3041	30	19	2
A	1	241	248	CL2	ZC4	1	BCA	2C	3041	30	18	2
A	1	248	258	CL2	ZC4	1	BCA	2C	3041	30	14	6
A	1	258	293	CL2	ZC4	1	BCA	2C	4164	30	14	6
A	1	293	300	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	12	8
A	1	300	316	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	12	8
A	1	316	350	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	19	2
A	1	350	365	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	16	4
A	1	365	386	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	20	2



#### ESTADO A - Bueno

El **estado A**, corresponde a una carretera nueva, bien construida y con materiales adecuados. No se observan defectos ni deformaciones. El estado es **Bueno**.

#### ESTADO B - Regular

El **estado B**, esta caracterizado por la aparición de fisuras superficiales en la capa de rodamiento. En ocasiones se puede constatar algunos desprendimientos de materiales. Las capas inferiores no están afectadas. Es la etapa de la **conservación periódica**. El estado físico se considera **Regular**.

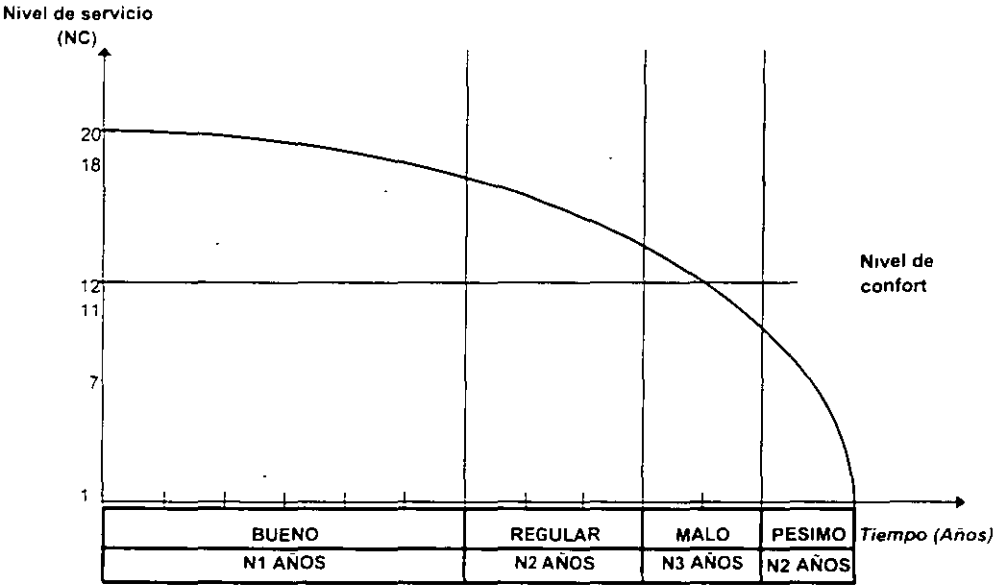
#### ESTADO C - Malo

En el **estado C**, la capa de base está afectada, se pueden encontrar algunos baches, pero la subbase y las terracerías conservan su estado anterior. Este estado es típico de la etapa de la **recuperación**. Los materiales de la base antigua se pueden reciclar dentro de los materiales de recuperación. El estado físico es **Malo**.

#### ESTADO D - Pésimo

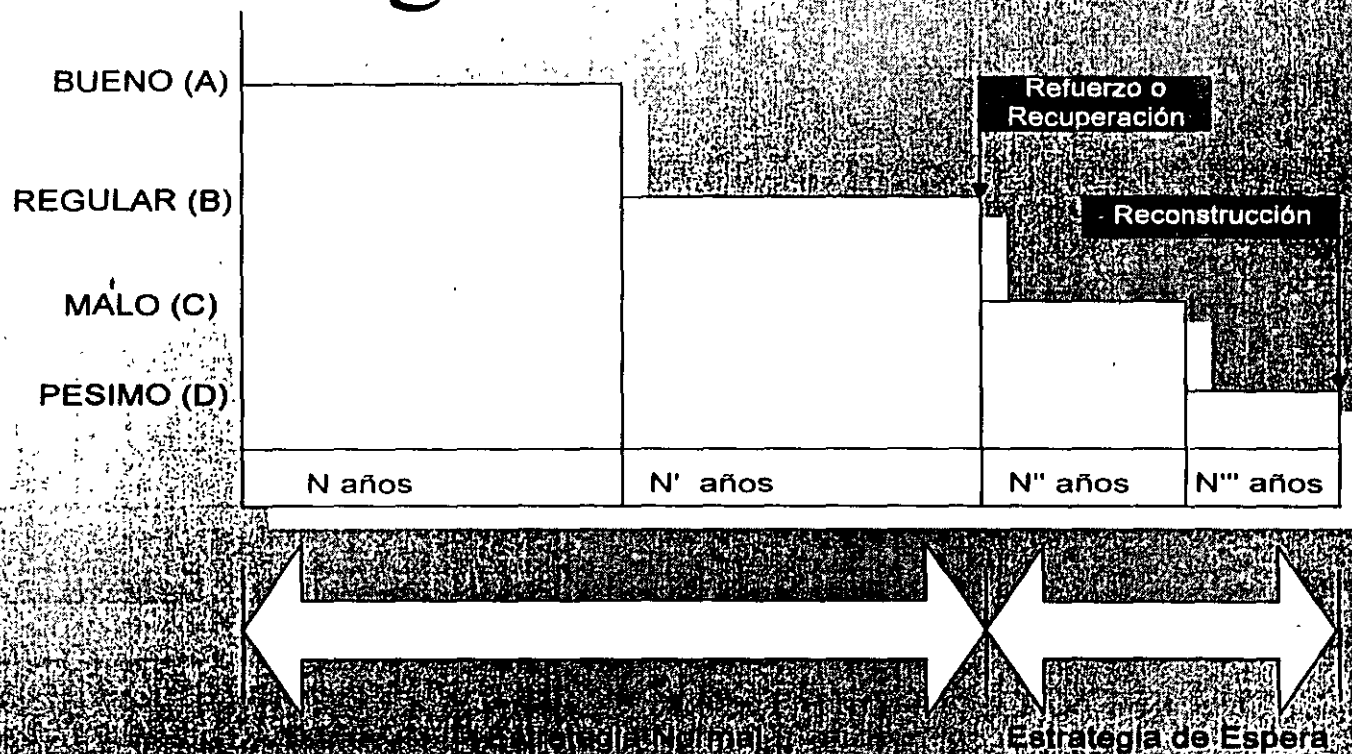
El **estado D**, corresponde al fin de la vida útil de la carretera. Todas las capas inferiores están afectadas por las deformaciones, la capa de base ha perdido toda capacidad de soporte y las terracerías están deformadas. Es la etapa típica de la **reconstrucción total**. El estado de la carretera está considerado como **Pésimo**.

### CURVA DE DEGRADACION



Un pavimento bien construido, pero solamente conservado con acciones de bacheo y renivelaciones, se degradará rápidamente como se indica en esta gráfica. Desde una situación inicial "Bueno" el estado físico se deteriora lentamente, hasta llegar a "Regular". La degradación se acelera y el estado del pavimento llega a "Malo" y termina en pocos años en el estado "Pesimo".

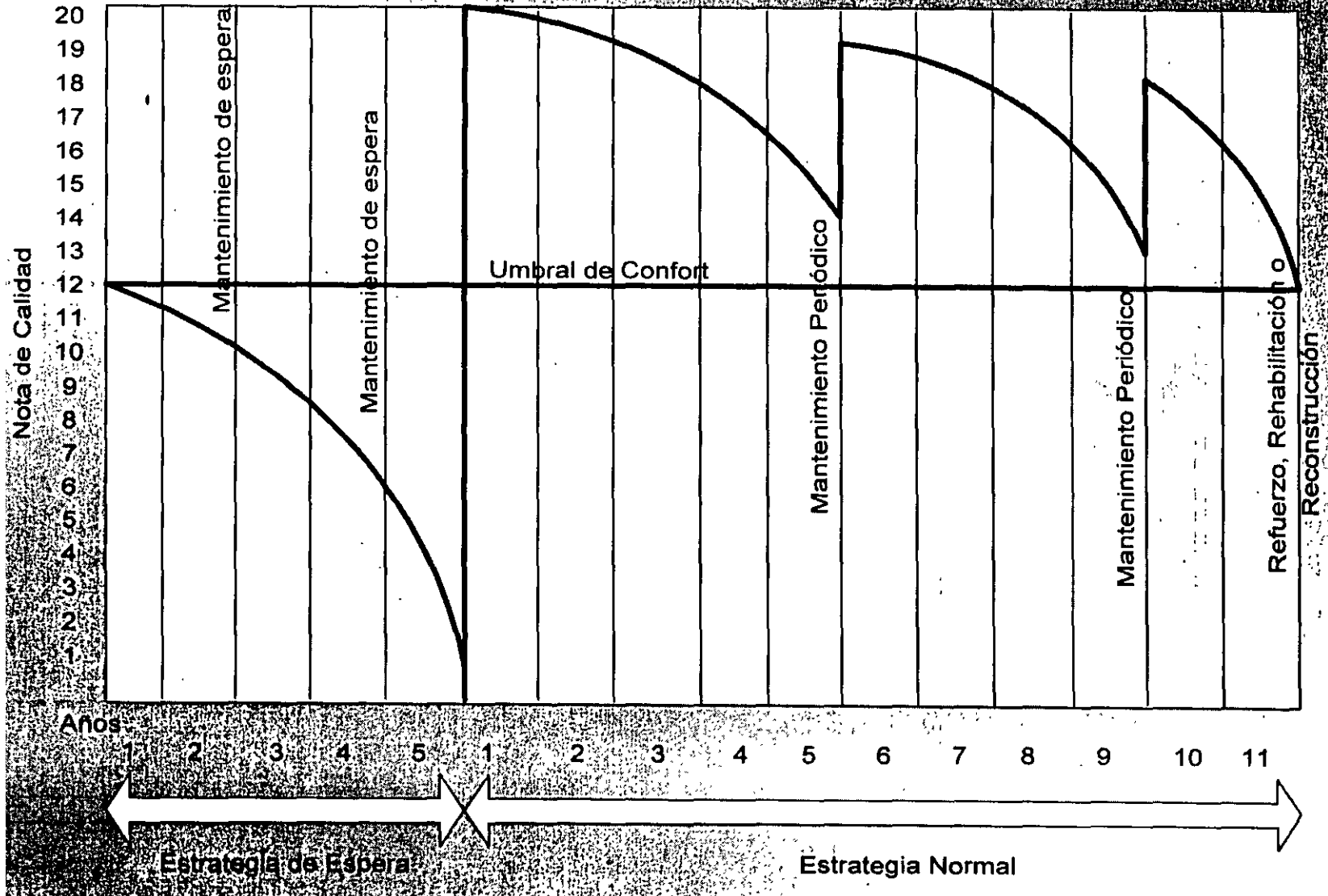
# Estrategias de mantenimiento I



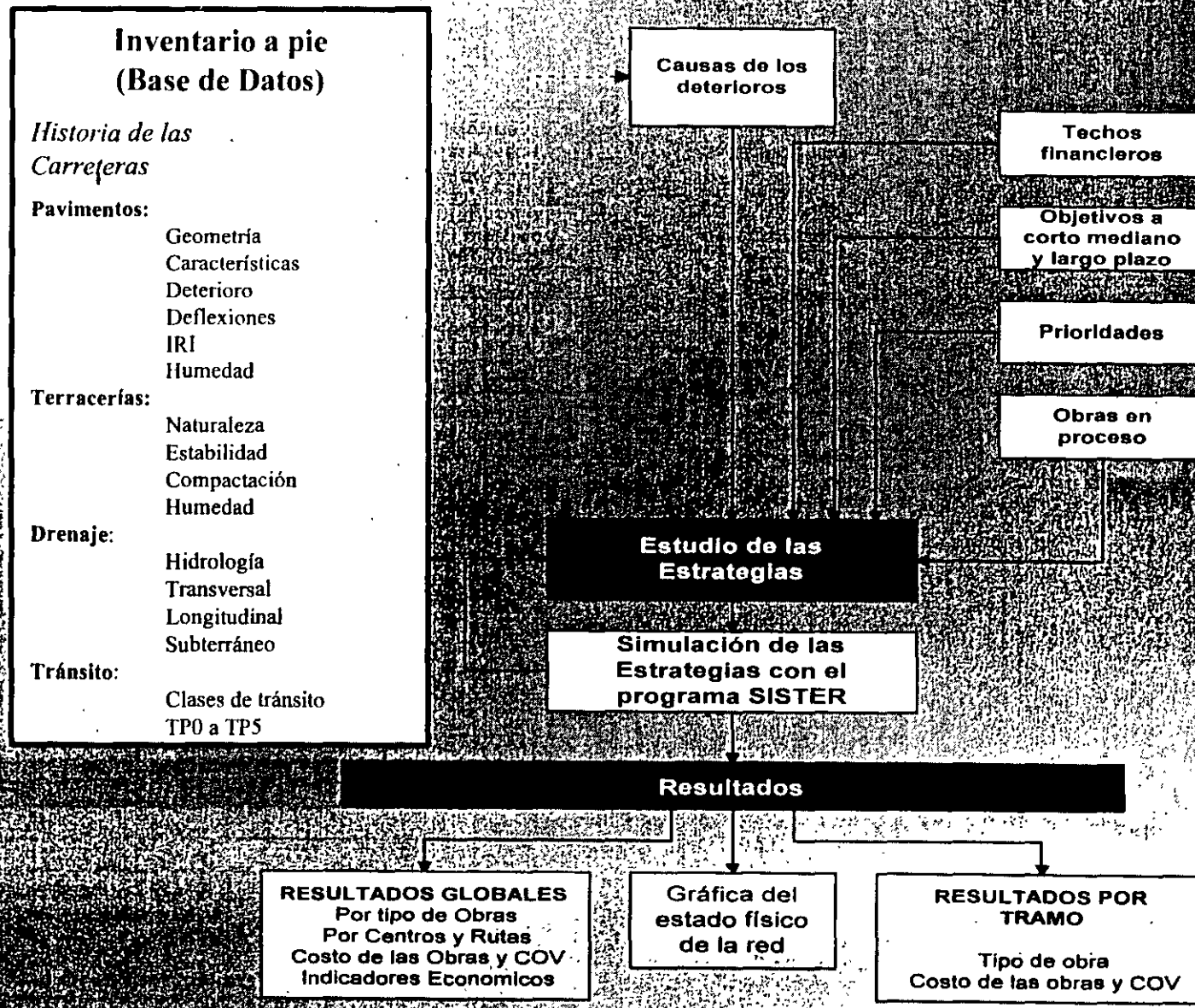
## Definición de Estrategias

- (i) Definir los objetivos (por ejemplo, el estado malo y pésimo en un determinado plazo).
- (ii) Fijar el umbral de confort para el usuario.
- (iii) Determinar los plazos N1 y N2 durante los cuales el pavimento estará en los estados A y B en la estrategia normal.
- (iv) Teóricamente, todo pavimento llegando al estado C, debe ser objeto de un refuerzo o recuperación. Tomando en cuenta el estado de la Red Federal, es obligatorio prever Estrategias de Espera. No es posible reparar todas las carreteras en estado malo o pésimo durante el primer año.

# Estrategias de mantenimiento II



# Esquema del modelo SISTER

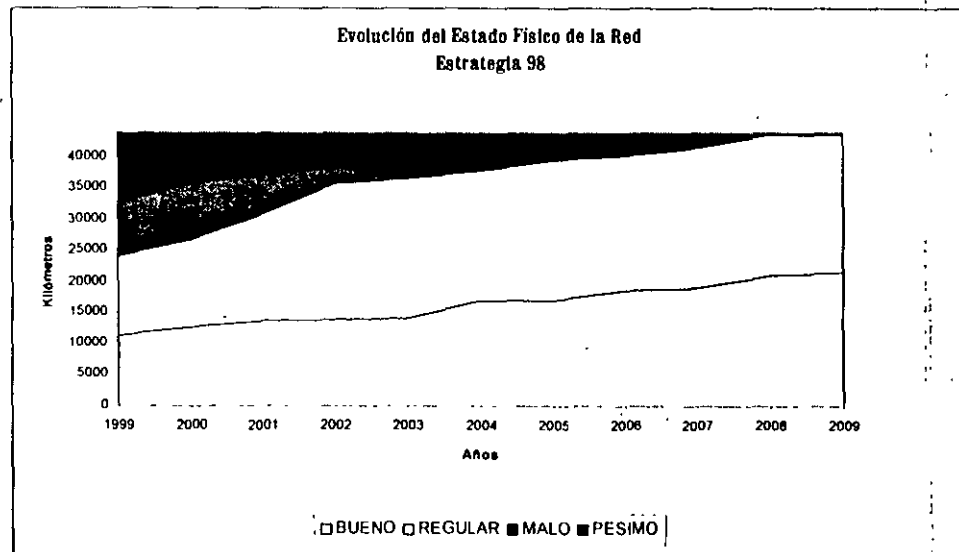




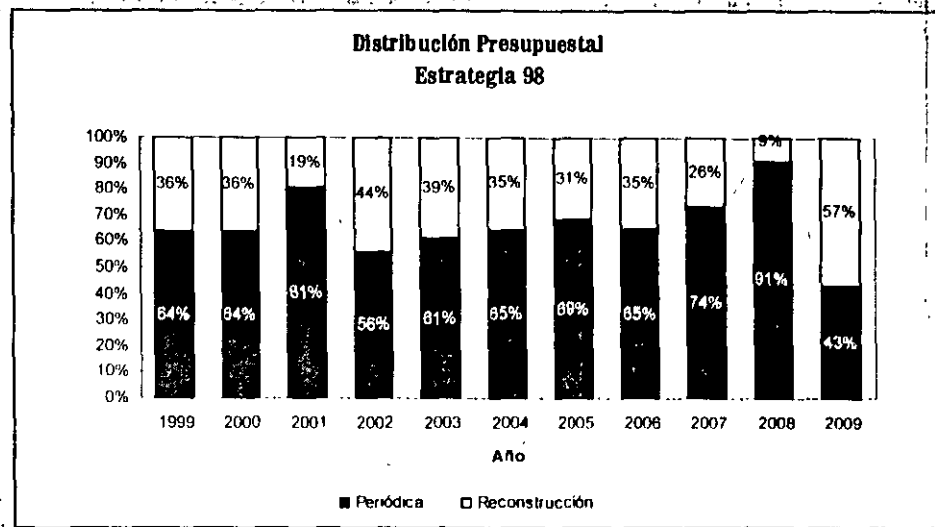
# MODELO SISTER

## ESTRATEGIA 98

Año	Reconstrucción	Conservación Periódica	Monto Total
1999	729	1,293	2,022
2000	792	1,396	2,188
2001	481	2,051	2,532
2002	1,099	1,390	2,489
2003	1,014	1,605	2,619
2004	977	1,786	2,763
2005	853	1,882	2,735
2006	996	1,836	2,832
2007	650	1,827	2,477
2008	247	2,418	2,665
2009	1,596	1,215	2,811

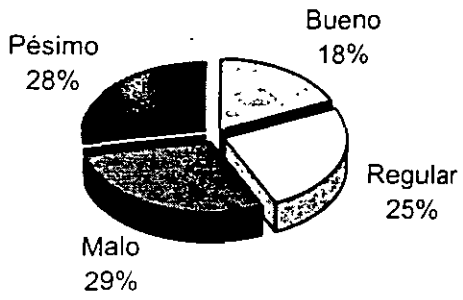


PROGRAMA 1999	
<input type="checkbox"/> Reconstrucción	[ MILONES DE PESOS ]
* Tramos	6624
* Puentes	1447
<input type="checkbox"/> Conservación periódica	
* Carpetas	9012
* Recuperación de pavimento y sello	1320
* Recuperación de pavimento y carpeta	1983
* Recuperación de pavimento y microcarpeta	506
* Renivelaciones y sello	1291
* Riego de sello	326
* Otros	507
<input type="checkbox"/> Conservación rutinaria	9643
<input type="checkbox"/> Atención a puntos de conflicto	60
<input type="checkbox"/> Otros subprogramas	1400

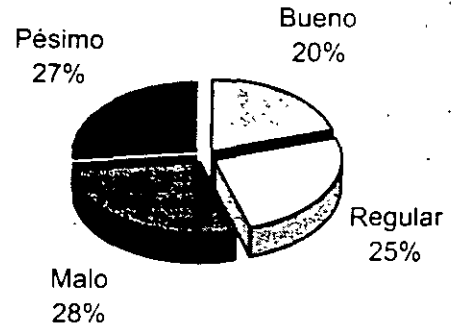


**RED CARRETERA FEDERAL**  
**Evolución física (1994 - 1999)**  
**Red Total**

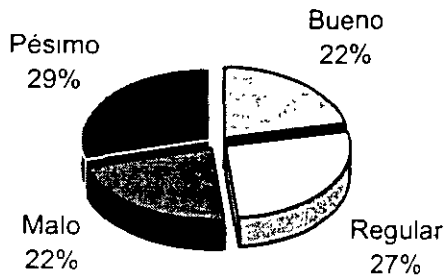
**Fines de 1994**



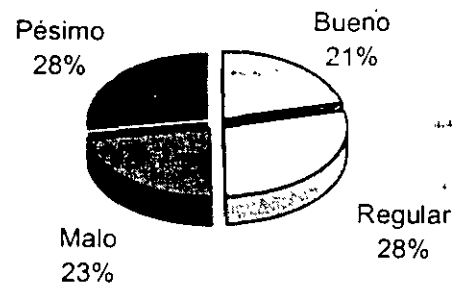
**Fines de 1995**



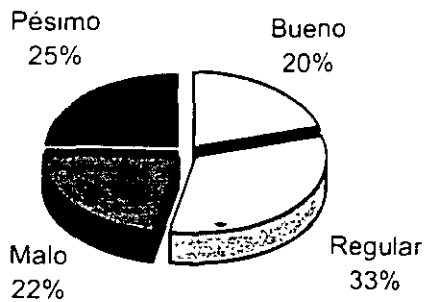
**Fines de 1996**



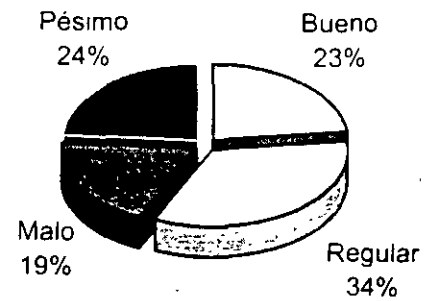
**Fines de 1997**



**Fines de 1998**

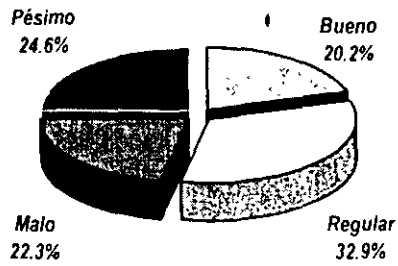


**Fines de 1999**



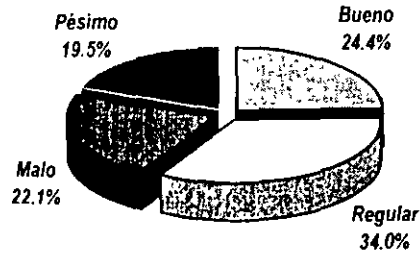
# ESTADO FISICO DE LA RED FEDERAL

## FINES DE 1998



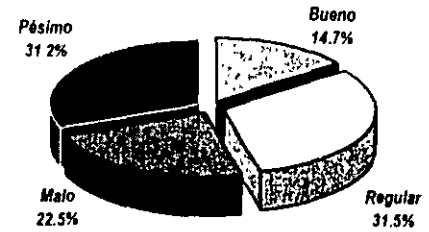
GLOBAL

53.1%



RED BASICA

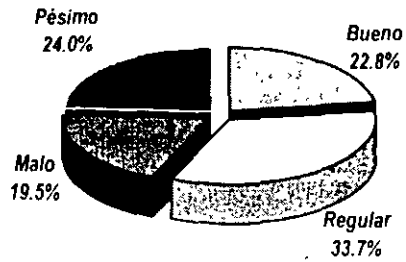
58.4%



RED SECUNDARIA

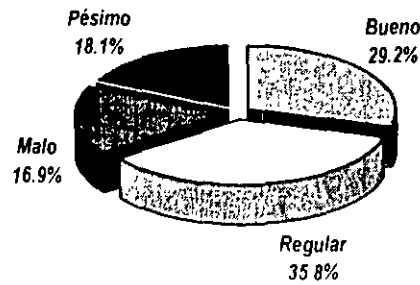
46.2%

## FINES DE 1999



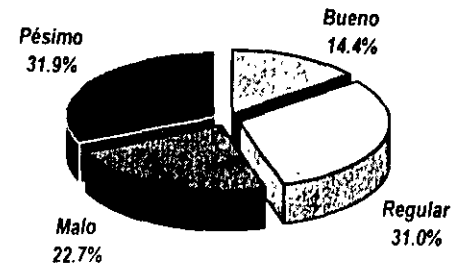
GLOBAL

56.5%



RED BASICA

65.0%



RED SECUNDARIA

45.4%



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACUIÓN**

**TEMA**

**SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES Y SU APLICACIÓN EN MÉXICO**

**EXPOSITOR: M. I. MIGUEL ARTURO BAROUSSE MORENO  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

# Conclusión

El Modelo **SISTER** permite observar rápidamente las consecuencias a corto, mediano y largo plazo de la aplicación de una determinada política de mantenimiento, valiéndose de un sencillo esquema de operación que contempla procedimientos de recolección de datos poco demandantes y que opera proporcionando resultados que permiten:

- ☑ Visualizar el estado físico de un conjunto de Red en el tiempo.
- ☑ Establecer necesidades presupuestarias.
- ☑ Comparar los beneficios de un conjunto de estrategias para seleccionar la óptima.
- ☑ Sustentar proposiciones ante autoridades políticas y argumentar ante organismos financieros nacionales e internacionales.

## ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN .....	1
I.1. ANTECEDENTES.....	1
I.2. CONCEPTOS GENERALES DE UN SAP.....	1
I.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SAP SEDESOL.....	2
II. ESTABLECIMIENTO DE LAS UNIDADES BÁSICAS DE ANÁLISIS DEL SAP SEDESOL .....	4
III. INSPECCIÓN VISUAL DEL DETERIORO SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS.....	7
III.1. PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	8
III.2. PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	9
IV. CALIFICACIÓN DE SERVICIO DE LOS PAVIMENTOS.....	10
V. DATOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO .....	12
VI. DATOS ADICIONALES DEL INVENTARIO DEL PAVIMENTO Y DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL COMPLEMENTARIA.....	13
VI.1. INSPECCIÓN VISUAL DEL SEÑALAMIENTO VIAL.....	13
VI.2. INSPECCIÓN VISUAL DE LOS SEMÁFOROS.....	14
VI.3. INSPECCIÓN VISUAL DEL ALUMBRADO PÚBLICO.....	16
VI.4. DATOS DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL COMPLEMENTARIA.....	16
VII. DATOS DE LOS SONDEOS Y PRINCIPALES RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO Y EN EL LUGAR .....	17
VIII. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL NO DESTRUCTIVA DE PAVIMENTOS EN SERVICIO.....	19
IX. EVALUACIÓN INTEGRAL DEL ESQUEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO VIAL .....	20
X. ANÁLISIS DE PLANEACIÓN A NIVEL DE RED VIAL DEL SAP SEDESOL .....	20
XI. PROGRAMA DE CÓMPUTO PARA ANÁLISIS DEL SAP SEDESOL.....	22
XII. MEDIDAS DE FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL.....	24
XIII. PRINCIPALES PRODUCTOS DE LA IMPLANTACIÓN INICIAL DEL SAP SEDESOL .....	24
XIV. CONCLUSIONES.....	25
XV. REFERENCIAS.....	26

# **“SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS”**

## **I. INTRODUCCIÓN**

Para efectos de los estudios dirigidos por la Secretaría de Desarrollo Social (la SEDESOL) se utilizan de manera intercambiable los términos “sistema de administración de pavimentos” (SAP) y “sistema de administración del mantenimiento vial”, puesto que se apoyan en los mismos principios. En ambos casos, el principal objetivo de estos sistemas, denominados “SAP SEDESOL”, es el de garantizar una mejor aplicación de los recursos disponibles en los ayuntamientos en obras de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos, así como en el mantenimiento del señalamiento vial, los semáforos y el alumbrado público.

Es conveniente poner énfasis en que en el SAP SEDESOL, se le ha dado una acepción muy amplia al término “mantenimiento vial”, para que incluya todas las actividades relacionadas con la construcción de pavimentos nuevos, así como el mantenimiento rutinario, la rehabilitación y la reconstrucción de los pavimentos existentes; asimismo, se han considerado elementos complementarios de la infraestructura vial, tales como las banquetas, las guarniciones, el drenaje pluvial, los señalamientos horizontal y vertical, los semáforos y el alumbrado público.

### **I.1. ANTECEDENTES**

En los años de 1995 y 1996, la SEDESOL implantó los Sistemas de Administración del Mantenimiento Vial de las ciudades de Saltillo y Torreón, Coah., respectivamente. Actualmente, la SEDESOL aplica este tipo de sistema en las ciudades de Campeche, Camp., y San Luis Potosí, S.L.P. En el año de 1994, el H. Ayuntamiento de León, Gto., desarrolló por iniciativa propia el primer sistema de administración de pavimentos utilizado en la República Mexicana para una red vial urbana. Es conveniente indicar que todos estos estudios han estado a cargo de la empresa TORRES, CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V., con sede en la Ciudad de México (Refs. 1-5).

### **I.2. CONCEPTOS GENERALES DE UN SAP**

En una red vial dada, un SAP tiene como objetivo principal la coordinación eficiente de todas las actividades relacionadas con la planeación, el proyecto, la construcción, el mantenimiento, la rehabilitación, la reconstrucción, la evaluación y la investigación de pavimentos. En la Fig. 1 se indican esquemáticamente las principales actividades de un SAP.

La implantación de un SAP permite optimizar los recursos disponibles en los organismos municipales a cargo del manejo de los pavimentos de una red vial. Desde el

punto de vista del usuario, un SAP tiene como fin primordial garantizar la circulación de los vehículos en forma segura, económica y cómoda.

En el ámbito internacional, los sistemas de administración de pavimentos son considerados como la herramienta más eficiente para la administración y la programación del mantenimiento vial. Estos sistemas son utilizados por las dependencias a cargo de la construcción, de la operación y del mantenimiento de redes de carreteras o de vialidad urbana.

En un SAP normalmente se distinguen dos niveles: red y tramo. En el nivel de red generalmente se efectúan todas las actividades de programación, planeación y distribución del presupuesto, las cuales están a cargo del personal directivo responsable de la administración. Con base en los datos existentes de todos los tramos de la red vial, se define la mejor estrategia de mantenimiento rutinario, rehabilitación y reconstrucción de los pavimentos existentes, asignando prioridades entre ellos y teniendo como restricción el presupuesto total disponible. Una vez seleccionado un tramo, en éste se efectúan actividades detalladas de evaluación y proyecto, antes de llevar a cabo la medida requerida para mejorar el estado del pavimento. Mediante ciclos de retroalimentación se establece un enlace dinámico entre los dos niveles de un SAP, tal como se ilustra en la Fig. 2.

### **1.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SAP SEDESOL**

Como parte central de este sistema, se crea un banco de datos para la red vial de cada ciudad y se utiliza un programa de cómputo desarrollado específicamente para el manejo de esta información y para la realización de los diversos análisis requeridos.

El SAP SEDESOL normalmente se complementa con una serie de medidas de fortalecimiento institucional, las cuales son identificadas como resultado de la evaluación integral del esquema de mantenimiento vial utilizado por los ayuntamientos. De esta manera, el SAP SEDESOL no es la única medida propuesta para mejorar las operaciones de mantenimiento vial a cargo de los ayuntamientos ni funcionaria adecuadamente sin la aplicación de otras acciones complementarias.

El SAP SEDESOL es básicamente un conjunto de procedimientos de que disponen las autoridades municipales para planear y organizar todas las actividades de mantenimiento vial. Como punto de partida para la implantación inicial del SAP SEDESOL se utilizan los siguientes elementos: evaluación de las actividades de mantenimiento vial realizadas por los ayuntamientos; características y estado de la red vial existente; perspectivas de crecimiento de los trabajos relacionados con el mantenimiento vial en los años futuros.

Para la realización de cualquier tipo de análisis es necesario crear previamente un banco de datos con la información básica estipulada para el SAP SEDESOL. Los datos sobre los principales elementos de la infraestructura vial son recopilados directamente por el consultor, a cargo de la implantación inicial de este sistema en una parte de la red



vial de la Ciudad. Una vez concluido el estudio respectivo, las autoridades municipales continúan recopilando información del resto de la red vial y se hacen cargo de la operación permanente del SAP SEDESOL.

Los análisis del SAP SEDESOL son efectuados con un paquete de cómputo proporcionado por la SEDESOL. Esta herramienta integra un sistema de información geográfica, con el que se logra una gran versatilidad en la representación gráfica de la principal información almacenada en el banco de datos o de los resultados más importantes generados en los análisis del SAP SEDESOL.

Los grupos de actividades más importantes de que consta la implantación inicial del SAP SEDESOL, por orden cronológico, son los siguientes:

1. Recopilación de la información existente sobre mantenimiento vial en diversas dependencias municipales.
2. Inventario de las principales características de la infraestructura vial. Como parte de los trabajos de campo, se obtiene información sobre la geometría y otros aspectos de los tramos viales, entre la que se encuentra la siguiente: longitud, anchura de la sección transversal, número de carriles y tipo de pavimento.
3. Recopilación de datos básicos sobre el estado de la infraestructura vial. En el caso del SAP SEDESOL, la principal información recopilada, a nivel de red vial es la siguiente: inspección visual del deterioro superficial del pavimento, calificación de servicio actual o irregularidad superficial del pavimento; inspección visual de las banquetas, inspección visual de las guarniciones; inspección visual del drenaje superficial; inspección visual del señalamiento vial, inspección visual de los semáforos; inspección visual del alumbrado público.
4. Aforos vehiculares en estaciones maestras. Con el fin de obtener información básica de volúmenes de tránsito a lo largo de la red vial evaluada en los estudios, se realizan recuentos vehiculares en estaciones maestras.
5. Evaluación estructural destructiva del pavimento en tramos selectos. Se efectúan sondeos en sitios estratégicos de la red vial, para establecer la variación de la estructura del pavimento y las características de los materiales empleados.
6. Análisis diversos para la planeación, la programación y la distribución de recursos para el mantenimiento rutinario, la rehabilitación y la reconstrucción de los pavimentos existentes, así como para la construcción de pavimentos en nuevos enlaces de la red vial o en enlaces cuya sección transversal vaya a ser ampliada.

7. Implantación inicial del SAP SEDESOL. Con base en toda la información recopilada por el Consultor, se realiza la primera etapa de aplicación del SAP SEDESOL, la cual finaliza con la transferencia del mismo a los ayuntamientos
8. Propuesta definitiva de medidas complementarias de fortalecimiento institucional. Para la implantación del SAP SEDESOL también se proponen este tipo de medidas, encaminadas a lograr una operación más eficiente de la dependencia municipal a cargo del mantenimiento vial.

En la Fig. 3 se ilustran las principales actividades de que consta la implantación inicial del SAP SEDESOL en una ciudad media de la República Mexicana. Para garantizar la transferencia del SAP SEDESOL a las autoridades municipales a cargo del mantenimiento vial, normalmente la SEDESOL efectúa una donación de equipo y programas de cómputo. Esta donación se canaliza a la dependencia municipal que se hará cargo de continuar con la implantación del SAP SEDESOL en el resto de la red vial no incluida en el estudio respectivo.

## **II. ESTABLECIMIENTO DE LAS UNIDADES BÁSICAS DE ANÁLISIS DEL SAP SEDESOL**

En el SAP SEDESOL, a cada unidad básica le corresponde un número único, el cual es fijado por el programa de cómputo desarrollado para el Estudio, a partir de la información almacenada por el usuario; dicho número de identificación sirve de enlace entre los diferentes bancos de datos numéricos que son creados y el sistema de información geográfica

El tramo-cuerpo es la unidad más pequeña desde el punto de vista de recolección de datos, análisis y representación gráfica del SAP SEDESOL. En esencia, un tramo-cuerpo es un tramo vial homogéneo, de acuerdo con los siguientes criterios

- Por intersección de dos o más tramos viales. Este criterio de geometría de la red vial corresponde al caso en que se interrumpe la continuidad de un tramo en la intersección con otro, en tal caso, es necesario decidir, de acuerdo con los demás criterios de homogeneidad, cuál tramo-cuerpo se prolongará a través de la intersección definiendo conjuntamente de esta manera los límites de los demás tramos-cuerpo que confluyan en un cruce dado
- Clasificación funcional del tramo, por ejemplo, primario, secundario y local. Esta clasificación es importante desde el punto de vista de los volúmenes de tránsito que se presentarán en el tramo-cuerpo, los cuales son un dato básico para la evaluación económica del SAP SEDESOL.
- Tipo de pavimento. Al variar el tipo de pavimento también cambian los datos recopilados y los métodos de análisis, entre otros aspectos.

- Deterioro superficial. Mediante una observación rápida, se pueden establecer los límites de los tramos-cuerpo a partir del deterioro superficial existente en el pavimento, de tal manera que se mantenga poca variación en los principales defectos visibles en un tramo-cuerpo dado.
- Estructura del pavimento. Aun cuando se mantenga el mismo tipo de pavimento, si cambia su estructura se presentará un comportamiento diferente. Es conveniente aclarar que a menudo no se dispone de la información sobre la estructura del pavimento, por lo que normalmente se requieren sondeos para determinar las capas que conforman al pavimento.
- Anchura de la sección transversal. Cuando se presenten variaciones importantes en la sección transversal se deberán considerar dos o más tramos-cuerpo, a pesar de que las demás características se mantengan uniformes. Este aspecto es muy importante en el análisis de costos del SAP SEDESOL, ya que normalmente se supone una anchura constante de la sección transversal en un tramo-cuerpo dado.
- Separación longitudinal. En aquellos casos en que en un tramo vial exista una franja separadora central o una clara división de los carriles de circulación, se deberán considerar dos o más tramos-cuerpo, separados longitudinalmente. Esta separación también se requiere en el caso de los carriles exclusivos de autobuses, en los que el pavimento de estos carriles es sometido únicamente a cargas vehiculares elevadas, en comparación con los carriles para el tránsito normal, en los que la mayor parte de los vehículos son automóviles.
- Longitud. Después de una evaluación detallada de los aspectos prácticos de la recopilación de información y de los análisis requeridos, se decidieron establecer como longitudes máxima y mínima de los tramos-cuerpo 500 y 50 m, respectivamente. Sin embargo, solamente en casos especiales, se puede utilizar una longitud efectiva del tramo-cuerpo menor de 50 m; por ejemplo, zonas centrales de intersecciones en las que se utiliza el concreto hidráulico para evitar problemas de erosión ocasionados por el encauzamiento del agua de lluvia cuando el drenaje pluvial se realiza por superficie.

Es importante hacer hincapié en que en un tramo vial dado pueden existir varios tramos-cuerpo separados longitudinal y/o transversalmente, dependiendo de las características del pavimento.

A través del sistema de información geográfica que está integrado al programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL, se pueden obtener diversas representaciones gráficas de datos almacenados y de resultados, según lo solicite el usuario. Al respecto, los tramos-cuerpo son identificados por medio de los objetos denominados "polilíneas", a los cuales se les pueden asignar diversas propiedades, tales como grosor y color.

Dependiendo de la longitud de los tramos-cuerpo con todo o parte de su eje longitudinal en forma curva, es posible emplear una "polilínea" compuesta por varias líneas rectas de pequeña longitud o una "polilínea" con uno o más segmentos de arco circular o una combinación de los dos casos anteriores; de esta manera, se puede lograr una representación más precisa de este tipo de tramos-cuerpo. Sin embargo, se aclara que la representación utilizada es puramente esquemática y es adecuada para los fines del SAP SEDESOL. En la Fig. 4 se presenta un ejemplo hipotético de la representación gráfica de los tramos-cuerpo a partir de la cartografía digital de una zona urbana.

El sistema de referencias de los tramos-cuerpo del SAP SEDESOL es bastante flexible y permite abarcar todos los casos que se presentan en una red vial urbana. En general y de acuerdo con las formas utilizadas para la recopilación de información de campo, los datos requeridos para establecer las referencias de un tramo-cuerpo son los siguientes:

- "Calle, avenida o boulevard" Este dato corresponde al nombre de la calle principal en que se encuentra alojado longitudinalmente el tramo-cuerpo. La nomenclatura que puede ser utilizada es la almacenada previamente en el catálogo de nombres de calles del SAP SEDESOL. Con el fin de uniformar los nombres de las calles, de acuerdo con la nomenclatura correcta u oficial del ayuntamiento, se debe dar de alta en el catálogo de nomenclatura cualquier nombre nuevo de calle, habiendo verificado previamente que éste no exista con otra denominación similar o que se utilice un nombre incorrecto. El catálogo de nomenclatura de calles puede ser consultado y/o modificado a través del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL, con lo que se facilita significativamente su utilización.
- "Tramo inicia en". En este caso, se emplea el nombre de la calle perpendicular en donde inicia el tramo-cuerpo. El inicio es arbitrario, pero normalmente corresponde al sentido del recorrido de la inspección del pavimento. El nombre de la calle perpendicular donde inicia el tramo-cuerpo también debe ser obtenido del catálogo de nomenclatura de calles.
- "Tramo termina en". Este dato se refiere al nombre de la calle en donde termina el tramo-cuerpo, el cual debe aparecer en el catálogo de nomenclatura de calles.
- "A o D". Dado que normalmente se deben incorporar las intersecciones a un tramo-cuerpo, es necesario indicar si un tramo-cuerpo inicia o termina antes o después de la calle perpendicular de referencia. De esta manera, la clave "A" se refiere a la ubicación "antes" y la clave "D" a "después" de la intersección. Dichas claves siempre van asociadas a una calle perpendicular, de inicio o terminación de un tramo-cuerpo.
- "Cuerpo". En muchos casos existen dos o más tramos-cuerpo paralelos delimitados en sus extremos por las mismas calles perpendiculares. Con el

fin de identificar claramente a estos tramos-cuerpo aproximadamente paralelos, se utilizan claves especiales.

En el caso de aquellos tramos viales representados por un solo tramo-cuerpo, se utiliza la clave "U" para indicar que se trata de un "cuerpo único".

Cuando se presentan dos tramos-cuerpo paralelos, se utilizan las claves "D" o "I" para designar al cuerpo "derecho" e "izquierdo", respectivamente. La denominación de "D" o "I" generalmente corresponde al sentido del recorrido utilizado para el levantamiento de la información básica de los tramos-cuerpo, pero se deja a juicio del personal a cargo de esta actividad. La división en tramos-cuerpo paralelos corresponde al criterio de "separación longitudinal" descrito previamente. Sin embargo, en el caso de una avenida o bulevar se deberá tratar de mantener en toda su longitud el mismo criterio para designar cuál cuerpo es el derecho y cuál el izquierdo; de esta manera, se pretende evitar posibles confusiones al consultar el SAP SEDESOL o al actualizar la información almacenada.

En algunas partes de la red vial pueden existir tres o más tramos-cuerpo "paralelos". Tal es el caso de las avenidas o bulevares con cuerpos centrales y cuerpos laterales de servicio. Con el fin de poder abarcar cualquier combinación posible de cuerpos centrales y laterales, se establecieron claves especiales para identificar a los cuerpos laterales; como máximo podrán existir dos cuerpos centrales y los demás cuerpos se deberán considerar como laterales. Los cuerpos laterales se designan por la clave "DLi" o "ILi", la cual corresponde a "derecha, lateral Núm. i" o a "izquierda, lateral Núm. i", respectivamente; "i" representa el número del cuerpo lateral, utilizando una numeración consecutiva y ascendente, del centro hacia afuera, empezando por el número 1 y terminando en el número que se requiera.

Además de las referencias de cada tramo-cuerpo, la información mínima requerida para todos los tramos-cuerpo es la siguiente:

- Tipo de pavimento
- Longitud
- Anchura de la sección transversal.
- Número de carriles

### **III. INSPECCIÓN VISUAL DEL DETERIORO SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS**

Desde el punto de vista del SAP SEDESOL, esta inspección proporciona datos muy importantes sobre el estado del pavimento. Una de las mayores ventajas de dicha actividad es que no se requiere de equipo especial para establecer el deterioro del pavimento, sino que la inspección se hace de acuerdo con un inventario de los defectos existentes en el pavimento, de su severidad y del área afectada. Posteriormente, los

datos del inventario se convierten a un índice, mediante el cual se expresa de manera general el estado del pavimento.

Para el caso del SAP SEDESOL, se decidió utilizar la metodología básica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A. (*US Army Corps of Engineers*). Este enfoque es relativamente nuevo y ha sido utilizado exitosamente en sistemas de administración de pavimentos actualmente en operación en los E.U.A. y en otros países, entre ellos México.

En el SAP SEDESOL, los datos del deterioro superficial del pavimento son utilizados directamente para establecer las estrategias más eficaces de mantenimiento rutinario, rehabilitación o reconstrucción, las cuales corresponden a los defectos observados.

En general, el grado de deterioro de un pavimento es función del tipo de defecto observado, de su severidad y de su densidad (o área afectada de pavimento). Con el fin de obtener información confiable, objetiva y reproducible sobre el deterioro superficial de los pavimentos se desarrolló el concepto del índice de la condición del pavimento, o ICP (*pavement condition index*, o *PCI* por sus siglas en inglés). El ICP es un índice numérico que varía de 0, para un "pavimento" completamente destruido, hasta 100, para un pavimento en estado perfecto, este índice corresponde a la calificación de la condición del pavimento, desde el punto de vista de los defectos superficiales observados. El ICP puede ser aplicado en pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico. Una importante ventaja de la utilización del ICP sobre otras formas de presentación de resúmenes del deterioro superficial radica en la fácil interpretación de los resultados en forma gráfica; esto no se puede lograr con la mayoría de los métodos disponibles, puesto que no emplean índices. En consecuencia, se tiene una gran versatilidad en la representación gráfica con el sistema de información geográfica que fue integrado al programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.

En general los defectos que se consideran en la inspección visual del deterioro superficial de los pavimentos son los mismos que en el procedimiento *PAVER* del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A. (Refs. 6, 7 y 8). Sin embargo, se eliminaron ciertos defectos que no se consideraron aplicables a las condiciones específicas de la redes urbanas viales de la República Mexicana.

### III.1. PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Por medio de claves se identifican los defectos considerados para los pavimentos asfálticos los cuales son los siguientes.

1. Agrietamiento de piel de cocodrilo.
2. Exudación de asfalto.
3. Agrietamiento con patrón de mapa.
4. Bordo o depresión localizados.
5. Ondulaciones transversales.

6. Depresión por asentamiento.
7. Agrietamiento en la orilla.
8. Grietas de reflexión.
9. Acotamiento en desnivel.
10. Grietas longitudinales y transversales.
11. Baches o cortes reparados en el pavimento.
12. Textura lisa.
13. Baches abiertos.
14. Roderas.
15. Corrimientos en la carpeta.
16. Agrietamiento por deslizamiento.
17. Levantamiento por expansión.
18. Desgaste o erosión.

En comparación con el método convencional para obtener el ICP de los pavimentos asfálticos, solamente se excluyó la manifestación de deterioro correspondiente al "cruce del ferrocarril". En México normalmente no se consideran como un defecto a los cruces de la vialidad con el ferrocarril, aun cuando normalmente corresponden a zonas de alta irregularidad superficial.

### **III.2. PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO**

En el SAP SEDESOL, para el caso de los pavimentos de concreto hidráulico, incluyen en la inspección visual los tipos siguientes de deterioro:

- 1 Rotura por empuje de losas.
- 2 Agrietamiento en esquinas.
- 3 Losa dividida.
- 4 Desnivel en juntas.
5. Pérdida o defecto de sellado en juntas.
- 6 Acotamiento en desnivel.
7. Grietas longitudinales, transversales y diagonales.
- 8 Baches de gran tamaño o cortes reparados en el pavimento
9. Baches pequeños reparados en el pavimento.
- 10 Textura lisa
- 11 Cavidades superficiales
12. Bombeo.
- 13 Bloques separados de losa.
14. Grietas superficiales con desgaste o erosión.
- 15 Grietas de contracción
16. Despostillamiento en esquinas.
- 17 Despostillamiento en juntas

Al igual que en los pavimentos asfálticos, los números indicados anteriormente corresponden a la clave de identificación de los defectos. En relación con el método original del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A., en el caso de los pavimentos

de concreto hidráulico, se excluyeron los defectos siguientes: "cruce de ferrocarril" y agrietamiento en forma de "D". El primer "defecto" se excluyó por la misma razón expuesta para el pavimento asfáltico y el otro porque es causado por la expansión resultante de los ciclos de congelamiento-deshielo, los cuales no se presentan en la mayor parte de las ciudades medias del país.

Con el fin de simplificar el cálculo del ICP, se decidió generar las subrutinas requeridas para el análisis correspondiente. Estas subrutinas fueron incorporadas al programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL, con el que los cálculos requeridos se pueden realizar fácil y rápidamente.

Una vez almacenados los datos del deterioro del pavimento de un tramo-cuerpo, el programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL calcula el valor del ICP correspondiente. Este valor queda registrado en el banco de datos, para cualquier consulta o análisis posterior. De esta manera, el usuario es liberado de todos los cálculos tediosos que se requieren para determinar manualmente el ICP.

A partir de la información almacenada del deterioro superficial del pavimento, por medio del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL, se puede calcular el valor del ICP de todos los tramos-cuerpo inspeccionados. En la Fig. 5 se proporciona un ejemplo de las gráficas obtenidas de dicho programa para los pavimentos asfálticos de la red vial de Torreón, Coah. En dicha gráfica se presenta un resumen de la densidad de cada defecto observado, por nivel de severidad. Por ejemplo, en el caso de los pavimentos asfálticos, el agrietamiento de piel de cocodrilo es el defecto más común y se registra en cerca del 4% de los tramos-cuerpo inspeccionados, con una severidad ligera.

En cuanto al ICP, si se consideran conjuntamente todos los tramos-cuerpo evaluados en la implantación inicial del SAP SEDESOL en Torreón, Coah., el valor medio de este parámetro es de 56.9, según se indica en la Fig. 6. Asimismo, se obtuvo una gran variación del valor de ICP en los tramos-cuerpo, desde 3 hasta 100.

#### **IV. CALIFICACIÓN DE SERVICIO DE LOS PAVIMENTOS**

En el SAP SEDESOL, uno de los principales datos requeridos para la evaluación económica de las acciones de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción es la irregularidad superficial de los pavimentos. En este sentido, se propuso determinar dicho parámetro a partir de datos de la calificación de servicio actual, la cual puede ser obtenida de manera sencilla y sin equipo especial.

El concepto de calificación de servicio, tal como se utiliza en el SAP SEDESOL, se basa en la definición original del Camino de Prueba AASHO ("*AASHO Road Test*"), en el cual se desarrolló la idea de que se pueden emplear calificaciones para representar el "servicio" que proporciona un tramo de pavimento. La primera publicación en que se menciona la calificación de servicio de un pavimento apareció en el año de 1960 (Ref. 9). El término "servicio" ("*serviceability*") se define en relación con el propósito principal para



el que fue construido el pavimento: es decir, para permitir un manejo suave, cómodo y seguro de los vehículos

El nombre correcto y completo del parámetro utilizado en el SAP SEDESOL para evaluar la "calidad" de manejo que proporcionan los pavimentos al tránsito de vehículos es el de "calificación de servicio actual" ("*present serviceability rating*"). El término "actual" se emplea para poner énfasis en el hecho de que la calificación obtenida es válida estrictamente sólo para el momento mismo de la evaluación. En algunos métodos de proyecto de pavimentos, como el de la AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), se predice el comportamiento de los pavimentos con base en la variación de un índice de servicio, el cual representa a la calificación de servicio.

Para los fines del SAP SEDESOL y después de una evaluación cuidadosa de las necesidades de las ciudades medias del país, se decidió utilizar la calificación de servicio actual (CSA). La calificación de servicio se registra al circular en un automóvil por los tramos-cuerpo seleccionados

En general, la calificación de servicio se refiere a la opinión de los conductores sobre el confort que se logra al circular en un vehículo por un pavimento dado. Este parámetro de evaluación varía de 0 a 5, correspondiendo el valor de 0 a un "pavimento" intransitable y el valor máximo teórico de 5 a un pavimento cuya superficie de rodamiento se encuentra en perfectas condiciones. El enfoque de calificación de servicio proporciona un criterio general para evaluar pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico, así como terracerías.

En el SAP SEDESOL la escala utilizada para la calificación de servicio actual del pavimento fue establecida por la SEDESOL a partir de la definición original y es la indicada a continuación:

- 0 0-1.0, servicio "pésimo".
- 1 1-2.0, servicio "deficiente".
- 2 1-2.5, servicio "malo a regular".
- 2.6-3 0, servicio "regular a bueno".
- 3.1-4 0, servicio "bueno".
- 4.1-5.0, servicio "muy bueno".

Es importante aclarar que, en la práctica, la calificación de servicio ha sido relacionada con mediciones mecánicas o electrónicas de la superficie del pavimento. Esto ha sido hecho con objeto de eliminar la necesidad de contar con un equipo permanente de personas, quienes se dediquen a evaluar el pavimento. De una manera general, se puede afirmar que la variable más significativa para estimar la calificación de servicio, a partir de mediciones mecánicas o electrónicas, es la irregularidad superficial o el perfil longitudinal de la superficie de rodamiento ("*roughness*"); de manera incorrecta se ha empleado en español el término "rugosidad" para referirse a estas mediciones. Conviene indicar que cuando la calificación de servicio es estimada a partir de mediciones mecánicas o electrónicas se utiliza el término "índice de servicio". De hecho,

este parámetro es el que aparece en las ecuaciones básicas del método de proyecto de la AASHTO (Ref. 10)

En ciertos análisis del SAP SEDESOL, se requiere convertir la calificación de servicio actual al índice internacional de irregularidad superficial (IIS), el cual es el parámetro normalmente utilizado en las actividades de evaluación económica y determinación de costos de operación de los vehículos. Para tal efecto, se emplearon ecuaciones disponibles en la literatura técnica, las cuales fueron incorporadas al programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL. Para el análisis a mediano y largo plazos de diversas estrategias de rehabilitación y reconstrucción de pavimentos en el SAP SEDESOL, se utilizan ecuaciones de predicción basadas en la CSA o en el IIS; de allí la importancia de la obtención de parámetros de este tipo en el SAP SEDESOL.

Para la determinación de la calificación actual de servicio, en el SAP SEDESOL se requiere que dos o más evaluadores califiquen el pavimento de cada tramo-cuerpo. Al respecto, la calificación de cada evaluador se denomina "calificación individual de servicio actual del pavimento", tal como se estableció originalmente en el Camino de Prueba AASHO (Ref. 9)

Cuando un evaluador registra su calificación individual, éste debe tomar en cuenta exclusivamente los aspectos relacionados con la calidad de manejo que proporciona el pavimento. Se deben excluir aspectos ajenos al pavimento, como son la anchura de la sección transversal, la pendiente longitudinal, el alineamiento, el drenaje y el control de la operación del tránsito, entre otros. Asimismo, un evaluador no se debe dejar influir por la opinión de los demás evaluadores, aun cuando está permitido que todos ellos sean ocupantes del mismo vehículo durante el recorrido para obtener la calificación de servicio.

Por definición, la calificación de servicio actual de un tramo-cuerpo de pavimento es igual a la media aritmética de las calificaciones individuales de los evaluadores. Esta operación la realiza automáticamente el programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL, una vez que se han almacenado los datos correspondientes.

En la Fig. 7 se presenta un resumen de los resultados de la calificación de servicio actual para todos los tramos-cuerpo evaluados por el Consultor en la red vial de Torreón, Coah. El valor promedio de este parámetro para esta parte de la red vial es de 2.57 y los valores varían entre 1.20 y 3.15, con la gran mayoría de los tramos-cuerpo con valores cercanos a la media

## **V. DATOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO**

En los análisis del SAP SEDESOL, es importante disponer de datos básicos de ingeniería de tránsito de cada uno de los tramos-cuerpo para poder evaluar las posibles estrategias que se propongan de mantenimiento, rehabilitación y/o reconstrucción.

Para cada tramo-cuerpo que sea dado de alta en el SAP SEDESOL son necesarios los datos siguientes de ingeniería de tránsito:

- Clasificación funcional del tramo. Es decir, si el tramo-cuerpo es parte de la vialidad primaria, secundaria o local. Para efectos del SAP SEDESOL, se consideró adecuada esta clasificación en tres categorías funcionales para las redes viales de las ciudades medias del país.
- Sentido de circulación. Al recopilar información sobre el estado del pavimento, se utiliza cierto sentido del recorrido, el cual puede ser diferente del sentido de circulación, por tal motivo, se requiere proporcionar este dato para identificar adecuadamente el resto de la información sobre el tránsito vehicular
- Fecha del aforo vehicular, la cual corresponde al día en que fue recopilada la información sobre el tránsito vehicular.
- Volumen de tránsito total diario. Éste corresponde al número total de vehículos del sentido de circulación indicado. En caso de que el período de observación de los aforos vehiculares haya sido menor de 24 h, lo cual sucede normalmente, se deberá utilizar algún factor de expansión para convertir los volúmenes de tránsito a totales diarios. Este volumen es equivalente al tránsito diario promedio anual (TDPA) **solamente** para los tramos-cuerpo de doble sentido de circulación
- Composición del tránsito por tipo de vehículo. Este parámetro se refiere a la distribución del tránsito en hasta seis tipos de vehículo: (A) automóvil; (M) minibús; (B) autobús; (C-2) camión de dos ejes; (C-3) camión de tres ejes; (C-4) camión de cuatro o más ejes. La clasificación indicada es la especificada por la SEDESOL para los sistemas de administración de pavimentos. En el caso de los autobuses y los camiones es común que solamente se disponga de volúmenes de tránsito para una sola clasificación; cuando esto suceda, se deberán agrupar todos los minibuses y autobuses en la categoría "B" y todos los tipos de camión en la categoría "C-2"

Los datos de ingeniería de tránsito son indispensables en el SAP SEDESOL, principalmente en los análisis requeridos para la evaluación económica de las acciones propuestas para el pavimento.

## **VI. DATOS ADICIONALES DEL INVENTARIO DEL PAVIMENTO Y DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL COMPLEMENTARIA**

Como complemento de los datos del inventario de los tramos-cuerpo recopilados en las primeras actividades de la implantación inicial del SAP SEDESOL, se requiere información adicional de las banquetas, guarniciones y acotamientos, así como del señalamiento vial, de los semáforos y del alumbrado público

## VI.1. INSPECCIÓN VISUAL DEL SEÑALAMIENTO VIAL

En general, la inspección visual del señalamiento vial se clasifica por intersecciones o subtramos viales, según corresponda. Un tramo-cuerpo, desde el punto de vista del SAP SEDESOL, puede estar constituido por una o más intersecciones y/o uno o más subtramos viales. Normalmente se presenta una mayor concentración de dispositivos para el control del tránsito en las intersecciones que en los subtramos viales, por lo que se consideró conveniente registrar por separado la información correspondiente a estos dos elementos de la vialidad urbana.

En cada tramo-cuerpo se deberá anotar la información siguiente:

- Número total de intersecciones. Las intersecciones deberán ser agrupadas en las dos categorías siguientes:
  - De 4 o más ramas
  - De menos de 4 ramas.
- Inspección visual del señalamiento vertical. Tanto para las intersecciones como para los subtramos viales del tramo-cuerpo en turno, se deberá registrar el número y el estado de las señales verticales. La inspección se deberá hacer identificando los tipos existentes de señal, los cuales deberán corresponder a las tres categorías que se indican a continuación:
  - Restrictivas.
  - Preventivas
  - Informativas.
- Inspección visual del señalamiento horizontal. Estas señales consisten básicamente en marcas realizadas en la superficie de rodamiento

En el caso de las intersecciones, se deberá registrar el porcentaje de las mismas en que se dispone de este tipo de señalamiento y su estado. Esta información se deberá anotar en la columna adecuada, según se trate de los tipos de señal siguientes

- Cruce de peatones
- Línea de alto
- Flechas

En lo que concierne a los subtramos viales, también se anota el porcentaje con señalamiento horizontal y su estado. Al respecto, se consideraron los tipos de señal que se indican a continuación:

- Rayas de carriles.
- Flechas
- Marcas en guarniciones.

## VI.2. INSPECCIÓN VISUAL DE LOS SEMÁFOROS

Cada grupo de semáforos pertenecientes a una intersección dada debe ser asignado a un tramo-cuerpo que haya sido dado de alta previamente. La información requerida corresponde básicamente a los postes, las caras de semáforos y a las luces de las indicaciones; asimismo, se incluye la ubicación aproximada del controlador.

Con el fin de identificar la posición de los elementos inspeccionados, éstos quedan referidos con respecto a uno de los accesos de la intersección y el cuerpo respectivo de la calzada. Se inicia la identificación con los postes, ya que en los mismos normalmente se montan los demás componentes de la infraestructura de los semáforos.

Como primer paso, se debe proponer el tramo-cuerpo al que quedarán asociados los datos de los semáforos. En seguida, se deberán identificar los accesos que confluyen a la intersección, ya que otros datos están referidos a los mismos. El resto de la información quedará ligada a los diferentes postes existentes en la intersección en los que se encuentren instalados componentes de los semáforos (caras de semáforos y controlador).

En cada poste de la infraestructura de semáforos se deberán registrar los datos que se indican a continuación:

- Número de poste. Se deberá utilizar una numeración consecutiva para cada intersección, iniciando con el número uno (1)
- Ubicación del poste. Ésta se definirá de acuerdo con los datos siguientes:
  - Acceso Núm. De acuerdo con la descripción y numeración proporcionada en otra parte de la forma.
  - Cuerpo al que quedará referido el poste, de acuerdo con la definición de cuerpo utilizada en el SAP SEDESOL.
  - Izquierda o derecha, según el acceso de referencia.
  - Antes o después de donde termina el acceso. El acceso normalmente termina en la línea de la primera guarnición de la calle perpendicular que cruza en la intersección
- Tipo de poste, de acuerdo con las opciones indicadas en la forma.
- Estado del de poste, en función de los tres casos estipulados en la forma.

En un poste pueden existir una o más caras de semáforo; para cada una de éstas, se requiere la información siguiente

- Número de cara de semáforo, utilizando una numeración consecutiva y que inicie con el número uno (1), para un poste dado.

- Acceso Núm Este dato corresponderá al acceso al que están dirigidas las indicaciones la cara de semáforo en turno, independientemente de su posición.
- Tipo de montaje, según las opciones indicadas en la forma.
- Posición de la cara de semáforo: horizontal o vertical, según corresponda
- Estado de la cara del semáforo, correspondiente a una de las tres categorías indicadas en la forma.

Para una cara de semáforo dada, se deberán registrar los datos más importantes de sus lentes o indicaciones. Los lentes se clasifican por el color de su luz, las maniobras indicadas o permitidas y su condición.

### **VI.3. INSPECCIÓN VISUAL DEL ALUMBRADO PÚBLICO**

Esta actividad se efectúa en tramos-cuerpo completos y se concentra en las luminarias existentes a lo largo de la vialidad. En cada tramo-cuerpo se registran los datos siguientes:

- Número total de luminarias, clasificadas por tipo y ubicación. De manera práctica, se consideran dos tipos de luminaria: sencilla y doble. La ubicación es con respecto al sentido en que fue dado de alta el tramo-cuerpo en turno y se consideran solamente dos casos: lado izquierdo y lado derecho.
- Recuento de las luminarias por estado y ubicación. Existen tres opciones de estado de las luminarias. La ubicación se establece de la misma manera que la descrita en el párrafo anterior.

### **VI.4. DATOS DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL COMPLEMENTARIA**

Esta información incluye datos diversos de las banquetas, las guarniciones y los acotamientos, así como de la estructura del pavimento correspondiente a su construcción original, rehabilitación o reconstrucción. La información sobre la estructura del pavimento puede ser de carácter histórico o bien puede ser almacenada en el banco de datos del SAP SEDESOL a medida que se aplica en un tramo-cuerpo dado cualquiera de las tres medidas citadas.

Para cada tramo-cuerpo que sea dado de alta en el SAP SEDESOL se recomienda obtener la información siguiente:

- Datos de las banquetas. Para esta parte de la infraestructura vial, se requiere la información siguiente, para las banquetas izquierda y derecha:

- Porcentaje construido.
  - Tipo (concreto hidráulico, adoquín o recintocreto).
  - Anchura.
- Datos de las guarniciones. En cuanto a las guarniciones, se debe proporcionar lo siguiente:
    - Porcentaje construido.
    - Tipo (colada en el sitio y prefabricada).
  - Datos de los acotamientos. En caso de que en el tramo-cuerpo existan uno o dos acotamientos, se deberán registrar los datos siguientes:
    - Porcentaje construido.
    - Tipo (carpeta asfáltica, empedrado y terracería).
    - Anchura.
  - Datos del pavimento. Esta información es histórica y normalmente debe provenir de los archivos del ayuntamiento. En primer lugar, se debe indicar a qué tipo de medida corresponden los datos (construcción original, sobrecarpeta y reconstrucción) y la fecha en que la medida fue implantada. Para cada tipo de medida se requieren los datos siguientes para cada una de las capas que conforman el pavimento:
    - Espesor.
    - Tipo de capa (por ejemplo, base, subbase, carpeta asfáltica, etc.)
    - Tipo de material (por ejemplo, concreto asfáltico, concreto hidráulico, etc.)

## **VII. DATOS DE LOS SONDEOS Y PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO Y EN EL LUGAR**

Los sondeos en el pavimento forman parte de las actividades conocidas como "evaluación estructural destructiva de los pavimentos". Normalmente los sondeos se utilizan en el nivel de tramo vial de un SAP, en el cual son necesarios para el proyecto definitivo de las medidas propuestas (construcción, rehabilitación y reconstrucción, principalmente). Sin embargo, a pesar de que la implantación inicial del SAP SEDESOL corresponde básicamente al nivel de red vial, normalmente se efectúan una serie de sondeos a lo largo de la red vial de las ciudades en que se aplica este sistema.

Dada la carencia de datos históricos sobre los pavimentos de la red vial que se presenta comúnmente en las ciudades medias del país, la realización de los sondeos resulta sumamente provechosa, ya que permite obtener información muy valiosa sobre la estructura de los pavimentos.

Los sondeos normalmente tienen una profundidad máxima de un metro y de ellos se extraen muestras de un número máximo de cuatro capas granulares, incluyendo el

terreno natural. Para cada una de las capas inferiores del pavimento se efectúan los ensayos siguientes:

1. Granulometría.
2. Contenido de agua.
3. Límites de Atterberg y contracción lineal.
4. Valor relativo de soporte estándar (VRS).

Mediante ensayos en el lugar se determinan los parámetros siguientes:

1. Valor relativo de soporte (solamente en el terreno natural)
2. Peso volumétrico seco máximo.
3. Grado de compactación

A diferencia de otras actividades de evaluación del SAP SEDESOL, en el caso de los sondeos en el pavimento en servicio pueden existir una o más series de datos en un mismo tramo-cuerpo; cada serie de datos corresponde a un sondeo diferente. Cuando se efectúan sondeos con extracción de muestras se genera información muy detallada de cada una de las capas del pavimento; la mayor parte de los datos se obtiene de ensayos de laboratorio, aunque parte de la información se genera a partir de pruebas en el lugar.

Es necesario verificar que el tramo-cuerpo en que se efectúe el sondeo haya sido dado de alta antes de proceder a almacenar la información de campo y/o de laboratorio. De manera resumida, los datos de los sondeos que son obtenidos en el SAP SEDESOL son esencialmente los siguientes:

- Datos de identificación del sondeo. Éstos corresponden a los aspectos indicados a continuación:
  - Carril
  - Distancia con respecto al inicio del tramo-cuerpo
  - Fecha del sondeo
  - Tipo de sondeo (con extracción de muestras o para verificación de la estructura del pavimento)
- Datos de identificación de la capa. Para cada una de las capas detectadas en el sondeo se requiere lo siguiente:
  - Número de capa.
  - Espesor.
  - Tipo de capa (por ejemplo, base, subbase, carpeta, etc.)
  - Tipo de material (por ejemplo, concreto asfáltico, concreto hidráulico, etc.)
- Datos de las muestras. En una capa dada del pavimento se pueden obtener una o más muestras. Normalmente las muestras corresponden a las capas granulares, sin estabilizar, del pavimento. Este tipo de información se deberá



anotar solamente para los sondeos con extracción de muestras. Para cada muestra se requieren los datos siguientes:

- Número de muestra en el sondeo.
- Peso volumétrico seco máximo.
- Peso volumétrico en el lugar.
- Grado de compactación.
- Humedad óptima.
- Humedad en el lugar.
- Material que pasa las mallas de 1 1/2 y 3/8", así como las Núm. 4, 40 y 200.
- Límite líquido.
- Límite plástico.
- Índice plástico.
- Contracción lineal.

Las características de las pruebas citadas anteriormente se pueden encontrar en un sinnúmero de publicaciones técnicas en la materia, así como en las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). En lo que concierne a la presente ponencia, no se consideró práctico el incluir una descripción de dichos ensayos ni de otros detalles de mecánica de suelos o de la ingeniería de pavimentos.

## VIII. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL NO DESTRUCTIVA DE PAVIMENTOS EN SERVICIO

Esta actividad es una de las más importantes para el análisis objetivo del comportamiento de los pavimentos en servicio y para el proyecto racional de medidas de rehabilitación y reconstrucción. Por lo tanto, la evaluación estructural no destructiva (EEND) es una actividad que corresponde comúnmente al nivel de tramo vial de un SAP.

En los sistemas implantados recientemente no se ha efectuado la EEND de pavimentos en servicio, por medio de la viga Benkelman. Sin embargo, se espera que en los años subsecuentes a la implantación inicial del SAP SEDESOL, los ayuntamientos realicen esta actividad en tramos selectos de pavimentos que sean seleccionados para la posible construcción de una sobrecarpeta asfáltica.

En función de su costo, la viga Benkelman es un equipo muy práctico y económico. En cuanto a la EEND, este dispositivo es el de mayor antigüedad en el medio internacional y varios métodos de proyecto de rehabilitación de pavimentos en servicio se basan en las mediciones obtenidas con el mismo. La aplicación de la viga Benkelman corresponde principalmente a los pavimentos asfálticos, ya que la carga estándar que se emplea es relativamente pequeña para medir desplazamientos verticales en pavimentos de concreto hidráulico.

La viga Benkelman debe cumplir con las especificaciones pertinentes de la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y del Transporte (AASHTO, por sus siglas en inglés). La carga aplicada corresponde a un eje sencillo de 8.2 t, bajo la cual se mide el desplazamiento vertical máximo con la viga Benkelman

Es sumamente importante poner énfasis en que la EEND es una actividad propia al nivel de tramo vial de un SAP y que la mayor parte de los trabajos de la implantación inicial del SAP SEDESOL corresponden al nivel de red vial, caracterizado por un detalle mucho menor

Para un tramo-cuerpo dado, puede existir más de una serie de datos de EEND, dependiendo de la ubicación de la carga, en relación con el inicio del tramo, con los carriles y con el tipo de medición (rodada interna, rodada externa, eje central, etc.). En el banco de datos del SAP SEDESOL se diferencian las mediciones de acuerdo con datos clave que varían para cada una de las pruebas efectuadas.

Es necesario que se verifique que el tramo-cuerpo en que se efectúen las mediciones de EEND haya sido dado de alta previamente en el banco de datos del SAP SEDESOL, antes de proceder a almacenar la información recopilada. Los datos requeridos para la EEND con la viga Benkelman son básicamente los siguientes:

- Datos de identificación de las mediciones. Éstos corresponden a los aspectos indicados a continuación:
  - Tipo de pavimento.

- Sentido del recorrido.
  - Distancia a partir del inicio del tramo.
  - Carril.
  - Rodada.
  - Ubicación de la carga. Este dato corresponde exclusivamente a la EEND de los pavimentos de concreto hidráulico; en general, este tipo de pavimento no se evalúa con la viga Benkelman. Básicamente la ubicación de la carga se hace en relación con las discontinuidades de las losas (juntas transversales y longitudinales, así como grietas transversales).
- Carga del eje trasero del vehículo de prueba. Esta carga normalmente no varía de una medición a la otra. El valor estándar de la misma es de 8.2 t. de acuerdo con las especificaciones pertinentes de la AASHTO para la realización de la prueba.
  - Desplazamiento vertical máximo, medido bajo la aplicación de la carga especificada.
  - Temperatura del pavimento
  - Hora de la medición.

## **IX. EVALUACIÓN INTEGRAL DEL ESQUEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO VIAL**

A partir de la información proveniente del Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de la ciudad, de los archivos del ayuntamiento y de los diversos trabajos de campo que realice el consultor, así como de entrevistas con funcionarios del ayuntamiento, se establece un diagnóstico del esquema utilizado para el mantenimiento vial. Asimismo, se hace una revisión de los marcos jurídico e institucional vigentes.

Con base en la inspección visual de los pavimentos y otras actividades, se prepara un resumen sobre el estado general de esta infraestructura vial. Asimismo, se identifican las posibles causas del deterioro observado y se proporciona un dictamen sobre las actividades de mantenimiento rutinario, rehabilitación y reconstrucción de los pavimentos efectuadas por el ayuntamiento.

## **X. ANÁLISIS DE PLANEACIÓN A NIVEL DE RED VIAL DEL SAP SEDESOL**

Como parte de los análisis básicos del SAP SEDESOL se seleccionan los tramos-cuerpo cuyo pavimento recibirá alguna acción de mantenimiento correctivo, rehabilitación o reconstrucción. Para referirse a estas acciones, se utilizan las siglas "MRR" (cuyo equivalente en el idioma inglés es "M.R&R"). Los análisis en cuestión se efectúan a nivel de red vial y corresponden a actividades propias de la planeación y

programación del presupuesto. Por medio de una evaluación económica, se selecciona la estrategia óptima para cada uno de los tramos-cuerpo de la red vial. Posteriormente, se asignan prioridades para la ejecución de las acciones propuestas, en función del estado del pavimento y de la importancia de los tramos-cuerpo. Para efectos de la distribución de recursos, se considera la restricción del presupuesto disponible. Con el fin de identificar claramente las actividades correspondientes a este rubro, se decidió utilizar específicamente el término "análisis de planeación a nivel de red vial del SAP SEDESOL"; es importante recalcar que estos análisis son muy diferentes de los correspondientes a la generación de resultados a partir de la información recopilada en campo, sobre parámetros como la calificación de servicio actual y el índice de la condición del pavimento, entre otros.

En esencia, los análisis de planeación a nivel red vial del SAP SEDESOL pueden ser clasificados en los grupos siguientes:

- Lineamientos para seleccionar las medidas de MRR que pueden ser aplicadas para el pavimento de un tramo-cuerpo dado, con base en la información recopilada en campo del deterioro superficial, de la calificación de servicio y, en algunos casos, de la evaluación estructural no destructiva.
- Evaluación económica de las acciones propuestas, la cual incluye el cálculo de la inversión requerida, del costo del usuario y de los beneficios generados.
- Asignación de prioridades entre los tramos-cuerpo seleccionados como candidatos para la aplicación de una acción dada, en función de los resultados de la evaluación económica y de su importancia.
- Selección de acciones para los programas anuales y multianuales, en función de diferentes niveles del presupuesto disponible.

Para la realización de los análisis anteriores, se estableció una metodología aplicable a las condiciones particulares de las ciudades medias del país. Todos los cálculos requeridos pueden ser efectuados a través del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL. Es importante poner énfasis en que la evaluación económica del SAP SEDESOL se realiza básicamente de acuerdo con la metodología del programa de cómputo "USER" (Ref 11) Al respecto, se integraron las rutinas correspondientes en el programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.

La evaluación económica de las estrategias de MRR incluye principalmente el cálculo de los beneficios y de los costos de los usuarios de la red vial y tiene diversas aplicaciones en la planeación del transporte y en los sistemas de administración de pavimentos. En el desarrollo de un programa racional de trabajo anual y en la determinación del presupuesto correspondiente para el mantenimiento correctivo, la rehabilitación y la reconstrucción de pavimentos, se requiere el análisis del ciclo de vida de todos los costos que intervienen en el proceso. Éstos incluyen la inversión por parte de la dependencia municipal a cargo de las actividades citadas y los costos del usuario, los cuales normalmente corresponden a los costos de operación vehicular. A su vez,

ambos costos son función del estado del pavimento a lo largo del período de análisis. Por ejemplo, en el caso de una red vial típica de una ciudad media del país, se requerirá una inversión importante para restablecer el estado de la superficie de rodamiento de un gran número de tramos-cuerpo, pero esta medida se traducirá en un menor costo de operación de los vehículos que circulan por los mismos, a mediano y largo plazos, principalmente; esta estrategia también permitirá reducir la depreciación de la infraestructura vial, lo cual redundará en un ahorro significativo en el presupuesto futuro de los municipios destinado a la rehabilitación o la reconstrucción de los pavimentos, medidas que se requieren cuando no se adopta un sistema eficiente de administración de pavimentos. Por lo tanto, la intervención oportuna para realizar las acciones requeridas de MRR permite preservar por un período mayor la infraestructura vial disponible y puede representar ahorros considerables en el presupuesto de los municipios, además de que se logran reducciones notables en los costos de operación vehicular.

## XI. PROGRAMA DE CÓMPUTO PARA ANÁLISIS DEL SAP SEDESOL

Toda la información generada en la implantación inicial del SAP SEDESOL puede ser almacenada y ordenada en un banco de datos. La manipulación de datos y la generación de resultados se puede realizar a través de un programa de cómputo desarrollado con base en las necesidades específicas de este sistema

Al programa de cómputo en cuestión se le asignó el nombre de "Programa de Cómputo para Análisis del SAP SEDESOL" (el Programa). El Programa consta de un conjunto de rutinas ejecutables, mediante las cuales se manejan los bancos de datos, se procesa la información almacenada y se genera una serie de listados. El Programa funciona dentro de un entorno amigable que permite su utilización en forma sencilla, por parte de una persona con solamente conocimientos básicos de computación. Al respecto, esta herramienta se ejecuta dentro del ambiente denominado "*Windows*", el cual es ampliamente conocido por su orientación hacia el usuario

Para la representación gráfica de la información recopilada y de sus resultados, se utilizó un programa de cómputo adicional. El programa en cuestión es el llamado "*SIGPAV*" y pertenece a la categoría de los sistemas de información geográfica

En la Fig. 8 se presenta un esquema simplificado de los componentes básicos del Programa, el cual está compuesto por todas las rutinas que se requieren para el almacenamiento de datos y la obtención de los resultados estipulados para el SAP SEDESOL. Asimismo, el Programa tiene la capacidad de desplegar toda la información almacenada y los resultados más importantes, ya sea mediante la utilización de una impresora o bien en la pantalla de la computadora.

Los elementos básicos de la estructura del programa incluyen: ventanas, menús "descolgables" y botones asociados a funciones específicas que pueden ser activadas a través del teclado o del "*mouse*". Todas las instrucciones y los términos

utilizados en el manejo del Programa y los que aparecen en los listados de resultados son en español y corresponden al lenguaje técnico habitual de México

El Programa tiene la flexibilidad suficiente para permitir al usuario la consulta de datos y resultados para diferentes combinaciones de las principales variables almacenadas; por ejemplo, se puede obtener un listado de todos los tramos-cuerpo en que la calificación de servicio actual sea menor de 3.0 o que tengan una longitud máxima de 500 m. ordenando los tramos-cuerpo por número de carriles.

El Programa proporciona ayuda permanente al usuario mediante el despliegue de ventanas que describen los aspectos relacionados con la zona de trabajo que se encuentre activa

Aunque la mayor parte de los análisis y procesos requeridos en el Estudio son efectuados directamente con el Programa, se integró a éste un sistema de información geográfica, con el cual se puede lograr una gran versatilidad en la representación gráfica de la información almacenada en el banco de datos numéricos o de los resultados generados por cualquier proceso de análisis. Tal como se indicó anteriormente, el sistema de información geográfica que se utiliza es el programa de cómputo denominado "SIGPAV", el cual fue desarrollado por la empresa TORRES, CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V., y está orientado específicamente al SAP SEDESOL; funciona dentro del ambiente del programa "AutoCAD" y fue escrito en el lenguaje de programación denominado "AutoLISP".

El Programa fue desarrollado para computadoras personales que cuenten con las siguientes características:

- Procesador 80386SX, 80486SX, 80486DX, "Pentium" u otro compatible.
- Al menos 6 Mb de memoria de acceso aleatorio ("RAM")
- Sistema operativo "MS-DOS", versión 3.1 o más reciente
- Ambiente "Microsoft Windows"; versión 3.0 o más reciente.
- Monitor a colores de súper alta resolución ("SVGA")
- Espacio disponible en disco duro de al menos 15 Mb para el almacenamiento de los archivos relacionados exclusivamente con la operación del Programa.
- Impresora láser.

En el caso de "SIGPAV", es necesario disponer del programa de cómputo "AutoCAD" y de cuando menos 16 Mb de memoria de acceso aleatorio.

El Programa utiliza dos mecanismos de seguridad para controlar el acceso de los usuarios al Programa, con lo que se evita su operación por personal no autorizado. Dichos mecanismos consisten en, introducción de una clave de acceso e inhabilitación automática de opciones no permitidas. Ambos mecanismos, descritos a continuación, se activan como resultado de la implantación de rutinas de protección incluidas en el Programa

## **XII. MEDIDAS DE FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL**

Con base en el diagnóstico del esquema de mantenimiento vial utilizado por las autoridades municipales, se efectúa una propuesta de medidas de fortalecimiento institucional. Algunas de las acciones más importantes que se plantean comúnmente están dirigidas a garantizar la continuidad del SAP SEDESOL.

Normalmente las medidas de fortalecimiento institucional que se proponen como resultado de los estudios realizados por la SEDESOL son de los tres tipos siguientes: estrategia general para la operación del organismo municipal a cargo del mantenimiento vial, contratación de personal adicional, adquisición de equipo adicional.

En cuanto al personal, comúnmente también se proponen medidas para la capacitación del mismo y se establecen los perfiles recomendados para el principal personal que participará en las siguientes etapas de la implantación del SAP SEDESOL, las cuales estarán a cargo de la dependencia municipal que reciba este sistema

De acuerdo con los procedimientos empleados en cada ciudad en particular, se recomienda la adquisición de equipo de construcción para realizar eficazmente las actividades de mantenimiento rutinario, rehabilitación y reconstrucción de los pavimentos existentes, así como para la construcción de nuevos pavimentos. En general, se hacen recomendaciones sobre las actividades que pueden ser efectuadas más eficientemente por empresas constructoras. Adicionalmente, en algunos casos se recomienda la adquisición de equipo para la evaluación estructural no destructiva de los pavimentos en servicio

Dependiendo de las características particulares de cada municipio evaluado, se propone la adquisición de equipo y programas de cómputo, principalmente para las actividades relacionadas con el SAP SEDESOL.

## **XIII. PRINCIPALES PRODUCTOS DE LA IMPLANTACIÓN INICIAL DEL SAP SEDESOL**

Como parte de la implantación inicial del SAP SEDESOL, al final de los estudios respectivos, se hace entrega a los ayuntamientos de una serie de documentos, así como de equipo y programas de cómputo. De esta manera, se trata de garantizar la continuidad del SAP SEDESOL, una vez realizada la transferencia de este sistema a las autoridades municipales.

Los documentos, equipo y programas de cómputo entregados por la SEDESOL a los ayuntamientos normalmente son los siguientes:

- Un ejemplar de la versión definitiva del Informe final del Estudio.
- Un ejemplar de los manuales de procedimientos del SAP SEDESOL.

- Una copia del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.
- Una copia registrada de los programas comerciales "AutoCAD" y "SIGPAV", incluyendo toda su documentación.
- Una copia del banco de datos completo del SAP SEDESOL con la red vial de evaluada.
- Una copia del Manual del Usuario y del Manual del Administrador del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.
- Equipo de cómputo, consistente en una computadora personal y una impresora láser.

En el caso de los sistemas implantados por la SEDESOL en los años de 1995-1996, también se incluyeron proyectos definitivos de pavimentos y de señalamiento vial. Como parte de éstos, se efectuaron levantamientos topográficos de la infraestructura vial existente a lo largo del trazo de proyecto.

Durante la implantación del SAP SEDESOL normalmente participa personal de los ayuntamientos, con lo que se proporciona la capacitación práctica más importante requerida para garantizar la transferencia de este sistema a las autoridades municipales. En la etapa final de los estudios, se dicta un curso en el que se cubren los principales aspectos de la utilización del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.

#### **XIV. CONCLUSIONES**

El SAP SEDESOL incluye un conjunto de procedimientos que permiten lograr una operación más eficaz de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento vial de las ciudades medias de la República Mexicana. Una de las principales ventajas de este sistema es el ordenamiento, en un banco de datos, de información diversa sobre la infraestructura vial. Esta información puede ser consultada, actualizada y analizada por medio de un programa de cómputo desarrollado por la SEDESOL, el cual funciona en un ambiente sencillo y orientado al usuario.

Las principales conclusiones sobre la implantación del SAP SEDESOL en una serie de ciudades medias del país son las siguientes.

1. El SAP SEDESOL ha sido desarrollado específicamente para las condiciones que se presentan en la infraestructura vial básica de las ciudades medias de la República Mexicana. En este esfuerzo han participado especialistas de la SEDESOL, de empresas consultoras y de las ciudades medias en donde se ha implantado el SAP SEDESOL.
2. En el desarrollo del SAP SEDESOL se trató de incorporar la tecnología más novedosa disponible en el medio internacional. Sin embargo, no se transplantaron directamente métodos desarrollados en otros países; en este



sentido, se utilizaron y adaptaron los procedimientos que se consideraron realmente aplicables a las condiciones imperantes en las redes viales de las ciudades medias de la República Mexicana. De esta manera, se generó un sistema práctico y de fácil utilización que podrá auxiliar al personal directivo de los municipios en sus actividades cotidianas de planeación de las acciones de mantenimiento rutinario, rehabilitación y reconstrucción que requieren los pavimentos.

3. El éxito de la transferencia del SAP SEDESOL a las autoridades municipales y de su operación permanente depende, en gran medida, de la aplicación de las medidas propuestas de fortalecimiento institucional. Asimismo, es importante que se le conceda la importancia debida a la ejecución oportuna de las actividades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de los pavimentos existentes. Mediante las acciones programadas en el SAP SEDESOL se podrá preservar por un período mucho mayor la infraestructura vial disponible.
4. A medida que transcurra el tiempo de aplicación del SAP SEDESOL se irá enriqueciendo el banco de datos con información proveniente de las actividades simplificadas, a nivel de red vial, y de los trabajos más detallados realizados en todos los tramos viales que hayan sido seleccionados para la implantación de una acción dada. Asimismo, con el tiempo será posible verificar las principales hipótesis de los pronósticos del comportamiento de los pavimentos. De esta manera, se presentará un ciclo de retroalimentación que permitirá ir afinando los algoritmos básicos del SAP SEDESOL, de tal manera que se lograrán análisis más eficientes y precisos.

## **XV. REFERENCIAS**

1. "Estudio para el Fortalecimiento de las Áreas a Cargo del Mantenimiento de las Vialidades en la Ciudad de León, Gto.", Informe Final del Estudio, H Ayuntamiento de León Gto., julio de 1995 (Consultor TORRES, CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V.)
2. "Sistema de Administración del Mantenimiento Vial de la Ciudad de Saltillo, Coah.", Informe Final del Estudio, Secretaría de Desarrollo Social, diciembre de 1995 (Consultor TORRES, CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V.)
3. "Sistema de Administración del Mantenimiento Vial de la Ciudad de Torreón, Coah.", Informe Final del Estudio, Secretaría de Desarrollo Social, diciembre de 1996 (Consultor: TORRES, CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V.).
4. "Sistema de Administración de Pavimentos de la Ciudad de Campeche, Camp.", Informe de Diagnóstico (en elaboración), Secretaría de Desarrollo

Social. -septiembre de 1997 (Consultor: TORRES. CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V.)

- 5 "Sistema de Administración de Pavimentos de la Ciudad de San Luis Potosí. S.L.P.", Informe de Diagnóstico (en elaboración), Secretaria de Desarrollo Social. septiembre de 1997 (Consultor: TORRES. CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V.).
6. Shahin, M.Y. y Walther, J.A., "*Pavement Maintenance Management for Roads and Streets Using the PAVER System*", US Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research (USACERL), Informe Técnico M-90/05. Actualización de PAVER, Champaign. Illinois, E.U.A. julio de 1990.
- 7 "*Micro PAVER - User's Guide -*", Versión 3.0, USACERL. Champaign. Illinois, E.U.A., enero de 1992
- 8 Shahin, M.Y., "*Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*", Editorial Chapman & Hall, Nueva York, N.Y., E.U.A., 1994.
- 9 Carey, W.N. e Irick, P.E., "*The Pavement Serviceability-Performance Concept*", Boletín Núm. 250 del *Highway Research Board* de los E.U.A., Washington, D.C., E.U.A., 1960.
- 10 "*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1986*". American Association of State Highway and Transportation Officials de los E.U.A., Washington, D.C. E.U.A., 1986
- 11 Uddin, Waheed. y George, K.P., "*User Cost Methodology for Investment Planning and Maintenance Management of Roads and Highways*", *Transportation Research Record No 1395*, Consejo de Investigación del Transporte (*Transportation Research Board*), Washington, D.C., E.U.A., 1993.

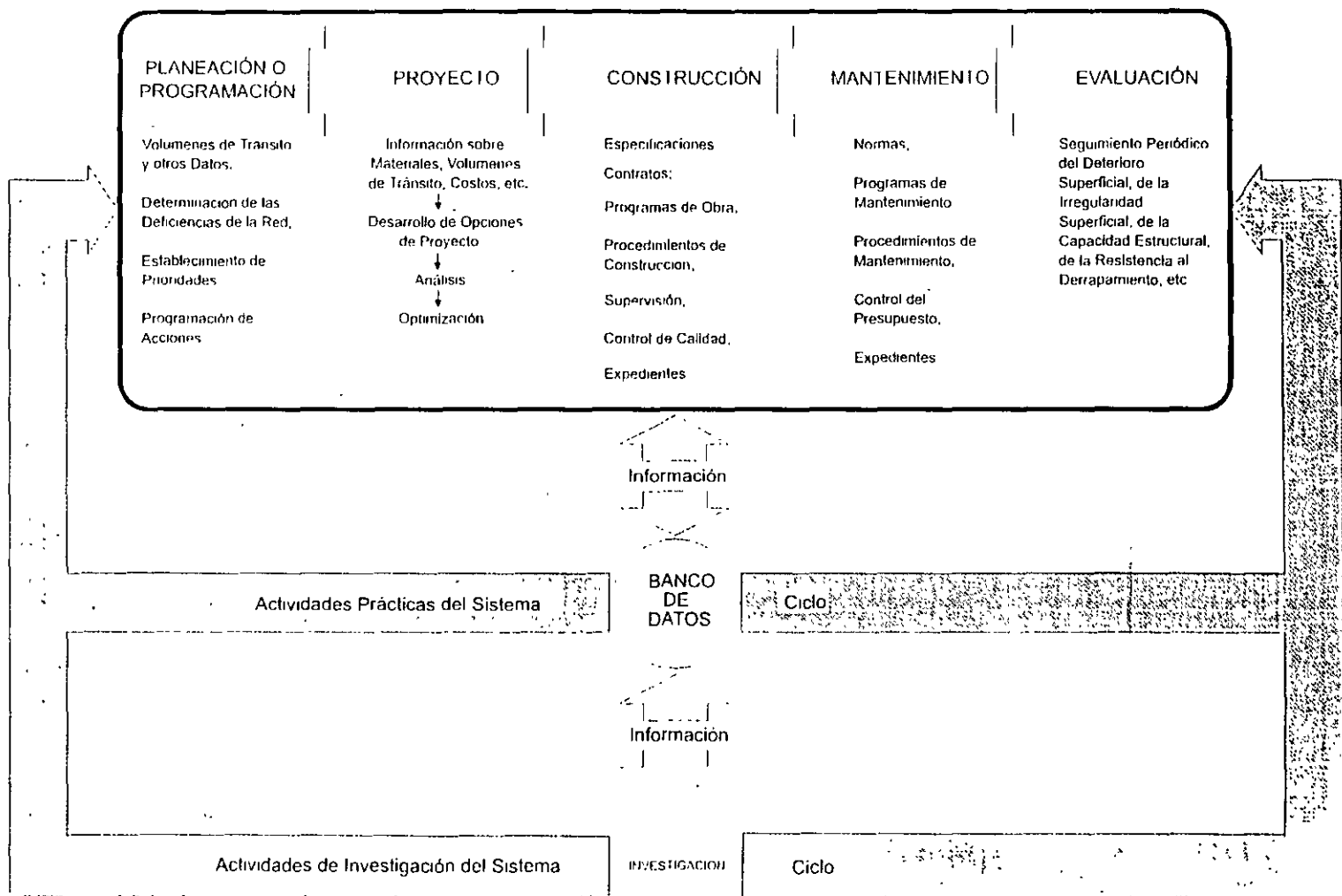
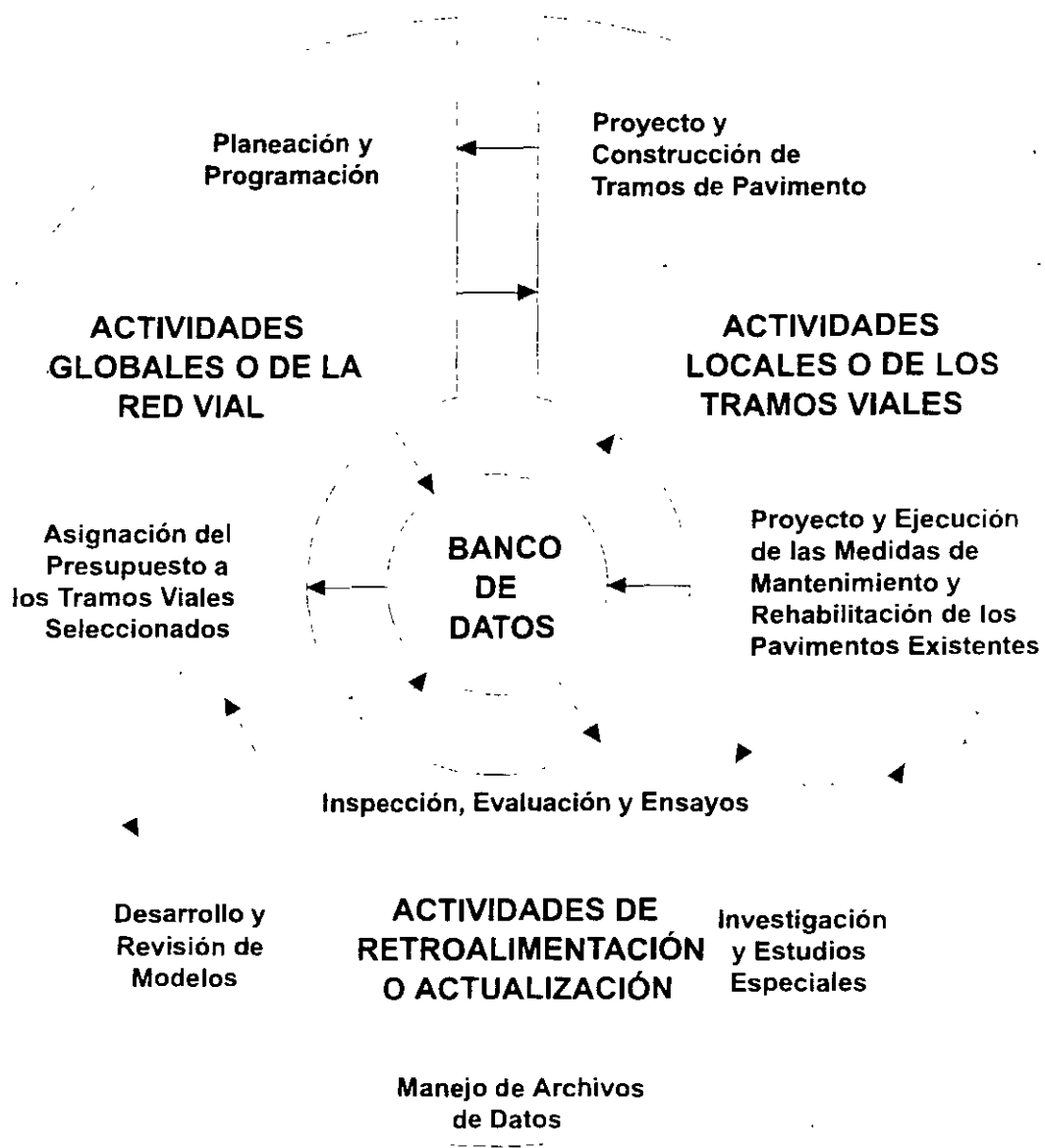


Figura 1 Principales actividades de un Sistema de Administración de Pavimentos.



**Figura 2. Interrelación de los Grupos de Actividades de un Sistema de Administración de Pavimentos.**

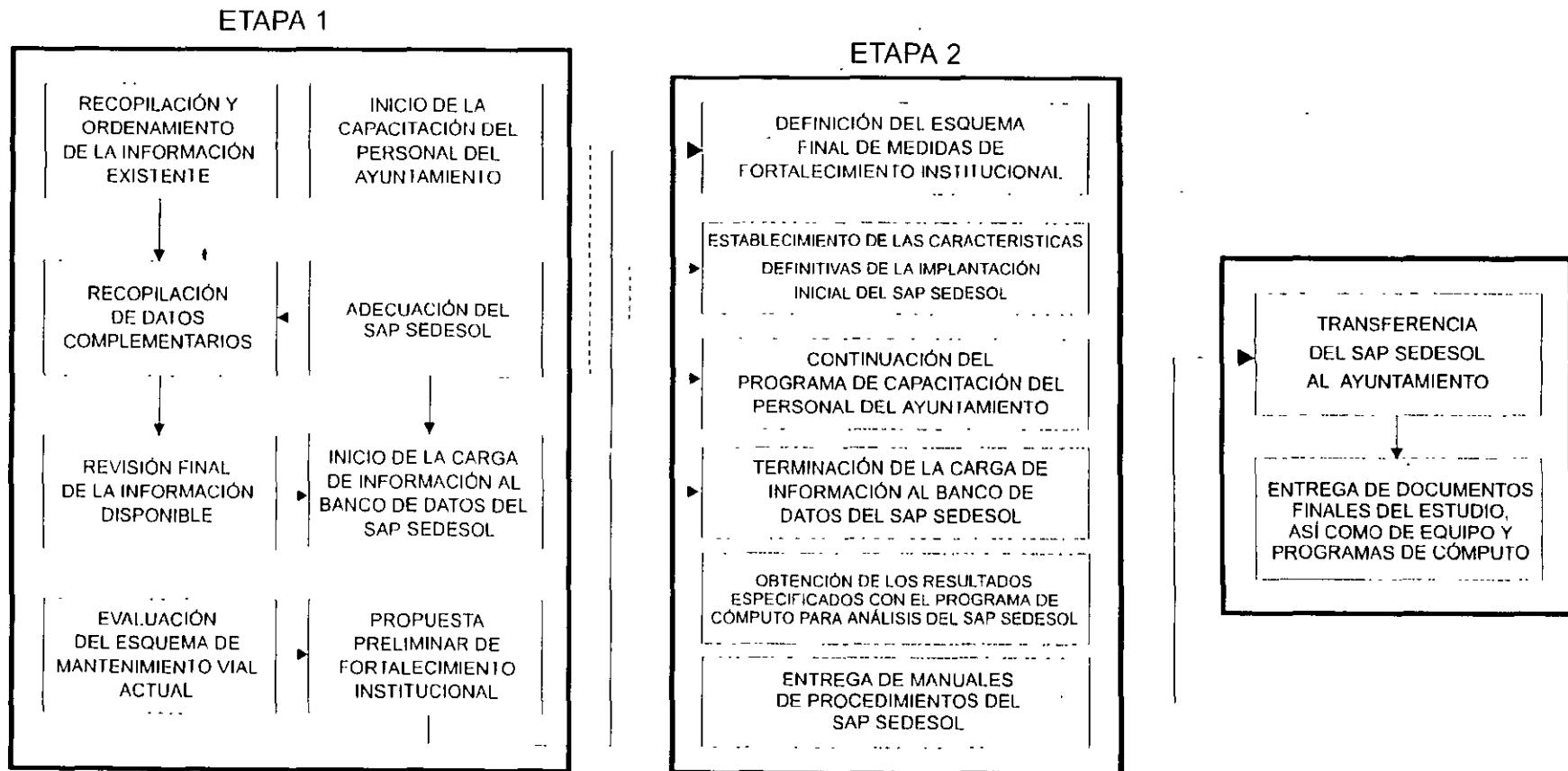
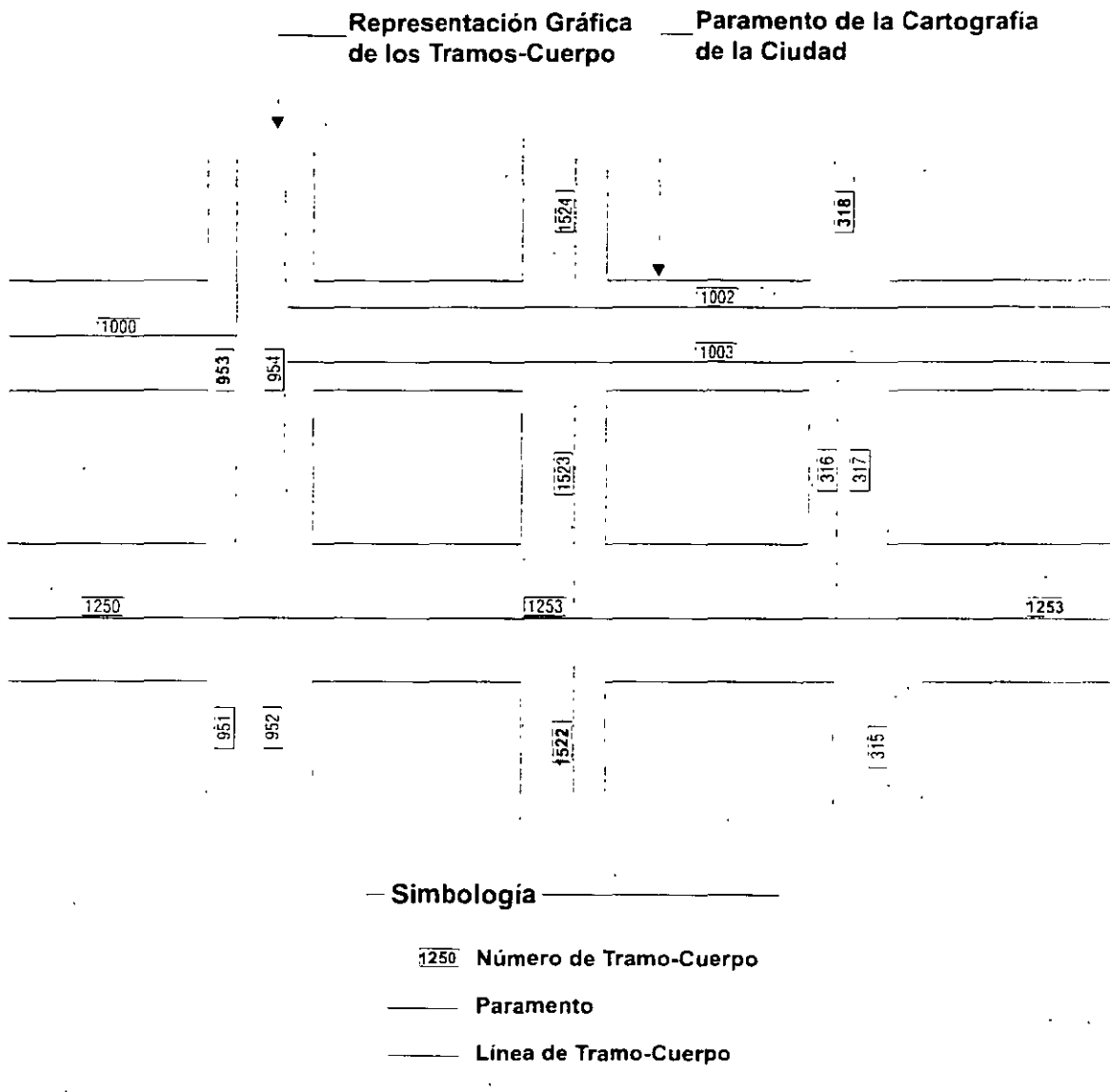


Figura 3. Principales actividades de la implantación inicial del SAP SEDESOL.



**Figura 4. Ejemplo de la representación gráfica de los tramos-cuerpo, a partir de la cartografía de la Ciudad.**

## DENSIDAD DEL DETERIORO DE LA RED VIAL POR TIPO DE DEFECTO Y SEVERIDAD PAVIMENTO ASFÁLTICO

Criterio. Toda la Red Vial

Superficie Total, m<sup>2</sup>: 3,167,834

Longitud, km-cuerpo: 283.46

Número de Tramos-Cuerpo: 1,025

Tipo de Defecto	Densidad por Nivel de Severidad, %		
	Ligera	Moderada	Severa
1 - Agrietamiento de piel de cocodrilo.	3.68	2.42	2.09
2 - Exudación de asfalto	0.50	0.89	0.11
3 - Agrietamiento con patrón de mapa	0.00	0.00	0.00
4 - Bordo o depresión localizados	0.00	0.00	0.00
5 - Ondulaciones transversales.	0.01	0.00	0.00
6 - Depresión por asentamiento	0.15	0.09	0.08
7 - Agrietamiento en la orilla	0.02	0.00	0.00
8 - Grietas de reflexión.	1.56	0.38	0.04
9 - Acotamiento en desnivel	0.09	0.47	0.25
10 - Grietas longitudinales y transversales.	0.03	0.21	0.00
11 - Baches o cortes reparados en el pavimento.	1.86	0.85	0.20
12 - Textura lisa	0.00	0.07	0.00
13 - Baches abiertos	0.13	0.06	0.07
14 - Roderas	1.67	0.04	0.00
15 - Corrimientos en la carpeta	0.91	0.21	0.13
16 - Agrietamiento por deslizamiento	0.00	0.00	0.00
17 - Levantamiento por expansión	0.00	0.00	0.00
18 - Desgaste o erosión	1.35	1.15	0.45

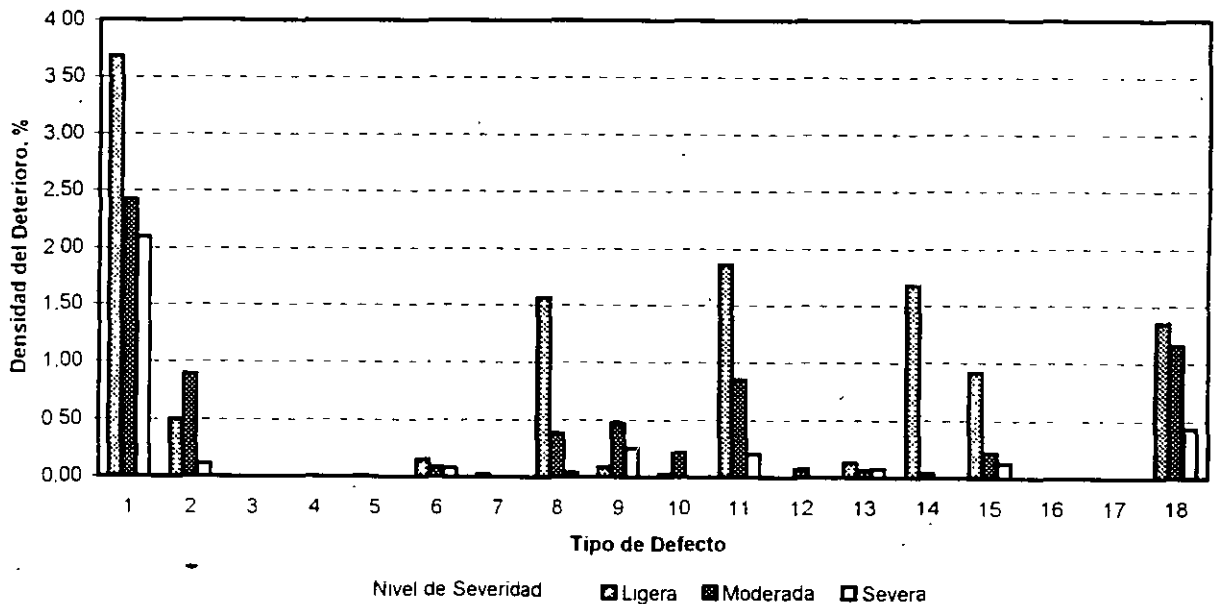


Figura 5 Resumen de los datos de deterioro superficial de los pavimentos asfálticos evaluados en la red vial de la Ciudad de Torreón, Coah., en el año de 1996.

### Índice de la Condición del Pavimento

Criterio: Toda la Red Vial  
 Valor Promedio: 56.9  
 Valor Mínimo: 3.0

Valor Máximo: 100.0

Longitud Analizada, km-cuerpo: 333.29  
 Superficie Analizada, m<sup>2</sup>: 3,167,834  
 Numero de Tramos-Cuerpo: 1 036

Intervalo del ICP	Número de Tramos	Distribución, %
0.0 a 10.0	25	2.41
10.1 a 20.0	99	9.56
20.1 a 30.0	69	6.66
30.1 a 40.0	89	8.59
40.1 a 50.0	96	9.27
50.1 a 60.0	120	11.58
60.1 a 70.0	143	13.80
70.1 a 80.0	134	12.93
80.1 a 90.0	112	10.81
90.1 a 100.0	149	14.38

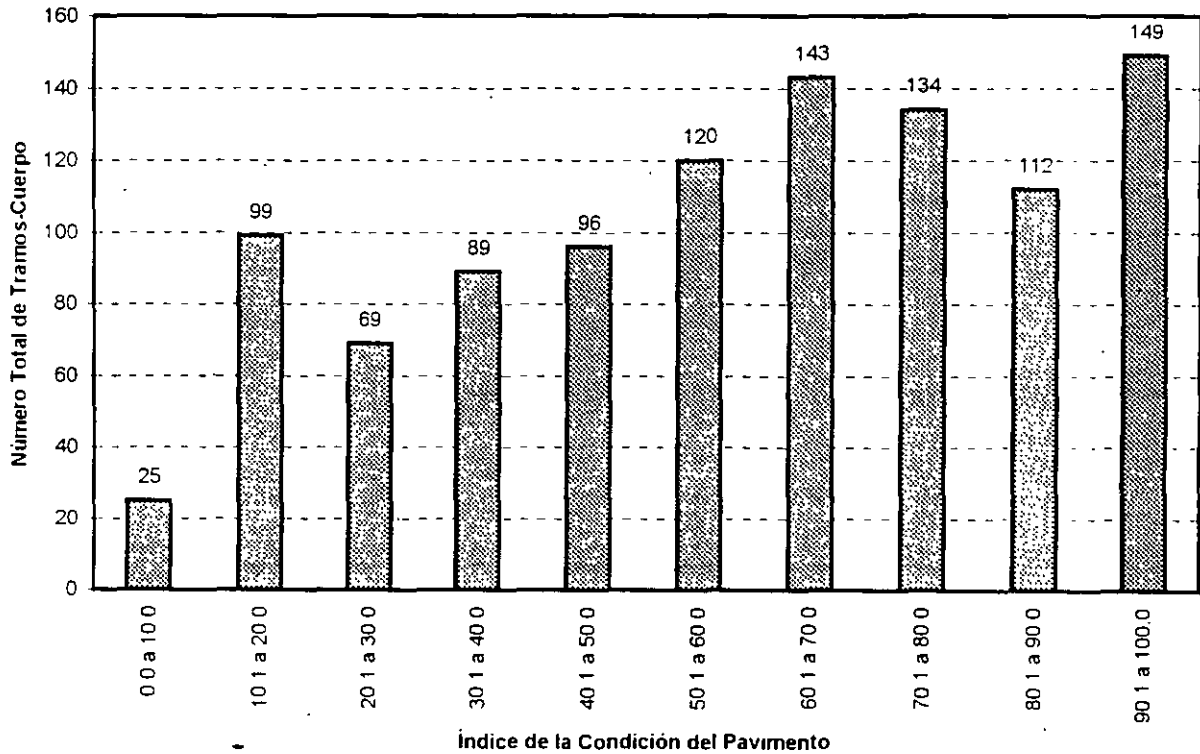


Figura 6. Resumen del Índice de la Condición del Pavimento (ICP) para toda la red vial evaluada en la implantación inicial del SAP SEDESOL en la Ciudad de Torreón, Coah., en el año de 1996



### Calificación de Servicio Actual

Criterio: Toda la Red Vial

Valor Promedio: 2.57

Valor Mínimo: 1.20

Valor Máximo: 3.15

Longitud Analizada, km-cuerpo 369.49

Superficie Analizada, m<sup>2</sup>: 3,444,114

Número de Tramos-Cuerpo 1 076

Intervalo del CSA	Número de Tramos	Distribución, %
0.00 a 0.50	0	0.00
0.51 a 1.00	0	0.00
1.01 a 1.50	1	0.09
1.51 a 2.00	3	0.28
2.01 a 2.50	428	39.78
2.51 a 3.00	640	59.48
3.01 a 3.50	4	0.37
3.51 a 4.00	0	0.00

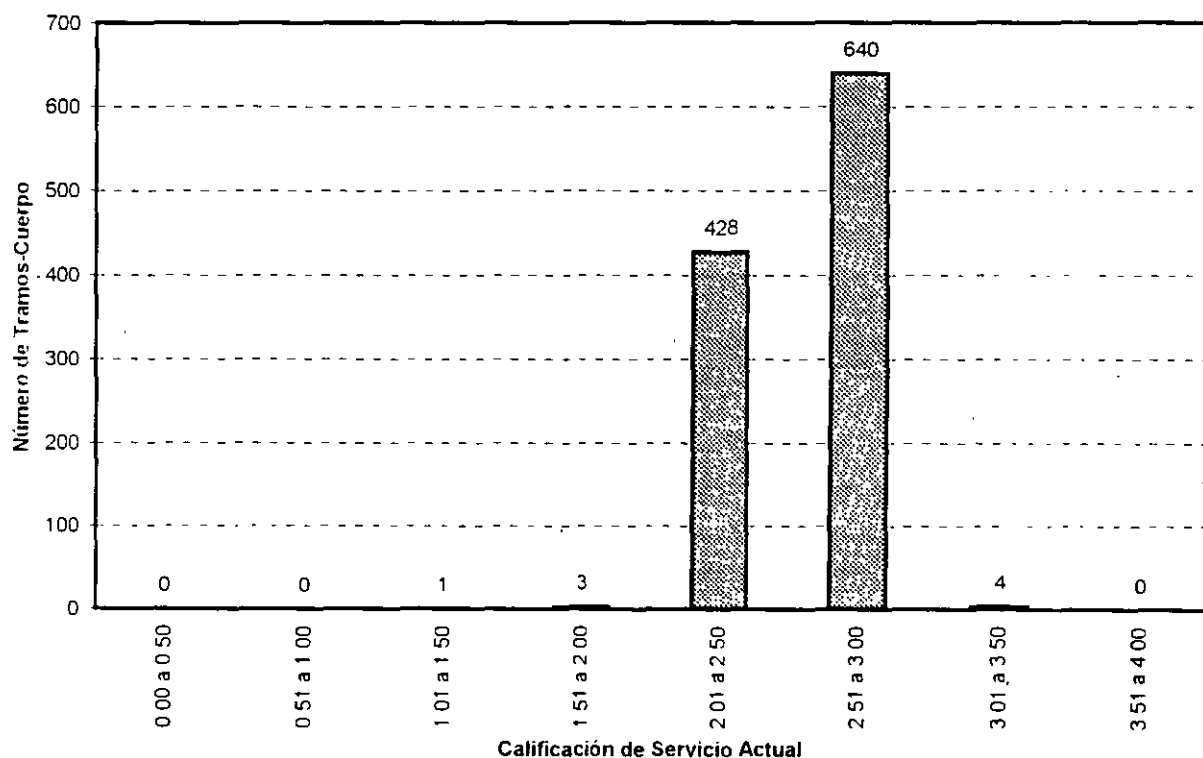


Figura 7. Resumen de la calificación de servicio actual (CSA) obtenida para toda la red vial evaluada en la implantación inicial del SAP SEDESOL en la Ciudad de Torreón, Coah., en el año de 1996.

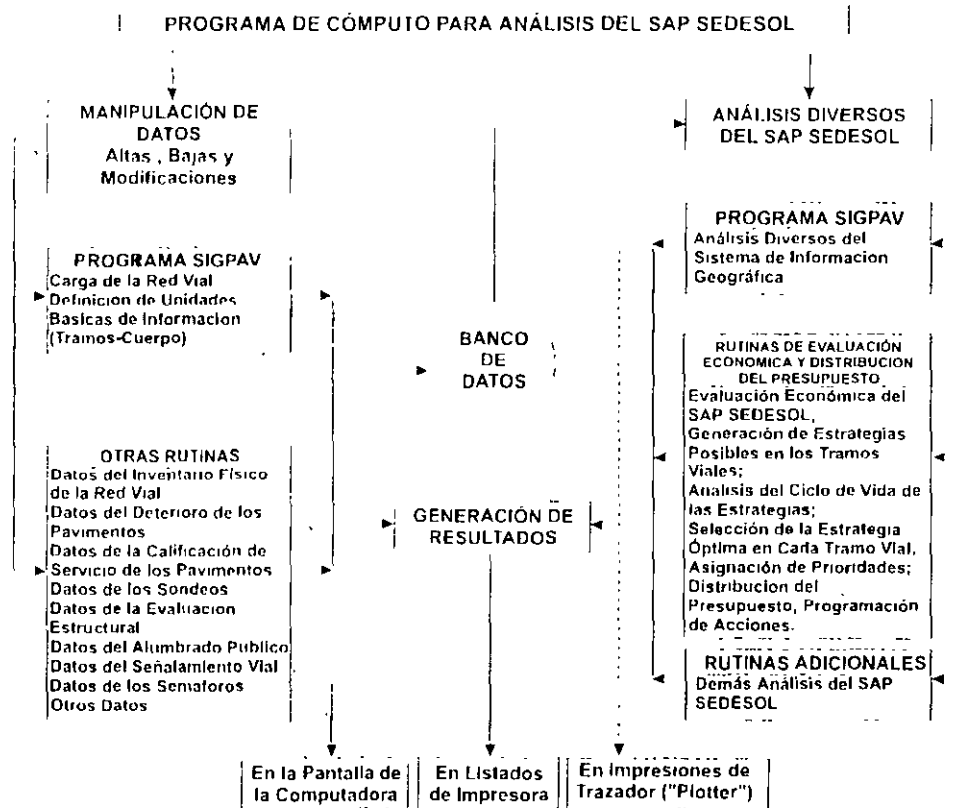


Figura 8 Esquema simplificado de los procesos principales del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

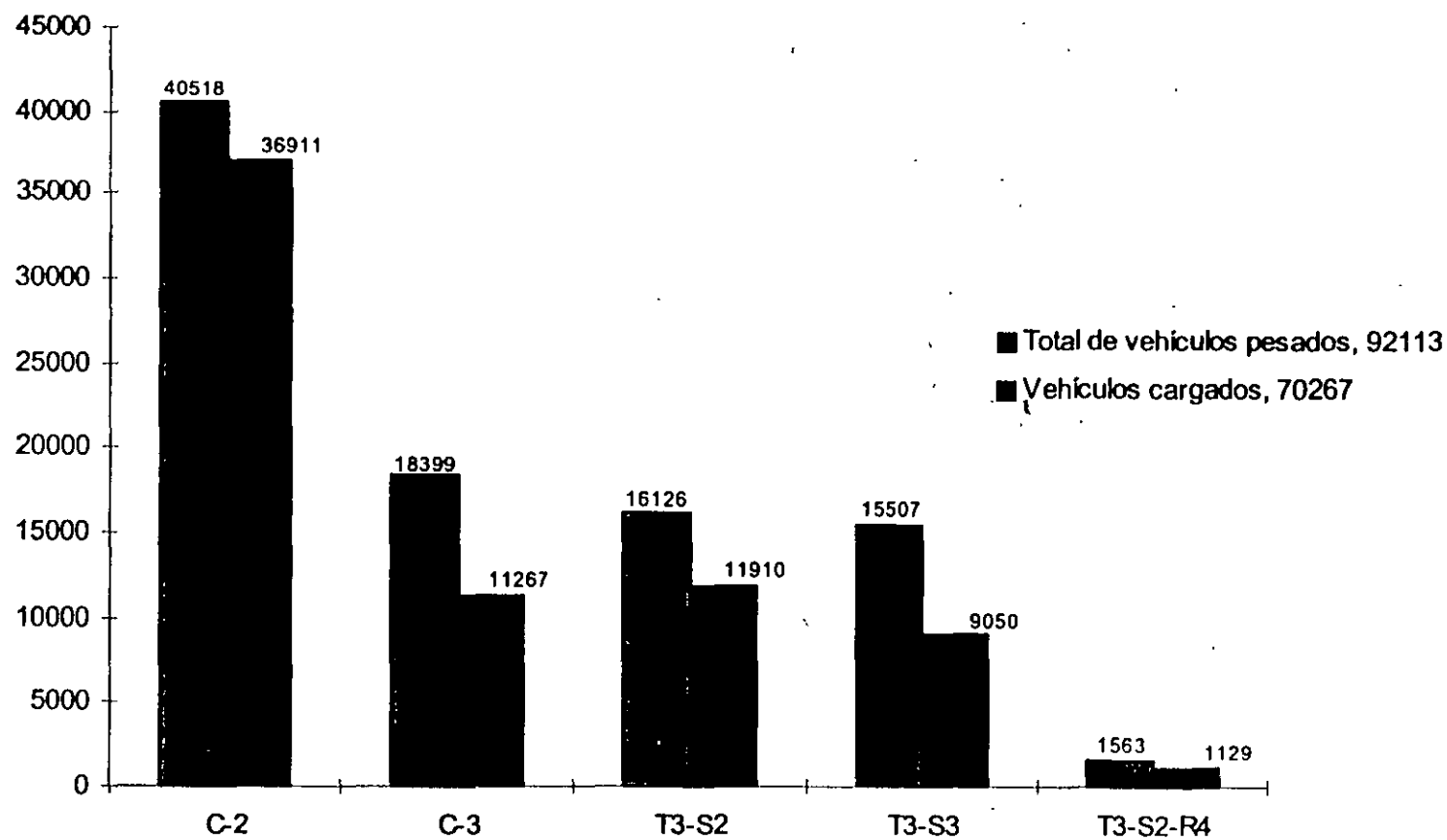
**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACUIÓN**

**TEMA**

**SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES Y SU APLICACIÓN EN MÉXICO**

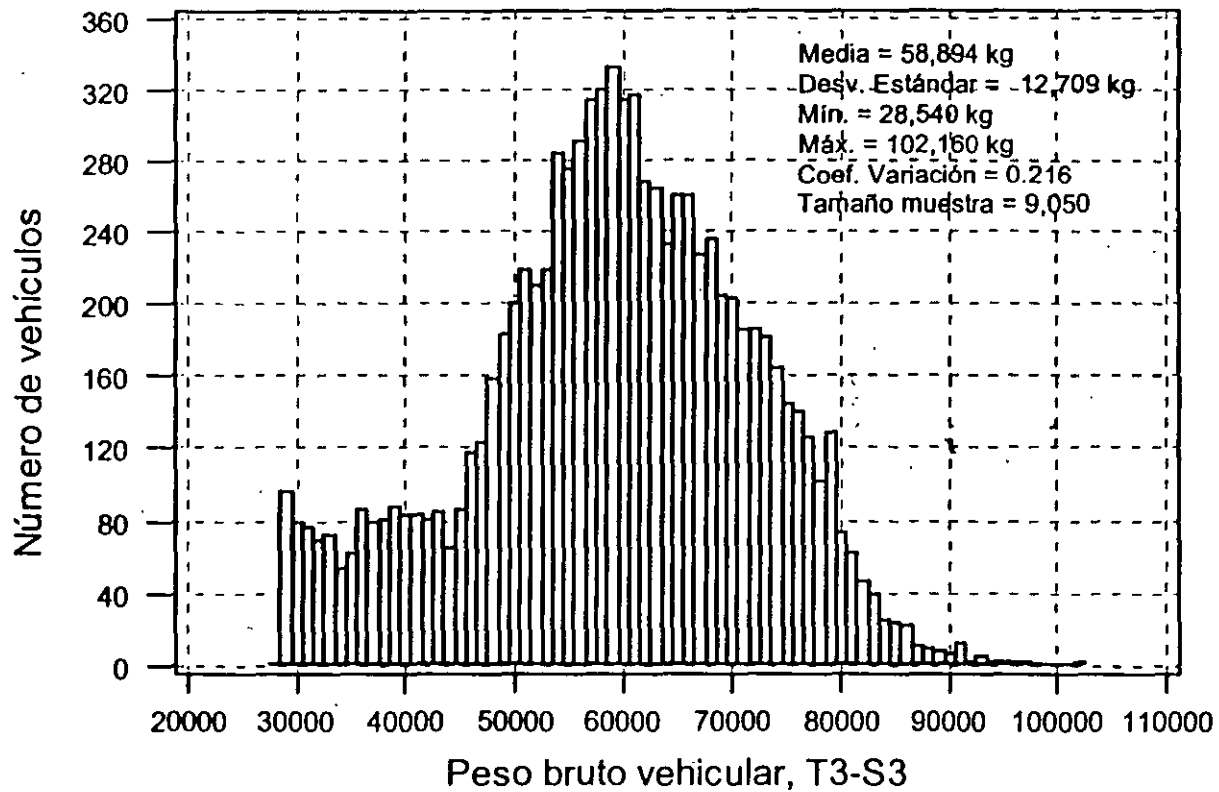
**EXPOSITOR: M. I. MIGUEL ARTURO BAROUSSE MORENO  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

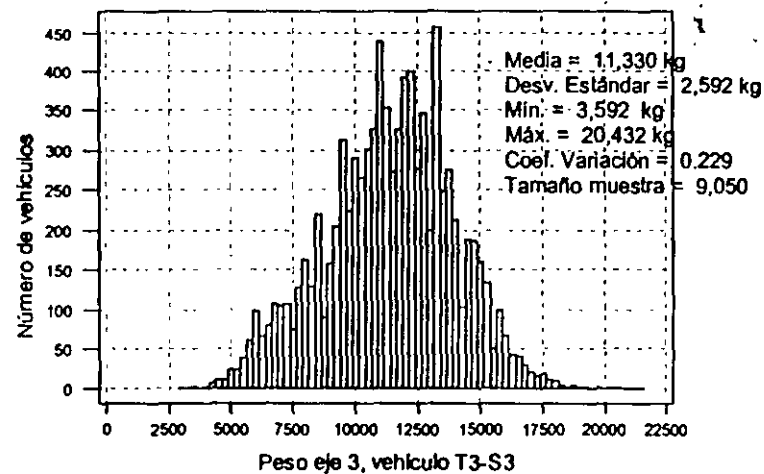
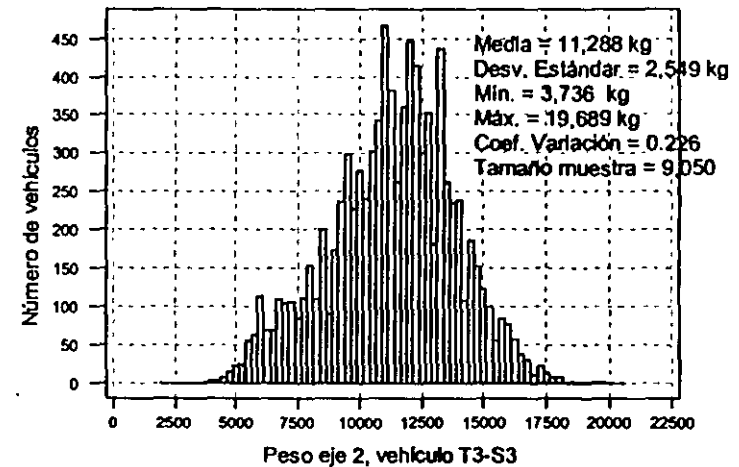
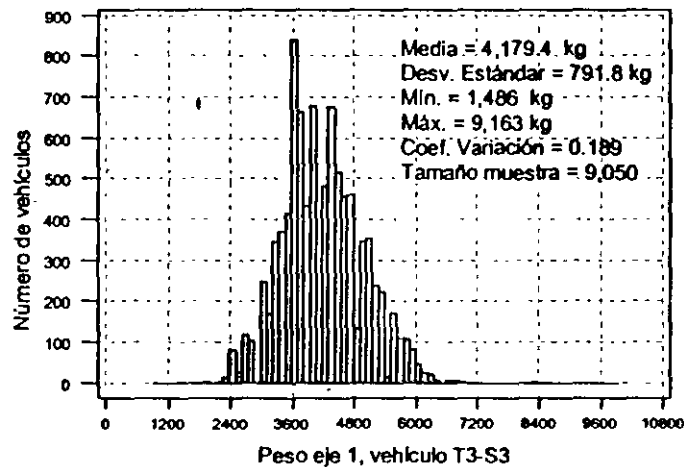
## PANORAMA DE LAS CARGAS VIVAS EN MEXICO

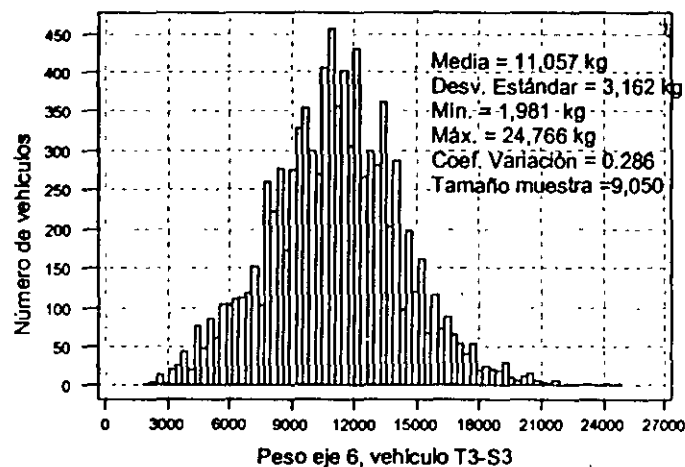
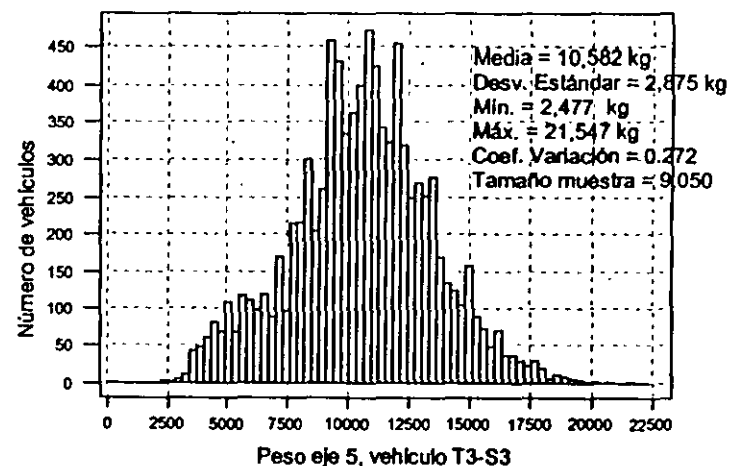
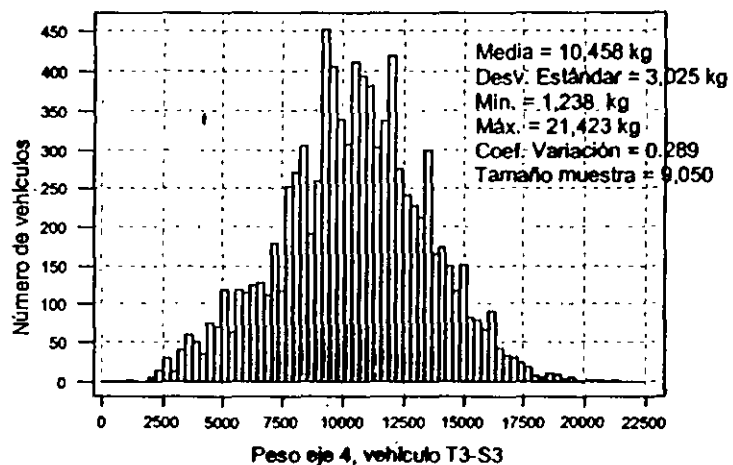


VALORES PROMEDIO DE LOS PESOS BRUTOS VEHICULARES Y  
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS EXCEDIDOS

<b>Vehículo</b>	<b>PBV prom. (kg)</b>	<b>PBV autorizado<sup>2</sup> (kg)</b>	<b>% de vehículos excedidos<sup>3</sup></b>
C-2	11,268 (0.356) <sup>1</sup>	13,500 (4 llantas) 17,500 (6 llantas)	28.16 (4 llantas) 4.96 (6 llantas)
C-3	22,825 (0.339)	19,000 (6 llantas) 26,000 (10 llantas)	37.86 (6 llantas) 21.56 (10 llantas)
T3-S2	35,557 (0.337)	44,000 (18 llantas)	18.04 (18 llantas)
T3-S3	58,894 (0.216)	40,000 (16 llantas) 48,500 (22 llantas)	51.91 (16 llantas) 46.75 (22 llantas)
T3-S2-R4	71,150 (0.319)	59,000 (22 llantas) 66,500 (34 llantas)	49.84 (22 llantas) 43.44 (34 llantas)



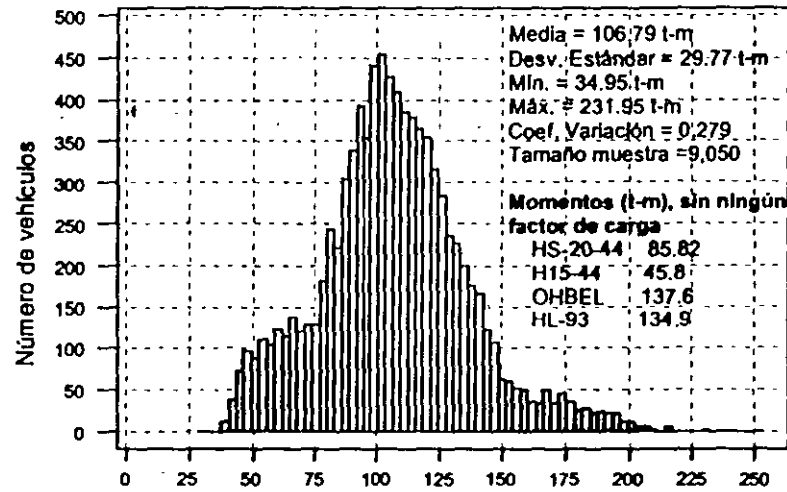




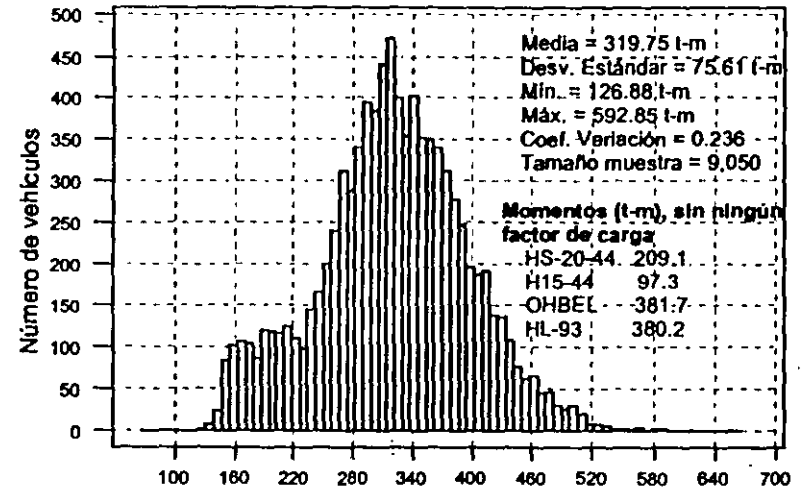


VALORES PROMEDIO DE LAS CARGAS POR EJE EN KG

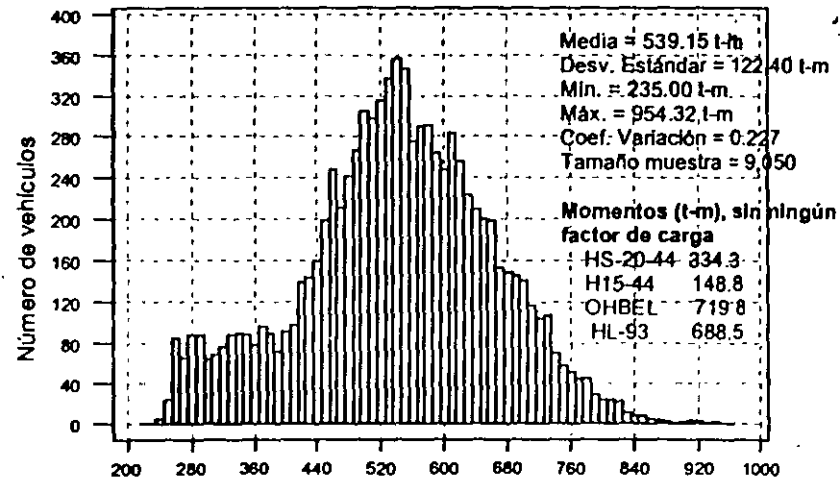
Vehículo	Eje 1	Eje2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9
C-2	3,295 (0.348)	7,970.3 (0.411)							
C-3	4,301 (0.263)	9,347.1 (0.386)	9,177.2 (0.426)						
T3-S2	4,104.5 (0.195)	7,791.7 (0.344)	7,757.2 (0.352)	7,737.6 (0.449)	8,166.4 (0.449)				
T3-S3	4,179.4 (0.189)	11,288 (0.226)	11,330 (0.229)	10,458 (0.289)	10,582 (0.272)	11,057 (0.286)			
T3-S2-R4	4,298 (0.186)	8,771.3 (0.305)	8,553.8 (0.317)	9,150 (0.358)	9,191 (0.376)	7,562.8 (0.384)	6,877.5 (0.396)	8,345 (0.403)	8,481 (0.420)



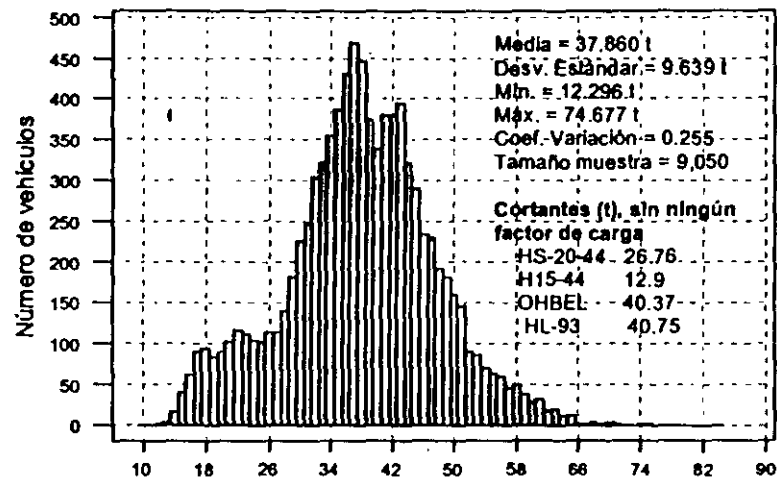
M15, vehículo T3-S3



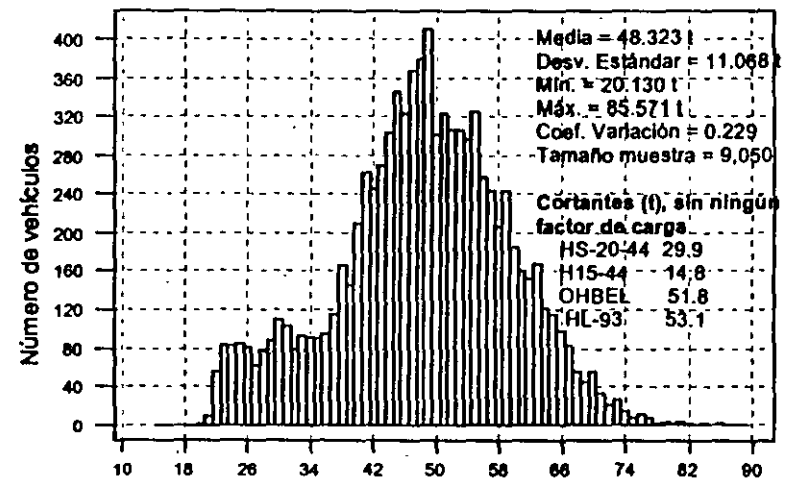
M30, vehículo T3-S3



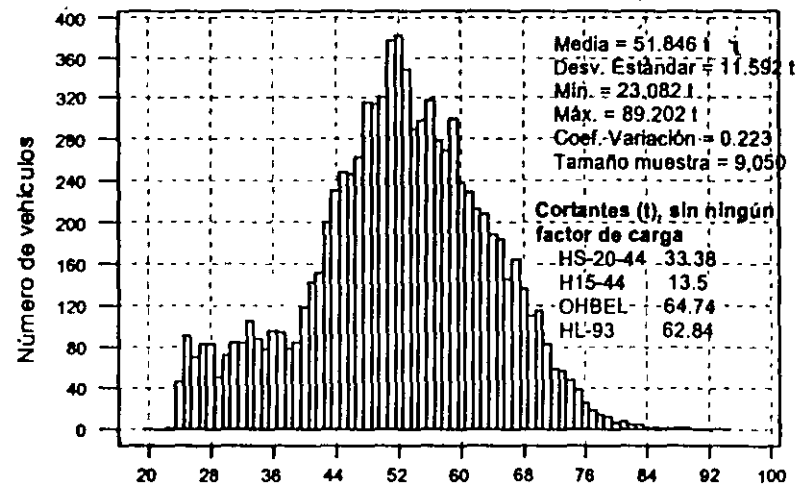
M45, vehículo T3-S3



V15, vehiculo T3-S3



V30, vehiculo T3-S3



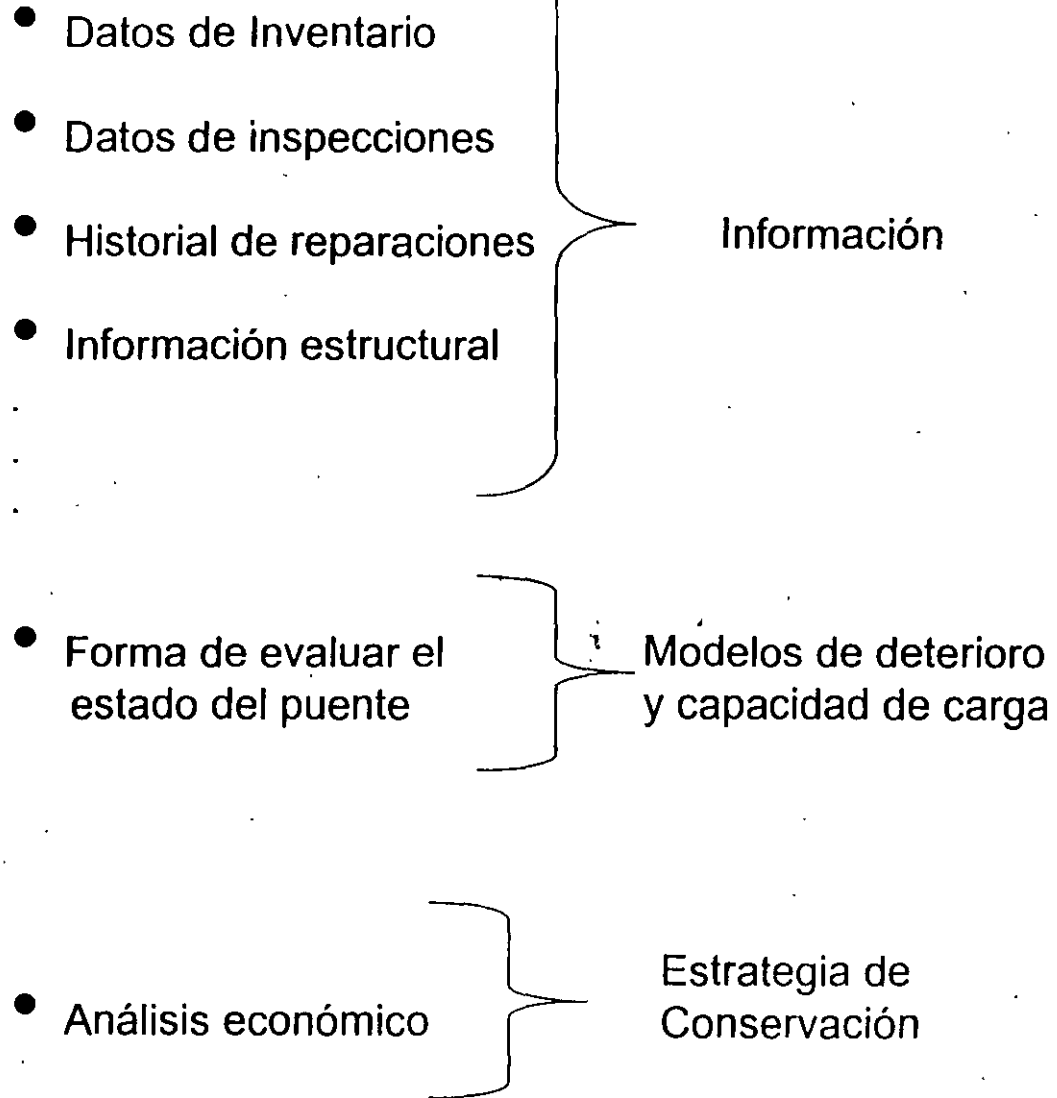
V45, vehiculo T3-S3

MOMENTOS PROMEDIO Y SU COMPARACION CON  
LOS QUE PRODUCEN EL VEHICULO HS20-44

Tipo de vehículo	Momento en t-m, para los tres claros			Cociente entre el momento que produce el vehículo HS- 20-44 y la media de los momentos calculados.		
	15 m	30 m	45 m	15 m	30 m	45 m
<b>C-2</b>	32.87 (0.413) <sup>1</sup>	77.56 (0.343)	122.70 (0.325)	2.611	2.696	2.724
<b>C-3</b>	69.05 (0.369)	154.58 (0.353)	240.15 (0.348)	1.243	1.353	1.392
<b>T3-S2</b>	57.77 (0.386)	184.35 (0.351)	316.69 (0.343)	1.485	1.134	1.055
<b>T3-S3</b>	106.79 (0.279)	319.75 (0.236)	539.15 (0.227)	0.804	0.654	0.620
<b>T3-S2-R4</b>	96.48 (0.374)	317.95 (0.360)	552.91 (0.307)	0.899	0.658	0.605

# Sistema de Administración de Puentes

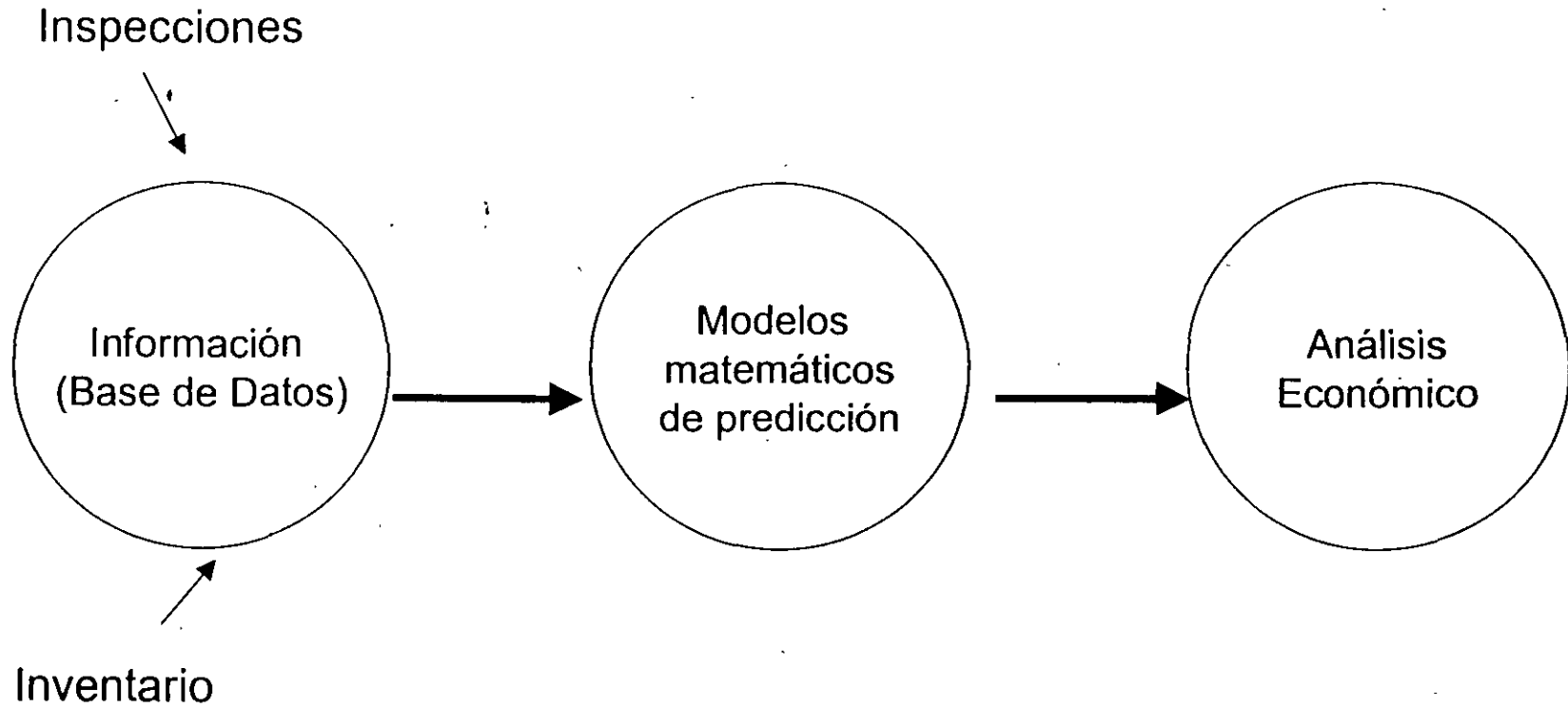
Elementos importantes:



CORTANTES PROMEDIO Y SU COMPARACION CON LOS QUE PRODUCEN EL VEHICULO HS20-44

Tipo de vehículo	Cortantes en t, para los tres claros			Cociente entre el cortante que produce el vehículo HS-20-44 y la media de los cortantes calculados.		
	15 m	30 m	45 m	15 m	30 m	45 m
<b>C-2</b>	10.25 (0.349) <sup>1</sup>	11.17 (0.317)	11.48 (0.309)	2.611	2.677	2.908
<b>C-3</b>	20.22 (0.359)	21.52 (0.348)	21.96 (0.345)	1.323	1.389	1.520
<b>T3-S2</b>	20.66 (0.424)	28.01 (0.369)	30.52 (0.356)	1.295	1.067	1.094
<b>T3-S3</b>	37.86 (0.255)	48.32 (0.229)	51.85 (0.223)	0.707	0.619	0.644
<b>T3-S2-R4</b>	30.40 (0.375)	44.35 (0.365)	54.46 (0.321)	0.880	0.674	0.613

# Sistema de Administración de Puentes



# ¿Qué debe responder el SIAP?

- 1.- Cuantos puentes tiene la red
  - 2.- De que tipo son
  - 3.- Cuantos puentes existen en una determinada región o eje
  - 4.- Cual es su estado de acuerdo a las inspecciones y a algún sistema de calificaciones
  - 5.- Cual fue la última reparación y en que consistió para un puente determinado.
  - 6.- Programa de mantenimiento para cada puente
  - 7.- Que pasaría si circulara una carga de determinadas características la red.
  - 8.- Que inversión se requiere para el mantenimiento de los puentes
- -



## Información

**Inventario** debe contener información que cambie poco con el tiempo

- Nombre y número de la estructura
- Nombre y número de la estructura que pase por arriba o abajo
- Proyectista y constructor
- Geometría de la estructura
- Gálibos
- Carga de diseño
- Tipo de puente, material, forma , sistema
- Tipo de cimentación
- Fecha de construcción y de los principales reparaciones.
- Planos, memorias de calculo y todos los documentos relacionados.

# FORMATO DE INVENTARIO

Jefe de brigada \_\_\_\_\_

Fecha / \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_  
d m a

Número de puente(4) \_\_\_\_\_

Nombre del puente(5) \_\_\_\_\_

Estado Federativo(1) \_\_\_\_\_

Nombre de la localidad(2) \_\_\_\_\_

## DATOS DE LA CARRETERA

### RUTA SOBRE EL PUENTE

Origen(3a) \_\_\_\_\_

Destino(3b) \_\_\_\_\_

Origentramo(3c) \_\_\_\_\_

Destino tramo(3d) \_\_\_\_\_

Kilometraje al  
centro del puente(10) \_\_\_\_\_

Número de la  
carretera(3e) \_\_\_\_\_

Origen del cadenamiento(11) \_\_\_\_\_

Coordenadas geográficas  
al centro del puente

Latitud(9a) \_\_\_\_\_

Longitud(9a) \_\_\_\_\_

Tipo de ruta(3f) \_\_\_\_\_

Nivel de servicio(3g) \_\_\_\_\_

### RUTAS BAJO EL PUENTE

1.- Tipo de ruta(13a) \_\_\_\_\_

Nivel de servicio(13b) \_\_\_\_\_

2.- Tipo de ruta \_\_\_\_\_

Nivel de servicio \_\_\_\_\_

3.- Tipo de ruta \_\_\_\_\_

Nivel de servicio \_\_\_\_\_

#### TIPO DE RUTA

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1.- Carretera Federal | 6.- Ferrocarril      |
| 2.- Autopista         | 7.- Via Pluvial, río |
| 3.- Carretera Estatal | 8.- Barranca         |
| 4.- Camino Rural      | 9.- Otro             |
| 5.- Calle Urbana      |                      |

#### NIVEL DE SERVICIO

- 1.- Troncal
- 2.- Alimentador
- 3.- Rural
- 4.- Otro

## DATOS GENERALES DEL PUENTE

Año de construcción(6) \_\_\_\_\_

Significado histórico(12) Sí \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

Nombre del constructor(7) \_\_\_\_\_

Limitaciones de tráfico(37) Sí \_\_\_\_\_

Tráfico promedio diario anual(35) \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

Año(36) \_\_\_\_\_

Longitud de desvío(38) \_\_\_\_\_ (Km)

Tipo de administración(39) \_\_\_\_\_

1.- Cuota 2.- Libre

**Tipo de superestructura(26a)** \_\_\_\_\_

- 1.- Losa
- 2.- Losa nervada
- 3.- Sistema a base de trabes y losas
- 4.- Vigas preesforzadas
- 5.- Sistema de piso a base de armaduras horizontales
- 6.- Sección tipo cón

**Material(26b)** \_\_\_\_\_

- 1.- Concreto reforzado
- 2.- Concreto preesforzado
- 3.- Acero soldado
- 4.- Acero remachado
- 5.- Mampostería
- 6.- Mixto concreto reforzado y acero
- 7.- Mixto concreto preesforzado y acero
- 8.- Otro

**Tipo de sistema de piso(27)** \_\_\_\_\_

- 1.- Losa de concreto
- 2.- Concreto precolado
- 3.- Concreto preesforzado transversalmente
- 4.- Placas de acero
- 5.- Rejilla
- 6.- Ortotróico
- 7.- Otro

**APOYOS EXTREMOS**

**Tipo(29a)** \_\_\_\_\_

- 1.- Estríbco
- 2.- Enterrados
- 3.- Aleros
- 4.- en "U"
- 5.- Otro

**Material del cuerpo(29b)** \_\_\_\_\_

- 1.- Concreto
- 2.- Inexistente
- 3.- Otro

**Material de la corona(29c)** \_\_\_\_\_

- 1.- Mampostería
- 2.- Concreto
- 3.- Ladrillo
- 4.- Otro

**APOYOS INTERMEDIOS**

**Tipo(30a)** \_\_\_\_\_

- 1.- Tradicional
- 2.- Rectangular
- 3.- Cilíndrico
- 4.- Sección constante
- 5.- Sección variable
- 6.- Otro

**Remate(30b)** \_\_\_\_\_

- 1.- Corona
- 2.- Cabezal en voladizo
- 3.- otro

**Material del cuerpo(30c)** \_\_\_\_\_

- 1.- Mampostería
- 2.- Concreto
- 3.- otro

**Material de la corona(30d)** \_\_\_\_\_

- 1.- Concreto
- 2.- Inexistente

**Cimentación(31)** \_\_\_\_\_

- 1.- Zapatas
- 2.- Pilotes
- 3.- Cilindros
- 4.- Mixta
- 5.- otro

**Carga de diseño(32)** \_\_\_\_\_

- 1.- H-10
- 2.- H-15
- 3.- HS-15
- 4.- H-20
- 5.- HS-20
- 6.- T3-S3
- 7.- T3-S2-R4
- 8.- Otro

**DISPOSITIVOS DE APOYO**

**Tipo de apoyo móvil(33a)** \_\_\_\_\_

- 1.- Mecedora de acero
- 2.- Mecedora de concreto
- 3.- Rodillos metálicos
- 4.- Neopreno
- 5.- Neopreno con acero y teflón
- 6.- Otro

**Tipo de apoyo fijo(33b)** \_\_\_\_\_

- 1.- Acero
- 2.- Plomo
- 3.- Neopreno
- 4.- Articulación
- 5.- Otro

**Junta de dilatación(34)** \_\_\_\_\_

- 1.- Compband
- 2.- Sika flex
- 3.- Asfalto
- 4.- Neopreno
- 5.- Tapajunta de acero
- 6.- Lámina de cobre
- 7.- Inexistente
- 8.- Otro

Historial de reparaciones

AÑO(8a)

CONSTRUCTOR(8b)

TIPO DE REPARACION(8c)

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Tipo de reparación:

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| 1.- Mantenimiento menor | 5.- Reconstrucción |
| 2.- Mantenimiento mayor | 6.- Ampliación     |
| 3.- Reparación menor    | 7.- Reforzamiento  |
| 4.- Reparación mayor    |                    |

**DATOS GEOMETRICOS**

Longitud del puente(14) \_\_\_\_\_ metros

Longitud del máximo claro(15) \_\_\_\_\_ metros

Ancho total de la superestructura(16) \_\_\_\_\_ metros

Ancho de la superficie de rodamiento(17) \_\_\_\_\_ metros

Angulo de esviaje (según km creciente)(19) \_\_\_\_\_ grados

Trazo geométrico      Planta(20a) \_\_\_\_\_ Elevación(20b) \_\_\_\_\_  
 1.- Tangente  
 2.- Curva

Gálibo vertical sobre el puente(21) \_\_\_\_\_ metros

Gálibo vertical bajo el puente(22) \_\_\_\_\_ metros

Gálibo horizontal bajo el puente(23) \_\_\_\_\_ metros

Sección de la carretera:

Entrada

Salida

Corona(14a1) \_\_\_\_\_ (mts)

Corona(14b1) \_\_\_\_\_ (mts)

Carpeta(14a2) \_\_\_\_\_ (mts)

Carpeta(14b2) \_\_\_\_\_ (mts)

Camellón(14a3) \_\_\_\_\_ (mts)

Camellón(14b3) \_\_\_\_\_ (mts)

**DATOS ESTRUCTURALES**

Tipo de puente(24) \_\_\_\_\_

Número de claros(25) \_\_\_\_\_

TIPO DE PUENTE

- |                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| 1.- Losa simplemente apoyada   | 6.- Arco      |
| 2.- Superestructura isostática | 7.- Colgante  |
| 3.- Superestructura continua   | 8.- Atrantado |
| 4.- Pórtico o marco rígido     | 9.- Otro      |
| 5.- Armaduras                  |               |

Tipo de superficie de rodamiento(28) \_\_\_\_\_

- |                         |                      |          |
|-------------------------|----------------------|----------|
| 1.- Concreto hidráulico | 2.- Mezcla asfáltica | 3.- Otro |
|-------------------------|----------------------|----------|

## **Inspecciones:**

**Inspección rutinaria:**- Consiste en una revisión visual del puente en todos los puntos donde puede existir daño. Los principales objetivos son:

Revisar la condición general del puente

Observar cambios en la condición de la estructural

Dar una calificación del estado estructural del puente

Definir las necesidades de mantenimiento o de inspección especial

Se recomienda para el caso de CAPUFE realizarla una vez al año

**Inspección especial.**- Consiste en una inspección mas detallada que se realiza en puentes que tienen una condición regular (calificación inferior a 3)

Jefe de brigada \_\_\_\_\_

Fecha / \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_  
d m a

Número de puente(4) \_\_\_\_\_

Nombre del puente(5) \_\_\_\_\_

Estado Federativo(1) \_\_\_\_\_

Nombre de la localidad(2) \_\_\_\_\_

### CONDICION GENERAL DEL PUENTE

Hundimientos(40) \_\_\_\_\_ Desplomes(41) \_\_\_\_\_ Flechas(42) \_\_\_\_\_  
1 - Ligeros      2 - Moderados      3 - Graves      4 - No se aprecian

Socavación(43) \_\_\_\_\_ Corrosión(45) \_\_\_\_\_  
1 - Ligeros      2 - Moderados      3 - Graves      4 - No se aprecian

Cauce del río(44) \_\_\_\_\_  
1 - Orilla firme y estable      2 - Orilla firme y estable  
3 - Orilla firme y estable      4 - Orilla firme y estable

Señalamiento de los  
puntos de inspección \_\_\_\_\_

Señalamiento de los  
puntos de seguridad \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### SUPERFICIE DE RODAMIENTO

Condición(43) \_\_\_\_\_  
1 - Buena      2 - Regular      3 - Mala

Comentarios \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Consultar el manual de inspección de puentes para conocer el número de datos en el manual



## SUPERESTRUCTURA

Agrietamiento en zona de apoyos (grietas de cortante)(49a) \_\_\_\_\_

1.- Ligeros

2.- Moderados

Agrietamiento al centro del claro (grietas de flexión)(49b) \_\_\_\_\_

3.- Graves

4.- No se aprecian

Juntas de expansión(50) \_\_\_\_\_

1.- Buen estado

2.- Mal estado

3.- No existen

Dispositivos de apoyo(51) \_\_\_\_\_

1.- Buen estado

2.- Mal estado

3.- No existen

Daño por impacto vehicular por deficiencia en gálibo(52) \_\_\_\_\_

1.- Ligeros

2.- Moderados

3.- Graves

4.- No se aprecian

Drenaje(53) \_\_\_\_\_

1.- Buen funcionamiento

2.- Regular

3.- Mal

4.- No existe

Desconchamientos en la superestructura(54) \_\_\_\_\_

1.- Ligeros

2.- Moderados

3.- Graves

4.- No se aprecian

Comentarios \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

## SUBESTRUCTURA

Agrietamiento en pilas(55) \_\_\_\_\_

1.- Ligeros

2.- Moderados

Agrietamiento en estribos(56) \_\_\_\_\_

3.- Graves

4.- No se aprecian

Desconchamientos en pilas o estribos(57) \_\_\_\_\_

1.- Ligeros

2.- Moderados

3.- Graves

4.- No se aprecian

Comentarios \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

PUNTES DE ACERO

Pintura anticorrosiva(58) \_\_\_\_\_

1.- Adecuada      2.- Faltante      3.- Defectuosa

Corrosión(59) \_\_\_\_\_

1.- Ligero      2.- Moderado      3.- Grave

Elementos rotos(60)      Sí \_\_\_\_\_  
No \_\_\_\_\_

Elementos faltantes(61)      Sí \_\_\_\_\_  
No \_\_\_\_\_

Comentarios \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

PUNTES DE CONCRETO PRESFORZADO

Ductos o cables expuestos(62)      Sí \_\_\_\_\_  
No \_\_\_\_\_

Anclajes de presfuerzo sueltos(63)      Sí \_\_\_\_\_  
No \_\_\_\_\_

Comentarios \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Cualquier respuesta no conocida dejese en blanco

Los números entre paréntesis es el número de dato en el manual



## CALIFICACION GENERAL DEL PUENTE

Superficie de Rodamiento(64a) \_\_\_\_\_

Superestructura(64b) \_\_\_\_\_

Subestructura(64c) \_\_\_\_\_

Socavación(64d) \_\_\_\_\_

### CALIFICACION

- 5.- Condición excelente
- 4.- Condición buena
- 3.- Condición aceptable
- 2.- Condición regular
- 1.- Condición sena
- 0.- Condición de falla

Comentarios \_\_\_\_\_

## RECOMENDACIONES GENERALES

Inspecciones(65a) \_\_\_\_\_

- 1- Evaluación a corto plazo (máximo 12 meses)
- 2- Evaluación a mediano plazo (máximo 2 años)
- 3- Evaluación a largo plazo (máximo 3 años)
- 4- Detallada
- 5- Otro

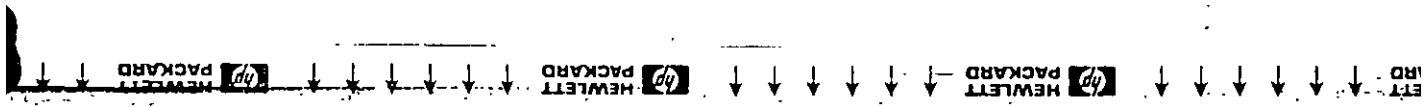
Superficie de Rodamiento(65b) \_\_\_\_\_

Superestructura(65c) \_\_\_\_\_

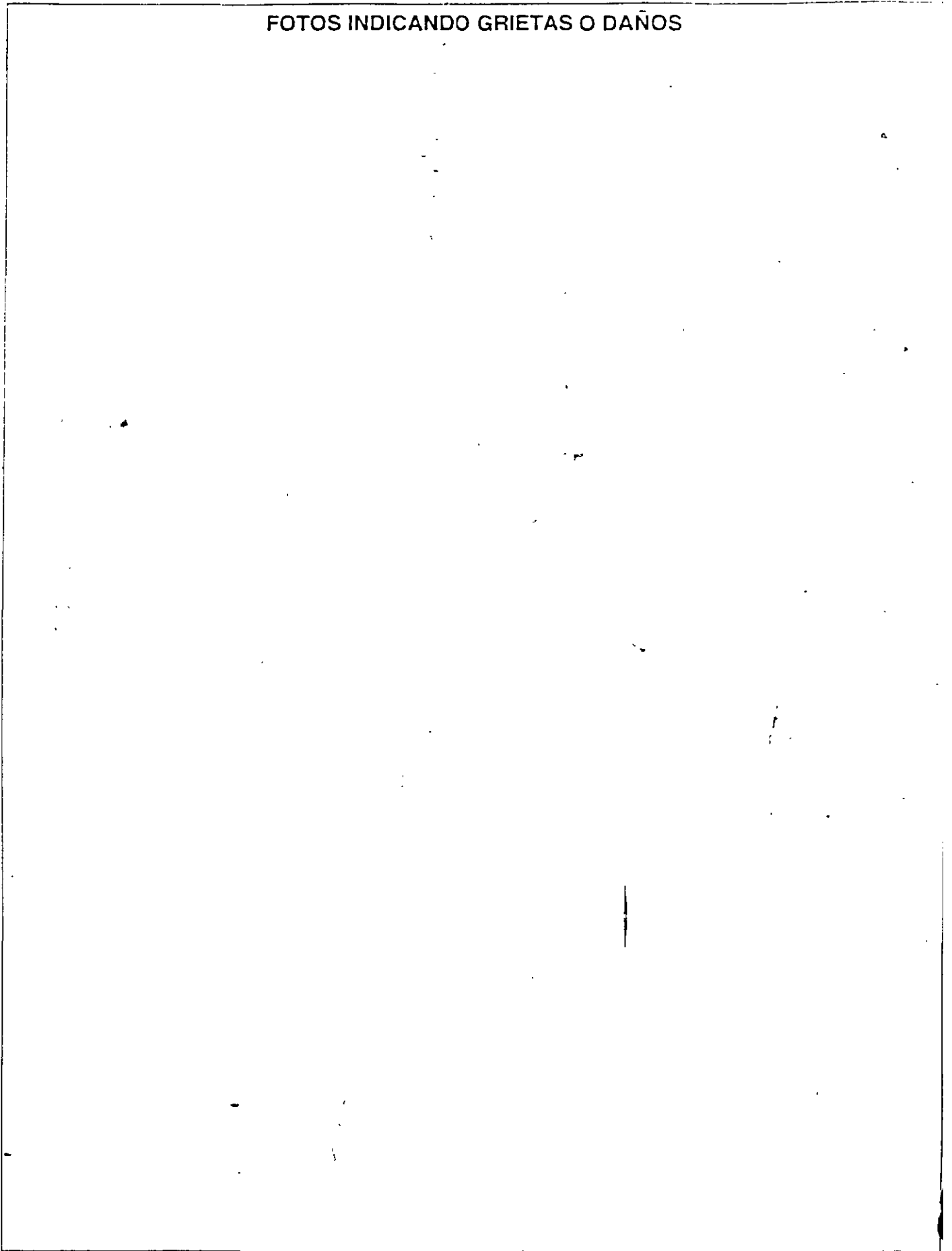
Subestructura(65d) \_\_\_\_\_

- 1- Mantenimiento menor
- 2- Mantenimiento mayor
- 3- Reparación
- 4- Substitución
- 5- Pruebas especiales
- 6- Otro

Comentarios \_\_\_\_\_



FOTOS INDICANDO GRIETAS O DAÑOS



27

# Calificación estructural

+ Métodos analíticos

+ Métodos experimentales



***Calificación del estado estructural del puente***

## Métodos analíticos

Procedimiento 1:

CE, se obtiene de un promedio pesado dado a las diferentes partes del puente

Procedimiento 2:

CE, se obtiene de la medición del primer modo de vibrar para obtener los principales parámetros tomando en cuenta el nivel de deterioro real. La fórmula que se utiliza para el cálculo de CE es:

$$CE = \frac{\Phi R - F_D W_D}{F_L W_L}$$

## **PRUEBAS TÍPICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE NIVELES DE DETERIORO EN PUENTES**

- PRUEBAS DE CARGA ESTÁTICA
- PRUEBAS DE CARGA CUASI-ESTÁTICA
- MEDICIÓN DE VIBRACIONES
- DETERMINACIÓN DE POTENCIALES DE CORROSIÓN EN EL ACERO
- MEDICIONES DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES
- VERIFICACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE FRICCIÓN DE LOS CABLES  
EN PUENTES PREFORZADOS
- VERIFICACIÓN DE LA TENSION EN PUENTES ATIRANTADOS

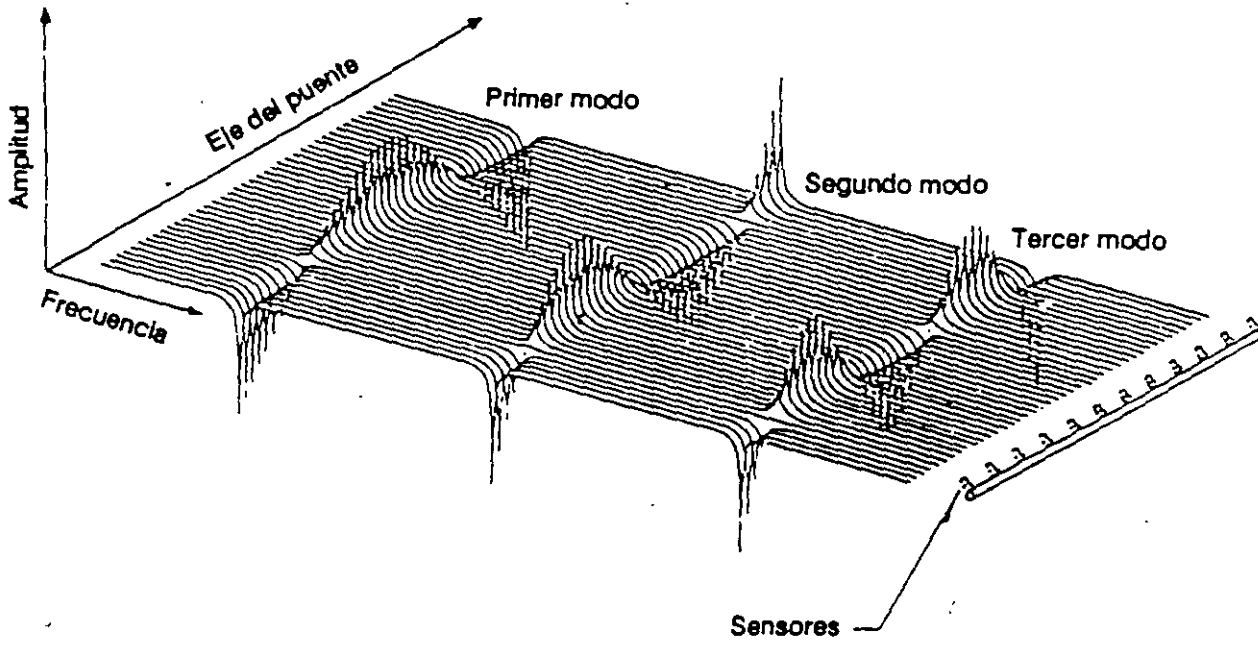


Figura 3 Identificación de modos de vibración

## ¿ PARA QUE SE INSTRUMENTA UN PUENTE ?

- CALIBRAR EL MODELO DE ANALISIS AJUSTANDOLO AL NIVEL DE DETERIORO REAL
- OBTENER CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA REALES
- OBTENER EL FACTOR DE AMPLIFICACION DINAMICA
- OBTENER EL AMOTIGUAMIENTO DE LA ESTRUCTURA
- OBTENER MODOS DE VIBRAR
- CON TECNICA DE ANALISIS DE SEÑALES SE LES PUEDE DAR UNA INTERPRETACION COHERENTE QUE PERMITE MONITOREAR A LO LARGO DEL TIEMPO CONDICIONES DE DETERIORO DEL PUENTE



## **METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

EL EQUIPO BASICO CONSTA DE :

- ACELEROMETROS
- ACONDICIONADOR DE SEÑAL
- CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL
- UN ANALIZADOR DE ESPECTROS
- UNA MICROCOMPUTADORA PERSONAL

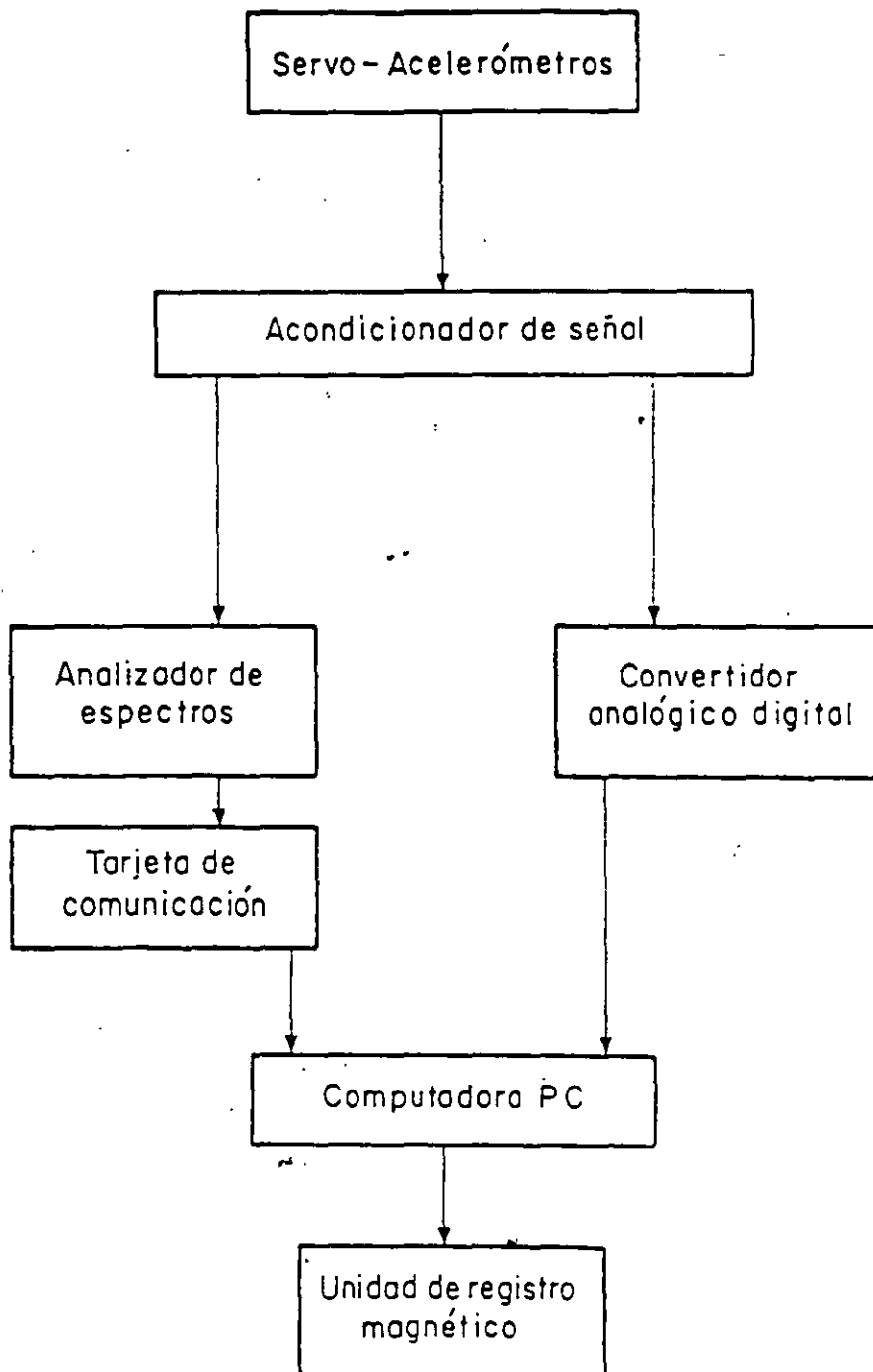


Figura 1 Diagrama de bloques del procesamiento de las señales

# Estructura de datos

Fichas de  
inspección  
rutinaria

Fichas de  
inspección  
especial

Fotografías  
de  
inventario

Planos  
Autocad

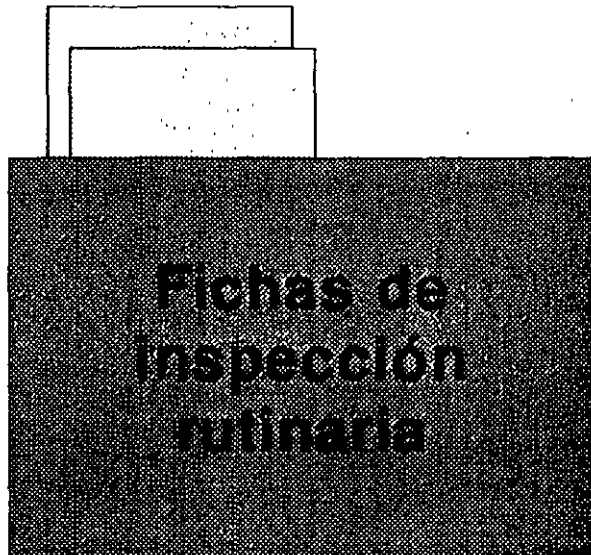
SIG en  
Arcview  
V1.0

Modelo de  
análisis  
estructural

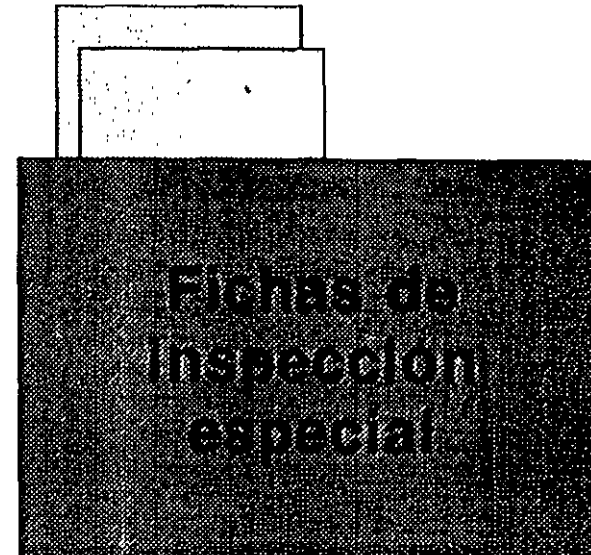


# Estructura de datos

Fotografías de inspecciones



Fotografías de inspecciones





Introducción  
Sistemas de información geográfica  
Sistem de Administración de Puentes  
Mediciones

32



## Algunos acontecimientos importantes en la historia del hombre

*Actualmente se están viviendo profundos cambios en las costumbres y formas de trabajo de los hombres. Estos cambios se deben a los grandes avances en materia de informática y telecomunicaciones. Los cambios son tan profundos como los que ocurrieron en la revolución industrial, en la que el ser humano paso del campo a las ciudades para trabajar en fábricas.*

### *Grandes avances geográficos*

<b>Grandes descubrimientos</b>	<b>1480-1540</b>
<b>Colón (Descubrimiento de América)</b>	<b>1492</b>
<b>Viaje de Magallanes</b>	<b>1519</b>

### *Grandes avances en física y matemáticas*

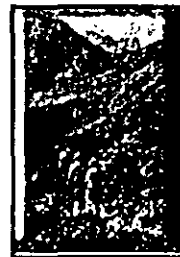
- Galileo aporta técnicas de experimentación	16.....
- Descarte aporta el método científico	16.....
- Ley de la gravitación de Newton	1726
- Lógica matemática y algebra booleana	17.....

*Acontecimientos que conformaron los avances tecnológicos y científicos*

- Revolución francesa (Ideales de libertad)	1789
- Revolución industrial (máquinas textiles y motores de vapor)	1780
- Revolución de EUA	1775-1883

*Acontecimientos más modernos*

- Telégrafo	1850
- Teléfono	1880
- Luz eléctrica	1880
- Automóvil	1900
- Einstein (Teoría de la relatividad)	1905
- Radio	1920
- Televisión	1930
- Computadoras	1945
Primera generación (bulbo)	1950
Segunda generación (transistor)	1960
Tercera generación (circuito integrado)	1980
Cuarta generación (computo vectorial y paralelo)	1990
- Segunda guerra mundial	1939-1945
- Satélites	1950
- Fibra óptica	1980.....





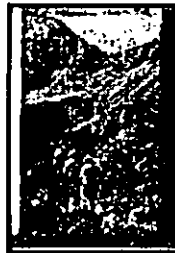


## *SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA*

---

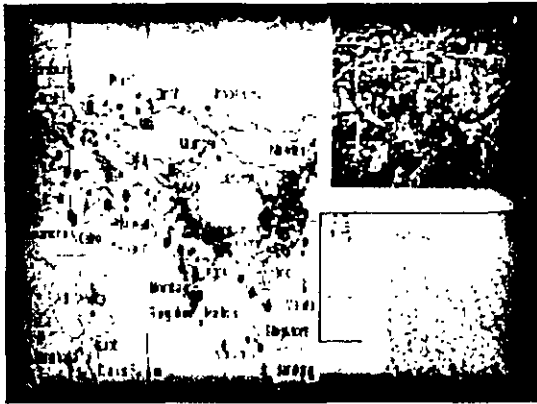
Las organizaciones que están relacionadas con el proyecto, construcción, operación y conservación de carreteras, están realizando esfuerzos importantes para incorporar procedimientos sistémicos en la planeación y administración de sus infraestructuras, con lo cual se ayuda a la optimización de los recursos que se destinan para su ampliación y conservación. Estos procedimientos sistémicos deben incorporar herramientas informáticas, en las que se incluyan todos los elementos de ingeniería necesarios para realizar la administración de las carreteras. Las herramientas basadas en los sistemas de información geográfica (SIG) ofrecen un poderoso instrumento de análisis, que incluyen la visualización, de manera georeferenciada de tramos de carretera con algunos de sus

**atributos: topografía, cortes, terraplenes, taludes, alcantarillas, puentes, señales. Además, estos sistemas, permiten la incorporación de información de diferentes bases de datos, con lo cual el análisis puede resultar más completo.**



**SIGUIENTE**

2 h



Es un sistema computacional que permite crear, almacenar y desplegar información georeferenciada y relacionarla con bases de datos alfanuméricas de diversos temas tales como: económicas, demográficas, científicas, ingenieriles, etc. Esta asociación permite realizar análisis detallado de los fenómenos que se estudian.

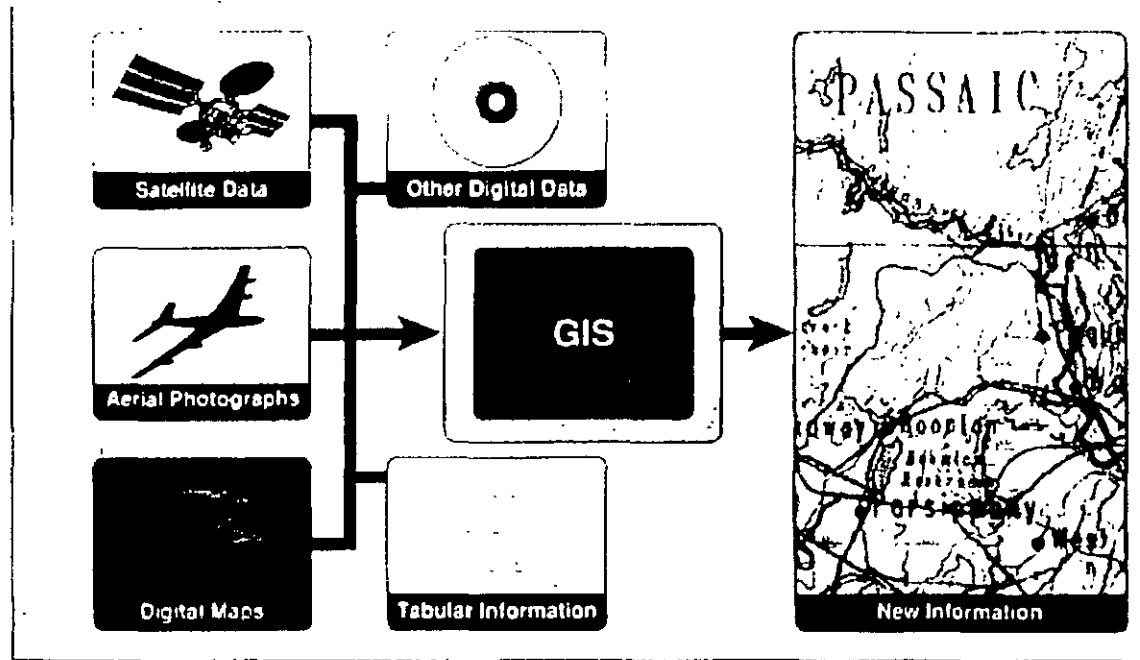


Figure 9. Data integration is the linking of information in different forms through a GIS



b.h

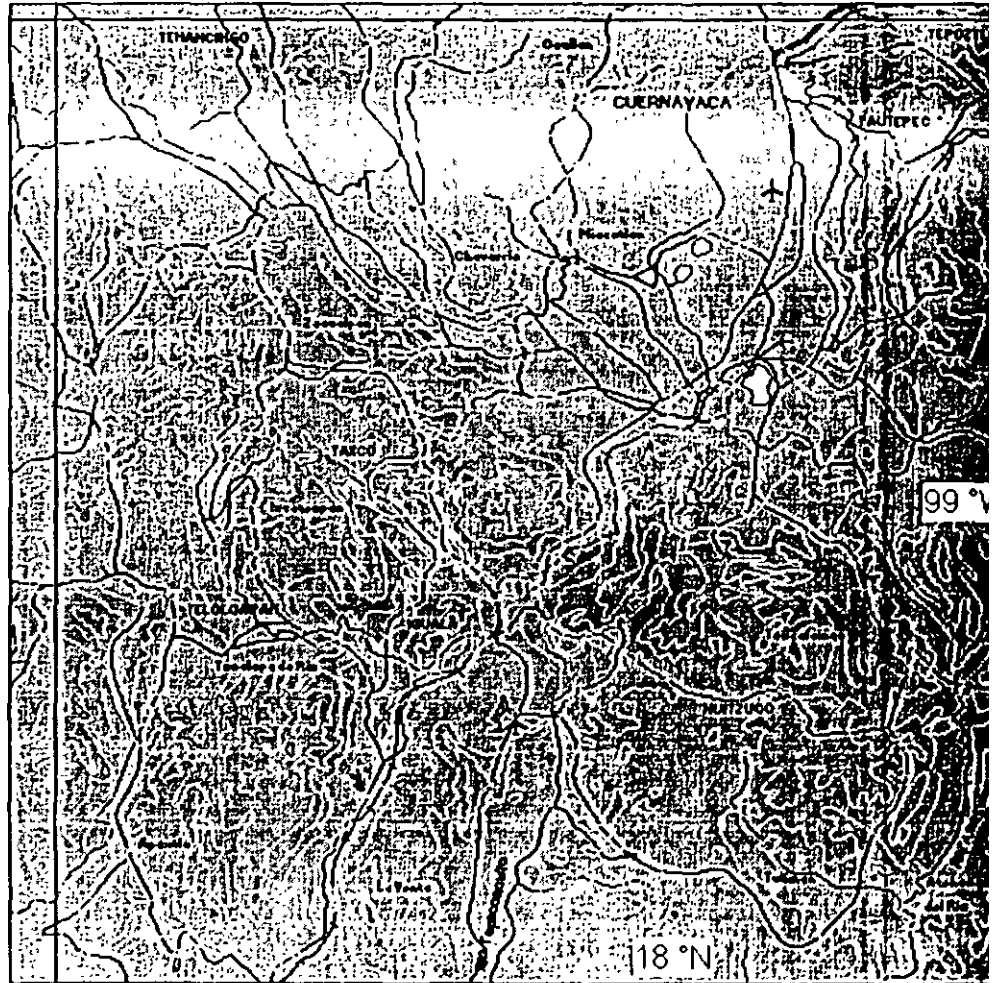
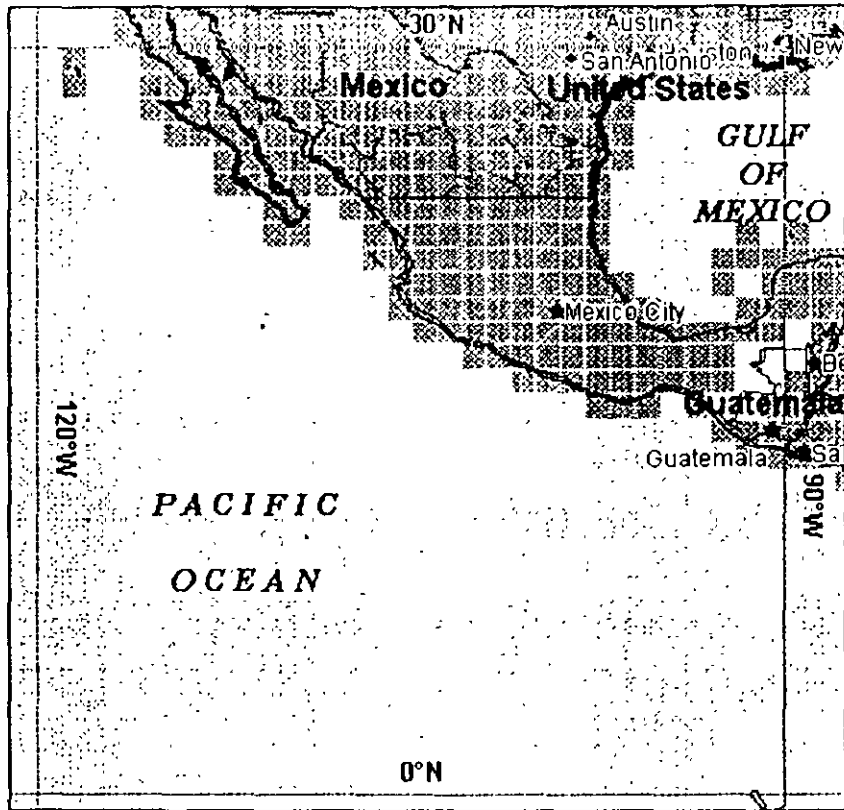


*Algunos elementos de un SIG*



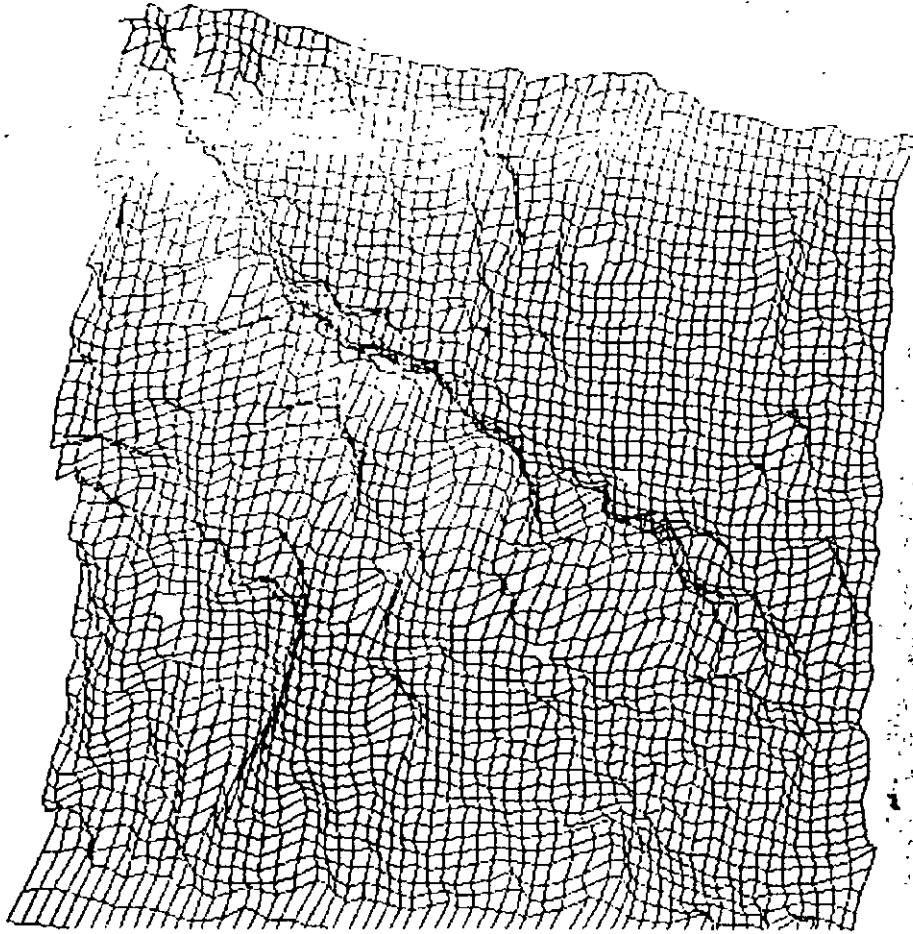
*Fotografía aérea*

56



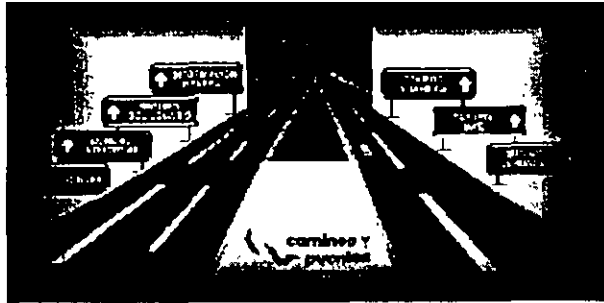
LEGEND

0m - 250m
251m - 500m
501m - 750m
751m - 1000m
1001m - 1250m
1251m - 1500m
1501m - 1750m
1751m - 2000m
2001m - 2250m
2251m - 2500m
2501m - 2750m
2751m - 3000m
3001m - 3250m
3251m - 3500m
3501m - 3750m
3751m - 4000m
4001m - 4250m
4251m - 4500m
4501m - 4750m
4751m - 5000m
5001m - 5250m
5251m - 5500m
5501m - 5750m
5751m - 6000m
6001m - 6250m
6251m - 6500m
6501m - 6750m
6751m - 7000m



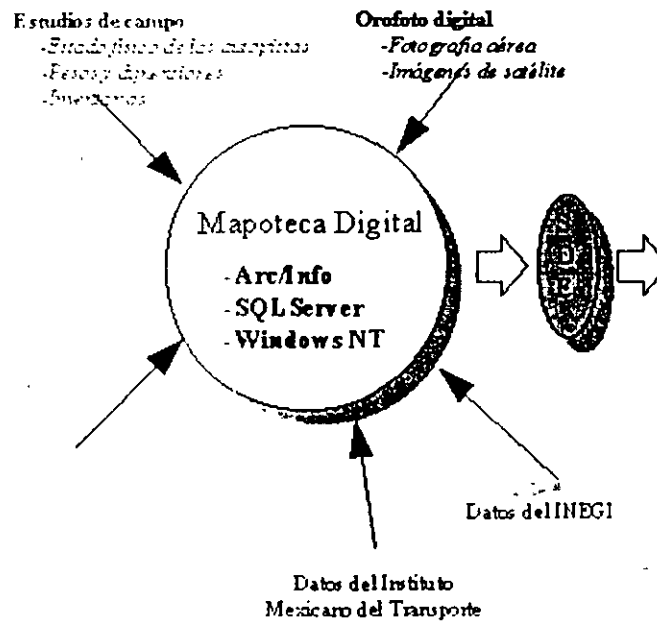
*Modelo tridimensional del terreno*

47

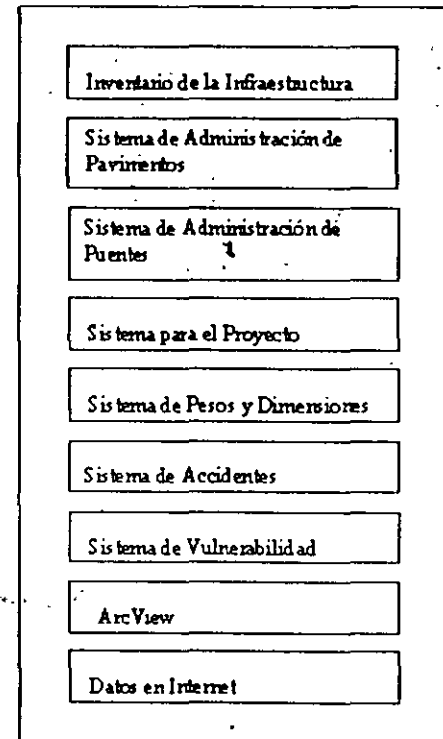


# SIDIAP

(Sistema de Información Digital para Autopistas y Puentes)

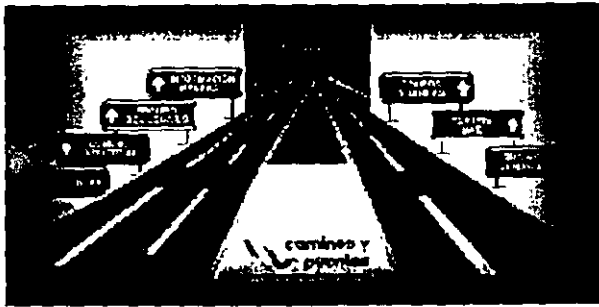


## Aplicaciones



2/7

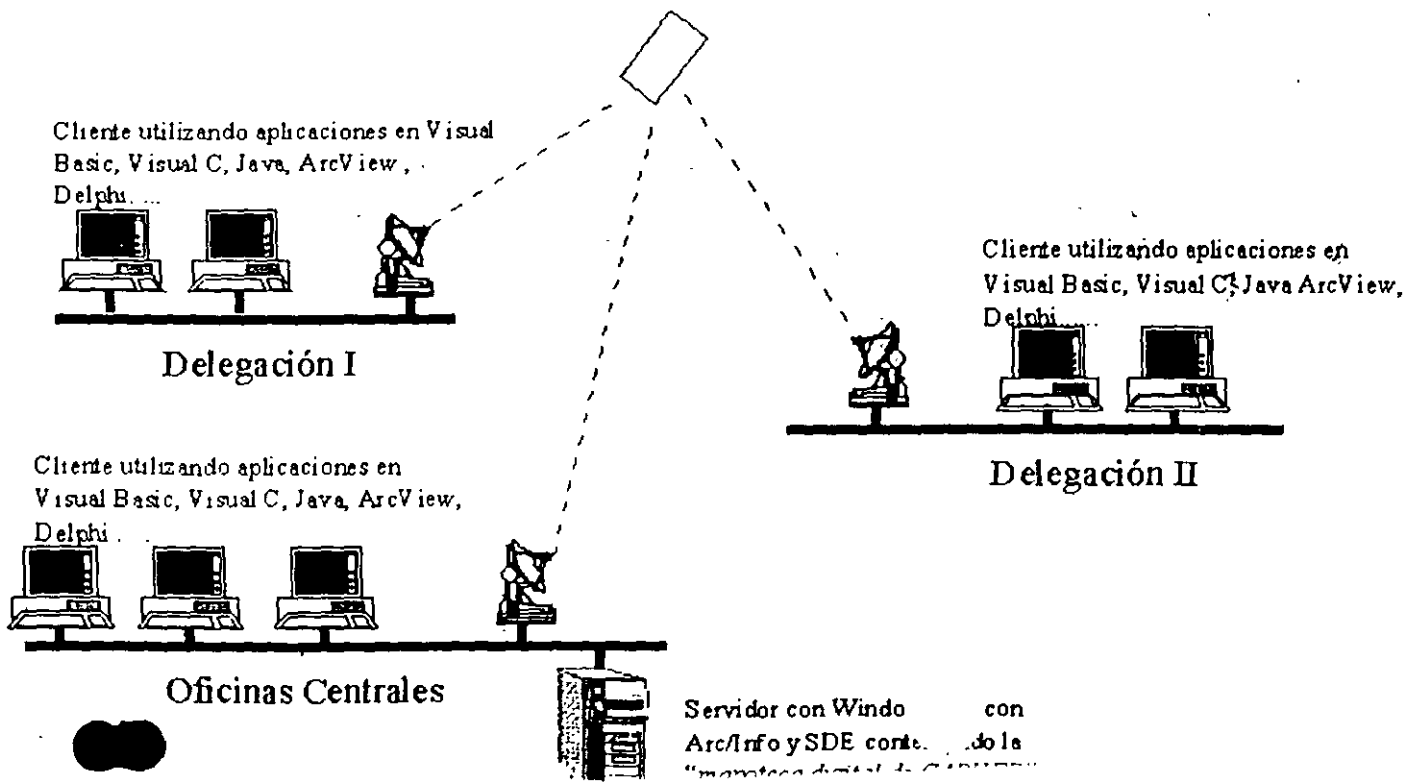


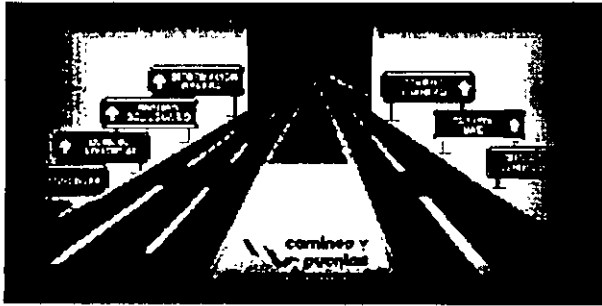


# SIDIAP

(Sistema de Información Digital para Autopistas y Puentes)

b h

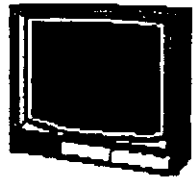




# SIDIAP

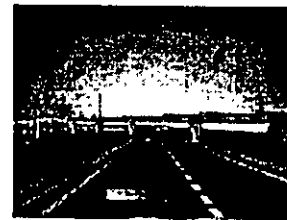
(Sistema de Información Digital para Autopistas y Puentes)

50



Monitor de TV con el cual se va viendo lo que se filma

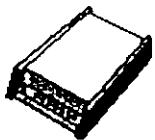
PC con Geolink donde se va integrando la información georeferenciada



Mapoteca digital de CAPUFE



Sincronizador

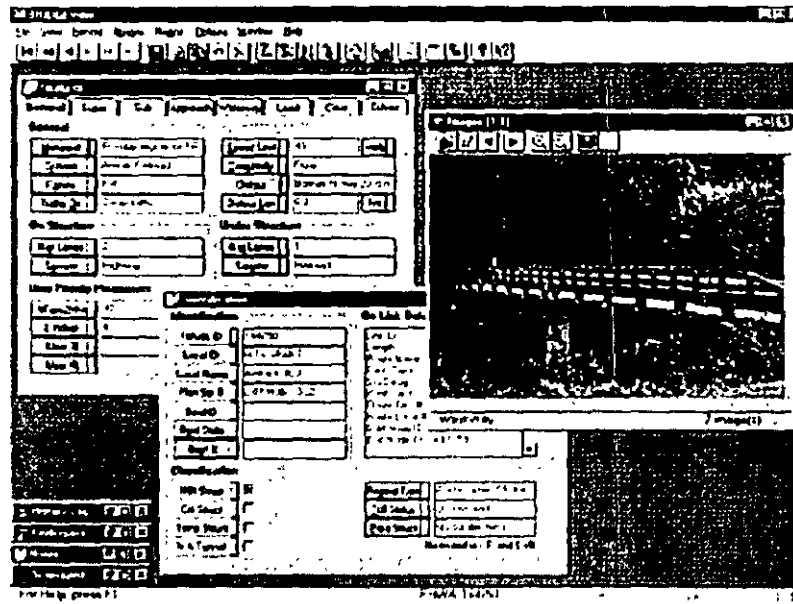


GPS, con el cual se van registrando las

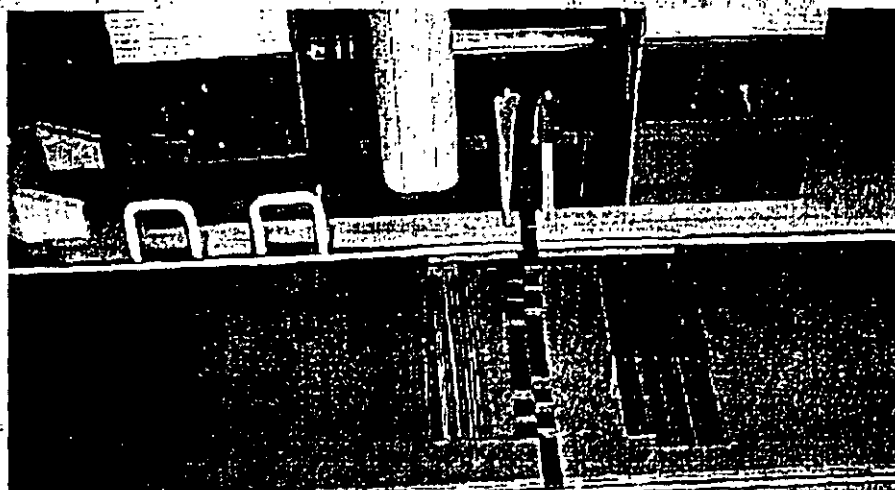
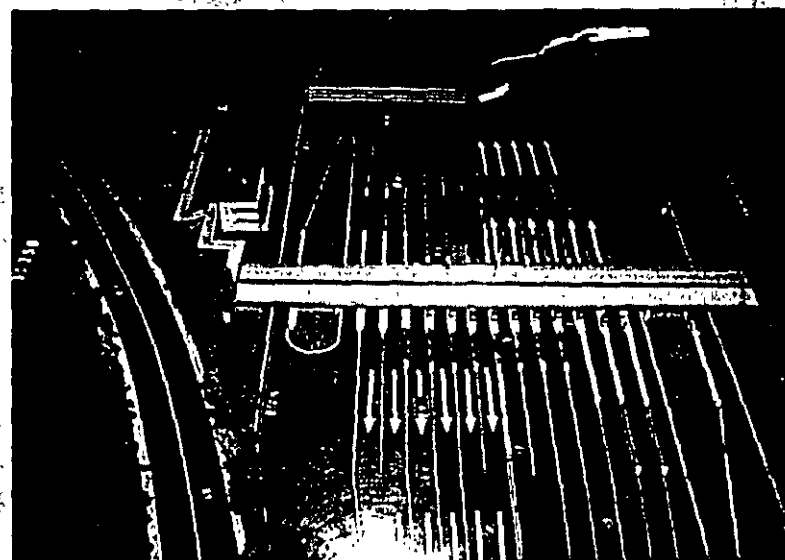


Camara de video con la cual se filma la carretera

# SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE PUENTES



# Proyecto de Modernización

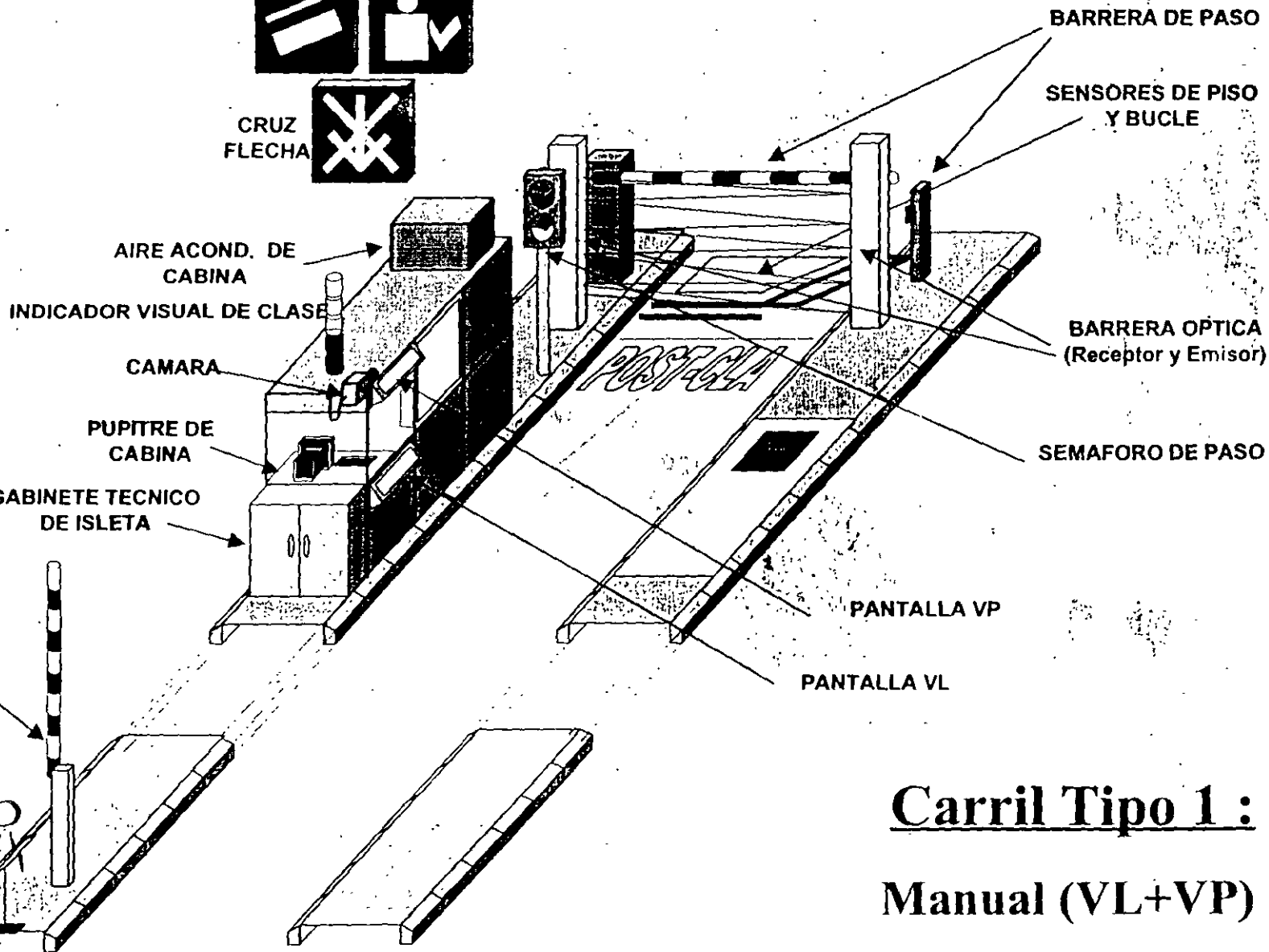


25

## CUADRO COMPARATIVO

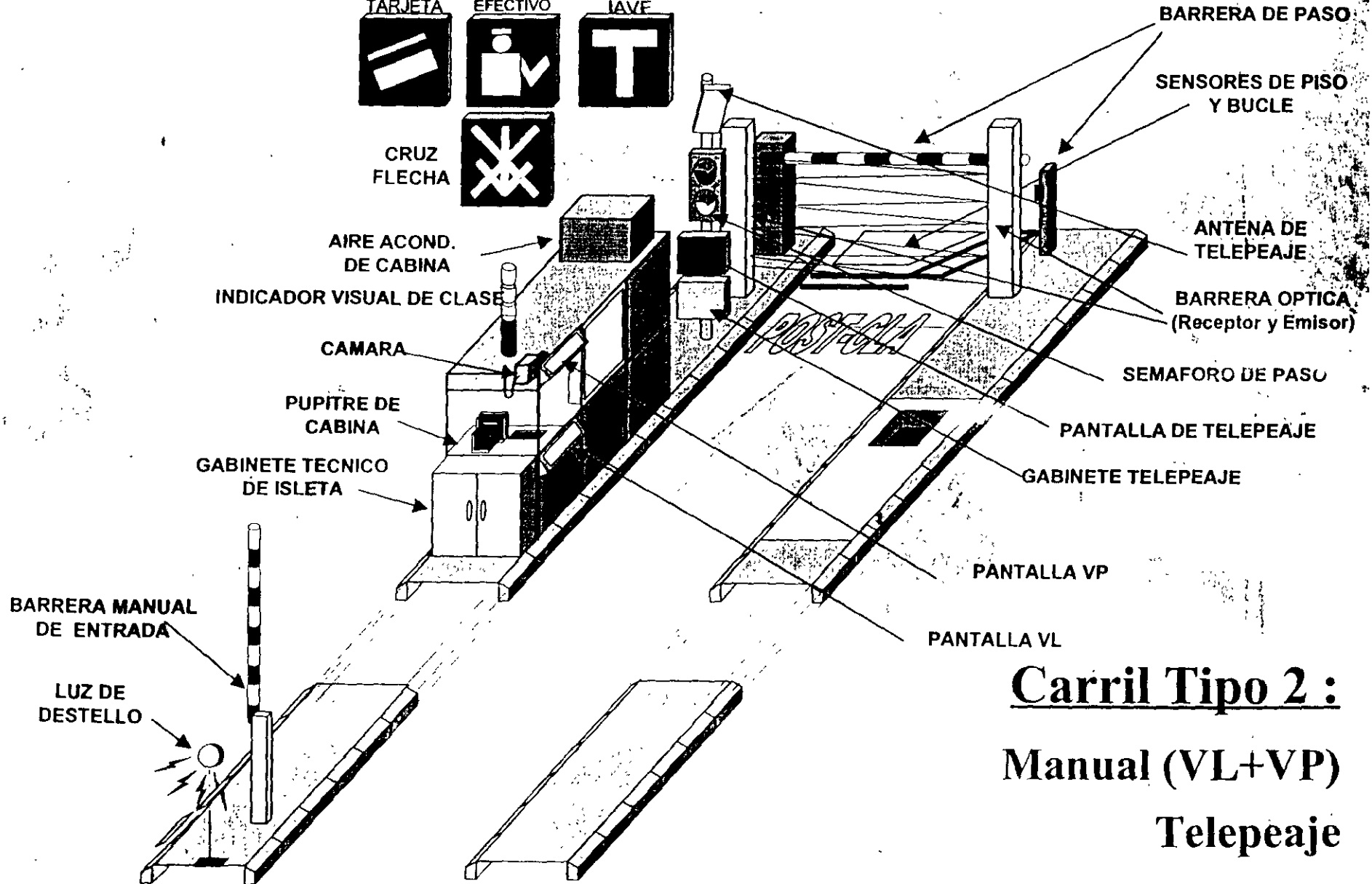
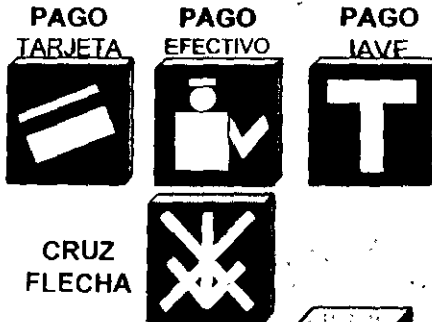
Función	Sistema de Peaje Actual	Nuevo sistema de Peaje
Tipos de Carril	Manual Mixto Telepeaje	Normal (Tipo 1 al Tipo 6 Manual y Automático) Libre Prueba (mantenimiento)
Formas de Pago	Efectivo Telepeaje (IAVE)	Efectivo (moneda nacional y/o divisas) Telepeaje (IAVE) Tarjetas Chip y Magnéticas
Reversibilidad	Manual	Automática (al abrir un sentido se inhibe el otro instantáneamente)
Equipos de Carril	Equipos de diferentes proveedores	Equipo Integral de CAPUFE
Control de efectivo	Cajero general	Sistema Neumático
Control de Tráfico	Semáforo	Semáforos, pórtico móvil, luz de destello, barrera de paso
Teclado	Diferente en cada plaza de cobro	Homogéneo en todas las plazas de cobro
Cabinas	Incompletas	Completas (a/c alarma de piso, pve, puerta trasera, indicador visual de clase)
Pantalla	Indican sólo clasificación del tráfico vehicular	Estado del carril completo
Red Carril-Plaza	Cable tipo telefónico 9,600 kbps	Fibra óptica Internet 10 megas (red automática)
Software	Maneja diferentes versiones de software por plazas de cobro	Maneja un software para todas las plazas

**SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA**



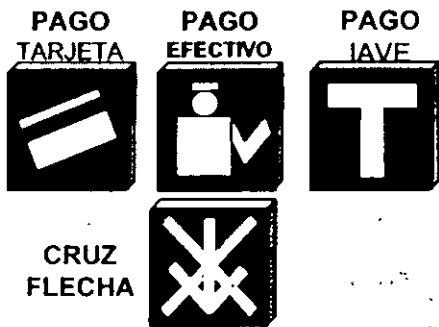
**Carril Tipo 1:**  
**Manual (VL+VP)**

**SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA**

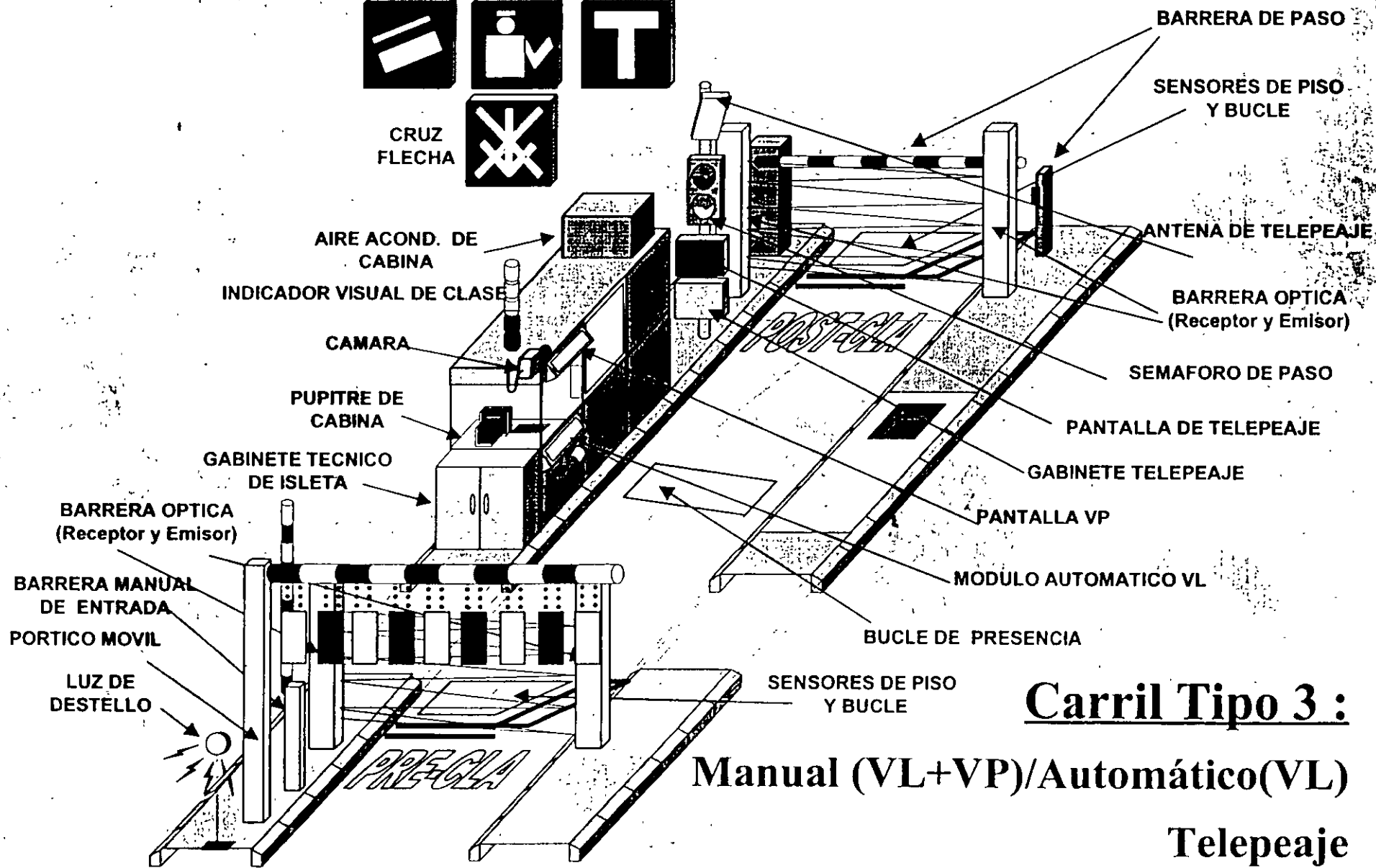


**Carril Tipo 2 :**  
**Manual (VL+VP)**  
**Telepeaje**

**SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA**



56



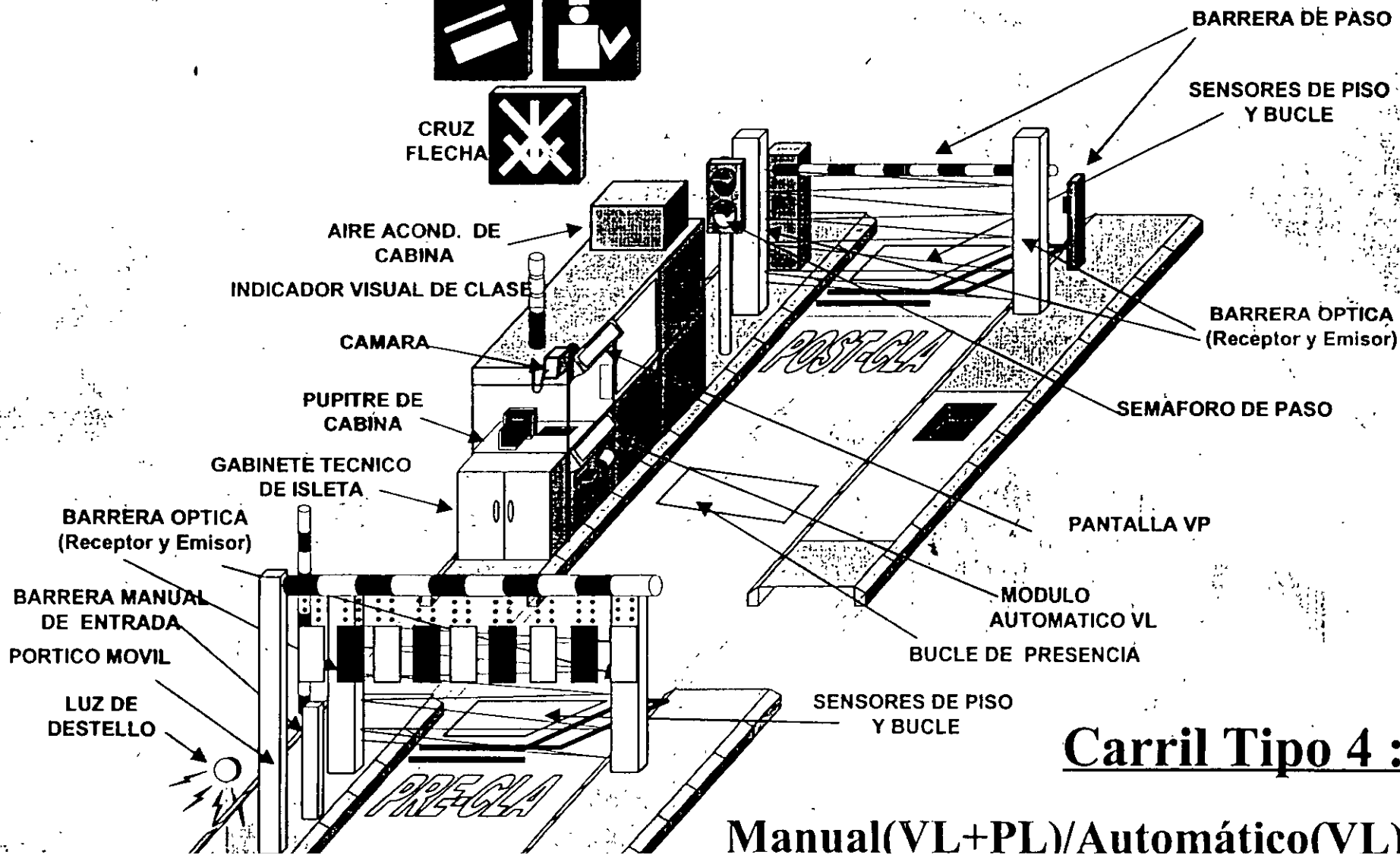
**Carril Tipo 3 :**  
**Manual (VL+VP)/Automático(VL)**  
**Telepeaje**



**SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA**



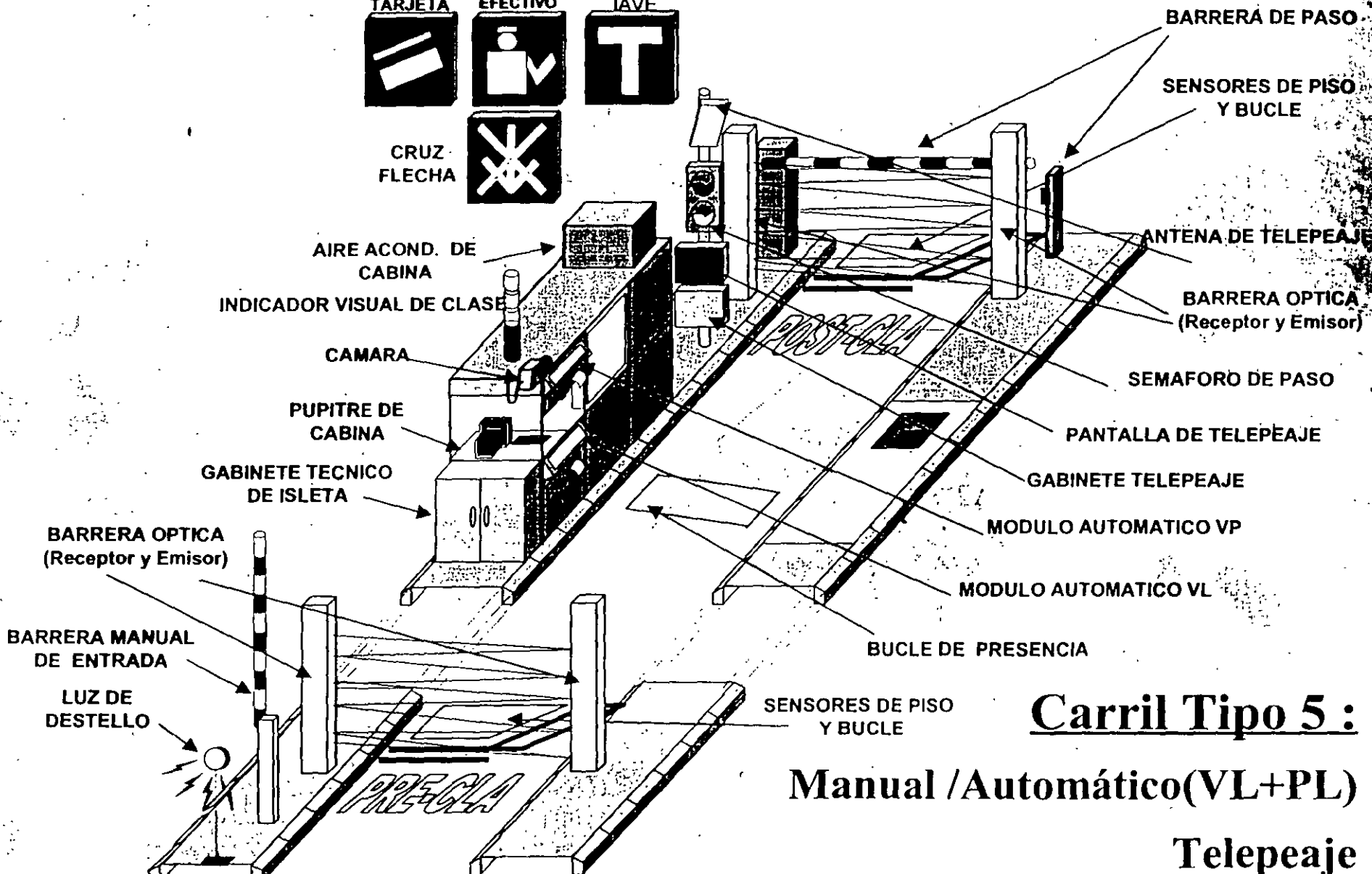
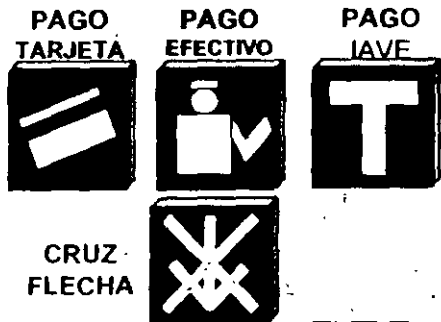
52



**Carril Tipo 4 :**

**Manual(VL+PL)/Automático(VL)**

**SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA**



**Carril Tipo 5 :**

**Manual / Automático(VL+PL)**

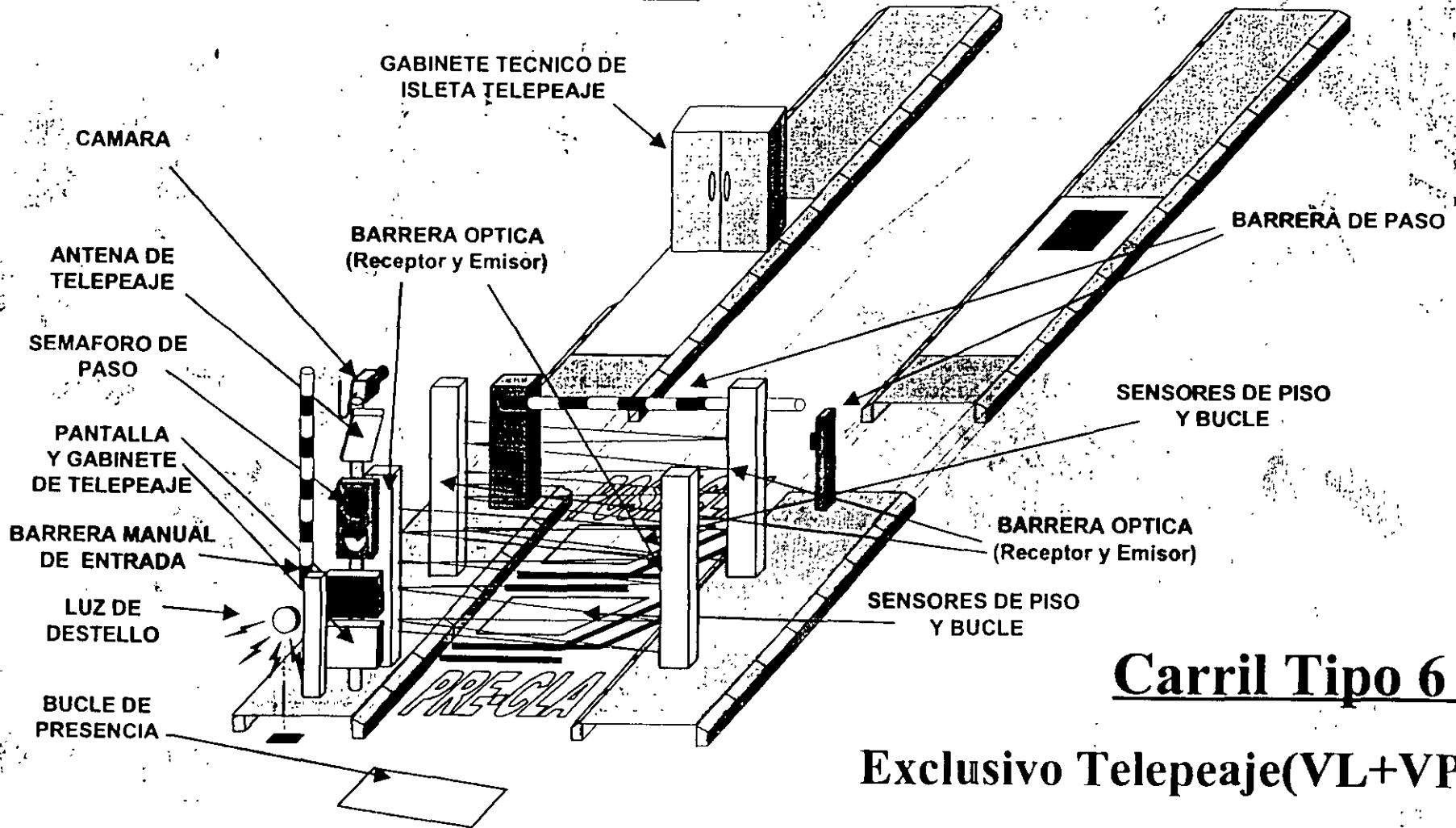
**Telepeaje**

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA

PAGO  
IAVE



CRUZ  
FLECHA

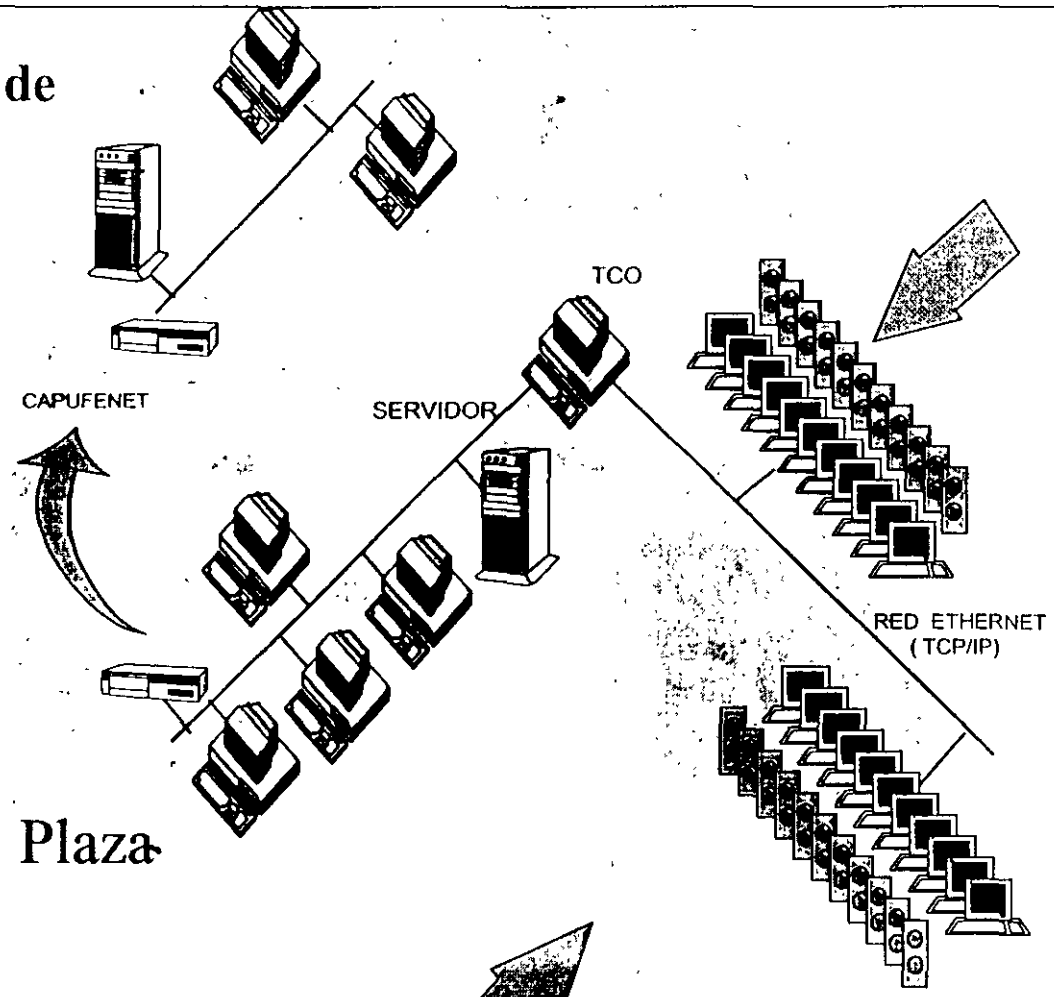


**Carril Tipo 6 :**

**Exclusivo Telepeaje(VL+VP)**

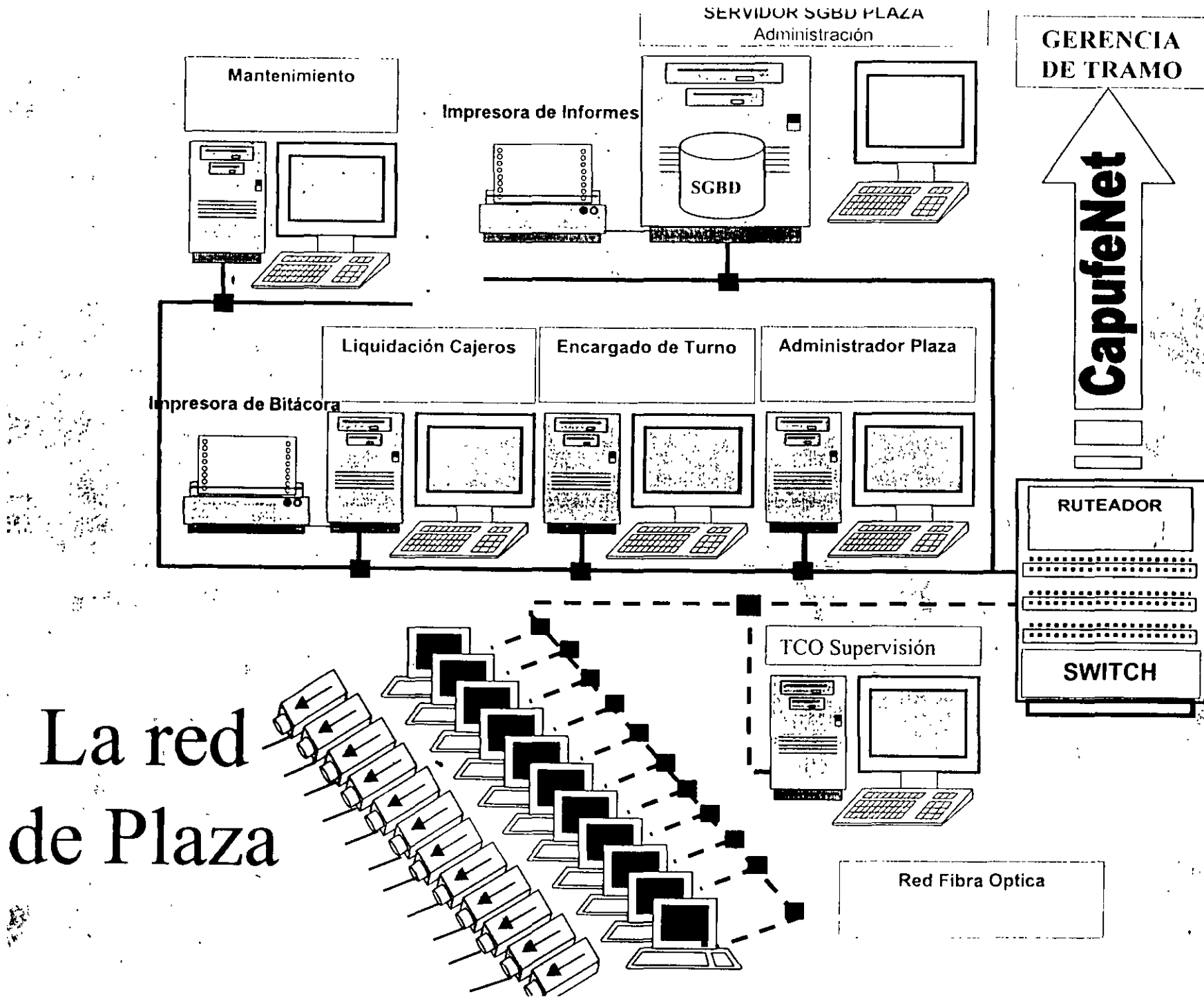
# Arquitectura del Sistema

Gerencia de Tramo



Plaza

Carriles





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**LA AUTOPISTA**

**EXPOSITOR: ING. RICARDO MENDEZ ORTIZ  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

# **DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

- PLANEACIÓN

- PROYECTO

- CONSTRUCCIÓN

- CONSERVACIÓN

- OPERACIÓN

- SUPERVISIÓN

- CONTROL DE CALIDAD

# **DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

## **LA AUTOPISTA.**

OBJETIVO: EL OBJETIVO DE UNA AUTOPISTA ES EL DE BRINDAR AL TRANSPORTE TERRESTRE UNA ALTERNATIVA DE COMUNICACIÓN CON ALTAS ESPECIFICACIONES QUE DISMINUYA EL TIEMPO DE RECORRIDO, PROPORCIONE MAYOR SEGURIDAD, OFREZCA SERVICIOS ADICIONALES Y DISMINUYA LOS COSTOS DE OPERACIÓN A LOS USUARIOS.

A LO LARGO DE ESTE DIPLOMADO SE HAN ANALIZADO LAS DIFERENTES ETAPAS POR LAS QUE DEBE PASAR UN CAMINO ANTES DE PONERSE EN FUNCIONAMIENTO COMO SON LA PLANEACIÓN, EL PROYECTO Y LA CONSTRUCCIÓN, ASÍ COMO LA CONSERVACIÓN QUE SE REQUIERE DURANTE LA OPERACIÓN DEL CAMINO.

EN ESTA PARTE CORRESPONDE ABORDAR EL TEMA DE LA OPERACIÓN DEL CAMINO.

OPERACIÓN DE UNA AUTOPISTA ES EL CONJUNTO DE ACTIVIDADES TENDIENTES A BRINDAR AL USUARIO UN SERVICIO DE ALTA CALIDAD QUE ASEGURE EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS Y FUNCIONES PARA LOS QUE FUE CONSTRUIDA Y APORTE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PERMITAN REALIZAR MODIFICACIONES O MODERNIZACIÓN DEL CAMINO EN FUNCIÓN DE SU COMPORTAMIENTO REAL, OPTIMIZANDO LA TOMA DE DECISIONES.

PARA LOGRAR LO ANTERIOR SE REQUIERE DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL A LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO COMO SON CASSETAS DE COBRO, SERVICIO MÉDICO, SERVICIO DE INFORMACIÓN AL TURISTA, SERVICIO DE COMUNICACIÓN PARA EL USUARIO, SEGURIDAD EN EL CAMINO.

DE ACUERDO A ESTE MARCO DE ACTUACIÓN SE PUEDEN RECONOCER COMO FUNCIONES PRINCIPALES DE LA OPERACIÓN LAS SIGUIENTES:



## **FUNCIONES PRINCIPALES DE LA OPERACIÓN DE UNA AUTOPISTA**

- RECAUDACIÓN Y CONTROL DE INGRESOS
- CONTROL Y ANALISIS DEL AFORO VEHICULAR
- ANÁLISIS DE TARIFAS DE PEAJE
- IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE SERVICIOS
- IDENTIFICACIÓN DE NUEVOS SERVICIOS
- SEGURIDAD DEL USUARIO DURANTE SU RECORRIDO
- CONTROL ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE ACCIDENTES
- IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS NEGROS
- EDUCACIÓN VIAL DEL USUARIO
- BRINDAR INFORMACIÓN AL USUARIO SOBRE EL USO DE LA AUTOPISTA Y EL VEHÍCULO
- RECIBIR, PROCESAR Y DISTRIBUIR A LAS AREAS CORRESPONDIENTES, LA INFORMACIÓN QUE PROPORCIONE EL USUARIO
- VERIFICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR LA AUTOPISTA
- COORDINACIÓN CON EL AREA TÉCNICA PARA LA ATENCIÓN DEL CAMINO
- COORDINACIÓN DE LOS DIVERSOS AGRUPAMIENTOS QUE BRINDEN SEGURIDAD AL USUARIO
- COMERCIALIZACIÓN

**RECAUDACIÓN**

**Y**

**CONTROL**

**DE**

**INGRESOS**

- PEAJE

- RESTAURANTES

- GASOLINERÍAS

- PARADORES

- CENTROS DE RECREACIÓN Y

ESPARCIMIENTO

- INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

- HISTÓRICA

- DIARIA

- MENSUAL

- ANUAL

**CONTROL  
Y  
ANÁLISIS  
DE  
AFORO  
VEHICULAR**

- REGISTRO HISTÓRICO DE AFORO VEHICULAR
- ESTADÍSTICA ANUAL
- ESTADÍSTICA MENSUAL
- ESTADÍSTICA DIARIA
- ESTADÍSTICA POR TIPO DE VEHÍCULO
- ESTADÍSTICA DEL COMPORTAMIENTO DEL AFORO
- CARGA TRANSPORTADA
- AFORO EXENTO DE PEAJE

**IMPLEMENTACIÓN  
Y  
CONTROL  
DE  
SERVICIOS**

- TELÉFONOS DE EMERGENCIA
- TALLER MECÁNICO ELÉCTRICO
- VULCANIZADORA
- MAPAS INFORMATIVOS
- TIENDA DE CONVIVENCIA
- TELÉFONOS DE LARGA DISTANCIA
- SERVICIO SANITARIO
- MÓDULOS DE INFORMACIÓN TURÍSTICA
- ÁREAS DE DESCANSO
- MIRADORES
- GRÚAS
- AMBULANCIA
- AUXILIO VIAL
- GASOLINERÍA
- RESTAURANTE
- REFACCIONARIA
- REGADERAS
- CENTROS DE RECREACIÓN Y ESPARCIMIENTO
- SALAS DE DESCANSO
- CORREO
- PANTALLAS ELECTRÓNICAS PARA INFORMACIÓN
- SEGURO DEL USUARIO

**IDENTIFICACIÓN  
DE  
NUEVOS  
SERVICIOS**

- SERVICIOS ESPECIALES PARA  
SEGURIDAD EN ZONAS  
PARTICULARES DEL CAMINO
- SERVICIOS ESPECIALES  
EN ZONAS CONURBADAS
- SEÑALAMIENTO TURÍSTICO
- ACONDICIONAMIENTO DE  
CASSETAS DE COBRO
- INVESTIGACIÓN, ADAPTACIÓN  
Y DESARROLLO DE NUEVAS  
TECNOLOGÍAS EN MATERIA DE  
CONTROL DE TRÁNSITO

**SEGURIDAD  
DEL  
USUARIO  
DURANTE  
SU  
RECORRIDO**

- INFORMACIÓN AL USUARIO EN CASO DE ACCIDENTE
- INFORMACIÓN ESPECIAL PARA SITUACIONES DE RIESGO POR CONDICIONES CLIMÁTICAS
- INFORMACIÓN SOBRE LA UBICACIÓN Y USO DE RAMPAS DE EMERGENCIA
- INFORMACIÓN PRECISA DE LA LOCALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS MÉDICOS Y DE VIGILANCIA
- INFORMACIÓN SOBRE EL USO Y COBERTURA DE LOS SEGUROS DEL USUARIO
- INFORMACIÓN DETALLADA DE LOS SERVICIOS MÉCANICOS Y DE AUXILIO VIAL
- INFORMACIÓN ESPECIAL SOBRE RIESGOS POR SITUACIONES NATURALES SOBRE EL CAMINO
- ATENCIÓN INMEDIATA EN CASO DE SITUACIONES EXTRAORDINARIAS

**CONTROL ESTADISTICO  
Y ANÁLISIS DE  
ACCIDENTES**

- IDENTIFICACIÓN DE LUGAR
- CIRCUNSTANCIAS DEL ACCIDENTE
- INFORMACIÓN SOBRE LAS PERSONAS
- IMPACTO SOBRE LA GENTE
- PARA TOMAR MEDIDAS EFICIENTES QUE INCREMENTEN LA SEGURIDAD EN EL CAMINO ES IMPORTANTE CONOCER PORQUÉ OCURREN LOS ACCIDENTES Y CUANTA GENTE SE LASTIMA O MUERE. SE REQUIERE DETERMINAR LOS COMPONENTES PRINCIPALES QUE OCASIONAN LOS ACCIDENTES Y ELIMINARLOS POR COMPLETO. EN CASI TODOS LOS ACCIDENTES CONTRIBUYEN DIVERSOS FACTORES LOS CUALES DEBEN SER IDENTIFICADOS E INVESTIGADOS ESTADISTICAMENTE
- DETERMINACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ANÁLISIS DE ACCIDENTES
- ANÁLISIS ECONÓMICO DEL COSTO DE ACCIDENTES

## **PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE ACCIDENTES EN CARRETERAS**

1. OBTENER INFORMES ADECUADOS Y CREACIÓN DE UN BANCO DE DATOS.
2. SELECCIONAR LOS LUGARES DE ALTA FRECUENCIA
3. PREPARAR DIAGRAMAS DE COLISIONES
4. HACER UN RESUMEN DE LOS HECHOS
5. REUNIR DATOS COMPLEMENTARIOS CON OBSERVACIONES DE CAMPO
6. PROPONER TRATAMIENTO CORRECTIVO
7. HACER ESTUDIOS "ANTES Y DESPUES" PARA EVALUAR LAS MEJORAS REALIZADAS



## ANÁLISIS ECONÓMICO DEL COSTO DE UN ACCIDENTE

$$\underline{\text{COSTO TOTAL}} = \text{CM} + \text{CH} + \text{CDM}$$

CM = COSTO POR MUERTOS  
 CH = COSTO POR HERIDOS  
 CDM = COSTO POR DAÑOS MATERIALES

### COSTO POR MUERTO

$$\begin{array}{rcl}
 \text{CM} = \$ \text{INDEMNIZACIÓN} & + & \text{GASTOS FUNERARIOS} \\
 \$ \text{INDEMNIZACIÓN} & = & 730 \text{ DÍAS} \times 4 \text{ SALARIOS MIN.} \\
 \$ \text{GASTOS FUNERARIOS} & = & \underline{60 \text{ DÍAS} \times 4 \text{ SALARIOS MIN.}} \\
 \text{SUMA} & & 790 \text{ DÍAS} \times 4 \text{ SALARIOS MIN.}
 \end{array}$$

### COSTO POR HERIDO

$$\text{CH} = \frac{\text{CM}}{\text{FACTOR DE VICTIMAS}}$$

$$\text{FACTOR DE VICTIMAS} = \frac{\text{No. DE HERIDOS}}{\text{No. DE MUERTOS}}$$

EJEMPLO:

$$\text{CM} = 790 \times 4 (56.10) = 177,276.00$$

$$\text{CH} = \frac{177,276.00}{6.096} = 29,080.71$$

$$\text{F.V.} = \frac{30,794}{4,659} = 6.096$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{CM} = 177,276.00 \times 4,659 & = & 825'928,884.00 \\
 \text{CH} = 29,080.71 \times 30,794 & = & \underline{895'511,383.74} \\
 & & 1,721'440,267.74 \\
 \text{CDM} = & & \underline{3,386'225,494.78} \\
 \text{SUMA} & & 5,407'665,762.52
 \end{array}$$

## CAUSAS DETERMINANTES DE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO

		CLASIFICACIÓN
EL CONDUCTOR	60%	A
EL CAMINO	14%	B
EL VEHÍCULO	5%	C
EL PEATON	1%	D
IRRUPCIÓN DE GANADO	2%	E
AGENTES NATURALES	18%	F

**APLICACIONES DE CARÁCTER GENERAL  
DE LOS ANÁLISIS ECONÓMICOS  
AL MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD  
DEL TRANSITO**

1. - MEJORAMIENTO DE PUNTO
  
2. - MEJORAMIENTO GENERAL
  
3. - PLANIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS  
DE TRANSPORTE
  
4. - OTRAS MEDIDAS

## **MEJORAMIENTOS DE PUNTO CARACTERISTICOS**

### **1. - DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE TRANSITO**

- a) Señalamiento
- b) Instalación de Semáforos

### **2. - ALUMBRADO VIAL**

### **3. -SUPERFICIE DE RODAMIENTO**

### **4. - MODIFICACIONES GEOMETRICAS**

## **MEJORAMIENTO GENERAL**

1. - RECTIFICACIÓN DEL TRAZO HORIZONTAL Y VERTICAL
2. - VERIFICACIÓN DE LA SOBREELEVACIÓN EN CURVAS
3. - AMPLIACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL
4. - PROPORCIONAR LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD REQUERIDA

## **PLANIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE**

PLANEAR Y CONCEBIR LA RED VIAL DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DEL TRANSPORTE, EVALUANDO LAS CONDICIONES PRESENTES Y LAS DEMANDAS FUTURAS, ASI COMO EL ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS DE PROYECTO PARA QUE SE PROPORCIONE LA CALIDAD DE SERVICIO DESEADA.

### **OTRAS MEDIDAS**

1. - VIGILANCIA POLICIACA
2. - EXAMEN MÉDICO A CONDUCTORES
3. - REVISIÓN MECANICA PERIODICA
4. - EDUCACIÓN VIAL

- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS LUGARES DE ALTA INCIDENCIA DE ACCIDENTES
  
  - ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LAS CAUSAS QUE ORIGINAN EL ACCIDENTE
  
  - ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FECHAS, HORAS Y EPOCAS DEL AÑO
- IDENTIFICACIÓN**
- DE**
- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS TIPOS DE VEHÍCULOS INVOLUCRADOS
- PUNTOS NEGROS**
- INSPECCIÓN FÍSICA DEL LUGAR
  
  - VERIFICACIÓN GEOMÉTRICA DEL LUGAR
  
  - OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS HABITANTES DEL LUGAR

- DIFUSIÓN POR MEDIO DE TRÍPTICOS
- DIFUSIÓN POR MEDIO DE POSTERS
- DIFUSIÓN POR LA RADIO
- DIFUSIÓN POR TELEVISIÓN
- INFORMACIÓN ESPECIAL A LOS USUARIOS EN CASETAS

## **EDUCACIÓN**

- COMITES DE SEGURIDAD

## **VIAL DEL**

- MATERIAS DE EDUCACIÓN VIAL EN LA ENSEÑANZA BÁSICA

## **USUARIO**

- APLICACIÓN RIGUROSA DE SANCIONES A LOS INFRACTORES DE REGLAMENTOS SEÑALAMIENTOS

- DIFUSIÓN DE PUBLICACIONES TÉCNICAS

a) Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras

b) Manual de dispositivos para el control de tránsito en carreteras

c) Manual de Señalamiento turístico y de servicios

d) Manual de pesos y dimensiones de los vehículos de transporte de carga



**BRINDAR INFORMACIÓN  
AL USUARIO SOBRE EL  
USO DE LA AUTOPISTA  
Y EL VEHÍCULO**

- INFORMACIÓN RELATIVA  
AL TIPO DE CAMINO
- INFORMACIÓN SOBRE  
PUNTOS PROBABLES DE  
RIESGO
- CONDICIONES DEL  
CAMINO EN LAS  
DIFERENTES ÉPOCAS  
DEL AÑO
- RELACIÓN Y UBICACIÓN  
DE LOS SERVICIOS DE  
LA AUTOPISTA
- USO ADECUADO DE  
RAMPAS DE EMERGENCIA
- COMPORTAMIENTO DEL  
VEHÍCULO A LA  
VELOCIDAD DE  
OPERACIÓN DE LA  
AUTOPISTA
- USO ADECUADO DEL  
CINTURÓN DE SEGURIDAD

**RECIBIR, PROCESAR  
Y DISTRIBUIR A LAS  
AREAS  
CORRESPONDIENTES  
LA INFORMACIÓN  
QUE PROPORCIONE  
EL USUARIO**

- BUZÓN DE QUEJAS Y SUGERENCIAS
- ENCUESTAS ALEATORIAS AL USUARIO  
DEL SERVICIO RECIBIDO
- RETROALIMENTACIÓN AL USUARIO  
DE LA ATENCIÓN A SUS QUEJAS Y  
SUGERENCIAS
- COORDINACIÓN ESTRECHA CON  
LAS AREAS TÉCNICA Y  
ADMINISTRATIVA
- EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS  
CORRECTIVAS

**VERIFICACIÓN DE LAS  
ESPECIFICACIONES DE  
LOS VEHÍCULOS QUE  
CIRCULAN POR LA  
AUTOPISTA**

- PESO AUTORIZADO
- LONGITUD AUTORIZADA
- ALTURA AUTORIZADA
- CONFIGURACIÓN DE EJES
- ANCHO

**LOCALIZACIONES DE LAS ESTACIONES PARA  
LOS ESTUDIOS DE PESOS Y DIMENSIONES**

<b>No. DE ESTACIÓN</b>	<b>NOMBRE DE LA ESTACIÓN</b>
<b>1</b>	<b>AMOZOC, PUEBLA (Fase Piloto) PUEBLA-CÓRDOBA, Km. 9+000</b>
<b>2</b>	<b>HERMOSILLO-STA. ANA, Km. 8+900</b>
<b>3</b>	<b>ZACATECAS-DURANGO, Km. 18+000 Cerca de Zacatecas</b>
<b>4</b>	<b>QUERETARO-IRAPUATO (cuota), Km. 81+000 Adelante de Salamanca</b>
<b>5</b>	<b>MÉXICO-QUERETARO (cuota), Km. 43+010 Delante de Tepoztlán</b>
<b>6</b>	<b>MÉXICO-PUEBLA (cuota), Km. 34+000 Adelante de la caseta de Sn. Marcos</b>
<b>7</b>	<b>MONTERREY-NUEVO LAREDO, Km. 20+190 Cerca de Monterrey, después del libramiento</b>
<b>8</b>	<b>QUERETARO -SAN LUIS POTOSÍ, Km. 28+530 Cerca de San Miguel Allende</b>
<b>9</b>	<b>TULANCINGO-TUXPAN, Km. 154+940 Puerto cerca de Tajín, Ver.</b>
<b>10</b>	<b>CÓRDOBA-VERACRUZ, Km. 33+520 Antes de la Tinaja (La Luz)</b>

- MANTENIMIENTO RUTINARIO

- MANTENIMIENTO EXTRAORDINARIO

- MANTENIMIENTO MAYOR

**COORDINACIÓN**

- MODERNIZACIÓN DEL CAMINO

**CON EL**

**AREA TÉCNICA**

- SERVICIOS ADICIONALES

- DESVIOS POR OBRAS DE  
MANTENIMIENTO O MODERNIZACIÓN

- ATENCIÓN DE ACCIDENTES

- SOLUCIÓN A PUNTOS NEGROS

**COORDINACIÓN DE  
LOS DIVERSOS  
AGRUPAMIENTOS  
QUE BRINDEN  
SEGURIDAD AL  
USUARIO**

- POLICIA FEDERAL DE  
CAMINOS Y PUENTES

- EJÉRCITO

- POLICIA PRIVADA

- POLICIA JUDICIAL

- GUARDABOSQUE

- POLICIAS ESTATALES

- POLICIAS MUNICIPALES

## COMERCIALIZACIÓN

- **VENTAS:** PLAN RESIDENTE, VIAJERO FRECUENTE.  
CONVENIOS AUTOBUSES, CONVENIO  
TRANSPORTE DE CARGA.  
CONVENIOS ESPECIALES
  
- **PROMOCIÓN:** ENCUESTAS, ESTUDIOS CUANTITATIVOS  
Y CUALITATIVOS, ANÁLISIS DE  
RESULTADOS, DETECCIÓN DE  
NECESIDADES, DISEÑO E  
IMPLEMENTACIÓN DE PROMOCIONES
  
- **PUBLICIDAD:** RADIO, PRENSA, TELESIÓN, VOLANTEO,  
ESPECTACULARES, CINE, OTROS
  
- **IMAGEN  
CORPORATIVA:** MANUALES, UNIFORMES, VEHÍCULOS,  
LOGOTIPOS, SLOGAN, TIPOGRAFÍA,  
COLOR

**ANALISIS  
DE  
TARIFAS  
DE  
PEAJE**

- TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO
- CONFIGURACIÓN DEL TRÁNSITO  
VEHICULAR
- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO  
RUTINARIO
- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO  
MAYOR
- PROGRAMAS DE MODERNIZACIÓN
- AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN
- COSTO DE OPERACIÓN
- COSTO DE ADMINISTRACIÓN
- PROGRAMAS DE EXPANSIÓN



RED PROPIA : INGR. IVA 1994 - 1996  
 - CIFRAS EN PESOS -

Rc96

Camino	1994	1995	1996	Variación 96/95	
				Absoluta	Relativa
<b>Ingreso</b>	<b>1,867,918,470</b>	<b>1,915,782,202</b>	<b>2,514,670,498</b>	<b>598,888,296</b>	<b>31.26%</b>
<b>CAMINOS</b>	<b>1,444,883,975</b>	<b>1,451,020,837</b>	<b>1,939,769,178</b>	<b>488,748,341</b>	<b>33.68%</b>
México-Querétaro	520,047,172	579,558,766	757,489,920	177,931,154	30.70%
Querétaro-Irapuato	147,779,539	172,254,098	243,662,911	71,408,813	41.46%
México-Puebla	288,874,604	329,297,130	443,587,852	114,290,722	34.71%
Puebla-Acatzingo	70,565,523	86,960,372	114,062,533	27,102,161	31.17%
Acatzingo-Cd Mendoza	90,147,192	103,115,810	137,416,238	34,300,427	33.26%
Cd. Mendoza-Córdoba	45,883,472	53,408,096	65,195,070	11,786,974	22.07%
Tijuana-Ensenada	53,567,199	71,172,032	98,263,057	27,091,024	38.06%
Chapalilla-Compostela	7,841,035	9,881,721	12,784,468	2,902,747	29.37%
Tehuacán-Oaxaca	2,644,281	45,372,811	65,720,654	20,347,843	44.85%
Rancho Viejo-Taxco	-	-	1,318,179	-	-
Arriaga-Huixtla	-	-	268,297	-	-
México-Cuernavaca	121,640,936	-	-	-	-
Puente de Ixtla-Iguala	22,047,145	-	-	-	-
La Pera-Cuautla	14,107,896	-	-	-	-
Zacapulco-Rancho Viejo	1,381,182	-	-	-	-
México-Tizayuca	58,356,799	-	-	-	-

Fuente : Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros

RED OPERADA : TRANSITO E INGRESO - SIN IVA- 1996

Res96

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>TRANSITO TOTAL</b>	14,104,359	13,536,458	14,966,065	15,315,849	14,803,151	14,106,546	15,579,876	15,892,081	14,322,370	14,634,073	14,900,916	17,245,685	179,407,429
Red Propia	9,725,138	9,322,093	10,224,048	10,546,210	10,310,311	9,800,115	10,899,182	11,119,184	10,007,829	10,303,426	10,453,246	12,051,421	124,762,203
Red Contratada	4,379,221	4,214,365	4,742,017	4,769,639	4,492,840	4,306,431	4,680,694	4,772,897	4,314,541	4,330,647	4,447,670	5,194,264	54,645,226
<b>TRANSITO PEATONAL</b>	1,234,200	1,205,691	1,423,754	1,238,525	1,293,961	1,277,608	1,411,957	1,392,921	1,227,478	1,228,892	1,278,151	1,475,784	15,688,922
Red Propia	1,216,968	1,185,415	1,400,555	1,216,610	1,272,410	1,256,200	1,385,000	1,367,297	1,205,109	1,207,109	1,259,631	1,457,188	15,429,492
Red Contratada	17,232	20,276	23,199	21,915	21,551	21,408	26,957	25,624	22,369	21,783	18,520	18,596	259,430
<b>INGRESO POR PEAJE ( EN PESOS )</b>	238,730,770	239,168,211	263,106,673	269,212,065	264,266,257	269,558,980	302,456,089	310,535,987	281,591,930	293,200,925	299,201,510	342,287,632	3,373,317,029
Red Propia (*)	177,414,226	177,745,118	193,696,909	194,714,271	194,420,120	202,331,646	227,469,635	232,451,271	211,552,940	223,176,812	225,450,107	254,247,443	2,514,670,498
Red Contratada (*)	61,316,544	61,423,093	69,409,764	74,497,794	69,846,137	67,227,334	74,986,454	78,084,716	70,038,990	70,024,113	73,751,403	88,040,189	858,646,531

Fuente: Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros.

(\*) Incluye el Ingreso por Peatones

RED PROPIA : INGRESO SIN IVA F INGRESO VEHICULAR EN CAMINOS 1996  
- CIFRAS EN PESOS -

Inc96

Caminos Directos y Autopistas	Automóvil		Motos	Autobuses					Camiones de Carga		
	2 Ejes	3 Ejes		2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	5 Ejes	2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	5 Ejes
<b>MEXICO-QUERETARO</b>	220,406,426	39,504	9,153	13,675,648	1,567,700	7,592	66,995,901	58,126,135	4,246,617	130,770,119	
Tepetzotlán	133,062,812	26,385	6,370	9,952,376	792,444	4,663	38,381,734	30,077,520	2,213,418	66,491,238	
Jorobas	1,040,092	1,435		3,768	2,677	46	467,573	248,124	16,790	649,103	
Palmillas	85,972,746	11,650	2,783	3,719,261	772,579	2,883	28,046,821	27,755,642	1,993,763	63,580,020	
Polotlán	330,776	35		243			99,773	44,849	22,645	49,758	
<b>QUERETARO-IRAPUATO</b>	112,075,595	46,674	5,720	8,100,244	3,082,900	25,798	18,911,912	15,344,644	841,911	15,863,783	
Querétaro (Querétaro-Celaya)	63,820,743	33,041	1,474	4,745,450	1,721,877	17,997	10,853,723	8,376,577	488,754	8,690,100	
Salamanca (Celaya-Salamanca)	3,269,337	668	932	29,847	4,960	154	199,243	79,043	6,381	74,966	
Salamanca (Salamanca-Irapuato)	1,121,196	214	2,368	13,092	3,106		80,986	46,122	2,021	49,050	
Salamanca (Celaya-Irapuato)	43,864,318	12,751	946	3,311,855	1,352,957	7,648	7,777,960	6,842,902	344,756	7,049,667	
<b>MEXICO-PUEBLA</b>	224,582,965	62,181	56,172	31,373,710	828,865	117	47,562,013	19,530,215	900,498	14,168,750	
Chalco (México-Chalco)	22,562,816			6,550,076	11,058		4,248,333	1,171,216	38,776	532,898	
San Marcos (México-Río Frio)	104,183,459	51,851	41	10,273,435	223,864		25,234,934	9,256,992	443,395	6,624,159	
San Martín - Tlax. (Río Frio-San Martín)	22,365,630	9,531	56,131	9,172,914	318,709	117	3,268,722	1,433,693	95,361	1,300,900	
San Martín - Pue. (Río Frio-Puebla)	75,471,060	798		5,377,286	275,234		14,810,024	7,668,314	322,967	5,710,793	
<b>PUEBLA-ACATZINGO</b>	54,678,927	1,779		8,150,557	601,063	595	11,008,377	4,719,391	184,208	3,430,873	
Amozoc (Puebla-Amozoc)	9,276,743	268		2,816,662	55,389	595	2,586,092	664,287	24,096	301,474	
Amozoc (Puebla-Acatzingo)	45,402,183	1,511		5,333,896	545,674		8,422,284	4,055,104	160,112	3,129,399	
<b>ACATZINGO-CD. MENDOZA</b>	36,213,423	15,882		3,829,347	780,113	27,024	13,322,378	12,147,076	524,506	14,338,378	
Esperanza (Acatzingo-Esperanza)	2,783,290	15,882		558,370	135,722	27,024	3,988,143	4,475,195	210,268	9,655,450	
Esperanza (Acatzingo-Cd. Mendoza)	33,430,133			3,270,977	644,391		9,334,236	7,671,881	314,238	4,682,929	
<b>TIJUANA-ENSENADA</b>	82,809,049	908,078	188,863	1,820,087	695,815	704	4,794,790	776,963	222,924	4,135,361	
Playas (Tijuana-Rosario)	27,812,741	249,052	88,673	17,980	33,745	21	797,108	181,220	55,617	162,875	
Rosario (Rosario-La Misión)	28,172,930	382,204	44,098	837,795	320,838	127	1,892,997	275,591	80,595	1,790,022	
Ensenada (La Misión-Ensenada)	26,823,377	276,823	56,092	964,313	341,231	555	2,104,685	320,152	86,712	2,182,464	
<b>CD. MENDOZA-CORDOBA</b>	21,099,823	1,591	178,267	2,405,976	34,019	489	7,593,117	5,673,755	240,203	6,326,403	
Fortín (Cd. Mendoza-Córdoba)	15,340,970	830	173,277	2,177,934	28,017	449	5,794,025	5,135,388	215,357	5,991,060	
Fortín (Cd. Mendoza-Fortín)	5,758,853	762	4,990	228,042	6,002	40	1,799,092	538,367	24,846	335,343	
<b>CHAPALILLA-COMPOSTELA (Compostela)</b>	7,138,554	4,291	4,556	740,439	53,506	1,328	1,040,527	812,487	33,657	642,862	
<b>TEHUACAN-OAXACA</b>	32,953,855	93,400	9,802	5,879,621	332,593	848	8,080,400	4,125,216	112,839	1,947,327	
Tehuacán	8,458,177	2,100	1,122	1,567,505	61,223	803	1,456,910	664,130	31,088	375,722	
Miahuatlán	2,950,289	7,896		415,979	32,111		916,860	435,929	11,188	210,478	
Coixtlahuaca	7,218,753	8,755	5,122	1,567,972	129,486	44	2,149,216	1,200,876	25,341	548,054	
Huitzo	13,417,470	74,232	3,558	1,805,377	105,419		2,911,750	1,393,773	41,592	679,750	
Huitzo bis	909,166	417		522,788	4,354		645,664	430,510	3,630	133,323	
<b>RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)</b>	1,004,122	339	4,422	74,113	1,122	17	98,835	16,774	376	4,242	
<b>ARRIAGA-HUIXTLA (Huxtla)</b>	141,457	26	39	9,391	4,070		22,461	10,643	5,353	36,216	
<b>Total</b>	<b>793,104,194</b>	<b>1,173,746</b>	<b>456,993</b>	<b>76,059,134</b>	<b>7,981,765</b>	<b>64,512</b>	<b>179,430,710</b>	<b>121,283,299</b>	<b>7,313,092</b>	<b>191,664,314</b>	

Fuente : Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros.

RED OPERADA : TRANSITO VEHICULAR 1994 - 1996

R96

Conceptos	1994	1995	1996	Variación 96/95	
				Absoluta	Relativa
<b>Tránsito Total</b>	<b>178,263,890</b>	<b>172,336,788</b>	<b>179,407,429</b>	<b>7,070,641</b>	<b>4.10%</b>
<b>Red Propia</b>	<b>147,573,054</b>	<b>118,798,617</b>	<b>124,762,203</b>	<b>5,963,586</b>	<b>5.02%</b>
Caminos	92,812,868	67,796,643	72,003,436	4,206,793	6.21%
Puentes Nacionales	27,945,546	25,314,522	26,265,648	951,126	3.76%
Puentes Internacionales	26,814,640	25,687,452	26,493,119	805,667	3.14%
<b>Red Contratada</b>	<b>30,690,836</b>	<b>53,538,171</b>	<b>54,645,226</b>	<b>1,107,055</b>	<b>2.07%</b>
Caminos	25,555,483	46,174,602	46,316,907	142,305	0.31%
Puentes Nacionales	1,911,235	2,689,500	2,874,449	184,949	6.88%
Puentes Internacionales	3,224,118	4,674,069	5,453,870	779,801	16.68%

Fuente : Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros.

Tpd96

Caminos Directos y Autopistas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
<b>MEXICO-QUERETARO</b>	<b>44,576</b>	<b>46,532</b>	<b>47,230</b>	<b>51,083</b>	<b>47,110</b>	<b>46,817</b>	<b>50,631</b>	<b>52,204</b>	<b>47,159</b>	<b>48,346</b>	<b>50,889</b>	<b>50,889</b>	<b>49,363</b>
Tepoztlán	25,325	26,731	27,329	29,515	27,271	27,130	29,090	29,890	27,238	27,786	29,384	29,384	28,409
Jorobas	394	385	428	381	319	357	369	387	371	374	400	400	384
Palmillas	18,819	19,367	19,420	21,129	19,458	19,261	21,095	21,870	19,485	20,125	21,044	21,044	20,510
Polotitlán	38	50	53	58	63	70	76	58	66	61	61	61	60
<b>QUERETARO-IRAPUATO</b>	<b>22,807</b>	<b>22,125</b>	<b>21,623</b>	<b>23,600</b>	<b>21,851</b>	<b>21,382</b>	<b>23,255</b>	<b>24,496</b>	<b>21,088</b>	<b>23,213</b>	<b>24,224</b>	<b>24,224</b>	<b>23,389</b>
Querétaro (Querétaro-Celaya)	13,226	12,789	12,521	13,621	12,771	12,408	13,492	14,053	12,415	13,367	14,053	14,053	13,537
Salamanca (Celaya-Salamanca)	635	609	627	633	622	629	630	654	583	650	660	660	650
Salamanca (Salamanca-Irapuato)	523	522	527	500	514	500	505	518	470	556	548	548	532
Salamanca (Celaya-Irapuato)	8,422	8,205	7,949	8,847	7,944	7,846	8,629	9,270	7,620	8,640	8,963	8,963	8,671
<b>MEXICO-PUEBLA</b>	<b>50,159</b>	<b>55,087</b>	<b>55,545</b>	<b>58,875</b>	<b>55,260</b>	<b>53,497</b>	<b>58,296</b>	<b>59,907</b>	<b>55,757</b>	<b>56,583</b>	<b>60,970</b>	<b>60,970</b>	<b>57,474</b>
Chalco (México-Chalco)	14,296	15,573	16,649	16,689	16,380	15,591	16,434	17,115	16,701	16,781	17,697	17,697	16,629
San Marcos (México-Río Frio)	14,996	18,033	17,546	19,353	17,624	17,106	19,133	19,565	18,078	17,996	19,627	19,627	18,510
San Martín - Tlax. (Río Frio San Martín)	8,573	8,503	8,296	8,622	8,519	8,234	8,764	8,799	8,406	9,012	9,399	9,399	8,765
San Martín - Pue. (Río Frio-Puebla)	12,293	12,978	13,054	14,211	12,737	12,566	13,966	14,427	12,572	12,794	14,247	14,247	13,570
<b>PUEBLA-ACATZINGO</b>	<b>13,470</b>	<b>13,268</b>	<b>13,222</b>	<b>14,726</b>	<b>13,170</b>	<b>12,784</b>	<b>14,843</b>	<b>15,349</b>	<b>13,410</b>	<b>13,463</b>	<b>14,658</b>	<b>14,658</b>	<b>14,204</b>
Amozoc (Puebla-Amozoc)	3,988	3,934	3,836	3,776	3,822	3,751	4,075	4,249	3,895	4,035	4,273	4,273	4,028
Amozoc (Puebla-Acatzingo)	9,482	9,334	9,385	10,950	9,348	9,032	10,769	11,100	9,515	9,428	10,385	10,385	10,176
<b>ACATZINGO-CD. MENDOZA</b>	<b>5,253</b>	<b>5,467</b>	<b>5,678</b>	<b>6,252</b>	<b>5,517</b>	<b>5,106</b>	<b>6,980</b>	<b>6,919</b>	<b>5,714</b>	<b>5,845</b>	<b>6,339</b>	<b>6,339</b>	<b>6,108</b>
Esperanza (Acatzingo-Esperanza)	1,879	1,934	1,991	1,933	2,020	1,979	2,192	2,159	1,927	2,102	2,139	2,139	2,047
Esperanza (Acatzingo-Cd. Mendoza)	3,374	3,533	3,686	4,319	3,496	3,127	4,787	4,760	3,787	3,743	4,200	4,200	4,061
<b>TIJUANA-ENSENADA</b>	<b>18,097</b>	<b>19,719</b>	<b>21,455</b>	<b>25,553</b>	<b>24,762</b>	<b>23,865</b>	<b>28,228</b>	<b>29,333</b>	<b>24,020</b>	<b>20,718</b>	<b>21,921</b>	<b>21,921</b>	<b>23,328</b>
Playas (Tijuana-Rosario)	5,416	5,944	7,001	8,504	8,285	7,978	9,504	9,927	7,935	6,410	6,802	6,802	7,500
Rosarito (Rosarito-La Misión)	6,415	6,949	7,369	8,785	8,457	8,129	9,587	9,985	8,205	7,206	7,629	7,629	8,060
Ensenada (La Misión-Ensenada)	6,266	6,826	7,085	8,264	8,020	7,758	9,138	9,421	7,879	7,101	7,490	7,490	7,768
<b>CD. MENDOZA-CORDOBA</b>	<b>12,587</b>	<b>12,376</b>	<b>12,213</b>	<b>12,526</b>	<b>11,742</b>	<b>10,914</b>	<b>11,585</b>	<b>12,361</b>	<b>11,387</b>	<b>11,822</b>	<b>12,950</b>	<b>12,950</b>	<b>12,338</b>
Fortín (Cd. Mendoza-Córdoba)	8,810	8,639	7,601	8,872	8,214	7,703	7,676	8,433	8,044	8,214	8,980	8,980	8,518
Fortín (Cd. Mendoza-Fortín)	3,777	3,738	4,612	3,655	3,528	3,211	3,909	3,929	3,343	3,608	3,970	3,970	3,821
<b>CHAPALILLA-COMPOSTELA (Compostela)</b>	<b>1,643</b>	<b>1,674</b>	<b>1,873</b>	<b>3,038</b>	<b>1,802</b>	<b>1,671</b>	<b>2,576</b>	<b>2,864</b>	<b>1,735</b>	<b>1,440</b>	<b>1,583</b>	<b>1,583</b>	<b>2,017</b>
<b>TEHUACAN-OAXACA</b>	<b>7,610</b>	<b>6,984</b>	<b>7,157</b>	<b>8,451</b>	<b>6,511</b>	<b>6,196</b>	<b>7,841</b>	<b>8,317</b>	<b>6,677</b>	<b>7,514</b>	<b>8,374</b>	<b>8,374</b>	<b>7,739</b>
Tehuacán	2,294	2,114	2,153	2,564	2,135	1,940	2,439	2,531	2,121	2,216	2,647	2,647	2,375
Miahualán	1,586	1,401	1,504	1,784	1,260	1,208	1,607	1,726	1,372	1,576	1,758	1,758	1,603
Coixtlahuaca	1,464	1,338	1,361	1,680	1,191	1,169	1,495	1,643	1,251	1,447	1,596	1,596	1,491
Huitzo	2,011	1,885	1,893	2,167	1,680	1,656	2,061	2,166	1,707	2,036	2,121	2,121	2,002
Huitzo bis	256	245	245	256	246	223	239	251	215	238	251	251	268
<b>RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)</b>							<b>1,506</b>	<b>1,600</b>	<b>1,342</b>	<b>1,389</b>	<b>1,589</b>	<b>1,589</b>	<b>729</b>
<b>ARRIAGA-HUIXTLA (Huxtila)</b>												<b>1,335</b>	<b>1,335</b>
<b>Total</b>	<b>176,204</b>	<b>183,232</b>	<b>185,996</b>	<b>204,104</b>	<b>187,725</b>	<b>182,233</b>	<b>205,013</b>	<b>213,351</b>	<b>188,290</b>	<b>190,334</b>	<b>203,497</b>	<b>203,497</b>	<b>196,731</b>

## RED PROPIA : TRANSITO VEHICULAR EN CAMINOS 1996

Tvc96

Caminos Directos y Autopistas	Automóvil	Automóvil cl	Motos	Autobuses			Camiones de Carga			
				2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	5 Ejes
<b>MEXICO-QUERETARO</b>	9,758,335	1,946	446	320,673	36,164	132	1,568,385	1,340,180	49,816	1,525,187
Tepetzotlán	5,872,987	1,261	307	233,294	18,215	84	894,649	691,545	25,843	772,780
Jorobas	74,260	110		141	102	1	17,237	9,003	324	12,573
Palmillas	3,794,288	573	139	87,231	17,847	47	653,960	638,501	23,326	739,146
Polotitlán	16,800	2		7			2,539	1,131	323	688
<b>QUERETARO-IRAPUATO</b>	5,829,807	2,612	569	219,898	85,349	443	502,452	397,839	11,632	217,993
Querétaro (Querétaro-Celaya)	3,320,109	1,851	77	131,474	48,221	321	295,404	224,205	6,900	122,670
Salamanca (Celaya-Salamanca)	211,386	48	67	1,037	177	3	6,471	2,538	114	1,337
Salamanca (Salamanca-Irapuato)	169,855	35	373	1,038	250		6,087	3,444	82	2,023
Salamanca (Celaya-Irapuato)	2,128,457	678	52	86,349	36,701	119	194,490	167,652	4,536	91,963
<b>MEXICO-PUEBLA</b>	14,786,685	3,372	5,480	1,542,650	29,952	6	1,573,838	588,818	14,223	213,878
Chalco (México Chalco)	4,638,731			713,237	1,168		463,255	126,161	2,267	30,883
San Marcos (México Río Frio)	4,591,573	2,395	2	241,934	5,491		591,708	214,135	5,359	79,066
San Martín - Tlax (Río Frio San Martín)	2,226,732	943	5,478	460,582	16,713	6	170,876	70,942	2,660	35,651
San Martín - Pue (Río Frio Puebla)	3,329,649	34		126,897	6,580		347,999	177,580	3,937	68,278
<b>PUEBLA-ACATZINGO</b>	3,479,259	107		310,200	19,344	36	385,103	149,968	3,101	55,292
Amozoc (Puebla Amozoc)	1,010,506	28		157,133	3,175	36	144,433	36,284	708	8,859
Amozoc (Puebla-Acatzingo)	2,468,753	79		153,067	16,169		240,670	113,684	2,393	46,433
<b>ACATZINGO-CD. MENDOZA</b>	983,408	761		58,909	12,683	758	226,793	216,032	5,142	165,506
Esperanza (Acatzingo-Esperanza)	140,467	761		15,286	3,739	758	103,929	116,286	2,944	133,353
Esperanza (Acatzingo-Cd. Mendoza)	842,941			43,623	8,944		122,864	99,746	2,198	32,153
<b>TIJUANA-ENSENADA</b>	7,876,278	86,022	18,006	92,294	34,932	28	242,911	38,833	6,123	112,921
Playas (Tijuana Rosarito)	2,644,825	23,604	8,438	888	1,679	1	40,431	9,057	1,526	4,483
Rosarito (Rosarito La Misión)	2,680,143	36,169	4,209	42,495	16,120	6	95,922	13,764	2,216	48,876
Ensenada (La Misión-Ensenada)	2,551,310	26,249	5,359	48,911	17,133	21	106,558	16,012	2,381	59,562
<b>CD MENDOZA-CORDOBA</b>	2,668,851	219	1,761	140,272	2,006	25	440,970	305,917	7,134	181,276
Fortín (Cd. Mendoza Córdoba)	1,643,898	83	798	122,557	1,521	22	301,927	264,839	6,111	167,281
Fortín (Cd. Mendoza Fortín)	1,024,953	136	963	17,715	485	3	139,043	41,078	1,023	13,995
<b>CHAPALILLA-COMPOSTELA (Compostela)</b>	564,349	331	365	29,843	2,109	52	41,948	32,235	691	13,130
<b>TEHUACAN-OAXACA</b>	1,919,775	4,217	479	174,636	9,997	29	241,602	121,062	2,884	48,583
Tehuacán	641,729	158	89	58,879	2,383	28	54,475	24,543	969	11,670
Miahuatlán	370,951	908		28,498	2,257		61,893	29,246	615	11,424
Coixtlahuaca	341,761	411	248	37,939	3,184	1	51,805	28,738	528	11,248
Huitzo	515,295	2,712	142	36,769	2,074		57,577	28,259	697	11,528
Huitzo bis	50,039	28		12,551	99		15,852	10,276	75	2,713
<b>RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)</b>	230,948	78	1,017	8,523	129	2	11,366	1,929	24	271
<b>ARRIAGA-HUIXTLA (Huixtla)</b>	10,845	2	3	360	156		861	408	162	1,096
<b>Total</b>	<b>48,108,540</b>	<b>99,667</b>	<b>28,126</b>	<b>2,898,258</b>	<b>232,821</b>	<b>1,511</b>	<b>5,236,229</b>	<b>3,193,221</b>	<b>100,932</b>	<b>2,535,133</b>

Fuente : Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros.

RED PROPIA : DIAS DE MAYOR TRAFICO VEHICULAR EN CAMINOS 1996

Dias96

Caminos Directos y Autopistas	Ago		Sep		Oct		Nov		Dic		Día del año	
	Día	Aforo	Día	Aforo	Día	Aforo	Día	Aforo	Día	Aforo	Fecha	Aforo
<b>MEXICO-QUERETARO</b>												
Tepozollán	17	33,042	14	41,139	26	28,511	3	31,680	21	40,933	4-Abr	42,432
Jorobas	9	426	16	583	18	358	29	419	26	477	6-Feb	672
Palmillas	17	23,133	14	30,509	26	19,794	1	21,717	21	31,029	7-Abr	31,263
Pololiltán	31	106	16	137	26	135	16	101	28	110	17-Jul	288
<b>QUERETARO-IRAPUATO</b>												
Querétaro (Querétaro-Celaya)	16	15,780	14	18,070	26	14,320	1	14,982	21	22,776	21-Dic	22,776
Salamanca (Celaya-Salamanca)	16	12,672	14	14,112	19	11,033	1	10,767	28	16,254	28-Dic	16,254
<b>MEXICO-PUEBLA</b>												
Chalco (México-Chalco)	11	21,491	14	21,986	26	20,563	30	24,438	8	28,512	8-Dic	28,512
San Marcos (México-Río Frio)	17	21,965	14	25,132	26	19,835	3	25,764	21	28,171	21-Dic	28,171
San Martín - Tlax. (Río Frio-San Martín)	20	10,752	24	10,365	29	11,203	19	11,898	24	14,143	24-Dic	14,143
San Martín - Pue. (Río Frio-Puebla)	10	15,466	14	17,912	26	13,479	3	17,390	21	21,248	4-Abr	22,016
<b>PUEBLA-ACATZINGO</b> (Amozoc)	17	16,903	14	18,895	18	14,087	1	19,375	21	22,603	21-Dic	22,603
<b>ACATZINGO-CD. MENDOZA</b> (Esperanza)	18	6,839	14	7,569	31	5,544	3	6,965	21	10,615	21-Dic	10,615
<b>TIJUANA-ENSENADA</b>												
Playas (Tijuana-Rosario)	31	24,436	1	24,301	13	11,028	30	11,376	1	9,797	31-Ago	24,436
Rosarito (Rosarito-La Misión)	31	18,715	1	20,180	13	10,979	29	11,199	1	11,072	1-Sep	20,180
Ensenada (La Misión-Ensenada)	31	17,167	1	16,129	5	9,799	29	10,719	1	10,376	25-May	17,496
<b>CD. MENDOZA-CORDOBA</b> (Fortín)	2	11,637	14	13,300	31	12,021	1	13,445	28	16,716	28-Dic	16,716
<b>CHAPALILLA-COMPOSTELA</b> (Compostela)	10	4,417	16	6,127	13	1,878	1	1,951	28	4,645	7-Abr	7,925
<b>TEHUACAN-OAXACA</b>												
Tehuacán	18	2,852	14	3,402	31	2,783	3	4,625	21	4,942	7-Abr	5,351
Miahuatlán	3	2,080	14	2,335	31	1,888	3	3,013	21	3,806	7-Abr	4,273
Coixtlahuaca	18	1,894	14	2,161	31	1,740	3	2,894	28	3,618	7-Abr	4,153
Huitzo	9	2,389	14	2,616	31	2,382	3	3,171	26	4,581	26-Dic	4,581
Huitzo bis	2	306	27	285	7	299	3	351			2-Ene	370
<b>RANCHO VIEJO-TAXCO</b> (Taxco)	11	2,353	16	2,245	19	2,002	3	2,740	28	3,753	28-Dic	3,753
<b>ARRIAGA-HUIXTLA</b> (Huitla)									20	1,798	20-Dic	1,798

Fuente : Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros

Caminos Directos y Autopistas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>MEXICO-QUERETARO</b>	9,048,014	8,438,721	9,287,404	9,430,151	9,228,341	8,713,974	9,644,056	9,763,647	9,045,011	9,315,046	9,368,794	10,577,765	111,860,924
Tepetzotlán	5,293,879	4,936,876	5,495,807	5,551,230	5,491,997	5,181,943	5,702,643	5,700,594	5,359,047	5,496,816	5,476,750	6,144,426	65,832,008
Jorobas	34,288	30,924	33,557	29,986	25,697	27,475	29,523	30,589	30,313	29,208	33,452	33,828	368,840
Palmitas	3,716,643	3,467,088	3,753,682	3,843,963	3,705,264	3,498,641	3,905,348	4,027,490	3,649,906	3,783,722	3,853,499	4,393,737	45,598,983
Polotitlán	3,204	3,833	4,358	4,972	5,383	5,915	6,542	4,974	5,745	5,300	5,093	5,774	61,093
<b>QUERETARO-IRAPUATO</b>	5,143,665	6,213,112	4,890,058	5,449,875	4,423,955	4,335,679	4,705,249	4,784,948	4,277,208	4,750,567	4,393,544	5,693,570	59,061,430
Querétaro (Querétaro-Celaya)	2,793,954	3,850,300	2,920,341	3,244,280	2,689,845	2,533,130	2,817,471	2,806,336	2,701,025	2,782,598	2,819,441	3,377,174	35,335,895
Salamanca (Celaya-Salamanca)	61,022	65,255	61,964	62,054	57,243	56,575	58,579	60,591	53,745	61,375	59,613	78,860	736,876
Salamanca (Salamanca-Irapuato)	49,377	60,792	52,337	50,992	46,283	44,515	46,175	48,221	43,405	51,095	48,596	65,354	607,142
Salamanca (Celaya-Irapuato)	2,239,312	2,236,765	1,855,416	2,092,549	1,630,584	1,701,459	1,783,024	1,869,800	1,479,033	1,855,499	1,465,894	2,172,182	22,381,517
<b>MEXICO-PUEBLA</b>	13,296,430	13,155,064	13,923,687	13,303,823	14,145,444	13,191,082	14,620,606	14,594,609	13,934,430	14,110,209	14,328,105	15,504,090	168,107,579
Chalco (México-Chalco)	3,216,153	3,037,160	3,744,787	3,555,197	3,644,083	3,452,852	3,837,160	3,889,972	3,519,988	3,619,601	3,626,355	3,831,599	42,974,907
San Marcos (México Río Frio)	4,325,484	4,498,901	4,189,845	4,486,375	4,700,570	4,074,788	4,620,140	4,541,400	4,629,226	4,413,629	4,576,911	5,035,004	54,092,273
San Martín - Tlax. (Río Frio-San Martín)	2,395,484	2,431,166	2,517,438	1,702,708	2,221,831	2,405,760	2,621,020	2,584,210	2,584,477	2,803,948	2,656,100	2,799,270	29,723,412
San Martín - Pue. (Río Frio-Puebla)	3,359,309	3,187,837	3,471,617	3,559,543	3,578,960	3,257,682	3,542,286	3,579,027	3,200,739	3,273,031	3,468,739	3,838,217	41,316,987
<b>PUEBLA-ACATZINGO</b>	3,679,646	3,360,022	3,966,718	4,099,756	3,679,377	3,447,368	3,920,066	3,835,632	3,599,463	3,637,272	3,832,129	4,154,774	45,212,223
Amozoc (Puebla-Amozoc)	1,042,256	976,886	1,061,243	941,085	1,074,146	1,000,435	1,078,966	1,079,356	1,015,798	1,063,638	1,085,247	1,076,040	12,495,096
Amozoc (Puebla-Acatzingo)	2,637,390	2,383,136	2,905,475	3,158,671	2,605,231	2,446,933	2,841,100	2,756,276	2,583,665	2,573,634	2,746,882	3,078,734	32,717,127
<b>ACATZINGO-CD. MENDOZA</b>	1,140,310	1,117,439	1,579,516	1,902,394	1,189,051	709,301	1,686,833	1,369,516	1,159,675	1,166,406	1,207,127	1,526,283	15,753,851
Esperanza (Acatzingo Esperanza)	186,908	209,081	363,092	477,786	206,904	154,878	276,960	217,202	189,292	205,433	198,102	237,777	2,923,415
Esperanza (Acatzingo-Cd. Mendoza)	953,402	908,358	1,216,424	1,424,608	982,147	554,423	1,409,873	1,152,314	970,383	960,973	1,009,025	1,288,506	12,830,436
<b>TIJUANA-ENSENADA</b>	1,960,406	2,000,777	2,325,261	2,595,024	2,625,921	2,454,183	2,924,058	3,027,718	2,547,201	2,259,579	2,280,016	2,289,882	29,290,026
Playas (Tijuana Rosanto)	502,315	516,348	650,918	764,015	770,244	718,626	881,394	922,812	740,206	601,136	612,556	555,913	8,236,483
Rosarito (Rosanto-La Misión)	723,528	739,192	840,426	930,366	943,229	875,904	1,034,999	1,073,250	907,416	821,205	828,412	861,240	10,579,167
Ensenada (La Misión-Ensenada)	734,563	745,237	833,917	900,643	912,448	859,653	1,007,665	1,031,656	899,579	837,238	839,048	872,729	10,474,376
<b>CD. MENDOZA-CORDOBA</b>	2,545,169	2,338,528	2,581,892	2,515,368	2,488,842	2,328,915	2,388,207	2,531,477	2,552,104	2,498,377	2,540,972	2,903,029	30,212,880
Fortín (Cd. Mendoza Córdoba)	2,098,582	1,874,772	1,857,767	1,686,600	1,589,861	1,804,109	1,699,637	1,666,663	2,149,136	2,076,400	2,102,666	2,359,360	22,965,553
Fortín (Cd. Mendoza Fortín)	446,587	463,756	724,125	828,768	898,981	524,806	688,570	864,814	402,968	421,977	438,306	543,669	7,247,327
<b>CHAPALILLA-COMPOSTELA (Compostela)</b>	274,181	204,256	356,946	478,626	351,582	292,373	429,409	464,208	313,419	265,711	246,868	351,588	4,029,167
<b>TEHUACAN-OAXACA</b>	1,774,233	1,401,716	1,788,030	1,684,687	1,362,977	1,521,456	1,684,034	1,842,381	1,620,479	2,052,395	1,874,536	2,276,715	20,883,639
Tehuacán	530,952	422,437	523,235	558,106	517,058	443,793	541,845	540,701	494,362	509,140	592,417	674,836	6,348,882
Miahuallán	378,468	264,380	418,338	343,409	235,749	301,008	358,737	389,054	348,920	484,660	395,652	507,196	4,425,571
Coixtlahuaca	363,067	289,882	352,588	341,045	253,584	336,541	332,192	395,754	338,178	451,914	383,693	481,469	4,319,907
Huitzo	447,472	375,413	440,281	389,904	306,234	400,782	401,369	463,283	393,800	554,871	450,448	501,957	5,125,814
Huitzo bis	54,274	49,604	53,588	52,223	50,352	39,332	49,891	53,589	45,219	51,810	52,326	111,257	663,465
<b>RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)</b>							102,938	261,927	233,371	263,348	265,395	298,050	1,425,029
<b>ARRIAGA-HUIXTLA (Huixtla)</b>												57,240	57,240
<b>Total</b>	<b>38,862,054</b>	<b>38,229,635</b>	<b>40,699,512</b>	<b>41,459,704</b>	<b>39,495,490</b>	<b>36,994,331</b>	<b>42,105,456</b>	<b>42,476,063</b>	<b>39,282,361</b>	<b>40,318,910</b>	<b>40,337,486</b>	<b>45,632,986</b>	<b>485,893,988</b>



RED PROPIA : VEHICULOS AL SERVICIO DE LA COMUNIDAD EN PUENTES 1996

Vscp96

Puentes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>PUENTES NACIONALES</b>	<b>14,192</b>	<b>13,174</b>	<b>14,455</b>	<b>14,296</b>	<b>15,229</b>	<b>15,960</b>	<b>15,720</b>	<b>16,245</b>	<b>15,390</b>	<b>15,743</b>	<b>15,566</b>	<b>15,703</b>	<b>181,673</b>
Culiacán	1,009	955	1,294	1,120	1,253	1,395	1,713	1,800	1,567	1,276	1,178	1,336	15,896
Sinaloa	814	759	857	819	895	1,456	957	1,077	1,113	1,220	1,182	1,053	12,202
Pánuco	510	547	589	612	657	622	748	910	890	816	759	870	8,530
Coahuila de Zaragoza	2,418	2,059	2,082	2,015	2,112	2,391	2,384	2,400	2,394	2,663	2,541	2,544	28,003
Alvarado	807	662	856	902	769	698	673	701	634	629	647	733	8,711
Papaloapan	1,034	1,036	1,157	1,406	1,663	1,422	1,411	1,455	1,310	1,501	1,269	1,190	15,854
Caracol	1,379	1,306	1,404	1,384	1,872	1,665	1,622	1,434	1,441	1,436	1,308	1,465	17,716
Nautla	554	515	460	520	524	728	474	436	370	449	476	567	6,073
Grijalva	1,137	1,177	1,153	1,198	1,238	1,067	1,154	1,208	1,211	1,189	1,436	1,217	14,385
Usumacinta	396	453	515	265	448	441	505	508	410	367	380	341	5,029
Cadereyta	84	4	12	21	14	21	17	71	91	307	266	348	1,256
La Piedad	509	681	406	414	359	374	299	306	135	163	170	109	3,925
Tecoluitla	523	458	414	498	429	431	405	446	441	448	650	627	5,770
San Juan	29	22	21	20	23	5	21						141
Tampico	1,119	833	1,307	914	952	1,142	1,121	1,187	1,228	1,149	1,266	1,027	13,245
Tlacotalpan	153	82	123	154	132	99	139	137	103	124	102	120	1,468
Dovali Jaime	1,592	1,549	1,749	1,971	1,635	125	201	2,034	1,982	1,947	1,859	2,085	18,729
Dovali Jaime Bis	125	76	56	63	254	1,878	1,876	135	70	59	77	71	4,740
<b>PUENTES INTERNACIONALES</b>	<b>929</b>	<b>674</b>	<b>848</b>	<b>852</b>	<b>946</b>	<b>767</b>	<b>856</b>	<b>829</b>	<b>818</b>	<b>867</b>	<b>801</b>	<b>926</b>	<b>10,113</b>
Matamoros	91	72	61	49	35	17	34	83	7	32	3	11	495
Camargo	5				2				1	1			9
Miguel Alemán	136	70	53	10	53	15	4	3	3	3	16	3	369
Reynosa	221	186	248	237	277	296	333	312	341	351	383	373	3,558
Las Flores	4	8	4		5	1	2				2		26
Ojinaga										1			1
Paso Del Norte	37	46	39	64	47	37	51	31	61	32	39	28	512
Rodolfo Robles	139	146	138	101	103	137	110	51	33	20	11	13	1,002
Piedras Negras	200	104	194	278	279	151	233	255	238	294	272	361	2,859
Acuña	1			2		1	2	1	3	35	6		51
Laredo	69	24	76	62	89	61	21	5			69		476
Juárez-Lincoln	26	18	35	49	56	51	66	88	131	98		137	755
<b>Total</b>	<b>15,121</b>	<b>13,848</b>	<b>15,303</b>	<b>15,148</b>	<b>16,175</b>	<b>16,727</b>	<b>16,576</b>	<b>17,074</b>	<b>16,208</b>	<b>16,610</b>	<b>16,367</b>	<b>16,629</b>	<b>191,786</b>

Fuente : Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros.

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

**ADMINISTRACION DE  
AUTOPISTAS.  
SISTEMAS DE SUPERVISION Y  
CONTROL DE CALIDAD  
DURANTE LA CONSERVACION  
Y OPERACION DE  
AUTOPISTAS**

ING. JOSE ARIAS DUFOURCQ  
ING. ENRIQUE ACEVEDO LOPEZ

MODULO III  
CONSERVACION Y OPERACION

JULIO, 2000

Como parte del diplomado sobre "Proyecto, Construcción y Conservación de Carreteras", se presentan en este documento, notas generales sobre los temas "*Administración de las Autopistas*" y "*Los sistemas de supervisión y control de calidad utilizados durante su conservación y operación*".

En módulos anteriores, se han incluido los aspectos más relevantes relacionados con los procedimientos y prácticas para planear, proyectar, construir y conservar las obras de infraestructura carretera.

Nuestra participación se enfoca en actividades específicas de las autopistas concesionadas a empresas particulares, que tienen como objetivo la adecuada operación y preservación, sin entrar a los métodos y sistemas propios de la administración pública.

Por resultar temas muy amplios, se pretende dar a estas notas un enfoque práctico e ilustrativo, que muestre los conceptos de mayor interés para los participantes del diplomado y que cubra un panorama general de las actividades cotidianas que se efectúan dentro de la organización de una empresa operadora de Autopistas.

Muchas de las referencias de los temas tratados, están relacionadas con la Autopista Concesionada "Durango - Yerbanís - Gómez Palacio" en la que los autores participamos desde sus inicios y la cual se mantiene actualmente fuera del programa de rescate carretero de 1997.

Esperamos que la información contenida en estas páginas resulte del interés de los participantes y que encuentren en ella utilidad en lo relacionado a sus actividades profesionales.

**Ing. José Arias Dufourcq.**

**Ing. Enrique Acevedo López.**

## Indice.

- I.- Antecedentes.
- II.- La Empresa Operadora de Autopistas.
- III.- Funcionamiento operacional de las Autopistas.
  - Programas de Operación.
  - Programas de Conservación.
- IV.- Administración de Autopistas.
- V.- Sistemas de control.
  - La Supervisión en la conservación y el mantenimiento.
- VI.- Conclusiones.

## I.- Antecedentes.

Para hablar de los aspectos más relevantes sobre la administración, supervisión y control de las Autopistas, especialmente aquellas concesionadas a empresas de la iniciativa privada, debemos hacer un poco de historia para comprender su evolución, conocer las condiciones que enfrentan y explicar los aspectos internos y externos que influyen en su operación y administración.

La operación y conservación de las Autopistas de Cuota por parte de empresas particulares, tiene su origen en la apertura realizada por el Gobierno Federal en la década pasada, encaminada hacia la privatización de servicios públicos, principalmente aquellos de infraestructura.

El rezago que hasta 1989 se tenía en el crecimiento y modernización de la red carretera del país, así como la limitación financiera del sector público para construir las obras más urgentes aunado a la inminente incorporación de nuestra economía a un mercado globalizado; fueron entre otras las causas que llevaron al Gobierno Federal a implantar esta estrategia de privatización, que permitiría acelerar la recuperación en la infraestructura carretera, habilitándola como una red eficiente en beneficio de las empresas nacionales para competir con transnacionales en el nuevo marco del comercio internacional.

Así surgió el Programa Nacional de Autopistas, a través del cual la Secretaría de Comunicaciones y Transportes concesionó a la iniciativa privada la construcción, operación y explotación de nuevas obras de infraestructura, a cambio de su aportación económica en los proyectos.

Las obras carreteras concesionadas contaron con la aportación de recursos por parte de empresas privadas, con carácter de inversionistas, los cuales fueron complementados con asignaciones de parte del Gobierno Federal a través de organismos públicos como CAPUFE, BANOBRAS y Gobiernos Estatales. Estos recursos fueron fideicomitados para su adecuado manejo y aplicación.

Los fideicomisos representan figuras jurídicas por medio de las cuales los fideicomitentes, destinan los recursos o derechos para el fin determinado, encomendando la realización de ese propósito a una institución fiduciaria, la cual atiende únicamente funciones de control sobre el uso y aplicación de los recursos, sin participar en aspectos administrativos o ejecutivos.

Legalmente los fideicomitentes tienen el derecho y obligación de designar un Comité Técnico (o de distribución de fondos), establecer las reglas para su funcionamiento y fijar sus facultades las cuales pueden ser tan amplias como los fideicomitentes lo acuerden.

Las facultades de estos comités, que alcanzan nivel de decisión, aún cuando no son obligatorias para el fiduciario, quien puede, bajo su responsabilidad, apartarse de ellas, si tienen un efecto liberatorio de responsabilidad cuando el fiduciario las sigue.

Es conveniente recalcar que las reglas establecidas en el funcionamiento de los comités, deben considerar claramente el doble papel de las empresas particulares como inversionistas y concesionarias, que difiere del tratamiento tradicional de concesiones puras, en donde los bienes fideicomitados han sido totalmente asignados por el otorgante.

Como inversionistas, esas reglas deben contemplar las condiciones relativas a su participación, aportación, recuperación y beneficio; y en lo relativo al papel de concesionario, estas deben atender a las condiciones originalmente ofrecidas por el proponente, así como aquellas otras señaladas por la ley.

Las concesiones otorgadas por el estado para su explotación, siempre han contado con la condicionante de la reversión administrativa del bien público concedido, lo cual se entiende que sea en forma gratuita cuando se ha llegado al punto de mutua conveniencia, sin embargo en aquellos otros casos en que la parte afectada no hubiera podido amortizar los bienes aportados, se deberá considerar el derecho de la parte afectada a una reparación justa, mediante una indemnización.

La evolución del Programa Nacional de Autopistas, no ha sido acorde a las expectativas originales, motivado entre otras por las siguientes razones:

1. Las bases establecidas para los esquemas de recuperación de la inversión no fueron certeras en cuanto a aforos vehiculares y niveles tarifarios, lo que ha impactado en los ingresos recaudados.
2. Los proyectos tuvieron modificaciones durante la construcción, que incrementaron los volúmenes e importe total de las obras.
3. El programa alcanzó un 20% adicional de kilómetros totales respecto a lo originalmente previsto, diluyendo las aportaciones federales.

4. La crisis económica de 1995, provocó una devaluación en nuestra moneda y un fuerte incremento en las tasas de interés, lo cual por un lado afectó los pasivos financieros de los concesionarios y por otro limitó el poder adquisitivo del usuario, afectando la preferencia de transitar por las Autopistas.
5. El sector transportista de pasajeros y carga, también debilitado por la situación económica del país, ha luchado con escasos logros por obtener rebajas en las cuotas de peaje y por políticas de subvención de parte del Gobierno Federal, lo cual ha motivado un uso muy limitado de las autopistas de parte de sus agremiados.
6. En algunos tramos, importantes trabajos de post-construcción no cubiertos por los presupuestos originales ni por los programas de mantenimiento, han afectado la capacidad económica de las Concesionarias, con un consecuente impacto en sus posibilidades de desarrollo que incrementen los niveles de tránsito.

Ante esta situación el Gobierno Federal optó a principios de 1994, en modificar el plazo máximo de concesión señalado en la Ley General de Vías de Comunicación, ampliándolo hasta un período máximo de 30 años, con posibilidades de ampliación.

Esta medida no resultó suficiente para la recuperación de las inversiones, por lo que a finales del mismo año, el Gobierno Federal procedió a analizar en forma detallada la situación de cada una de las Concesionarias y negociar los esquemas financieros para llevar los proyectos a niveles de deuda sostenible.

Esta reestructuración efectuada entre 1994 y 1995, tuvo resultados temporalmente satisfactorios, ya que pronto fue rebasada por los efectos de la crisis económica de 1995.

Desde principios de 1996 hasta agosto de 1997, las condiciones económicas del país fueron mejorando y con ello en parte los aforos e ingresos de algunas Autopistas Concesionadas, sin embargo el nivel de endeudamiento alcanzado y el rezago en el cumplimiento de los compromisos de pagos ante la Banca Comercial, obligaron al Gobierno Federal a rescatar aquellas concesiones sin viabilidad financiera.

Por ello el día 31 de agosto de 1997 el Gobierno Federal decretó el rescate de 23 Concesiones con una longitud global de 3,500 km de autopista, equivalentes al 80% del total de las Concesiones, dejando temporalmente la operación y conservación de estos tramos, bajo la responsabilidad de las empresas concesionarias, por un plazo de 1 año, durante el cual se definiría si estas pasarían a manos del Gobierno Federal o se licitarían para un nuevo otorgamiento a empresas que cumplieren con los requisitos de solvencia, capacidad técnica y con una oferta atractiva.

Es importante destacar que la reversión de las concesiones, en forma anticipada y bajo las condiciones establecidas en el decreto, vino a salvar a las concesionarias con fuertes compromisos financieros, que inclusive las colocaban en posición de quiebra, sin embargo el rescate resultó más favorable para los bancos acreditantes, ya que de alguna forma esta decisión les resolvió en gran medida su grave problema de cartera vencida.

Respecto al futuro inmediato de las Autopistas rescatadas, ahora en manos de un fideicomiso de BANOBRAS, se prevé que mantendrá una política encaminada a reducir las tarifas, con descuentos o promociones llevadas a un límite que permita por un lado el incremento de aforos y por otro contar con disponibilidad de recursos propios para cubrir a corto plazo la operación y la conservación y a mediano plazo el mantenimiento menor o mayor que preserve la red en óptimas condiciones.

De cualquier manera los nuevos operadores de las autopistas, sean contratados u organismos públicos, deberán buscar el implantar esquemas novedosos, tanto financieros como operativos, con metas tales como prestar servicios de calidad y alcanzar niveles de excelencia en su organización, en donde jugará un papel importante la adecuada supervisión y control de calidad que prevea no caer en nuevas condiciones deficitarias.



## II.- La Empresa Operadora de Autopistas.

El carácter empresarial de una Operadora de Autopista contratada, la lleva a incluir entre sus principales objetivos los siguientes.

- Cumplimiento de las leyes establecidas en la constitución, así como de los reglamentos y estatutos que rigen sus actividades.
- Cumplimiento de las obligaciones contractuales adquiridas, en este caso lo señalado en los títulos de concesión.
- Logro de manera lícita, del máximo rendimiento para la inversión de sus accionistas y propietarios.
- Promocionar el desarrollo y la capacitación de su personal, acorde a los lineamientos de las leyes en materia laboral a la mayor escala posible, en busca de un beneficio mutuo.

En su papel de Concesionaria del Gobierno Federal, la empresa responsable de la operación debe responsabilizarse de cumplir con lo señalado por la Ley Federal de Vías Generales de Comunicación y con las condiciones estipuladas en el Título de Concesión que a la letra menciona:

*Prestar permanentemente bajo condiciones controladas, un servicio de vía alterna sobre la carretera libre, que ofrezca a las personas, para su traslado, mejores condiciones de seguridad, rapidez, comodidad y economía, a cambio de una cuota de peaje.*

Sin olvidar que son las leyes de mercado las que determinan el éxito de sus metas, por lo que deberá ofrecer un servicio de calidad al público en general, a través de su producto que en este caso resulta la Autopista.

El éxito de las empresas no solo es resultado de factores internos como la calidad de la organización y su capacidad técnica administrativa, deben sumarse a estos la influencia de factores externos como son el nivel de competencia, las condiciones financieras y el desarrollo socioeconómico de la población en general.

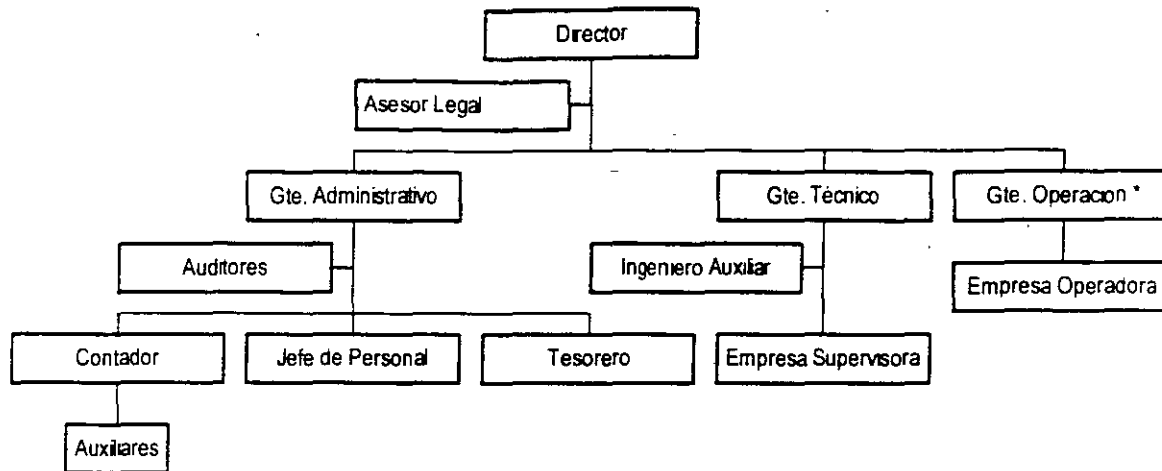
Al hablar de competencia sobre las autopistas, nos referimos a diversas formas, entre las que podemos señalar:

- En recorridos de mucha longitud, la alternativa para el usuario de preferir otros tramos parciales de Autopista que resulten más atractivos, principalmente por tarifas más económicas.
- Tramos alternos de carretera libre, contra los cuales las ventajas de utilizar la Autopista no justifican el costo de la tarifa del peaje.
- Tramos alternos de carretera libre que resulten paralelos al tramo de Autopista, y que cuenten con mayores ventajas de abastecimientos y servicios.
- Tramos alternos de carretera libre con muy poco tránsito.
- Tramos alternos de carretera libre recientemente reparados, modernizados o con pavimento en muy buenas condiciones físicas.
- Un caso muy especial de competencia lo representa la falsificación de boletos apócrifos, que se da entre transportistas o empresas, como forma de desvío de los gastos para peajes o con fines de evasión fiscal.

Esta última situación se ha venido dando con mucha frecuencia desde hace mucho tiempo, a través de organizaciones que cuentan con tecnología muy avanzada en sistemas de copiado, sin que las autoridades correspondientes hagan mayores esfuerzos por acabar con este tipo de giros delictivos.

Ante estas condiciones de competencia, las empresas operadoras están obligadas a reducir sus costos mediante la explotación de avances tecnológicos, a través de una mayor eficiencia en la utilización de sus recursos, con la implementación de

Los modelos de organigrama para una empresa concesionaria con sus departamentos de operación, conservación y mantenimiento; se indican en la figura 3.1



Las principales funciones y responsabilidades de los elementos que participan en la organización son los siguientes.

### DIRECTOR GENERAL.

- Representa a la empresa ante organismos oficiales y privados.
- Define, establece y adecúa las políticas generales de la empresa.
- Desarrolla, implementa y controla los procedimientos técnicos, financieros y administrativos de la organización.
- Es responsable del cumplimiento de los compromisos adquiridos por la empresa.
- Coordina las funciones de personal subalterno.
- Busca la adecuada rentabilidad de la empresa.
- Promueve el continuo desarrollo y crecimiento de la organización.
- Reporta periódicamente al consejo de administración de la empresa sobre los resultados alcanzados.

## GERENTE DE OPERACIÓN.

- Responsable del correcto funcionamiento técnico, administrativo y legal de la empresa, destinada a la operación, la conservación, el mantenimiento y la explotación de los bienes concesionados.
- Representa localmente a la empresa concesionaria.
- Vigila en nombre de la concesionaria, el cumplimiento de todas las responsabilidades que le señala el Título de Concesión.
- Implanta y coordina los sistemas operativos acordados con la Dirección de la empresa.
- Atiende y dá cumplimiento a las disposiciones de la Dirección General de la empresa Concesionaria.
- Coordina los señalamientos hechos por autoridades, en concordancia con las políticas y procedimientos de la organización.
- Define, implanta, coordina, controla y mejora los sistemas y procedimientos técnico - administrativos, para la correcta, eficiente y segura operación de las instalaciones de la Autopista.
- Define las estrategias y desarrolla los programas de conservación y mantenimiento de la Autopista, que preserven la durabilidad, funcionalidad, seguridad e imagen de las instalaciones.
- Coordina las funciones del personal subordinado.
- Administra los recursos asignados.
- Lleva a cabo labores de Relaciones Públicas de la empresa operadora y promueve el continuo desarrollo y crecimiento de su organización.
- Informa periódicamente a la Dirección de la empresa, sobre los resultados de la operación, conservación, mantenimiento y administración de la empresa operadora.
- Coordina acciones y requerimientos con otros departamentos de la empresa concesionaria, de acuerdo con lo señalado por la Dirección Gral.
- Implementa, desarrolla, coordina e informa sobre los programas y estudios especiales.

### GERENTE TECNICO.

- Atiende y da cumplimiento a las disposiciones que en materia técnica le señale la Dirección General de la empresa Concesionaria.
- Vigila internamente el cumplimiento de las normas y disposiciones técnicas, señaladas en el Título de Concesión.
- Atiende las relaciones con autoridades y organismos involucrados técnicamente en la operación, conservación y explotación de la concesión.
- Coordina el cumplimiento de las disposiciones oficiales, en materia de seguimiento sobre las acciones de operación, conservación, mantenimiento y explotación de la Autopista.
- Desarrolla los sistemas de control sobre la operación, conservación y mantenimiento.
- Maneja la política tarifaria.
- Desarrolla y coordina los programas y estudios especiales, que requiera la concesión.
- Coordina la investigación, promoción y desarrollo de nuevos proyectos.
- Coordina las acciones desarrolladas por la empresa contratada para la supervisión y control de calidad, en la operación, conservación y mantenimiento de la autopista.
- Informa a la Dirección sobre los aspectos técnicos de la operación, conservación y mantenimiento de la concesión.

### GERENTE ADMINISTRATIVO.

- Atiende las disposiciones que en materia administrativa determine la Dirección General.
- Vigila el cumplimiento de los aspectos administrativos y legales señalados en el Título de Concesión y los establecidos en el fideicomiso.
- Atiende las disposiciones legales, fiscales y administrativas, dictadas por las autoridades en la materia.
- Administra el patrimonio y los recursos de la empresa concesionaria.
- Establece las estrategias administrativas y financieras más convenientes para la organización.
- Diseña, implanta, coordina, controla y mejora los sistemas y procedimientos de tesorería, finanzas, contabilidad, recursos humanos, recursos materiales, legales, fiscales, de auditoría y de relaciones públicas.
- Coordina las funciones del personal subordinado.
- Vigila y controla los sistemas sobre manejo de efectivo.
- Promueve el continuo desarrollo y crecimiento de su organización.
- Informa a la Dirección General, al Fideicomiso y a la autoridad sobre los aspectos administrativos.

### ABOGADO.

- Atiende y da cumplimiento a las disposiciones que en materia legal determine la Dirección General de la empresa Concesionaria.
- Asesora a la Dirección General y Gerencias de la empresa, sobre aspectos de normatividad.
- Atiende ante tribunales y autoridades, los requerimientos legales hechos a la organización.
- Defiende legalmente los intereses de la empresa.
- Elabora y sanciona los contratos con autoridades, organismos y empresas; relacionados con la Concesión, su operación, conservación, mantenimiento y administración.
- Mantiene informado y actualizado al personal directivo, en materia de disposiciones legales.
- Realiza estudios especiales que le solicite la Dirección General.
- Informa periódicamente sobre sus actividades, a la Dirección General.

## SUPERVISOR.

En este caso las funciones se refieren a las desarrolladas por una empresa contratada para realizar la Supervisión y el Control de Calidad.

- Atiende y da cumplimiento a las indicaciones de la empresa concesionaria.
- Diseña, implanta, controla y mejora los sistemas y procedimientos de supervisión.
- Coordina las funciones de su personal subordinado.
- Coordina con la empresa operadora, actividades de planeación, programación, adiestramiento, evaluación, vigilancia, control, mejoramiento, seguridad y comunicación; relacionadas con la operación, conservación y mantenimiento de la concesión.
- Asesora al personal de la concesionaria y de la empresa operadora, sobre aspectos técnicos relacionados con la normatividad y ejecución de labores relacionados con la conservación y el mantenimiento.
- Informa periódicamente a la concesionaria y a la empresa operadora, sobre la evolución del estado físico de los distintos elementos constitutivos de la autopista.
- Informa periódicamente a la concesionaria sobre los avances y desarrollo de actividades de conservación y mantenimiento, efectuadas por la empresa operadora.
- Atiende las solicitudes de estudios especiales y evaluaciones de carácter técnico, hechas por la concesionaria.
- Informa periódicamente al comité técnico del fideicomiso, sobre las actividades desarrolladas en la supervisión.
- Lleva el historial de las labores realizadas, indicando los sitios donde se presenten condiciones de problemas técnicos.
- Atiende la administración de su personal y necesidades de recursos para la supervisión.

En el caso de las Autopistas Concesionadas, la parte operativa, se ha manejado mediante la contratación de empresas operadoras que cuentan con recursos propios y mantienen condiciones de locales. La descripción de las funciones de su personal es la siguiente:

### GERENTE GENERAL.

Sus funciones son las señaladas en la organización de la empresa concesionaria, para el Gerente de Operación.

### GERENTE ADMINISTRATIVO.

- Atiende las disposiciones que en materia administrativa determine la Gerencia General.
- Vigila localmente el cumplimiento de los aspectos administrativos y legales, dispuestos por las leyes y el Título de Concesión.
- Administra el patrimonio y los recursos asignados, sean estos propios de la empresa operadora o de la concesionaria.
- Establece las estrategias, sistemas y procedimientos administrativo-financieros de su organización.
- Atiende las funciones de tesorería, finanzas, contabilidad, recursos humanos, recursos materiales, legal, fiscal y de auditoría interna.
- Vigila y controla los sistemas para manejo de efectivo.
- Promueve el continuo desarrollo y crecimiento de su organización.
- Informa y asesora a la Gerencia General, sobre aspectos administrativos.



### GERENTE DE MANTENIMIENTO.

- Atiende las disposiciones que con relación a la conservación y el mantenimiento de los bienes concesionados, determine la Gerencia General.
- Diseña, implanta, coordina, supervisa, controla y mejora los sistemas, procedimientos y estrategias de la conservación y mantenimiento.
- Formula los presupuestos anuales y mensuales para los trabajos a desarrollar de conservación y mantenimiento.
- Responde del uso adecuado y la preservación de las herramientas y equipos asignados a su área para la ejecución de las labores.
- Coordina con la Gerencia administrativa, la contratación y capacitación del personal de su departamento.
- Coordina con la Gerencia administrativa, las adquisiciones necesarias y las contrataciones de bienes y servicios para su área de trabajo.
- Atiende con los elementos a su disposición, situaciones de emergencia que se presenten, ocasionadas por accidentes, condiciones meteorológicas adversas o imprevistos.
- Promueve el continuo desarrollo y capacitación del personal a su cargo.
- Da cumplimiento a los requerimientos de la SCT, señalados en el Título de Concesión como son programas y normas de conservación y mantenimiento.
- Informa periódicamente a la Gerencia, sobre las actividades desarrolladas y los avances logrados en su departamento.

### JEFES DE CASETA.

- Aplican las disposiciones que le señala la Gerencia General.
- Responden por la continuidad en el funcionamiento de la autopista.
- Vigilan la correcta operación y buen estado de las instalaciones.
- Responden por la preservación y correcto funcionamiento de los bienes y recursos de la empresa, destinados a su servicio.
- Coordinan las funciones del personal subordinado.
- Coordinan las actividades de conservación y mantenimiento que realice el Departamento de Mantenimiento en su tramo, así como los servicios contratados con terceros.
- Vigilan el correcto manejo de los ingresos.

- Informan diariamente a la Gerencia General y al Departamento Administrativo, sobre las operaciones realizadas.
- Atienden en su tramo, las solicitudes de usuarios en materia de información, auxilio vial, seguridad, etc.
- Coordinan labores de auxilio en caso de accidentes.
- Coordinan labores de asistencia a otros organismos como son policías, aseguradoras, ángeles verdes, ejercito, etc.
- Promueven la capacitación y desarrollo del personal asignado.

#### JEFE DE SERVICIOS INTERNOS.

- Aplica las disposiciones que le señale la Gerencia Administrativa.
- Coordina con la Gerencia Administrativa, las actividades de administración en materia de recursos humanos y recursos materiales de las casetas.
- Auxilia a la Gerencia Administrativa, en labores de control, respecto a los ingresos generados en las casetas.
- Atiende las necesidades materiales y de servicios generales de la empresa.
- Informa periódicamente al Gerente Administrativo, sobre sus labores desarrolladas.

### III.- Funcionamiento operacional de una Autopista.

Para permitir que los vehículos puedan desarrollar velocidades óptimas, deben circular por vías que garanticen un traslado fácil cómodo, confiable y seguro; tanto para los ocupantes, como para el vehículo y los productos que transporte. Logrando de esta manera un ahorro en la economía del usuario al disminuir los costos de operación, el tiempo de recorrido y los riesgos. Para alcanzar esta condición es de gran importancia que la operación y la conservación de la Autopista se cumplan de manera adecuada.

Se entiende por operación de las Autopistas de Cuota, al conjunto de actividades que permiten ofrecer al usuario la opción de transitar por la ruta con seguridad y comodidad, utilizando servicios y facilidades instalados a lo largo del recorrido, aunadas a otras actividades de carácter administrativo, ligadas a la cuota de peaje que se cobrará al usuario por la utilización de la autopista.

Para facilidad en la descripción de las actividades desarrolladas durante la operación de la Autopista, podemos clasificar estas en los grupos:

1. Vigilancia y control.
2. Cobranza.
3. Servicios.
4. Administrativas.
5. Legales.
6. Investigación y desarrollo.
7. Conservación y mantenimiento.
8. Promoción y comercialización.

Una breve descripción de las acciones realizadas en cada uno de estos grupos sería la siguiente:

## 1. Vigilancia y control.

La seguridad del usuario se da en la medida que se cumplen y respetan las normas establecidas, las cuales podemos clasificar en las relativas al camino y aquellas otras que corresponden al vehículo.

En el caso de las primeras, el camino debe permanecer libre de obstáculos, en buenas condiciones físicas, bien señalizado, con elementos y estructuras que faciliten la incorporación y salida de los vehículos y con la información adecuada que permita al usuario prever sus acciones a lo largo del recorrido. Cuando alguna de estas condiciones no se cumple, es obligación del operador él hacerlo del conocimiento del usuario en forma clara y oportuna.

Por su parte los usuarios de la Autopista, deben cumplir con los lineamientos que establecen los reglamentos de tránsito, mantenerse en un estado físico que les permita desarrollar un buen manejo, hacer uso adecuado de la vía de comunicación, respetar los señalamientos preventivos y restrictivos instalados para su seguridad, dar el mantenimiento preventivo a sus vehículos para que circulen en óptimas condiciones mecánicas y utilizarlos de acuerdo a la función, para la que fueron fabricados.

Cuando ambas condiciones se cumplen, la probabilidad de accidentes se reduce a su mínima expresión.

Las actividades de Vigilancia y control por parte del personal de la empresa operadora, se efectúan mediante recorridos cotidianos donde se evalúa que los elementos del camino cumplan con los parámetros antes señalados, procediendo a comunicar al responsable de la operación sobre las anomalías detectadas a fin de proceder a la reparación de las deficiencias.

Esta vigilancia se complementa con inspecciones al cumplimiento de las acciones por parte de los usuarios, a fin de prevenirlos en lo posible, mediante señalamientos oportunos, sobre los riesgos que corren y adicionalmente establecer acciones internas que refuercen o adapten medidas preventivas de seguridad extrema, en los casos en que esta se requiera.

Otras acciones también relacionadas con la vigilancia, son aquellas realizadas en puntos estratégicos, generalmente las estaciones de peaje en donde se cuenta con apoyo de elementos de seguridad pública y privada, encaminadas a realizar operativos especiales de rastreo y detección de delincuentes.

## 2. Cobranza.

La cobranza juega un papel fundamental en las actividades cotidianas de operación, ya que se tiene que cumplir con una serie de acciones que no solo se limitan a la recolección de las cuotas. Estas actividades incluyen: la implantación de tarifas en los elementos informativos, la alimentación de variables en los programas del sistema electrónico de control de peaje, la disposición de efectivo en moneda fraccionaria para cambios a los usuarios, la inspección y control de las operaciones realizadas por los cobradores, las auditorías realizadas en forma aleatoria, la contabilidad de los ingresos registrados, la detección de anomalías e irregularidades en las conciliaciones por turno, la custodia provisional de efectivo, la coordinación con compañías privadas responsables del traslado de valores, la emisión de la documentación comprobatoria de ingresos, la verificación de cuentas bancarias; la implantación, contabilidad, control, cobranza y facturación de cuentas por cobrar cuando se trata de formas distintas al pago en efectivo de las cuotas de peaje.

Aunado a la serie de actividades anteriores relacionadas con la cobranza, existen otras de tipo administrativo que corresponden a la documentación comprobatoria como son la fabricación, custodia, disposición y control de boletos, la documentación comprobatoria del paso de vehículos exentos de pago, las justificaciones por violaciones al sistema y las de coordinación con la administración de personal encargado de la cobranza.

## 3. Servicios.

En la operación de las Autopistas, se ha convertido en un factor de gran importancia, la calidad y cantidad de los servicios conexos ofrecidos a los usuarios, a cambio de su cuota de peaje.

Las Autopistas modernas en países desarrollados han alcanzado altos niveles de servicios, que aprovechan los avances en la tecnología para simplificar las actividades del operador, mantener controles más amplios sobre peajes y brindar mayor información al usuario a la vez de implementar una gama más amplia de formas para el pago del peaje.

La cantidad y calidad de los servicios al usuario, está en función de los volúmenes de tránsito, del nivel de los ingresos, del tipo de vehículos que utilizan la ruta, de la economía de la región, de las facilidades en la zona para la recepción y transmisión de información y datos, del nivel de competencia del mercado, de la capacidad tecnológica del país y de los costos que estos servicios representan para la empresa operadora.

Entre los servicios que actualmente se brindan al usuario se tienen: teléfonos tipo S.O.S., auxilio mecánico, primeros auxilios con ambulancia equipada y rescatistas, paradores con sanitarios, estacionamientos, restaurantes, tiendas de artesanías y otros productos de la región, gasolineras, refaccionarias, servicio de grúa, tanques de reabastecimiento de agua para radiador, teléfonos, máquinas despachadoras de refrescos y café, seguro de viajero por daños a terceros, centros trailers, etc.

La prestación de estos servicios crea para la operadora otra serie de actividades de respaldo, que requieren de atención cotidiana como son: La explotación de pozos de agua, almacenamiento y bombeo, tratamiento y disposición de aguas residuales, disposición final de desechos sólidos, suministro de energía eléctrica, mantenimiento de estaciones de radiocomunicación, equipamiento del personal de rescate, suministro de combustible y refacciones menores para atención de servicios a usuarios, atender señalamientos de las autoridades locales en materia ecológica y otros más.

La responsabilidad de mantener un control de protección al medio ambiente ha sido una medida solicitada por las autoridades competentes de la localidad, desde el inicio de la concesión, cuando se presentaron los estudios de impacto ambiental y durante la construcción en donde en algunos casos hubo que restablecer daños ocasionados al paisaje por la explotación de bancos y la construcción de caminos auxiliares.

En casos muy definidos, las operadoras por iniciativa propia, por requerimientos del proyecto o bien a solicitud de autoridades locales, han sembrado y reforestado áreas del derecho de vía. Esta acción además de la erogación original, genera una necesidad de conservación que requiere de mano de obra, traslados, agua, fertilizantes, limpieza, desecho de producto de la limpieza, etc.

La administración del derecho de vía es una parte muy especial de la operación, que conjunta acciones relacionadas con la vigilancia, los servicios, aspectos legales, promoción y relaciones públicas.

La expropiación realizada por el Gobierno Federal sobre terrenos ocupados por la Autopista se efectuó, en casos muy específicos, en propiedades extensas que fueron divididas, dotándolas de estructuras transversales para el paso de personas, ganado o vehículos. En algunos de estos casos, los cruces no tuvieron la ubicación adecuada o resultaron insuficientes, por ello el control de accesos clandestinos o la intromisión de semovientes, ha representado un problema para las empresas operadoras, e inclusive han provocado accidentes, aunado a una escasa cooperación de propietarios y autoridades locales a fin de prevenir estas irregularidades.

Para el uso y explotación del derecho de vía la Secretaria de Comunicaciones y Transportes ha generado a través de la Dirección General de Servicios Técnicos, un manual de procedimientos para el aprovechamiento del Derecho de Vía en el que se busca marcar los lineamientos que deberán atenderse en cualquier solicitud de aprovechamiento del Derecho de Vía de parte del solicitante, de la empresa concesionaria y de las autoridades competentes, así como el marco técnico y legal que rige la explotación y uso del mismo.

Con lo anterior se busca limitar el uso inadecuado, la sobrexplotación y la ocupación de espacios donde se tiene proyectadas ampliaciones a futuro. En todos los casos que se presente la ocupación del Derecho de Vía, la empresa operadora es la responsable ante la autoridad por el incumplimiento de lo establecido en los procedimientos antes descritos, cuando no lo notifique oportunamente a la S.C.T.

El Título de concesión otorga a la empresa concesionaria los derechos de la explotación del Derecho de Vía, hasta por un periodo de dos años mas allá del plazo de concesión. Existen una serie de instalaciones que han venido utilizando parte de estos terrenos como son: líneas de fibra óptica para telefonía, Instalaciones de PEMEX, de C.F.E., de Telmex, de C.N.A., así como algunas obras municipales de agua potable. En estos casos, corresponde a la empresa operadora la vigilancia y control de trabajos de mantenimiento a lo largo de las mismas.

#### 4. Administrativas.

Se tratarán con amplitud en el capítulo V.

#### 5. Legales.

Desde el punto de vista legal, la empresa operadora, debe atender una serie de responsabilidades ligadas a su papel de representante en el sitio del concesionario.

Los aspectos legales en los que normalmente interviene la empresa operadora son entre otros: demandas laborales del personal contratado o de subcontratistas ligados con trabajos de conservación y mantenimiento; demandas de usuarios generalmente asociadas con accidentes; acciones judiciales relacionadas con actos de vandalismo, seguimiento de acciones en la procuración de justicia cuando el afectado es incluso la propia empresa operadora; demanda de procuración de justicia en casos de incumplimiento de contrato de usuarios,

proveedores y subcontratistas: seguimiento de acciones en demandas levantadas por afectaciones a la libre circulación por la Autopista (marchas y manifestaciones) o por daños a los elementos de la autopista, etc.

En casos especiales la empresa se ha visto involucrada en acciones de la autoridad ante terceros, cuando es la Autopista el escenario de delitos o detenciones.

En los casos de accidentes ocurridos en las Autopistas, se cuenta con pólizas de seguros que cubren la responsabilidad civil del usuario por daños a terceros así como los gastos médicos de ocupantes lesionados y los gastos funerarios cuando hay decesos.

Algunas Autopistas cuentan además con pólizas que las protegen en caso de siniestros tales como terremoto, incendio o colisión por daños en elementos tales como puentes, estaciones de peaje y otras estructuras importantes.

Otro caso de póliza de seguro contratada, es aquella que brinda protección en caso de asalto ó robo de efectivo.

Algunos activos de la operadora cuentan con seguros específicos, como es el caso de equipo electrónico de peaje, vehículos y maquinaria.

En algunos casos, se cuenta con seguros de gastos médicos o de vida, a favor de personal con mayor jerarquía, que más bien forman parte de prestaciones especiales otorgadas por las empresas.

## 6. Investigación y desarrollo.

La calidad del personal y su desarrollo dentro de la organización, es una política de inversión, que mantienen las empresas cuando tienen visión de crecimiento y competitividad, o bien cuando las facilidades para la contratación de personal se tornan difíciles.

La mayor parte de las empresas operadoras de Autopistas, tienen en diferente grado, problemas de alta rotación de personal por condiciones de trabajo adversas, de alto riesgo o con poco atractivo para el trabajador; lo que las obliga a incrementar sus costos en capacitación.

El personal de conservación y los cobradores de casetas, son aquellas categorías en donde se presenta con mayor frecuencia la deserción periódica.



En algunos sitios el remplazo de este personal no representa mayores dificultades, debido a la abundancia de oferta y por las condiciones económicas de la región, sin embargo en otros casos este problema se agrava ante la escasez y es necesaria la transportación desde grandes distancias.

Al laborarse los 365 días del año, es importante tomar en consideración que el número de empleados que llegan a cubrir un puesto, como puede ser el de cobrador, llega a ser hasta de 6, tomando en consideración los reemplazos por rotación y ausentismo. Esto es importante porque en ocasiones pueden presentarse momentos pico en el tránsito y coincidir con ausencias en puestos clave como es el de la cobranza.

Otras actividades de desarrollo ejecutadas por las empresas operadoras, están relacionadas con el estudio del mercado, los niveles de competencia, las preferencias de los usuarios, análisis estadísticos de aforos, análisis e investigación de estrategias tarifarias, promociones, estudios sobre siniestralidad, análisis de costos del transporte, análisis de costos de operación,

## 7. Conservación y Mantenimiento.

La empresa operadora además de las labores hasta aquí descritas, tiene bajo su responsabilidad la ejecución de los trabajos de conservación rutinaria, mantenimiento preventivo y correctivo.

Para ello se apoya en la Gerencia de Mantenimiento, la cual como más adelante se describe, realiza las acciones de evaluación, programación, conservación y control sobre los trabajos por ejecutar.

En el inciso 1 del capítulo III de estas notas, se describen con mayor detalle los elementos y las actividades que desarrolla el personal de conservación y mantenimiento, sin embargo se hace mención de estos, ya que en alguna forma son parte de los trabajos ejecutados para cumplir con la función de operación que se describe en la definición de operación.

La utilización de las autopistas desde los inicios del Programa Nacional de Autopistas hasta la fecha, ha mostrado una tendencia al crecimiento, muy relacionada con la evolución de las condiciones económicas del país, sin embargo no deja de influir en la preferencia del usuario, el conocimiento de las ventajas que ofrecen estas vías de comunicación sobre su alterna libre, algo que llamamos "Cultura de las Autopistas".

Existe un punto en el que el usuario acepta pagar el sobrecosto que representa el peaje, el cual se da en el momento que reconoce el valor de los servicios, la seguridad y la comodidad. Este costo que en la práctica es difícil de precisar, responde a factores de tipo personal, ya que en la realidad existe en nuestra sociedad una actitud muy especial con respecto a la teoría del valor, como puede ser que un automovilista no acepte pagar una tarifa de 100 o 200 pesos cuando se dirige a destinos en los que gastará cantidades muy superiores en servicios de menor importancia o consumos innecesarios.

Ante la situación anterior es sobre la cual el personal de la operadora, dirige sus esfuerzos a fin de desarrollar campañas promocionales que "vendan" el servicio que las autopistas ofrecen.

En el caso de empresas o usuarios frecuentes, la operadora trabaja en la determinación de los costos en que incurren sus vehículos, al transitar por vías alternas a fin de establecer estrategias de comercialización que interesen al cliente potencial mediante descuentos y promociones a cambio de garantizar un mayor número de pasadas que compensen los descuentos negociados; ganando ambas partes por los beneficios alcanzados.

### III.1.- Programas de Operación.

Como se menciona anteriormente, cuando se circula por Autopistas, el peaje correspondiente incrementa los costos del usuario, sin embargo este importe adicional siempre deberá resultar favorable en la medida de la reducción de otros costos que se logren al transitar por una Autopista.

Los organismos y empresas concesionarias de Autopistas, buscan en sus programas de operación, reducir los costos de la transportación, por medio de estrategias de mantener un buen nivel en el Índice de Servicio, así como mediante esquemas promocionales que reduzcan las cuotas del peaje en la medida de las posibilidades.

Para alcanzar estas metas, es importante contar con sistemas de operación que se adecuen a las condiciones de cada tramo del sistema carretero, aunado a mecanismos dinámicos de control, que identifiquen oportunamente las desviaciones y permitan aplicar medidas correctivas.

Para llegar a este esquema se debe partir de un principio en el que la organización misma, defina claramente sus objetivos, estrategias, políticas, procedimientos, normas, responsabilidades y sistemas de evaluación.

Con motivo de aforos muy por abajo del punto de equilibrio, en algunas Autopistas, no se cuenta con ingresos suficientes, no digamos para cumplir con compromisos financieros, estos no alcanzan ni para cubrir los gastos de una operación y conservación adecuada, ni para implementar mejores servicios al usuario.

En el caso de los tramos poco rentables en donde el concesionario mantiene estados de pérdida económica por algunos períodos, es recomendable la intervención de la autoridad, a fin de rescatar la concesión y proceder a la aplicación de medidas como programas de mejoramiento y otros de reducción tarifaria o promoción, antes de que las condiciones físicas del tramo alcancen niveles de alto riesgo para el usuario.

La falta de conservación significa el desgaste acelerado del pavimento y daños mayores a la estructura de la Autopista, lo que provoca a su vez, una pérdida anticipada de la inversión y una más escasa presencia de usuarios.

Una Autopista requiere de lo siguiente para su buena operación y conservación:

- a) Una organización con personal capacitado y responsable, encargado de las funciones de operación, conservación, administración, finanzas, supervisión, comercialización y mercadotecnia.
- b) Equipo electrónico moderno, confiable y eficaz para el control vehicular.
- c) Programas efectivos de operación, conservación y mantenimiento.
- d) Activos fijos que faciliten una operación ágil y dinámica.
- e) Tecnología para una posición más competitiva en el mercado.

A manera de ejemplificar como se dan en la realidad las condiciones operativas de una Autopista, a continuación se presenta un esquema de lo que normalmente se presenta en la práctica.

Para medir, cobrar, controlar e informar sobre los aforos vehiculares (por clases, horarios, turnos y carriles), así como de los ingresos correspondientes, las Autopistas cuentan con estaciones de peaje, que funcionan bajo los esquemas de sistema abierto o sistema cerrado.

El primero se refiere al sistema en el que se tiene una estación de peaje entre dos o tres accesos/salidas, de manera que registre, controle y cobre por el recorrido realizado entre los puntos extremos (caseta que controla 1 tramo), o bien por recorridos parciales (casetas que controlan 3 variantes del recorrido).

En el sistema cerrado, en cada acceso/salida existe una caseta que efectúa la doble función de emitir boletos para el vehículo que ingresa y cobrar al usuario que sale de la autopista, de acuerdo al recorrido realizado según el sitio de acceso marcado en el boleto.

En cualquiera de los casos señalados, el equipo electrónico de control vehicular, deberá estar constituido con los siguientes elementos:

**Consola de operación.** Es el equipo que se encuentra en el interior de la cabina y a través del cual se efectúan las funciones de registro vehicular y cobro. Cuenta con un teclado y una pequeña pantalla, montados sobre un mueble metálico que tiene cajón para depósito clasificado de billetes y monedas.

**Detector de presencia.** Este sensor registra por medio de elementos electromagnéticos, la presencia de vehículos que crucen frente a la cabina de cobro.

**Detector cuenta ejes.** Consiste de sensores en forma de banda ahulada, situados en el piso frente a la cabina de cobro, los cuales registran y cuentan las pisadas de los vehículos que cruzan la zona de cobro.

**Detector doble rodada.** Es un sensor semejante al cuenta ejes, el cual se localiza cercano a este último, el cual detecta la pisada de llanta doble. Este mecanismo tiene la función de identificar de manera distinta un vehículo ligero de dos ejes que se clasifica como automóvil, de un camión también con dos ejes, pero con doble rodada.

En modelos recientes, los sensores cuenta ejes y doble rodada vienen integrados en tapetes con botones independientes que mediante el software delimitan la clase del vehículo.

**Indicador de tarifas.** Esta formado por una pantalla que muestra al conductor la cantidad que debe pagar.

**Semáforo de paso.** Es el semáforo colocado a la vista del conductor en el momento que está pagando, el cual le indica que debe esperar hasta que el operador efectúe el cobro (luz roja) y el momento en que puede pasar (luz verde).

**Semáforo de línea.** Es aquel colocado de manera visible a cierta distancia, para que el conductor que llega a la zona de casetas pueda identificar los carriles de las casetas en operación (luz verde), de las que están fuera de servicio (luz roja).

**Equipo concentrador.** Es un equipo de computo tipo PC, habilitado para recibir, monitorear y registrar las operaciones realizadas por cada consola de operación. Como su nombre lo indica este equipo concentra todos los movimientos de determinada periodicidad de cada carril, a la vez que permite la integración e impresión de los reportes necesarios. De acuerdo al programa del proveedor del sistema, será la flexibilidad y alcance de la información disponible, así como la versatilidad de formatos y otras posibilidades de los equipos de computo.

**Sistema interno de comunicación.** Son teléfonos de intercomunicación que se utilizan para comunicar al personal de las cabinas con el jefe de turno o encargado de la estación, a fin de resolver anomalías que se presentan durante las operaciones.

Equipo de verificación por video. En algunos casos es posible la integración al sistema de cámaras de video, con la finalidad de grabar y monitorear cada operación realizada y el paso de los vehículos respectivos. La operación de estos equipos esta sincronizada a los registros del concentrador, de manera que se puede localizar cada transacción realizada, de acuerdo a la hora y carril deseado.

Algunas marcas y sistemas de equipos de control vehicular pueden tener variante como son: sistemas de pago automatizados, detectores tipo sonar, equipos láser de detección, sistemas de telepeaje (se comentan mas adelante), y otros accesorios mas sofisticados, generalmente para instalaciones con altos volúmenes de operaciones o alto grado de automatización.

Otra de las cualidades de los sistemas automatizados de registro vehicular, es la detección y registro de operaciones anormales, violaciones al sistema y fallas del equipo en sí.

El procedimiento en general podemos resumirlo en la siguiente forma:

Al iniciar su turno, el cobrador recibe del responsable del turno anterior, un corte de caja y cierta cantidad de efectivo, en cambio, para empezar sus operaciones. Procede de inmediato a deslizar su tarjeta de identificación por la ranura de la consola de operación, de manera que queda registrada la hora, numero del carril y datos de la persona responsable del cobro.

Unicamente cuando hay modificación de tarifas, al sistema se le actualizan los importes correspondientes a cada categoría de vehículo, que aplicará en forma automática para el tramo que se cobra.

Así cuando el vehículo llega a la zona de peaje, con carril abierto (señalado con semáforo en verde), los detectores identificarán la clase de vehículo, y enviarán la señal correspondiente al sistema, el cual calculará la tarifa por aplicar. Mientras esto ocurre, el cobrador deberá marcar en el teclado de la consola, como una confirmación al sistema, la categoría del vehículo que pasará, a partir de lo cual el sistema mostrará en pantalla al usuario la cantidad a pagar, misma que el cobrador deberá ingresar en caja.

El sistema permite en cualquier momento totalizar aforos clasificados e ingresos, lo cual habilita al supervisor o responsable del turno, para auditar al cobrador en forma preliminar o al termino de su turno, reiniciando así un nuevo ciclo.

Como en cualquier otra labor, existen errores involuntarios y otras anomalías que hacen se presenten discrepancias entre lo teóricamente cobrado y lo realmente recibido. En este caso el sistema, que cuenta con memoria secuencial del registro de operaciones, señala la discrepancia, lo que facilita la revisión detallada de cada operación marcada en la consola por el cobrador y su comparación con lo ingresado de manera automática por el sistema.

Además de las discrepancias, otro tipo de anomalía que suele presentarse son las violaciones. Estas ocurren cuando se da el paso de un vehículo que no ha sido clasificado previamente. Como ejemplo un vehículo que trata de dar marcha atrás cuando el equipo lo detecto y de pronto prosigue nuevamente hacia adelante. En este caso se detectan dos presencias y una sola pasada.

Existe el caso de los vehículos exentos tales como los propios de la operadora, patrullas, transporte militar y otros, que no pagan al cruzar por la caseta. En estas situaciones, el cobrador debe marcar en el equipo el paso de éstos en forma normal, para evitar el registro de discrepancias o violaciones al sistema. A fin de justificar los faltantes en el corte de caja, en este caso la operación deberá complementarse con una autorización de parte del jefe responsable del turno y el llenado de una forma específica que identifique el tipo y propietario del vehículo exento.

En casos de fallas, en el suministro regular de energía eléctrica, las estaciones de peaje cuentan con plantas generadoras y sistemas automáticos de relevo que restablecen el flujo eléctrico en cuestión de segundos. El equipo electrónico de control de peaje a su vez cuenta con reguladores tipo acumulador que en caso de falla mantienen la continuidad de funcionamiento hasta por varios minutos, lo que evita cualquier pérdida de información o interrupciones en el registro de vehículos. Como otra medida adicional de protección, la memoria de las consolas de operación, mantiene una dualidad con los registros del concentrador, lo que a su vez brinda la protección de contar con respaldos de información, hasta por periodos de varios turnos.

Por tratarse de equipos electrónicos muy sensibles, que requieren de ciertos cuidados, es importante contar con protecciones físicas que preserven su integridad y buen estado funcional. Las causas más frecuentes que afectan las instalaciones son las sobrecargas eléctricas, las caídas de voltaje, las altas temperaturas, humedad, plagas que dañan circuitos, instalaciones defectuosas y deficiencias en los servicios de mantenimiento.

El equipo electrónico de control vehicular permite entre otros la generación de los siguientes reportes:

- Aforo mensual por carril con clasificación por clases.
- Aforo semanal por carril con clasificación por clases.
- Aforo diario por carril con clasificación por clases.
- Aforo por turno por carril con clasificación por clases.
- Aforo horario por carril con clasificación por clases.
- Concentrados de aforo para cada período, para todos los carriles, con clasificación por clases.
- Concentrados de aforo para cada período, por cada carril, con clasificación por clases.
- Ingresos para cada período, por carril, con desglose por clases.
- Concentrados de ingresos para cada período, para todos los carriles, con desglose por clases.
- Concentrados de ingresos para cada período, por carril, con desglose por clases.
- Discrepancias y violaciones por período y por carril.
- Concentrados de discrepancias y violaciones por período, para cada carril.
- Concentrados de discrepancias y violaciones por período, para todos los carriles.

Como se señaló anteriormente, la definición de reportes es muy flexible, dependiendo del programa y capacidades de los equipos.

Respecto a los programas de operación, conservación y mantenimiento de la empresa operadora de la autopista podemos señalar lo siguiente:

Una adecuada operación, conservación y mantenimiento de la autopista es la clave para alcanzar el éxito en las metas de la concesión, además de representar una obligación ante la Autoridad otorgante como se indica en las disposiciones del Título de Concesión

Para vigilar y controlar el cumplimiento de estas obligaciones, la S.C.T.\* ha dispuesto desde 1994 de una serie de ordenamientos, agrupados en tres categorías.



La primera parte, se basa en la identificación las actividades concretas que comprenden la operación, las que clasifica de la siguiente manera:

- a) Servicios al usuario.
- b) Operación y administración de las casetas de peaje.
- c) Política comercial.
- d) Aprovechamiento del derecho de vía.

Los servicios al usuario incluyen: Atención de emergencias y servicios médicos; Auxilio mecánico; Sistemas de ayuda en la autopista; Servicios conexos como son baños limpios, gasolina y tiendas de conveniencia; Cobertura de seguro contra accidentes e información al usuario.

El grupo de actividades de operación y administración de las casetas de peaje, se refiere a las acciones que el concesionario debe realizar para asegurar que las casetas funcionen según lo previsto, tanto en sus aspectos operativos como de manejo del efectivo que recaudan. Entre estas actividades tenemos: Funcionamiento de las casetas de cobro en sus aspectos de personal, equipos, tecnología, etc.; Control de aforos e ingresos; Expedición de comprobantes de pago; Manejo de efectivo; Vigilancia policiaca o de elementos del ejercito; Manejo de vehículos exentos de pago.

Las actividades relacionadas con la política comercial son aquellas encaminadas a incrementar el número de usuarios tales como: Política tarifaria; Convenios comerciales por tipos de usuario; Esquemas de cobranza y facturación; Ampliación de nuevos accesos o acuerdos con vecinos.

Las actividades relacionadas con el uso del derecho de vía como pueden ser: Construcción y operación de paradores; Publicidad; Utilización de la zona de derecho de vía con ductos, líneas de fibra óptica, etc.; Vigilancia y cercado del derecho de vía; acciones contra invasiones o bloque del derecho de vía.

La segunda parte se refiere a los sistemas de información para dar seguimiento a los volúmenes de tránsito, tarifas e ingresos de las obras viales concesionadas.

Para ello se estableció un sistema de reportes mensuales que comprende:

- Datos generales de la obra vial concesionada.<sup>1</sup>
- Croquis descriptivo de la autopista.<sup>1</sup>
- Croquis descriptivo de la operación de cada caseta.<sup>1</sup>

- Volúmenes de tránsito horario por movimiento.
- Volúmenes de tránsito diario por movimiento.
- Volúmenes de tránsito diario total por caseta.
- Informe histórico de tarifas por movimiento.<sup>2</sup>
- Ingresos diarios por movimiento.
- Ingreso diario total por caseta.
- Información básica de volumen de tránsito ponderado.
- Información básica estadística de volúmenes de tránsito.
- Información básica de ingresos.
- Información básica estadística de ingresos y tarifas.
- Volúmenes de tránsito anual.

<sup>1</sup> Una sola vez con el primer informe.

<sup>2</sup> Cada vez que se modifiquen las tarifas.

La tercera parte corresponde al seguimiento de la conservación de las autopistas concesionadas, a fin de permitir un tránsito fluido y seguro, así como para evitar el deterioro progresivo durante el tiempo que dure la concesión.

Esta parte del sistema incluye los siguientes programas:

- a) Conservación rutinaria.
- b) Conservación preventiva y correctiva.
- c) Post-construcción.
- d) Administración.
- e) Ampliaciones.

El programa de conservación rutinaria incluye todas las acciones que permanentemente han de ser llevadas a cabo para que la autopista esté siempre en condiciones de tránsito fluido y seguro. Su periodicidad será anual y deberá incluir actividades como inspección del derecho de vía, retiro de caídos eventuales, limpieza de la superficie de rodamiento y retiro de basura del derecho de vía, limpieza de cunetas, contracunetas, lavaderos, limpieza de servicios en general, pintura, jardinería, desazolve de drenajes y canales de entrada, bacheos, renivelaciones aisladas, calafateo de grietas, reparaciones generales, desyerbe de

acotamientos, señalamiento, retiro de propaganda, reparaciones ocasionadas a la autopista por accidentes, reparaciones del alumbrado, desazolve de muros de contención, etc. Algunas acciones son de carácter permanente y otras se efectúan al surgir la necesidad.

El concesionario deberá ejecutar las actividades señaladas en el programa y en forma adicional efectuar inspecciones diarias y semanales (de acuerdo a la acción por ejercer), para detectar problemas y corregirlos.

Este programa tendrá un seguimiento por parte del centro SCT correspondiente, el cual inspeccionará bimestralmente los avances y sobretodo la capacidad instalada del concesionario para atender y cumplir las actividades programadas.

El programa de conservación preventiva y correctiva, que tiene carácter permanente, periodicidad quinquenal y actualización anual, incluye todas aquellas actividades tendientes a mantener la autopista en buenas condiciones estructurales, con objeto de prever cualquier labor que deba realizarse antes de algún problema, buscando minimizar los costos del usuario y los propios de las acciones de conservación rutinaria. Las acciones principales de este programa son: sellos, reencarpetados, reparación de puentes, señalamiento y, en casos extremos, reconstrucciones y correcciones para eliminar defectos de construcción.

En apoyo a las acciones de este programa; la SCT señala la conveniencia de implementar los programas de administración de pavimentos y puentes desarrollados por el Instituto Mexicano del Transporte (SIMAP y SIAP).

Anualmente el concesionario con la colaboración del centro SCT determinarán el Índice de Servicio (IS) de la superficie de rodamiento, de acuerdo a las normas SCT o con procedimientos alternos autorizados. En caso de que el índice IS resulte menor de tres, el concesionario deberá plantear a la SCT su propuesta de rehabilitación y el programa correspondiente.

Adicionalmente el concesionario deberá evaluar en forma anual, basado en el manual de calificación de la SCT, ó uno alternativo autorizado, el estado de: Drenajes, cortes, terraplenes, estructuras y señalamiento.

En caso de ser necesario las evaluaciones podrán ser en cualquier momento y no en forma anual.

Los centros SCT supervisarán en forma periódica, los avances de este programa, así como las medidas tomadas por los concesionarios para identificar los sitios en que habrán de aplicarse las medidas preventivas correspondientes.

En su origen el programa de post-construcción, parte de una evaluación de las condiciones físicas de la autopista. A partir de éstas, se procede a elaborar el programa especial de acciones correctivas necesarias, el cual puede incluir varias etapas.

Es posible que este programa tenga que ser modificado posteriormente, en caso de que condiciones no contempladas durante la evaluación inicial, empiecen a crear problemas de seguridad para el usuario o la autopista.

Como pasos para la evaluación inicial la SCT sugiere los siguientes:

1. Obtener el Índice de Servicio Actual ó el IRI de la superficie de rodamiento.

En una evaluación de pavimento deberá incluirse la siguiente información:

- Inspección detallada de los sitios que presenten desprendimientos, deformaciones, agrietamientos y otros desperfectos.
- Descripción del tramo.
  - Localización
  - Antecedentes de construcción.
  - Trabajos realizados de conservación.
  - Características geométricas del tramo.
- Datos generales.
  - Topografía.
  - Geología.
  - Clima.
  - Drenaje y subdrenaje.
- Calificación o Índice de servicio actual.
- Levantamiento de daños.
- Medición de deformaciones.
- Exploración directa y muestreo.
- Resultados de ensayos de laboratorio para obtener calidad de materiales

- Revisión de diseño de pavimento, para estructuras críticas de tramos homogéneos.
    - Datos de tránsito.
    - Criterio de deflexiones.
    - Criterio estructural.
  - Problemas especiales.
  - Conclusiones.
  - Recomendaciones para rehabilitación con estrategia de conservación y proyecto ejecutivo de alternativa propuesta.
  - Bancos de materiales por utilizar, que cumplan con las especificaciones.
  - Informe fotográfico.
2. Evaluar las obras de drenaje y subdrenaje que presenten problemas en el momento de la inspección.

En un estudio de drenaje deberá incluirse la siguiente información:

- Descripción del tramo.
  - Localización
  - Descripción del tipo de drenaje transversal y longitudinal.
  - Causas de las deficiencias del drenaje con problemas.
  - Antigüedad de las obras.
  - En caso de puentes, estudios topohidráulicos e hidrológicos.
  - En obras menores el gasto asociado a un periodo de retorno de 50 años.
  - Antecedentes de construcción.
  - Trabajos realizados de conservación.
  - Informe fotográfico de las obras con problemas.
- Conclusiones.
- Recomendaciones de rehabilitaciones.

3. Identificar terraplenes y cortes que presenten problemas de inestabilidad, movimientos inaceptables, caídos, erosión, etc.

En un estudio de cortes y terraplenes inestables, deberá incluirse la siguiente información:

- Inspección detallada de agrietamientos, erosiones, hundimientos, asentamientos, presencia de agua, etc.
  - Descripción de la falla.
    - Localización.
    - Antecedentes del proyecto y la construcción.
    - Geometría de la zona, con levantamiento topográfico.
  - Condiciones de drenaje y subdrenaje.
  - Estudio geológico regional.
  - Estudio geológico de detalle.
  - Estudio geofísico.
  - Exploración directa con muestreo apropiado.
  - Ensayes de laboratorio para obtener los parámetros de resistencia y deformabilidad de los materiales.
  - Instrumentación.
  - Análisis del problema con la nueva información.
  - Informe fotográfico.
  - Conclusiones.
  - Recomendaciones, incluyendo el proyecto ejecutivo de la solución propuesta.
4. Inspeccionar las condiciones físicas de las estructuras que presenten problemas.

En un estudio de evaluación de estructuras, deberá incluirse para cada caso, la siguiente información:

- Datos generales.
- Descripción del proyecto.

- Evaluación del comportamiento hidráulico.
- Evaluación del comportamiento vial.
- Evaluación del estado físico.
- Evaluación del comportamiento estructural.
- Reporte fotográfico.
- Evaluación preliminar del problema a partir de la nueva información.
- Recomendaciones para una evaluación mas detallada.
- Recomendaciones preliminares para la rehabilitación.

5. Inspección de los sitios con señalamientos inadecuados o deficientes.
6. Contratar la ejecución de estudios con propuestas de solución.
7. Preparar el programa tentativo y someterlo a la aprobación de la SCT.

El programa de administración ofrece el respaldo para organizar la ejecución de las tareas pertenecientes a los tres programas anteriores.

En este caso el programa incluye el levantamiento físico del inventario de la autopista, el cual puede estar basado en sistemas modernos de ayudas gráficas computarizadas y georreferidas.

La información recabada deberá incluir:

- Inventario físico de la geometría de la autopista.
- Inventario físico de las obras de drenaje transversal, longitudinal y obras complementarias.
- Inventario físico de los espesores de las secciones estructurales de la autopista.
- Inventario físico del señalamiento.
- Inventario físico del señalamiento, en su caso.
- Inventario físico de bancos de materiales para rehabilitación.
- Inventario de intersecciones, salidas, entradas, retornos, etc.
- Inventario de bienes muebles e inmuebles.
- Inventario de gasolineras, restaurantes, paradores y servicios en general.
- Inventario de casetas, estaciones de radio-comunicación.
- Inventario de equipos y maquinaria de conservación.
- Inventario de cualquier otro elemento especial o de interés.

El programa de ampliaciones incluye aquellas obras de la autopista y puentes, que se convierten en necesarias, por requerimientos de seguridad, de capacidad, o de confort.

Las obras a las que se refiere este último programa pueden ser: Terceros carriles, ampliación de acotamientos, rampas para frenado de emergencia, entronques, retornos, paradores, miradores, ampliaciones de puentes, modificaciones en zonas de casetas, etc.

Los estudios para determinar la necesidad de las obras de ampliación, así como la ejecución de los de factibilidad, impacto ecológico y el antepresupuesto correspondiente, serán responsabilidad de la concesionaria, quien los tendrá que someter a la SCT para su autorización

### ***Tecnología para una posición más competitiva en el mercado.***

#### **1. Tarjeta inteligente.**

Nuestra época se ha caracterizado por el alto desarrollo tecnológico, sobretodo en materia de electrónica y de comunicaciones, de tal forma que hoy en día la evolución de los medios para manejo de dinero, ha alcanzado niveles sorprendentes.

Las autopistas modernas con altos volúmenes de tránsito, en donde el pago del peaje debe ser ágil, flexible, confiable, cómodo; deben ofrecer facilidades a las empresas transportistas que la utilizan frecuentemente.

La tarjeta actualmente utilizada por CAPUFE, en sus autopistas de cuota, tiene características, que brindan ventajas a las empresas transportistas con flotillas.

Este tipo de instrumento de pago ofrece las siguientes ventajas:

- a) Elimina el uso de efectivo.
- b) Obliga al chofer a utilizar las rutas establecidas por la empresa.
- c) Reduce el tiempo de la operación de pago. El transporte inclusive no detiene su marcha al pasar por la caseta.
- d) Permite a las empresas la utilización de un crédito de varios días.
- e) Genera información que reduce el trabajo administrativo de las empresas al contar con reportes de movimientos concentrados. Además brinda información estadística de los recorridos de las unidades.



El esquema operativo de las operaciones realizadas con tarjeta es el siguiente:

- Las transacciones con tarjeta son transmitidas, por vía telefónica, de la estación de peaje a una central (Integra en el caso CAPUFE y Banco en el caso T.I.)
- El sistema CAPUFE centraliza las operaciones y periódicamente efectúa la facturación y cobranza.
- En el caso de la Tarjeta Inteligente, operada a través de una institución bancaria, la transacción se registra diariamente y se descuenta de la cuenta bancaria del transportista o usuario. El banco envía periódicamente un informe al cuentahabiente, que incluso él mismo puede generar al poder leer directamente en su tarjeta las últimas 60 transacciones (mediante una P.C. acoplada a una lectora).

Actualmente CAPUFE opera su sistema en todas sus autopistas y algunas de las concesionadas. Por su parte Bancomer ha desarrollado e implementado su sistema y lo opera en varias autopistas concesionadas entre las que podemos mencionar al "Libramiento Oriente de Querétaro" y "Libramiento Oriente de San Luis Potosí" y "Constituyentes – La Venta – La Marquesa", y mantiene en etapa de negociación otras mas con CAPUFE, BANOBRAS y Gobiernos Estatales.

## 2. Telepeaje.

Respecto a ésta técnica para el pago de peaje, la tecnología ha desarrollado en la actualidad una amplia gama de sistemas y productos, de muy diversas clases y costos.

Entre algunas de las principales limitantes de estos equipos se tienen:

La tecnología esta cambiando continuamente sobretodo en lo relativo a estándares de operación, lo que provoca el que su vida económica sea muy corta, con el consiguiente incremento de sus costos de operación.

Son equipos y sistemas diseñados para grandes volúmenes de tránsito.

Los costos de mantenimiento son altos, sobretodo por la dependencia tecnológica en mano de obra extranjera y por la dificultad de contar con almacenamientos adecuados de refacciones.

- f) El organismo CAPUFE otorga pequeños descuentos al usuario con sistema.
- g) Ayuda a evitar la falsificación de boletos.
- h) Reduce costos administrativos a la empresa concesionaria.

Actualmente este tipo de tarjeta se ve superada por la denominada "Tarjeta Inteligente", que la cuenta con las siguientes ventajas:

- Adiciona cualidades de escritura a las de lectura.
- Su aplicación puede ser más amplia, cubriendo otros giros comerciales.
- Puede ser utilizada, mediante el respaldo de un sistema bancario, como tarjeta monedero.
- Las capacidades electrónicas son superiores, lo que le permite ser un mejor medio de control, para la empresa transportista.
- Tiene mayores ventajas para la identificación vehicular.
- El sistema cuenta con más facilidades, en especial para el manejo de información sobre el vehículo (ej. Listas negras).
- El equipo de respaldo en terminales, requiere de una menor inversión.
- El costo de la tarjeta es menor.
- Se reduce el costo por transacción.
- Reduce el tiempo de recuperación de cartera a la empresa concesionaria.
- Accesible a usuarios en general.
- Facilita el control de exentos.

Como "desventajas" de la Tarjeta Inteligente, con respecto a la utilizada por CAPUFE podemos señalar:

- Al ser una tarjeta de contacto, obliga a efectuar una operación de cuando menos 10 segundos.
- El sistema reduce el tiempo de cobranza al transportista, por lo que se reduce su ventaja del crédito. (Negociable según la empresa).

### III.2.- Programas de conservación y mantenimiento.

Los requerimientos oficiales para dar cumplimiento a los señalamientos del Título de concesión en materia de conservación y mantenimiento, deben ser la base para el establecimiento de los programas de trabajo de la empresa operadora.

Sin embargo es importante señalar que lo realmente ejecutado en algunas de las Autopistas concesionadas, en acciones de conservación y mantenimiento, difiere con lo requerido por la autoridad.

Las causas principales de estas diferencias, las podemos encontrar en los siguientes hechos:

Los presupuestos de egresos en algunos tramos han sido limitados, por lo cual los trabajos de conservación han resultado menores a lo deseado.

Las obras de post-construcción han consumido recursos que inclusive en ocasiones se salen de lo programado.

Ante este panorama, podemos señalar que los trabajos necesarios para la preservación de la superficie de rodamiento y demás elementos de una autopista, requieren adecuarse continuamente a las condiciones reales, ocasionadas por el tipo y volumen de tránsito, efectos climatológicos, calidad de los trabajos de construcción y por el desgaste normal.

El programa de conservación debe partir de una planeación estratégica, adecuada a la realidad de las acciones por desarrollar, como se señaló anteriormente acorde a la disponibilidad de recursos y basado en un sistema sencillo, práctico y flexible para su seguimiento. Cuando un programa resulta inconsistente, con demasiados cambios y falta de control, provocará con el tiempo el incumplimiento de acciones y con ello un estado de deterioro progresivo, con las consecuencias implícitas de pérdida de seguridad y elevación de los costos de operación.

La base para el programa, es el adecuado conocimiento del estado físico de todos los elementos de la autopista, la práctica de acciones cada vez más eficaces, con registros de la evolución de las condiciones en el tiempo y un control de costos.

La primera parte del programa se refiere a la formación de un inventario, que se actualizará anualmente, en el que se registre la siguiente información:

- Extensión de la superficie de pavimento.
- Ubicación y descripción de cada una de las estructuras.

### 3. Tarjeta monedero.

En nuestro país, esta modalidad de manejo de efectivo, se encuentra en vías de desarrollo. Algunas instituciones financieras cuentan con sistemas prototipo, que no han sido lanzados al mercado, hasta que se afinen algunos detalles operativos y se logren acuerdos sobre estandarización, que permitan el abatimiento de costos por medio de una red de terminales compartidas.

### 4. Comunicaciones vía satélite

La posibilidad de comunicación vía satélite, ha permitido el desarrollo de equipos digitales de comunicación, identificación y rastreo; que en el medio del transporte, ofrecen una muy amplia diversidad de aplicaciones. Entre estas podemos citar:

"G.P.S." (Geographical Position Sistem). Equipos que permiten determinar con alta precisión, la ubicación, con sus tres coordenadas, de una señal emitida en alta frecuencia.

El uso de estos equipos ha sido principalmente en el rastreo de unidades móviles de transporte, levantamientos topográficos de instalaciones, mediciones a larga distancia, señalamiento de rutas computarizadas, etc.

Sistemas de seguridad en el camino:

- Defensas disipadoras de energía.
- Pavimentos drenantes.
- Sistemas de información.

### 5. Páginas en Internet.

Esta herramienta permite al usuario planear su viaje, establecer rutas opcionales, programar sus gastos, identificar información particular y general sobre cada tramo por recorrer, etc.

Los concesionarios podrán utilizar este medio para ampliar sus comunicaciones, desarrollar medios publicitarios, utilizar canales de comunicación con clientes y proveedores, etc.

La información recabada durante el recorrido de evaluación, servirá para abrir la bitácora de conservación (bajo un sistema electrónico de control), y permitir el contar con un medio sencillo de referencia y control, sobre la evolución de los problemas y los resultados alcanzados en cada acción correctiva. -

Los registros llevados en la base de datos, deberán incluir entre otros, los siguientes datos:

- Fecha
- Elemento y clave
- Ubicación
- Descripción de condiciones anormales
- Numero de orden para trabajos ejecutados
- Resultados alcanzados en trabajos previos de tipo preventivo o correctivo
- Alcance de trabajos programados pendientes de ejecución
- Labores ejecutadas
- Recursos utilizados
- Proveedores
- Tiempo empleado
- Costo
- Observaciones y recomendaciones

Para facilitar el manejo de la información, se deberá contar con una demarcación por zonas, como pueden ser mitades de kilómetros entre estaciones cerradas.

Los objetivos que se persiguen en el manejo de esta información son los siguientes:

- Identificación y registro de anomalías.
- Evaluación de necesidades de subcontratación y asesorías.
- Integración de presupuestos.
- Definición de prioridades en los programas de reparación.
- Formulación de programas parciales de trabajo.
- Evaluación y programación de recursos.
- Medición de avances y rendimientos en los trabajos de mantenimiento.
- Registros de las erogaciones realizadas, por claves de costo, para el control presupuestal correspondiente.
- Datos históricos para fines de información en general.

- Ubicación y descripción de cada obra de drenaje.
- Ubicación y clasificación de cada pieza del señalamiento vertical.
- Longitud y ubicación de cada tipo de línea del señalamiento horizontal.
- Entronques, estaciones de peaje, estacionamientos, miradores, áreas de descanso, accesos, rampas, carriles adicionales, rampas para frenado de emergencia, etc.
- Edificios, con detalle de sus instalaciones.
- Pozos de agua, instalaciones y equipos.
- Descripción ubicación y detalles de Instalaciones hidrosanitarias con su equipamiento.
- Ubicación y clasificación de los elementos de protección como son defensas, barreras, etc.
- Instalaciones y mobiliario en zonas de estacionamiento, miradores, áreas de descanso, paradores, centros traileros, zonas comerciales, restaurantes, hoteles, monumentos, sitios de interés, etc.
- Servicios al público (teléfonos S.O.S., teléfonos públicos, tanques de agua para radiador, puestos de socorro, talleres, refaccionarias, gasolineras, puestos de vigilancia, etc.
- Publicidad.
- Alumbrado.
- Superficie jardinada.

Una vez definida la base de datos de los elementos que conforman la autopista, es necesario complementarla con la evaluación inicial de su estado físico en cada uno de sus elementos. Esta primera medición, generalmente no refleja con exactitud las condiciones reales del estado que guardan los elementos para su correcto funcionamiento. A medida que transcurra el tiempo, la incidencia y dimensión de los problemas que vayan surgiendo, serán el mejor indicador para conocer y definir las condiciones reales y necesidades de conservación.

El método inicial para cuantificar y definir el estado físico enfocado a los programas de Conservación y Mantenimiento, no corresponde al utilizado en la calificación del nivel de servicio, esta medición tiene que ser mucho más detallada, a fin de tratar de descubrir, por observaciones directas e indirectas, el buen estado y correcto funcionamiento de cada elemento.

La programación de las actividades de conservación además de estar ligada a los recursos disponibles, deberá tomar en cuenta las condiciones meteorológicas de la región. En algunos casos los periodos adecuados pueden ser de corta temporalidad o bien de horario limitado, lo cual habrá de tomarse en cuenta a la hora de diseñar los ciclos de trabajo y dimencionamiento de cuadrillas.

La mecanización del trabajo siempre será lo más recomendable cuando el tipo de actividad, los volúmenes de trabajo y la ubicación de los mismos lo permitan. La utilización de equipo requiere de un estudio adecuado de costos en el que se consideren tiempos ociosos, traslados, almacenaje, mantenimiento, subutilización, mano de obra para su operación y conservación y algo muy importante que es la amortización real por mal uso u obsolescencia.

Actividades contempladas en un programa de conservación rutinaria:

1. Corona.

- Bacheo.
- Reparación de identaciones.
- Reparación de desprendimientos de sello o agregados.
- Renivelación de deformaciones.
- Resane de grietas.
- Reparación de llorado del asfalto.
- Desyerbe de la orilla de la carpeta.
- Barrido de la carpeta.
- Limpieza de manchones de aceite o diesel.
- Limpieza de desprendimientos de sello.

2. Cortes y terraplenes.

- Recargue de material en taludes erosionados.
- Desyerbe en hombros de terraplenes.
- Amacize de laderas en cortes.
- Desalojo en muros alcancia, del material desprendido.
- Rehabilitación de muros alcancia.

3. Derecho de vía.

- Desyerbe.
- Limpieza de basura.
- Reparaciones al cerco del derecho de vía.
- Rehabilitación de postes y alambre en el cerco del derecho de vía.
- Clausura de accesos clandestinos.

#### 4. Obras de drenaje.

- Desazolve de alcantarillas.
- Desazolve de canales de llamada.
- Reparación de cabezales.
- Recárgue de material en aleros.
- Resane de alcantarillas fisuradas.
- Rehabilitación de mamposterías.
- Reparaciones en bordillos, cunetas y lavaderos.
- Repintado de bordillos, cunetas y lavaderos.

#### 5. Estructuras.

- Desazolve de drenes y desagües.
- Reparación de golpes en defensas.
- Recárgue de material en conos de abatimiento.
- Reparaciones en parapetos.
- Limpieza de juntas.
- Rehabilitación de juntas.
- Limpieza de propaganda.

#### 6. Señalamiento.

- Limpieza de señales.
- Repintado de estructuras.
- Rehabilitado de señales.
- Enderezado de señales.
- Reinstalación de señales.
- Reposición de defensas metálicas.
- Reinstalación de fantasmas.
- Reposición de vialetas.
- Rehabilitado de vialetas.
- Repintado de señalamientos en pavimento.
- Repintado de fantasmas.
- Repintado de reflejantes en fantasmas.



## 7. Estaciones de peaje.

- Pintura en edificios.
- Limpieza en gral.
- Limpieza de cisternas.
- Reparaciones en sanitarios.
- Limpieza de señalamientos.
- Rehabilitado de señalamiento.
- Cambio de focos.
- Repintado de guarniciones.
- Repintado de defensas.
- Jardinería.
- Barrido de pavimentos y estacionamientos.
- Limpieza de manchones de aceite y rodadas en pavimentos.
- Retiro de basura de depósitos.
- Reparaciones en banquetas y andadores.
- Pintura en estructuras.
- Impermeabilización de azoteas y cabinas.
- Rehabilitación de interiores cabinas.
- Pintura en cabinas.
- Fumigación de instalaciones y registros.
- Trabajos de plomería en sanitarios.
- Rehabilitación de mobiliario en sanitarios.
- Rehabilitación de cancelería en sanitarios.

## 8. Servicios.

- Abastecimiento de agua en depósitos.
- Reparaciones al equipo y cabinas S.O.S.
- Abastecimiento de consumibles en sanitarios y paradores.

Actividades contempladas en un programa de conservación preventiva y correctiva.

### 1. Corona.

- Renivelaciones.
- Reencarpetado.
- Reselleado.

## 2. Cortes y terraplenes.

- Tendido de taludes con problemas de estabilidad.
- Colocación de mallas y geotextiles en laderas y taludes.
- Construcción de muros secos tipo alcancía
- Concreto lanzado.
- Drenaje.
- Anclajes.
- Recubrimientos especiales.
- Desazolve de contracunetas.

## 3. Derecho de vía.

- Excavación de zanjas para obstaculizar accesos clandestinos

## 4. Obras de drenaje.

- Ampliación del área drenante.
- Desarenadores.
- Bordillos, cunetas y lavaderos adicionales.
- Enrocamientos de protección.
- Ampliación de aleros y cabezales.

## 5. Estructuras.

- Ampliaciones.
- Reforzamientos.
- Mamposterías.
- Obras adicionales.

## 6. Señalamiento.

- Repintado del señalamiento horizontal.
- Reemplazo de señalamiento vertical.

## 7. Estaciones de peaje.

- Mantenimiento a instalaciones eléctricas.
- Mantenimiento a instalaciones del sistema de control vehicular.
- Mantenimiento a equipos de aire acondicionado en edificios y cabinas.
- Substitución de equipos.

## 8. Servicios.

- Mantenimiento de equipos de radiocomunicación.

La conservación y mantenimiento de las autopistas no cuenta con una normatividad específica. Para los trabajos por ejecutar se aplican las especificaciones vigentes de la Dirección General de Conservación de la SCT, que cubren una gama muy amplia de trabajos, en lo referente a terracerías, pavimentos, estructuras, drenaje, señalamiento, edificación, etc. tanto en lo que respecta a muestreo, pruebas de laboratorio y control de calidad de los materiales, como en lo referente a procedimientos de ejecución y tolerancias.

En el caso de las autopistas, aún cuando la labor del supervisor en el control de la calidad de los trabajos, se apegue a lo señalado en la normatividad, este deberá contar, en los casos especiales, con el apoyo de técnicos calificados de reconocida experiencia, estudios y análisis de campo y/o gabinete sobre las condiciones existentes y las causas de origen de los problemas, así como contar con facilidades de herramientas y equipos modernos de verificación y medición.

La experiencia en conservación a través del corto periodo transcurrido, ha resaltado la necesidad de modificar los alcances de algunas normas que no resultan totalmente satisfactorias para el caso de autopistas (lavaderos, obras de drenaje, postes del Derecho de Vía, tipo de sello, taludes en terraplenes, arroje de obras de drenaje, aproches de puentes),

## IV.- Sistemas de control.

Como se ha mencionado anteriormente, el cumplimiento por parte de la empresa operadora de sus funciones en materia de operación, conservación y mantenimiento; esta íntimamente ligado a factores internos como: la eficacia de su organización, el control de calidad instrumentado y adecuada liquidez económica que le permita la realización de estas funciones.

Para la empresa Concesionaria, responsable ante la autoridad y demás participantes en materia económica, de las acciones realizadas por la operadora, debe existir un medio de control que le permita conocer con oportunidad y claridad, el cumplimiento de las labores contratadas, a fin de tomar medidas correctivas cuando esto sea necesario.

Es por ello que en las concesiones surge la necesidad de la participación de una empresa supervisora externa, totalmente desligada de la organización de la empresa Operadora, que controle, verifique e informe sobre el desempeño.

Esta Supervisora debe a su vez responsabilizarse de ejercer acciones preventivas que induzcan a una mejoría continua en toda la organización, complementadas con funciones de evaluación del desarrollo y certificación de la calidad.

### IV.1.- La Supervisión en la conservación y el mantenimiento.

Una manera de describir a detalle las funciones realizadas por la supervisión contratada es describir la serie de informes que realiza, que son:

#### **a) Reporte semanal de actividades desarrolladas en la conservación.**

El personal de campo de la supervisora mantiene un seguimiento diario de las actividades desarrolladas por el personal de la empresa operadora, encargada de la conservación y del mantenimiento.

El objetivo de esta actividad es dar seguimiento a los programas mensuales de trabajo, llevar un control de calidad de los trabajos y reportar a la Gerencia de la operadora y a la concesionaria los avances y niveles de calidad alcanzados.

Entre las principales actividades reportadas se tienen:

- Trabajos ejecutados por el personal.
- Trabajos realizados con equipo propio.
- Trabajos realizados con equipo rentado.
- Trabajos contratados a terceros.

El reporte en su primera parte es descriptivo, y se compone de un desglose por actividades, con su ubicación, los recursos empleados y los volúmenes ejecutados.

Una segunda parte del reporte consta de observaciones y recomendaciones, encaminadas a resaltar principalmente causas y origen de deficiencias, medidas correctivas que se sugieren, condiciones especiales de elementos de la autopista que deberán ser atendidos.

La parte final del reporte es en forma tabular y se compone de:

- Concepto.
- Unidad.
- Cantidad programada en el año.
- Cantidad programada para el mes.
- Cantidad ejecutada por semana del mes.
- Avance porcentual por actividad en el mes.
- Avance acumulado anual.
- Avance porcentual acumulado anual.

Este informe cubre un período semanal de domingo a sábado y se envía vía fax los lunes.

**b) Reporte bimestral del estado físico de la Autopista.**

Mediante recorridos rutinarios de verificación, que realiza el personal supervisor de campo, así como a partir de una base de datos que forma el inventario general de la Autopista, se lleva un control de la evolución del estado físico de los siguientes elementos

- Superficie de rodamiento.
- Obras de drenaje.
- Zonas laterales del derecho de vía.
- Señalamiento.
- Obras diversas.
- Servicios.
- Cuerpos de la Autopista.
- Estaciones de peaje.
- Estructuras.

Cada uno de éstos, se subdivide a su vez en sus diversos componentes a fin de reportar en forma concisa, los desperfectos observados y los trabajos correctivos o preventivos a los que estuvo sujeta cada parte, durante el período que se reporta.

A fin de que el reporte sea más manejable, la Autopista se subdivide por tramos entre entronques, de tal manera que exista congruencia con los subtramos en que se califica el índice de servicio.

El objeto de este informe, es el de agrupar por frentes de trabajo las necesidades de mantenimiento, de tal forma que se facilite la elaboración y seguimiento de los programas periódicos de conservación y de mantenimiento, así como su control.

Este reporte se complementa con observaciones y recomendaciones de la empresa supervisora de forma particular por elemento y de tipo general para el período reportado.

Este mismo reporte incluye una segunda parte, con la calificación del Índice de Servicio de cada subtramo y un informe fotográfico con notas explicativas como pie de foto.

El informe completo se entrega a la Concesionaria con copia a la Gerencia de la empresa operadora.

**c) Reporte trimestral de actividades para el comité del fideicomiso.**

A fin de informar al pleno del comité técnico del fideicomiso de la concesión, sobre las actividades desarrolladas por el personal de la empresa Supervisora, cada ocasión que éste se reúne para analizar el estado que guarda la operación y las finanzas de la concesión, se entrega un reporte general de actividades.

Este reporte es de tipo descriptivo y tiene como objetivo señalar las principales actividades en que participó la supervisora, resaltar los hechos más significativos que en materia de conservación y mantenimiento se presentaron durante el período y denotar las recomendaciones y observaciones que propone la Supervisión, a fin de mantener las óptimas condiciones de la Autopista y la seguridad de los usuarios.

**d) Calificación trimestral del índice de servicio.**

De acuerdo a lo señalado en el Título de Concesión, la empresa concesionaria está obligada a mantener la Autopista en condiciones físicas que den por resultado una calificación del Índice de Servicio no menor a los 400 puntos. A fin de conocer la correcta atención de los desperfectos que se van presentando, la Supervisora efectúa periódicamente la evaluación de dicho índice, e informa a la concesionaria y a la empresa operadora.

Esta calificación corresponde a una medida subjetiva, de las condiciones físicas de cada elemento, mediante una medida comparativa con un estado de perfección, en el que la autopista cuente con estructuras en condiciones óptimas que garanticen su funcionalidad y el usuario maneje con seguridad y comodidad.

En el caso de las Autopistas, el procedimiento interno de calificación puede ser el especificado por la SCT, que oficialmente es el indicado para las Autopistas concesionadas, o bien el utilizado por CAPUFE, que está basado en el de la SCT con adecuaciones enfocadas a las características y servicios de las Autopistas. En ambos casos la calificación máxima corresponde a una escala de 500 puntos y la mínima aceptable para autopistas es de 400 puntos.

En forma de resumen, el procedimiento de la SCT es el siguiente:

Se valoran los elementos en secciones de 10 km.

Los elementos que se califican y su factor de ponderación correspondiente son los siguientes:

Elemento	Valor relativo	Factor de influencia
Corona.	50	0.8
Drenaje.	30	0.8
Zonas laterales del derecho de vía.	20	0.8
Señalamiento vertical.	60	0.2
Señalamiento horizontal.	40	0.2

Los elementos se califican de 0 a 5 con aproximación de un decimal, de acuerdo a la siguiente escala:

Calificación	Estado del elemento
0	Pésimo
0 - 1	Muy malo
1 - 2	Malo
2 - 3	Regular
3 - 4	Bueno
4 - 5	Muy bueno
5	Excelente

La evaluación la realiza un "Calificador" acompañado de una persona que esté bien informada sobre las condiciones de los elementos del tramo.

El recorrido se efectúa en un vehículo a una velocidad no mayor de 60 km/hr con un mínimo de dos paradas por cada sección de 10 km, para confirmar a menor distancia el estado físico de sus elementos, principalmente obras de drenaje.



El tramo calificado no será mayor a 200 km diarios y deberá ser hecho de día, en caso de lluvia durante el recorrido, únicamente se calificara el drenaje y señalamiento vertical, efectuando un recorrido posterior -en condiciones meteorológicas favorables para calificar el resto de los elementos.

Al final de cada sección el calificador detendrá la marcha para anotar en el formato correspondiente la calificación promedio de cada elemento en dicha sección.

La evaluación de cada elemento será independiente de los otros, esto es no se tomarán en cuenta influencias entre ellos.

En la calificación no deberán tomarse en consideración condiciones particulares que afecten las condiciones de tránsito, hay que recordar que el objetivo es calificar la conservación de los elementos existentes.

Los tramos en reparación no deberán ser tomados en cuenta durante el recorrido.

El objetivo fundamental que es obtener la calificación de una sección, se alcanza al sumar los productos que resultan de la multiplicación de la calificación de cada elemento por su valor relativo y su factor de influencia correspondiente. La calificación variará entre 0 a 500.

Con el mismo procedimiento puede obtenerse la calificación para cada elemento.

La calificación del tramo total será el resultado de dividir la suma de los productos de multiplicar la calificación para cada sección por su longitud en kilómetros, entre la longitud total de las secciones calificadas.

Para juzgar el estado físico de un tramo, la SCT se basa en la siguiente correlación de rangos:

<b>Calificación</b>	<b>Estado físico</b>
De 0 a 250	Malo
Mayor a 250 Hasta 350	Regular
Mayor de 350 Hasta 500	Bueno

Para facilitar la evaluación de la calificación de cada elemento y que ésta no dependa enteramente del criterio del Calificador, la SCT establece los lineamientos y ayudas respectivas para el llenado de formas.

Para calificar la Corona del camino se parte de una base que cataloga la intensidad de deformaciones, y a partir de ésta se deducen en forma acumulativa fracciones de la puntuación correspondiente, según la concurrencia e intensidad de: grietas, agrietamientos poligonales, calaveras, baches y textura defectuosa.

Para medir la intensidad de defectos se consideran cinco tipos de graduación:

- a) No se observan defectos.
- b) Defectos corregidos.
- c) Tres zonas aisladas pequeñas por sección. (Se entiende por zona aislada pequeña aquella en que las deficiencias se localizan en longitudes que van desde los 5.0 m. a los 200.0 m.)
- d) Seis zonas aisladas amplias por sección. (Se entiende por zona aislada amplia aquella en que las deficiencias se localizan en longitudes que van desde los 200.0 m. hasta los 500.0 m.)
- e) Zonas Generalizadas. (Cuando las deficiencias abarcan una longitud igual o mayor al 30% de la longitud total de la sección.)

En el caso de la calificación del elemento drenaje, la guía de la SCT para la puntuación correspondiente, se basa en el funcionamiento, los defectos físicos observables y las condiciones de conservación.

Esta calificación se efectúa, como se señaló anteriormente, en un mínimo de dos sitios donde por muestreo se evalúen: alcantarillas, vados y canalizaciones, representativos de la sección, a los que se les aplicará una puntuación de 0 a 5 según el grado de funcionamiento, el cual podrá ser satisfactorio, con obstrucciones parciales o totalmente obstruido. Del valor aplicado se descontaran puntos o fracciones en forma acumulativa, por los defectos físicos que se encuentren como son grietas, cuarteaduras, socavaciones, etc. Adicionalmente se reducirá la calificación por obstrucciones en las cunetas, contracunetas o canales representativos de la sección; por daños en lavaderos, bordillos y guarniciones; y cuando la pendiente transversal, bombeo o sobreelevación, presente deformaciones menores o mayores según el grado de riesgo a que este expuesta la estabilidad del camino.

El derecho de vía es el siguiente elemento que se califica, y para ello la SCT establece una puntuación basada en la intensidad de las deficiencias que puede ser de tres categorías:

- a) Sin deficiencias.
- b) Deficiencias hasta en el 50% de la sección.
- c) Deficiencias en mas del 50% de la sección.

La deficiencia principal es vegetación crecida en mas de 40 cm de altura dentro de los 5.0 m colindantes al hombro del camino. Para esta deficiencia se califica la sección en un rango que va de 2.5 a 5 según la intensidad de la deficiencia.

A partir de la calificación base anterior, se descuenta puntos o fracciones en forma acumulativa, por otras deficiencias como son: Vegetación en el resto del derecho de vía con mas de 1.5 m. de altura, vegetación u objetos que sean peligrosos al tránsito o al camino, cercados mal ubicados o de materiales inadecuados; falta de cercado, utilización indebida del derecho de vía con anuncios fuera de reglamento, basura o servidumbre.

Para el señalamiento vertical se sigue un procedimiento de calificación similar, en donde las deficiencias en el señalamiento preventivo, restrictivo e informativo darán lugar a una calificación base que será de 3 a 5 puntos cuando la intensidad de las deficiencias sea menor del 30% de las que podría haber por sección, de acuerdo al "Manual de dispositivos para el control de tránsito" que edita la SCT, y de 1 a 3 puntos cuando sea mayor a este mismo porcentaje.

A partir de la calificación base se deducen puntos por deficiencias en fantasmas, defensas y postes de kilometraje, estas deficiencias pueden ser: ausencia, falta de visibilidad, maltrato, falta de pintura, suciedad, etc.

El señalamiento horizontal se califica tomando como base la raya central, en donde nuevamente de acuerdo a la intensidad y a lo señalado en el "Manual de dispositivos para el control vehicular" se aplican de 4 a 5 puntos si la intensidad de deficiencias es menor del 30% y de 2 a 4 si es mayor.

Las deficiencias de la raya central pueden ser: ausencia, falta de claridad, fuera de especificación especialmente en ubicación, dimensiones y color.

Las deficiencias en otras rayas como pueden ser laterales, separadoras de carril, canalizadoras, protectoras y marcas transversales del tipo de cruce de FF.CC., cruce de peatones, zonas de estacionamiento, paraderos de autobuses, cabezotes de alcantarillas, pilas y estribos de PIV, parapetos de puentes, guarniciones, etc. deducirán puntos de manera acumulativa, de la calificación base.

La calidad de la pintura por falta de elementos para su definición, quedará a juicio del Calificador basado en la visibilidad, grado de intemperismo y marcas por la acción del tránsito.

El manual de procedimiento de CAPUFE para la calificación del Índice de Servicio, esta basado en lo general sobre lo señalado por el de la SCT con algunas diferencias como las siguientes:

La sección comprende tramos de 1 km.

Las secciones se subdividen en zonas, estas en conceptos y estos en elementos.

Los elementos se califican igualmente en una escala de 0 a 5, con los siguientes niveles intermedios:

<b>Calificación</b>	<b>Estado fisico</b>
0	Pésimo
0 - 1	Muy malo
1 - 2	Malo
2 - 3	Regular
3 - 4	Bueno
4 - 5	Muy bueno
5	Excelente

El recorrido deberá hacerlo el Calificador, en un vehículo que transite a 10 km/hr, con paradas suficientes para revisar a detalle elementos tales como alcantarillas, puentes, etc. Cuando la evaluación se haga sobre las condiciones de rugosidad de la superficie de rodamiento, la velocidad deberá ser de 60 km/hr, observando simultáneamente los evaluadores hacia delante como hacia atrás, a fin de que la posición del sol ayude a detectar los puntos con daños severos.

La corona se calificará por carriles, representando el promedio de estos la evaluación de la corona.

La evaluación del funcionamiento hidráulico de la sobreelevación y bombeo deberá efectuarse en época de lluvias, de lo contrario no se tomará en cuenta en la calificación total.

El señalamiento vertical y horizontal se deberá evaluar de día y adicionalmente de noche.

Se incluye la evaluación de malla antideslumbrante (cuando la haya), la cual deberá efectuarse de noche.

Las zonas por calificar en una sección y su valor relativo serán las siguientes:

<b>Zona de la sección</b>	<b>Valor relativo</b>
I - Corona.	
1.1. Calzada	80
1.2. Acotamiento	20
II.- Drenaje.	
2.1. Alcantarillas y canalizaciones	40
2.2. Cunetas y contracunetas	30
2.3. Sobreelevación y bombeo	15
2.4. Bordillos y lavaderos	15
III.- Zonas laterales Derecho de Vía.	
3.1. Vegetación	35
3.2. Paisaje	15
3.3. Cercado	35
3.4. Uso indebido del derecho de vía	15

**IV.- Señalamiento.**

4.1. Señalamiento vertical	60
4.2. Señalamiento horizontal	40

**V.- Obras diversas.**

5.1. Faja separadora central	50
5.2. Defensa lateral	30
5.3. Malla	20

**VI.- Servicios.**

6.1. Caseta de peaje	50
6.2. Pozos de agua	20
6.3. Paradero o mirador	10
6.4. Torres de auxilio S.O.S.	20

**VII.- Estructuras**

7.1. Pasos inferiores	25
7.2. Pasos superiores	20
7.3. Puentes carreteros	20
7.4. Pasos peatonales	15
7.5. Muros de contención	10
7.6. Techumbres	5
7.7. Edificación	5

Para llegar a la calificación del camino, el manual establece una guía para aplicar calificaciones de 0 a 5, a cada concepto, basadas en todos los casos en tres niveles de deterioro que son: leve, moderado y severo.

El procedimiento para llegar a la calificación por zonas, es el siguiente:

Se efectúa el recorrido y al final de cada sección se aplica una calificación a cada concepto de cada elemento así como una evaluación de la intensidad o porcentaje en que interviene cada tipo de deficiencia en la sección.

Al multiplicar cada deterioro o deficiencia por el porcentaje de afectación en la sección correspondiente, se llega a la calificación de cada concepto del elemento.

La calificación mas baja en cada caso será la que se tome como puntuación del concepto.

A fin de determinar la calificación ponderada de la zona, cada concepto de la zona, en forma parcial, se multiplica por su valor relativo asignado (factor de importancia del concepto en la zona de la sección) y en casos específicos por la suma de éste último y el valor distribuido de los conceptos inexistentes.

A la suma de todos los conceptos por su valor relativo y su valor distribuido se le tomara como la calificación de esa zona en la sección.

Los valores de las calificaciones de las zonas se llevaran a un formato en donde se determine tanto la suma de las zonas de la sección, como los valores ponderados por tipo de zona, en las secciones del tramo de camino en que se califican las condiciones de servicio.

Finalmente a las calificaciones ponderadas de las diferentes zonas del camino, se les multiplica por su factor de influencia predeterminado (factor asignado y distribuido, que mide la importancia de cada zona en la calificación de las condiciones de servicio), y la suma total de las zonas afectadas por su factor, será la calificación general del camino, la cual no deberá mayor de 500 puntos, ni menor de 400 puntos en el caso de autopistas concesionadas.

**e) Informes de visitas de especialistas con el fin de evaluar las condiciones de cortes y otros elementos con problemas.**

En el caso de problemas específicos, la empresa Supervisora debe recurrir a los servicios de su personal especializado o a consultores asociados a fin proponer soluciones que digamos salen de la Supervisión "normal".

Los problemas más comunes que se observan en las Autopistas, corresponden a los de tipo geológico, en donde el proyecto no se adecuó de manera satisfactoria a las condiciones encontradas durante la construcción.

Cortes con gran inestabilidad, fallas expuestas con materiales degradables, cortes con rocas estratificadas empacadas con arcillas, estratos con hechados o fragmentación problemática, y algunos otros problemas como los que se tienen en las Autopistas "Tehuacán – Oaxaca", "Cuernavaca – Acapulco", "Guadalajara – Tepic", "Tijuana – Ensenada", las cuales han requerido para su solución de grandes inversiones durante la operación, que seguramente se hubiesen resuelto de manera mas económica, si esto se hubiera considerado durante la construcción.

Las limitaciones económicas y algunas otras causas siguen siendo motivo de que algunos de estos problemas no cuenten con soluciones integrales, lo cual provoca que se efectúe una constante supervisión y evaluación de riesgos, además de implementar medidas preventivas inadecuadas.

Los reportes de estas condiciones deben ser muy descriptivos, soportados con una evaluación de parte de especialistas que delimiten claramente el problema, determinen las causas, calculen las tendencias y señalen los riesgos, recomienden soluciones y planteen líneas de acción.

En todos los casos de problemas, la asistencia de especialistas debe ser recurrente, con el fin de llevar un historial de la evolución.

Otro tipo de problema en donde se requiere el apoyo de especialistas, es el caso de estructuras como puentes y obras mayores de drenaje, donde por lo general son fenómenos naturales los que ocasionen daños, que ponen en peligro la vida de los usuarios o dañan partes importantes de las estructuras.

Los reportes de inspección, evaluación de daños y propuestas de solución para estos casos deben contener entre otros los siguientes datos:

- Tipo y descripción de la estructura.
- Ubicación.
- Evaluación del daño.
- Causas que motivaron el desperfecto.
- Descripción de la falla.
- Alternativas de solución.
- Riesgos por el estado actual.
- Medidas preventivas hasta la reparación.

La importancia de este tipo de reportes va encaminada en primer lugar a evaluar la severidad del daño y la manera de repararlo, en segundo lugar como un medio indirecto de evaluación de riesgo y acción preventiva para elementos similares, ubicados a lo largo del tramo.



**f) Informes especiales sobre problemas específicos de pavimentos.**

Más común que los problemas anteriores y de mayor frecuencia en la etapa operativa, es el caso de deficiencias en que la estructura del pavimento y falta de calidad de la superficie de rodamiento, que se ven afectados por condiciones de fatiga o por fallas en la calidad de los mismos.

La temprana evaluación de desperfectos o desgaste prematuro, puede significar la necesidad de aplicar medidas preventivas que alarguen la vida del pavimento, o bien permitir reparaciones de menor costo.

Al igual que otros tipos de desperfectos, se requiere que el informe presentado por el especialista, indique la ubicación, origen, causa, magnitud, gravedad, importancia, tendencia, grado de riesgo, alternativas de solución y medidas preventivas del problema, a fin de que se proceda a tomar las medidas necesarias hasta su total reparación.

**g) Informes específicos sobre trabajos extraordinarios.**

El Gobierno Federal otorgó las concesiones del Programa Nacional de Autopistas, bajo un esquema de licitación pública, al mejor postor que cumpliera con los requisitos señalados en las bases, que contara con la capacidad técnico-financiera, que ofreciera las condiciones más atractivas de plazo de concesión y monto de inversión (para las últimas concesiones otorgadas se modificó este esquema y se incluyó las tarifas de peaje propuestas por el postor). Para la formulación de su propuesta, los participantes calcularon su presupuesto y plan financiero a partir del proyecto e información entregados por la SCT.

Durante la ejecución de los trabajos, una vez otorgada la concesión, se presentaron condiciones que obligaron a modificar algunos elementos del proyecto, lo cual en la mayoría de los casos significó un incremento al monto de la inversión.

Posteriormente, iniciada la operación de la Autopista, se presentó una afluencia de usuarios muy por debajo de los volúmenes de tránsito garantizados por la SCT.

Esta última condición, así como los incrementos en la inversión original y otros efectos de la economía del país, anuló la rentabilidad de los proyectos, obligando a las partes involucradas a una reestructuración que colocó nuevamente a las concesiones en una situación de viabilidad.

A partir de ese momento volvieron a surgir necesidades de trabajos adicionales llamados de post-construcción, los cuales por no estar considerados ni en el mantenimiento menor o mayor, ni como una aportación adicional de las partes, es necesaria su cuantificación y registro a fin de dejar los antecedentes necesarios para cuando se defina su solución.

De ahí la importancia de llevar una supervisión y seguimiento de todos estos trabajos extraordinarios, además de contar con información de respaldo para previsión o solución de condiciones similares que en un futuro puedan presentarse.

Otros trabajos extraordinarios que también han requerido del apoyo de la Supervisión a fin de garantizar su correcta ejecución son algunas obras inducidas, servicios conexos, instalaciones adicionales que mejoren los servicios de la Autopista o bien trabajos de mantenimiento que se desarrollen fuera de programa, ocasionados por causas imprevistas o por conveniencia de la misma concesión.

Como ejemplos de estos últimos se pueden citar algunos trabajos de contratistas de Pemex, CFE, Cías de Telefonía y trabajos de la operadora para modernizar sistemas de control y otros de tipo comercial.

Los reportes sobre este tipo de trabajos, deben servir como antecedente de lo ejecutado señalando entre otros datos: alcances, descripción de incidentes, recomendaciones para futuras ampliaciones tanto de los trabajos motivo del reporte como de instalaciones de la autopista, etc.

## V.- Administración de Autopistas.

Las reglas establecidas por la S.C.T. en las bases de concurso para la adjudicación de las concesiones, fueron dirigidas a empresas constructoras que contaban con capacidad técnica, económica y empresarial.

Las empresas concesionarias desde su origen, han contado con la participación de entes financieras, empresas constructoras asociadas y el mismo Gobierno Federal mediante su aportación como inversión, con la particularidad de que éste último no participa de utilidades potenciales, pero sí del beneficio que puede significar la recuperación anticipada de aquellos proyectos que alcancen los rendimientos señalados en las propuestas de los concursantes ó incumplan lo señalado en el título correspondiente.

Ante esquemas de organización distintos a los tradicionalmente manejados por los participantes, que de alguna manera continuarían desarrollando actividades propias de su giro, se acordó con la autoridad la participación de empresas concesionarias con capacidad jurídica propia y recursos aportados por sus propietarios, bajo las mismas bases originalmente convenidas.

Nacen así las concesiones otorgadas a favor de empresas distintas a las concursantes, pero en alguna forma respaldadas por estas, bajo las mismas bases ofrecidas en los concursos y respetando los lineamientos señalados en las bases de licitación.

Entra las obligaciones y derechos señalados en el Título de Concesión, se manifiesta que es responsabilidad del concesionario el cumplimiento de las normas y lineamientos del proyecto, quedando éste en libertad de contratar las obras con quien más convenga, siempre y cuando se garantice a juicio de la S.C.T. su capacidad técnica para desarrollarlas.

A fin de dar cumplimiento a las condiciones de la concesión y garantizar el adecuado manejo de los recursos aportados al proyecto, el concesionario procedió a constituir ante una institución bancaria un fideicomiso para la administración de los recursos financieros.

Es de este modo que la organización y administración propia de las empresas concesionarias ha estado desligada desde su origen, de las empresas participantes como constructoras, financieras, operadoras, supervisoras y de

Es de este modo que la organización y administración propia de las empresas concesionarias ha estado desligada desde su origen, de las empresas participantes como constructoras, financieras, operadoras, supervisoras y de aquellas otras que en alguna forma participen de la explotación de servicios conexos.

La organización de las empresas concesionarias está adecuada para manejar y controlar los aspectos legales, fiscales, comerciales, técnicos y administrativos que se requieren para dar cumplimiento a sus responsabilidades señaladas en el título de concesión correspondiente. En algunos casos específicos, estas empresas han conjuntado diversos proyectos dentro de su organización, contando siempre con la autorización de la autoridad y sobretodo siempre y cuando esta forma no contravenga alguna disposición de los títulos de concesión correspondientes.

La empresa concesionaria es la que responde ante la autoridad por todas las acciones realizadas en materia de operación, conservación, mantenimiento y explotación, así como lo hizo en su oportunidad durante las etapas de proyecto y construcción, aun cuando estas sean delegadas a terceros.

Como se menciona en capítulos anteriores, la operación de las Autopistas Concesionadas se ha efectuado hasta la fecha, a través de los servicios de empresas operadoras independientes de las Concesionarias. El motivo principal de ésta estrategia responde a intereses de orden legal, fiscal, operacional y administrativo.

Su responsabilidad obliga al concesionario a contar con una adecuada organización, capaz de atender aspectos tan diversos como pueden ser:

1. La estrecha relación que debe mantener con la autoridad en todo lo relativo a sus obligaciones.
2. Su adecuada actuación en labores de operación, conservación, mantenimiento y explotación de las instalaciones y demás elementos que constituyen el proyecto.
3. La resolución y seguimiento de los acuerdos establecidos con inversionistas, acreedores y autoridades.
4. El estudio y diseño de estrategias financieras, en casos especiales.
5. La estrecha vigilancia al cumplimiento de las disposiciones legales en materia fiscal, laboral, ambiental, de derecho civil, etc.

6. Los estudios y soluciones técnicas o administrativas que mejoren las condiciones del proyecto y favorezcan los resultados económicos de los inversionistas.
7. La administración vía fideicomiso, de los recursos económicos generados por la concesión, dando cabal cumplimiento de los compromisos y procedimientos establecidos para ello.
8. El desarrollo de actividades administrativas de planeación, programación y control de recursos humanos, materiales y financieros para la operación propia de la empresa concesionaria.
9. La entrega periódica al Comité Técnico y autoridades correspondientes, de información relativa a los avances y otros aspectos de interés relacionados con la administración, operación, conservación, mantenimiento, supervisión y explotación comercial de la concesión.
10. Su participación en actividades gremiales a favor del proyecto.

A partir del otorgamiento de las concesiones, las necesidades de información por parte de la autoridad, ha ido en aumento. Actualmente el concesionario entrega una gran cantidad de reportes, solicitados por la autoridad, los acreedores y los inversionistas.

Entre las causas de este cúmulo de información, se tiene: los cambios internos de las dependencias oficiales, la falta de coordinación, la evolución misma de las condiciones de operación, cambios que se ha venido gestando en el control de la operación y como causa principal las condiciones críticas de los proyectos, que ha llevado a reestructuraciones y reversiones de ciertos tramos.

Entre las labores más importantes que debe coordinar el concesionario con la autoridad, se tiene la adecuación periódica de tarifas de peje, la aplicación de convenios promocionales y otras políticas de descuentos.

El título de concesión permite al concesionario la aplicación de las tarifas señaladas en dicho documento y su actualización automática cada vez que la inflación determinada por el Banco de México alcance un incremento del 5%.

En la práctica esta situación no se ha dado. Las tarifas han sido reducidas a lo largo del periodo operativo, mediante decretos, promociones oficiales, descuentos de parte de las concesionarias y una política de compactación de clases por parte de la S.C.T. para llevarlas a un nivel de congruencia con las aplicadas por Capufe.

En la actualidad las tarifas aplicadas, que siguen siendo señaladas como "altas", alcanzan un nivel de reducción del 35% en el caso de automóviles y del 50% para el caso del transporte pesado, con respecto a las tarifas oficialmente autorizadas en la reestructuración financiera de 1994.

A partir del rescate llevado a cabo por el Gobierno en septiembre de 1997, se aplicó a las carreteras incluidas en este programa, un descuento adicional del 17% a los automóviles, 27% a los autobuses y 37% a los camiones. En febrero de 1998 estas tarifas se actualizaron por única vez en 1998, con un incremento del 12% y de igual manera en enero del presente año con un 15% para todo 1999.

Las concesiones que no se incorporaron al rescate de 1997, están obligadas al cumplimiento de sus compromisos financieros y para la mayoría de ellas, en tanto no se incrementen de manera notoria los aforos, resulta apremiante el mantener el nivel real de sus ingresos y por tanto de sus tarifas.

Durante la vida del Programa de Autopistas Concesionadas, las condiciones políticas y económicas del país, han mostrado una gran influencia en los resultados de las Concesiones. En este tiempo, que en realidad ha sido corto en comparación con los plazos de las concesiones, Concesionarios y autoridades han tenido que desarrollar un gran número de estrategias, con el fin de salvar la viabilidad de los proyectos.

El análisis de las condiciones de los proyectos, su evolución, el estudio de tendencias, la identificación de factores de mayor influencia en los resultados y la determinación de cursos de acción ante la diversidad de situaciones que han vivido los tramos concesionados; forman parte de un cúmulo de trabajos no considerados originalmente entre las funciones a desarrollar por el personal de las empresas, lo cual ha tenido influencia en la evolución misma de sus organizaciones.

Las concesiones a particulares, no cuentan con condiciones especiales, que las coloquen en un marco de trato preferencial, en los aspectos tradicionales de la administración de empresas.

La administración de la Autopista por parte de la empresa operadora, viene a complementar las funciones administrativas desarrolladas por la concesionaria, sin liberarla de su responsabilidad.

Estas funciones de la operadora, las cuales se mencionan en el capítulo correspondiente a la descripción de su organización, se han manejado dentro de esquemas de recursos limitados.

Las condiciones establecidas en los Memorándums de Entendimiento que sirvieron de base para la reestructuración financiera de 1994, señalan las siguientes prelación para la asignación de los recursos disponibles, producto de los ingresos de la Concesión:

1. Gastos de operación, conservación, administración y mantenimiento menor.
2. Pago de intereses de la deuda bancaria.
3. Reserva para gastos de mantenimiento mayor.
4. Amortización del crédito.
5. Recuperación de la aportación hecha por el Banco en calidad de inversión, con rendimiento a tasa interna de retorno 0%.
6. Recuperación de las aportaciones del Concesionario, con rendimiento a tasa interna de retorno 0%.
7. Recuperación de la aportación de Capufe, mediante la reversión de la concesión al Gobierno Federal.

La forma de contratación que se ha venido manejando entre la empresa concesionaria y la operadora, es por precio alzado.

Para su funcionamiento, la empresa operadora presenta anualmente a la concesionaria un programa de trabajo de los siguientes doce meses, junto con un presupuesto de gastos mensuales, el cual abarca lo siguiente:

1. Gastos de operación.

- Personal.
- Vehículos.
- Materiales.
- Servicios.

2. Gastos de conservación.

- Personal.
- Vehículos.
- Materiales.
- Servicios.

3. Gastos indirectos.

Cada uno de los conceptos anteriores, se desglosa detalladamente por partida, con los rendimientos y precios calculados según los registros del periodo anterior, clasificando los importes resultantes por tramos y subtramos.

Al importe total resultante, se le aplica un factor de utilidad, adecuado a las condiciones que rigen para este tipo de contrato.

La concesionaria después de evaluar los alcances y factibilidad de estos programas y presupuestos, los presenta a consideración del Comité Técnico del fideicomiso correspondiente, para que en caso de aprobación se proceda a programar estas erogaciones, conjuntamente con aquellas correspondientes al presupuesto de los gastos de administración de la propia concesionaria.

Cuando los presupuestos presentan variaciones por inflación, eventualidades extraordinarias que se tengan que atender, incrementos en costos, incrementos por aumento de los volúmenes de obra por ejecutar, etc. Se procede a calcular por parte de la empresa operadora, los incrementos de presupuesto y se presentan a la concesionaria, quien los analiza y de encontrarlos correctos los somete a la consideración del Comité Técnico en su siguiente sesión.

De contar con recursos suficientes, el fideicomiso entrega mensualmente a la Concesionaria las partidas autorizadas para su aplicación.

A la fecha existen trabajos imprevistos, obras de post-construcción y eventualidades que no han sido cubiertas por los fideicomisos. Estos casos denominados cuentas por pagar, han tenido que ser resueltos mediante aportaciones temporales de los mismos concesionarios. Entre los principales obstáculos para su liquidación por parte del fideicomiso, se tiene la falta de recursos, autorizaciones pendientes de parte de la S.C.T. y el rechazo de los acreedores del proyecto para modificar acuerdos de prelación de pago según lo establecido en los Memorándums de Entendimiento.

En ocasiones los presupuestos de conservación han sido ajustados a fin de cubrir trabajos urgentes, cuando estos corresponden a la categoría de trabajos de conservación o mantenimiento menor; siempre y cuando lo autorice el Comité Técnico y se cuente con recursos en caja.

Otros gastos que se han tenido que afrontar por parte de la concesionaria y para lo cual también ha tenido que contar con la aprobación del Comité Técnico, han sido el pago de Auditorías Operacionales y trabajos extraordinarios de supervisión externa.



## VI.- Conclusiones.

La participación del sector privado en la construcción, operación, conservación, administración y explotación de la infraestructura carretera, ha sido una valiosa experiencia que permite demostrar la gran capacidad del país para desarrollar programas ambiciosos de desarrollo.

Las condiciones económicas de una región son la base para el cumplimiento de las expectativas de una Concesión, sin embargo el correcto funcionamiento de las políticas de Operación, Conservación y Administración son fundamentales para alcanzar metas que permitan lograr la preferencia de los usuarios para circular por las autopistas.

Hay que incluir la rentabilidad política y social de las Autopistas como factores en el resultado de los proyectos de privatización de infraestructura.

La participación de empresas de supervisión dentro de los programas de privatización de infraestructura, es pieza fundamental para evaluar, desarrollar, operar y mantener los proyectos de manera controlada, asegurar el logro de metas y alcanzar altos estándares de calidad, tanto en las obras como en los servicios que estas brindan a los usuarios.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA CARRETERO TRONCAL**

**EXPOSITOR: ING. RODOLFO TÉLLEZ GUTIERREZ  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

## CONTENIDO

### MENSAJE

### PRESENTACIÓN

#### I. EL PROGRAMA NACIONAL DE CARRETERAS 1995-2000

1. El programa carretero de la presente administración 2. Red Nacional de Carreteras 3. La Red Básica Nacional 4. Estrategias de inversión para el periodo 1999-2000-2010 5. Identificación y jerarquía de los 10 ejes troncales principales 6. Acciones de modernización requeridas en los ejes troncales 7. Longitud modernizada hasta 1998 y por modernizar en el periodo 1999-2000 en los ejes troncales 8. Esquemas de financiamiento de la infraestructura 9. Programa de inversiones 1999 y 2000 para la modernización de los ejes troncales

#### II. IMAGEN OBJETIVO PARA EL PERIODO 2001-2010

1. Visión a 2010 y 2020

## CONTENTS

### PREFACE

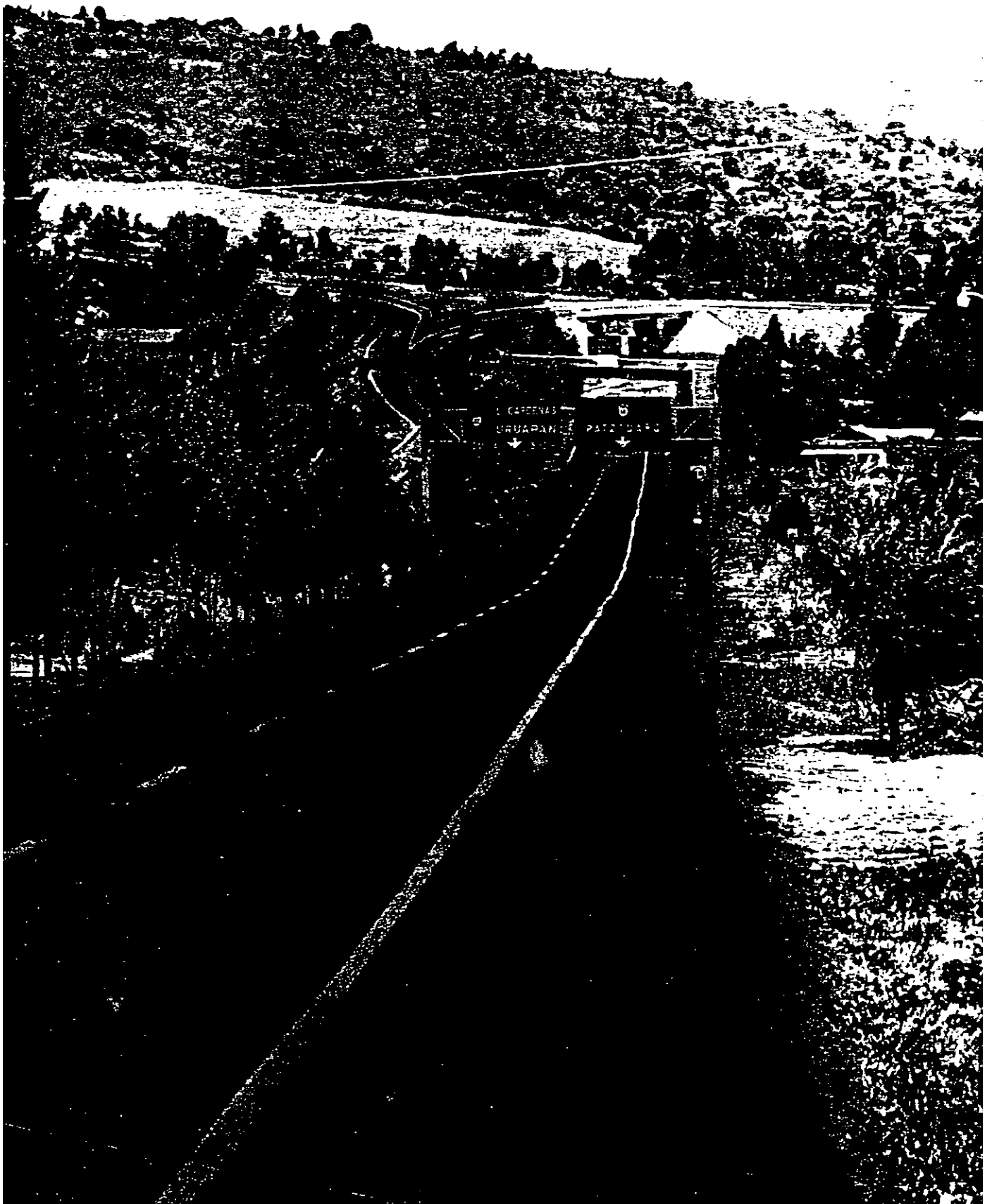
### INTRODUCTION

#### I. THE NATIONAL HIGHWAY PROGRAM, 1995-2000

1. The Present Administration's Highway Program 2. The National Highway Network 3. The Basic National Network 4. Investment Strategies for the periods of 1999-2000-2010 5. Identification and Ranking of the Ten Main Highway Corridors 6. Steps required for the Modernization of the Highway Corridors 7. Lengths of the Highway Corridors Modernized up to 1998 and Lengths to be Modernized in the Period 1999-2000 8. Infrastructure Financing Schemes 9. Investment Program 1999 and 2000 for the Modernization of the Main Highway Corridors

#### II. TARGET VISION FOR THE PERIODS 2001-2010

1. 2010 and 2020 vision



# I. EL PROGRAMA NACIONAL DE CARRETERAS 1995-2000

## I. THE NATIONAL HIGHWAY PROGRAM 1995-2000

### 1. EL PROGRAMA CARRETERO DE LA PRESENTE ADMINISTRACIÓN

Como parte del Plan Nacional de Desarrollo y del Programa Nacional de Comunicaciones y Transportes correspondientes al periodo 1995-2000, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha impulsado un conjunto de acciones para ampliar y modernizar la cobertura de la infraestructura carretera, apoyando al desarrollo regional y fortaleciendo la integración de zonas de producción y consumo.

Así, el Sistema Nacional de Carreteras sigue consolidándose como el principal medio para el desplazamiento de personas y bienes a través de todo el país, constituyéndose además como el instrumento primordial para su integración social, económica y cultural. La estadística del transporte demuestra la importante participación del sistema carretero troncal, en la agilización de las cadenas de producción y distribución de mercancías en el territorio nacional, así como en la atención de las actividades de exportación y del turismo. Por su parte, la red de carreteras alimentadoras permite completar las cadenas e integrar a las localidades rurales, propiciando su desarrollo.

En 1998, el servicio de autotransporte de carga transportó 380.5 millones de toneladas, cifra superior en 15 por ciento a la registrada en 1997. Durante 1998, el movimiento de pasajeros por autotransporte, ascendió a cerca de 2500 millones de personas, es decir, 12 por ciento más que en 1997.

Para apoyar y expandir la movilización de personas y mercancías a lo largo de todo el territorio nacional, el programa carretero de la presente administración se centra en la modernización y el mantenimiento de carreteras, otorgando prioridad a la red básica nacional y a la integración de los 10 ejes troncales principales con carreteras de altas especificaciones. Al otorgar esta prioridad, la Secretaría de

### 1. THE PRESENT ADMINISTRATION'S HIGHWAY PROGRAM

*As part of the National Development Plan and of the National Program of Communications and Transport corresponding to the 1995-2000 period, the Secretariat of Communications and Transport has implemented a group of actions that will expand and modernize Mexico's highway infrastructure. These actions will provide support for regional development and strengthen the integration of different production and consumption zones in the country.*

*Throughout time, the National Highway System has become the main mode for moving people and goods throughout the national territory, as well as a key element for Mexico's socio-economic and cultural integration. Transport statistics demonstrate the important participation of the main highway network for facilitating production chains and for distributing goods within the country, along with contributing to foreign trade and tourism. The network of secondary highways also plays an important role in providing access to rural communities and promoting their development.*

*In 1998, trucks carried 380.5 million tons throughout the nation, accounting for 15% more than in the previous year. Also during 1998, passenger movements by road rose to more than 2.5 billion persons, 12% more than in 1997.*

*To assist and expand the mobilization of passengers and goods throughout the entire country, the current administration's highway program is centered on highway modernization and maintenance. Priority is given to the basic national network and to the ten main highway corridors. By setting this priority, the Secretariat of Communications and Transport seeks to offer to the public safer and more efficient roads, which reduce travel times, transport costs and highway accidents.*

## MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY SYSTEM DURING 1997-2000

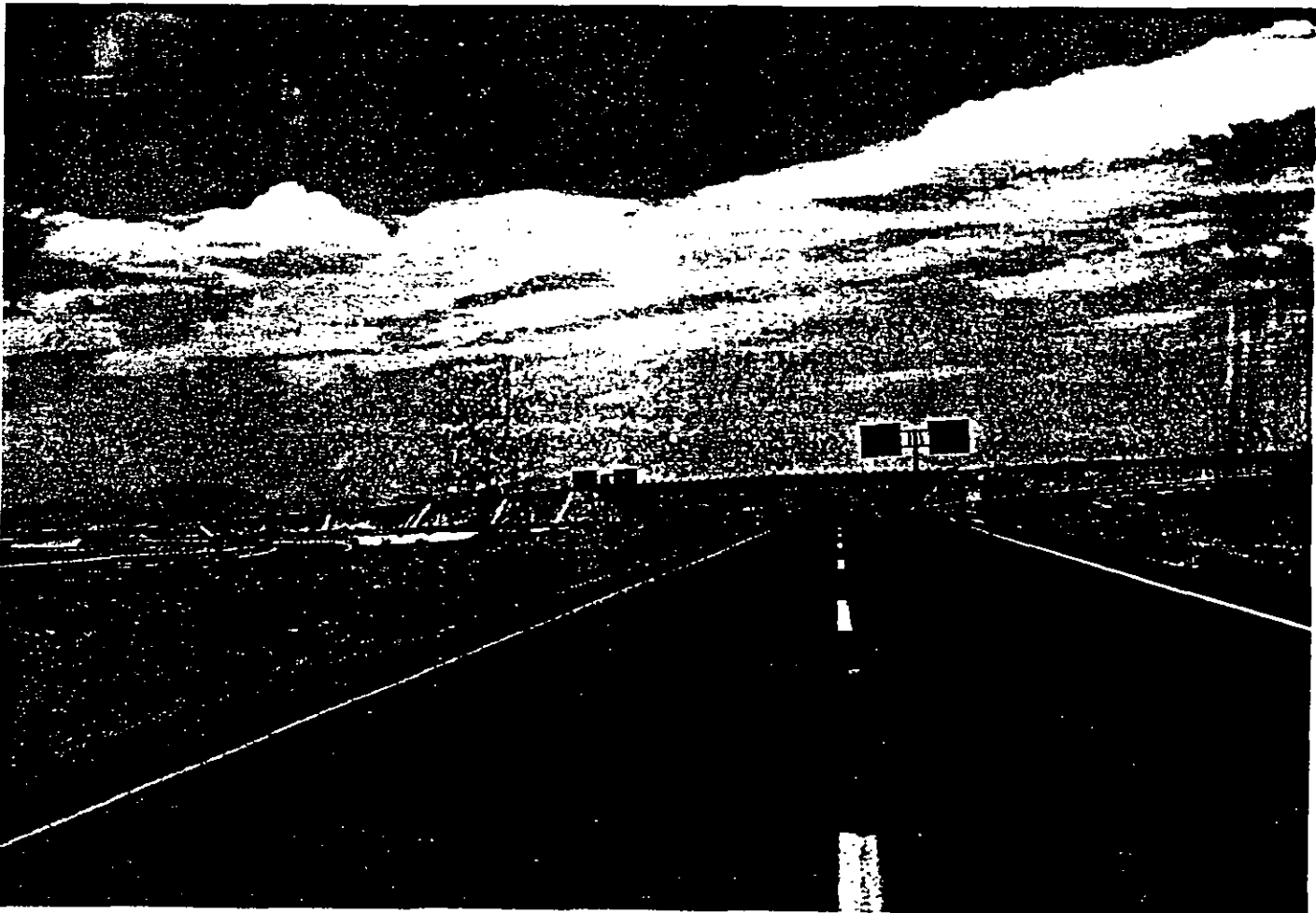
Comunicaciones y Transportes busca ofrecer al público caminos más modernos y más seguros, que permitan disminuir los tiempos de recorrido, los costos del transporte y la incidencia de accidentes carreteros.

En lo que va de la presente administración, se han modernizado y puesto en operación aproximadamente 4700 kilómetros de carreteras federales, de los cuales alrededor de 1,580 kilómetros se ubican a lo largo de los ejes troncales y el resto, en otras rutas de importancia nacional.

Al mismo tiempo, se ha realizado un esfuerzo importante para mantener la red federal, por lo que cada año se conservan los 43 mil kilómetros que la componen, se reconstruyen alrededor de 1,200 kilómetros y más de 150 puentes, con objeto de mantener el nivel de servicio de la red en condiciones adecuadas. Además, anualmente se desarrollan importantes programas de mantenimiento en los más de 6,000 kilómetros de autopistas de cuota.

*During the present administration, approximately 4,700 kilometers of federal roads have been modernized and put into operation; about 1,580 kilometers of these belong to the main highway corridors and the remaining kilometers are located along other important national roads.*

*At the same time, a great effort has been made to maintain the federal highway network. Therefore, every year, its 43 thousand kilometers receive routine maintenance and approximately 1,200 kilometers and 150 bridges are reconstructed. This is done to ensure adequate service levels of all sections of the federal highway network. In addition, specific maintenance programs are implemented for the more than 6,000 kilometers of toll highways.*



## 2. RED NACIONAL DE CARRETERAS

En 1998, la red nacional de carreteras había alcanzado una longitud total de 322,857 kilómetros. Esta red está integrada por carreteras libres, atendidas por los gobiernos federal y estatal; carreteras de cuota, a cargo del organismo descentralizado Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), concesionadas y otras de jurisdicción estatal, así como caminos rurales y brechas, cuya atención corresponde a los gobiernos estatales.

La clasificación e integración de estos grupos de carreteras, que conforman la red nacional, considera el tipo de operación libre o de cuota, las características geométricas, los volúmenes de tránsito y su función en el transporte de carga y de personas, así como su papel de impulsoras del desarrollo económico local, regional o nacional, ampliando así el criterio tradicional de definir el régimen de las carreteras con base en el origen de los recursos utilizados para su construcción, conservación y vigilancia.

Entre 1995 y 1998, la red nacional de carreteras se incrementó en 15,027 kilómetros, al pasar de 307,830 a 322,857 kilómetros, destacando lo realizado en las redes estatal y rural; el incremento del 8 por ciento (776 km) de la longitud de carreteras pavimentadas, y la de cuatro o más carriles en 8.3 por ciento (743 km.).

## 2. THE NATIONAL HIGHWAY NETWORK

In 1998, the total length of the national road network was of 322,857 kilometers. The network consisted of toll-free highways, controlled by federal and state governments; toll highways operated by "Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos" (CAPUFE), a public agency, concessioned toll roads and other roads under state jurisdiction, as well as rural roads and trails, generally in charge of state governments.

The classification and integration of the highway categories belonging to the national network takes into consideration the type of road (free or toll), its geometric characteristics, freight and passenger traffic volumes and its role in promoting local, regional and national economic development. This functional classification has superseded the traditional criterion under which highways were classified according to the origin of the resources used to construct and maintain them.

From 1995 to 1998, the national road network was extended by 15,027 kilometers, from 307,830 kilometers to 322,857 kilometers. This increase in length is particularly noticeable on state and rural roads, as well as paved highways whose length was increased by 8% (776 km.) and on 4 or more lane highways, whose total length grew by 8.3% (743 km.).

### RED NACIONAL DE CARRETERAS NATIONAL HIGHWAY NETWORK

Concepto	Longitud (km/año) Length (km/year) 1998*1
<b>Por tipo de camino</b>	<b>322,856.5</b>
Federal	48,103.6
Cuota*	6,276.3
Libre	41,827.3
Estatad	63,405.1
Rural	158,285.7
Brechas mejoradas	53,062.1
<b>Por estado superficial</b>	<b>322,856.5</b>
Pavimentado	108,803.0
Revestimiento**	150,521.7
Otros***	63,531.8
<b>Por carriles****</b>	<b>98,563.6</b>
Dos carriles	89,125.5
Cuatro o más carriles	9,438.1

\* Incluye los datos de la red a cargo de CAPUFE, de autopistas concesionadas y de estatales de cuota.

\*\* Incluye los caminos rurales, en caminos alimentadores estatales y de la red troncal

\*\*\* Incluye terracerías y brechas mejoradas.

\*\*\*\* Sólo incluye carreteras troncales federales y alimentadoras estatales pavimentadas y excluye caminos rurales.

\*1 Datos estimados a diciembre de 1998.

Nota: No se incluye la red carretera que ha quedado dentro del Distrito Federal.

Fuente: Subsecretaría de Infraestructura. SCT

### 3. LA RED BÁSICA NACIONAL

Con el propósito de jerarquizar las inversiones y las acciones correspondientes, a partir de una imagen objetivo formulada para los periodos 1995-2000-2010, las redes de caminos existentes se clasificaron en diferentes grupos según su importancia.

En tal virtud, se definieron dos grandes tipos de redes de infraestructura carretera: la red básica y la red estatal. La primera está integrada por las carreteras federales libres de importancia nacional, las que están a cargo de CAPUFE y las carreteras de cuota concesionadas; en tanto que la segunda red está integrada por las carreteras estatales, federales de importancia regional o estatal y los caminos rurales.

Para identificar las carreteras o tramos federales pertenecientes a la red básica nacional, se partió del criterio de que esta red, como conjunto, debe asegurar la comunicación directa entre entidades federativas, sirviendo también a litorales y fronteras, enlazando a las capitales de los estados y a los principales puertos marítimos y fronterizos; además, los tramos de la red básica deben dar continuidad a los flujos que circulan por los ejes troncales nacionales, por lo que soportan los mayores volúmenes de tránsito, con una elevada presencia de vehículos pesados.

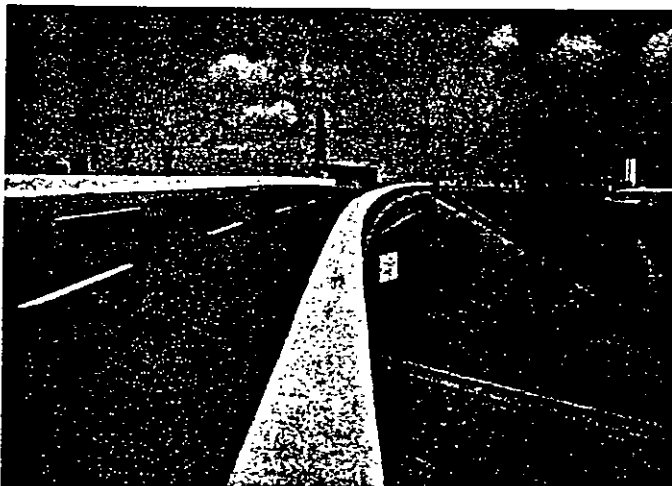
La aplicación de los criterios anteriores permitió identificar un conjunto de tramos y carreteras cuya longitud total es de 28,284 kilómetros, de los cuales 22,744 kilómetros corresponden a la Red Federal Libre y 5,540 kilómetros son autopistas de cuota. Estos tramos conforman la red básica de la infraestructura carretera nacional.

### 3. THE BASIC NATIONAL NETWORK

*In order to help in setting investment priorities, the existing road networks were classified according to their importance. Accordingly, two types of road infrastructure networks were defined: the basic network and the state network. The former network consist of toll-free federal highways of national importance, roads under the control of CAPUFE, and concessioned toll highways. The state network is composed of state roads, federal roads of regional or state importance and rural roads.*

*The federal roads or sections which belong to the basic network were selected by their role in allowing direct connections between states, ports and border towns, in linking state capitals and the main maritime and border ports. The sections of the basic network must provide continuity to traffic flows moving along national highway corridors, defined as those supporting the largest traffic volumes and the largest proportion of heavy vehicles.*

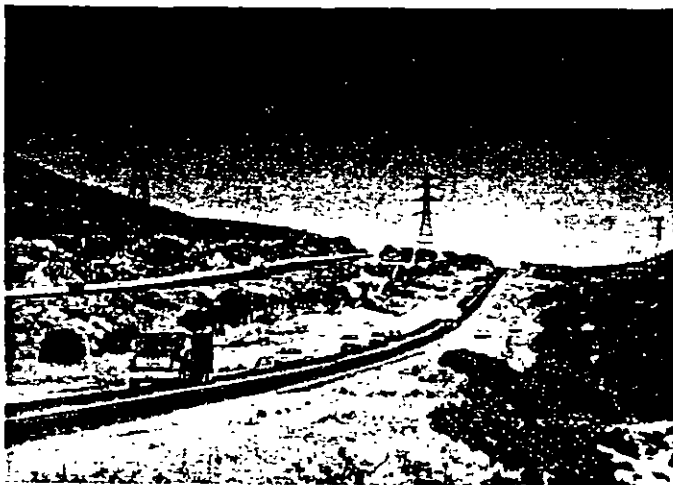
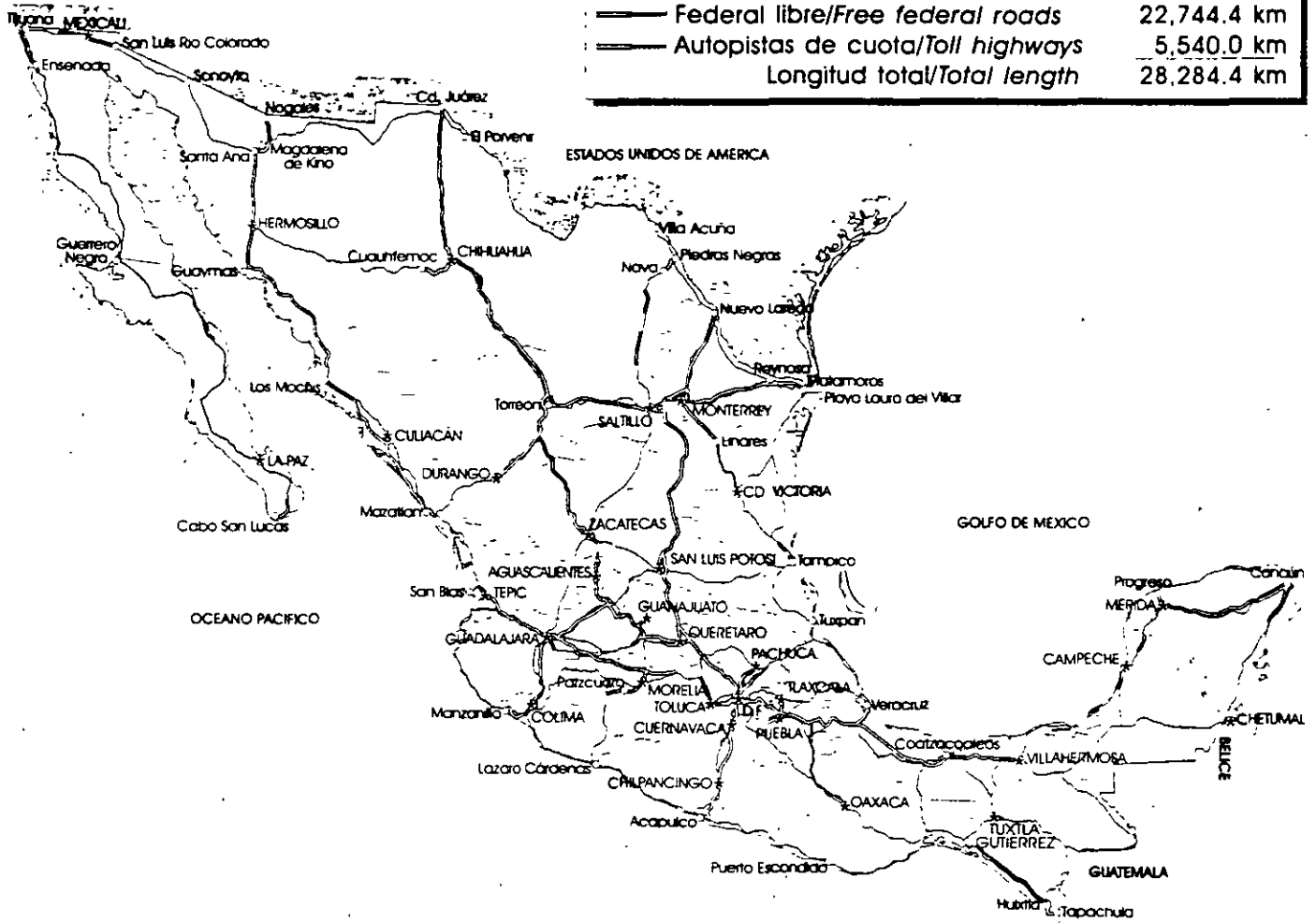
*The previously applied criteria led to the identification of a set of highways with a total length of 28,284 kilometers, of which 22,744 kilometers belong to the toll free federal network and the remaining 5,540 kilometers belong to toll highways. These highways constitute the basic national road network.*





**Red Básica Nacional**  
**National Primary Network**

— Federal libre/Free federal roads	22,744.4 km
— Autopistas de cuota/Toll highways	5,540.0 km
<b>Longitud total/Total length</b>	<b>28,284.4 km</b>



RED BASICA NACIONAL  
NATIONAL PRIMARY NETWORK

Ruta/Tramo	Federal libre (mk)	Concesionada* (km)	CAPUFE (km)	TOTAL (km)
Route/Section	Free federal roads (km)	Concessions* (km)	CAPUFE (km)	TOTAL (km)
1. México - Toluca - Guadalajara - Tepic - Mazatlán - Nogales	1,773.45	1,176.00	89.00	3,038.45
2. Palmillas - Querétaro - Ciudad Juárez	1,318.85	566.00	104.00	1,988.85
3. Querétaro - San Luis Potosí - Monclova - Piedras Negras	1,050.10	127.00		1,177.10
4. México - Tulancingo - Tampico - Monterrey - Nuevo Laredo	1,108.87	212.00	37.00	1,357.87
5. México - Texcoco - Tlaxcala - Jalapa - Veracruz	409.15	16.00		425.15
6. Veracruz - Entronque La Tinaja - Villahermosa	462.62	284.00		746.62
7. Chalco - Huajuapán de León - Oaxaca - Salina Cruz	712.66		243.00	955.66
8. México - Acapulco	421.48	263.00	189.00	873.48
9. México - Puebla y ramal a Tlaxcala	135.30		111.00	246.30
10. Coatzacoalcos - Salina Cruz	302.91			302.91
11. Pachuca - Ixmiquilpan - San Juan del Río	163.56			163.56
12. Poza Rica - Veracruz	204.00	29.00		233.00
13. México - Pachuca - Tulancingo	149.69		47.00	196.69
14. Manzanillo - Guadalajara - San Luis Potosí	448.45	211.00	148.00	807.45
15. Mazatlán - Reynosa - Matamoros	1,098.44	626.00		1,724.44
16. Zamora - Jiquilpan - Ciudad Guzmán	177.25			177.25
17. Champotón - Escárcega	77.06			77.06
18. Villahermosa - Chetumal - Cancún	976.40			976.40
19. Ciudad Mendoza - Córdoba - La Tinaja	79.32	42.00	31.00	152.32
20. Tuxtla Gutiérrez - Villahermosa	250.92			250.92
21. Tapanatepec - Tuxtla Gutiérrez - Comitán - Tapachula	588.67			588.67
22. Palmillas - Atzacmulco	65.38			65.38
23. Fronteriza Matamoros - Tijuana	1,822.26	35.00	56.00	1,913.26
24. Lázaro Cárdenas - La Piedad	403.70			403.70
25. Salina Cruz - Tapachula - Ciudad Hidalgo	421.00		45.00	466.00
26. Tepic - Acapulco - Salina Cruz	1,699.93			1,699.93
27. Tampico - San Luis Potosí - Trancoso	553.79			553.79
28. Villahermosa - Mérida - Cancún	902.34	280.00		1,182.34
29. Tijuana - Cabo San Lucas	1,622.16		90.00	1,712.16
30. Morelia - Salamanca	194.25			194.25
31. Comitán - Catazajá (Fronteriza del Sur)	285.40			285.40
32. Matamoros - Estación Manuel y ramal a Cd. Victoria	586.80			586.80
33. Irapuato - La Piedad - Atotonilco - Zapotlanejo	201.61			201.61
34. Hermosillo - Chihuahua - Ojinaga	587.80			587.80
35. Mérida - Progreso	25.90			25.90
36. Guanajuato - Silao	15.00			15.00
37. Apizaco - Huauchinango	112.02			112.02
38. Puebla - Zacatepec	84.70			84.70
39. Texmelucan - Tlaxcala	31.20	26.00		57.20
40. Compostela - Chapallilla			36.00	36.00
41. Guadalajara - Chapala	23.90			23.90
42. La Piedad - La Barca - Sahuayo	41.70			41.70
43. Morelia - Pátzcuaro - Uruapan	112.30	57.00		169.30
44. México - Palmillas			175.00	175.00
45. Puebla - Atlixco - Izúcar de Matamoros	67.00	25.00		92.00
46. Puebla - Tehuacán - Cd. Mendoza	35.55	36.00	128.00	199.55
47. Cárdenas - Raudales	57.00			57.00
48. Guadalajara - Zacatecas - Saffillo	672.00			672.00
49. Zacatecas - Durango	210.60			210.60
<b>TOTAL</b>	<b>22,744.44</b>	<b>4,011.00</b>	<b>1,529.00</b>	<b>28,284.44</b>

\* Incluye las autopistas del Fondo de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas (FARAC)



#### 4. ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN PARA EL PERIODO 1999 - 2000 - 2010

La estrategia de inversión en carreteras del Gobierno Federal se enfoca a la Red Básica, debido a su importancia para el crecimiento y desarrollo del país. Dentro de ella, los 10 ejes troncales merecen especial atención. Estos ejes están integrados por carreteras que soportan un alto volumen vehicular y que, por ello, concentran un elevado porcentaje de la carga y de los pasajeros que se movilizan entre los centros productores y consumidores del país, por lo que tienen una alta jerarquía política y social.

Para 1999, las acciones en materia de infraestructura carretera se han concentrado en continuar los trabajos de modernización y mejoramiento del estado físico de la red básica, en intensificar su conservación para mantener su nivel de servicio e incrementar sus índices de seguridad, así como en mejorar la red de caminos rurales. Las acciones en las carreteras federales de la red básica se seguirán concentrando en los tramos principales de los ejes troncales y en obras de importancia regional.

Por lo que toca a las autopistas de cuota, se fortalecerá la capacidad supervisora y normativa de la Secretaría en los aspectos tarifarios, financieros, de mantenimiento y operación, considerando también un nuevo marco institucional que asegure el manejo eficiente de las autopistas de cuota concesionadas, en beneficio de los usuarios.

#### 4. INVESTMENT STRATEGIES FOR THE PERIODS OF 1999 2000 - 2010

*The Federal Government's road investment strategy focuses on the basic network, due to its importance for the country's growth and development. Within this strategy, the 10 main highway corridors deserve special attention. These corridors are formed by highways with high traffic volumes that concentrate a large proportion of freight and passenger movements between production and consumption centers throughout the nation.*

*In 1999, road infrastructure initiatives have concentrated in continuing the modernization and improvement of the physical condition of the basic network, in improving network maintenance to achieve higher levels of service and increase safety, and in extending the network of rural roads. On the basic network of federal roads, the main activities have concentrated on the main sections of the highway corridors and on works of regional importance.*

*With respect to toll highways, the Secretariat's supervisory and normative functions as related to tolls, operations and maintenance will be reinforced, and a new institutional framework that ensures the efficient management of toll highways for the benefit of its users, is also under study.*

Con los lineamientos estratégicos señalados se busca lograr los objetivos siguientes:

- ▶ Conservar y reconstruir las carreteras existentes para abatir los costos de transporte, elevar los niveles de seguridad y la calidad de servicio de esta infraestructura y prolongar la vida útil de este patrimonio de la nación.
- ▶ Modernizar y ampliar la red federal, particularmente en los tramos que corresponden a los ejes troncales, a fin de ampliar la cobertura de las carreteras de altas especificaciones; mejorar los accesos a ciudades, aeropuertos y puertos marítimos y fronterizos; propiciar la interconexión eficiente con otros modos de transporte; y facilitar la continuidad en la circulación de los flujos vehiculares, particularmente en la red básica nacional.
- ▶ Impulsar y apoyar la conservación, reconstrucción y ampliación de los caminos rurales, con el propósito de coadyuvar al desarrollo económico y social de las pequeñas comunidades, al facilitar el acceso de sus habitantes a los servicios de salud y educación y generar y promover el intercambio de bienes y servicios.

De acuerdo con los objetivos y estrategias señalados, en 1999 se realizará la conservación rutinaria de los aproximadamente 43,000 kilómetros que integran la red federal libre, en la que además se dará conservación periódica a 7,200 kilómetros y se reconstruirán 580 kilómetros más. Asimismo, se lleva a cabo la reconstrucción de 97 puentes, así como otras acciones de conservación, tales como bacheo, limpieza de drenajes, señalamiento horizontal y vertical, entre otras.

En materia de modernización, la meta a alcanzar en el periodo 1999-2000 consiste en construir 1,344 kilómetros de carreteras y 4 puentes nuevos, así como en ampliar 1,004 kilómetros de diversos tramos, fundamentalmente ubicados en la red básica.

No menos importantes son las acciones a realizar en materia de caminos rurales, toda vez que incluyen trabajos de construcción, reconstrucción y conservación. A través de ellos se espera lograr importantes beneficios para los habitantes del medio rural.

The following objectives are pursued through the described actions:

- ▶ To maintain and reconstruct the existing roads to reduce transport costs, raise safety levels, improve the infrastructure's quality of service and extend the operational life of these national assets.
- ▶ To modernize and expand the federal network, particularly the sections corresponding to highway corridors, in order to extend the coverage of high specification highways; to improve access to cities, airports, maritime and border ports; to promote the efficient interconnection with other modes of transport and to facilitate continuous vehicle flows with emphasis on the basic national network.
- ▶ To promote and conduct maintenance, reconstruction and expansion of rural roads in order to support the socio-economic development of small communities, by providing better access to health and education services, as well as generating and inducing domestic trade of goods and services.

Given the above mentioned objectives and strategies, in 1999 the 43,000 kilometers of the toll-free federal road network are being given routine maintenance; 7,200 kilometers receive periodic maintenance and 580 kilometers are being reconstructed, as well as 97 bridges. Other maintenance activities, such as filling potholes, cleaning culverts and improving horizontal and vertical signs are also being carried out.

For highway modernization, the goal set for 1999 consists of constructing 1,344 kilometers of highways and four new bridges, as well as widening 1,004 kilometers of various existing highways mainly located on the basic network.

Of no less importance are actions taken to improve rural roads. These include construction, reconstruction and maintenance works that will generate tangible benefits for the inhabitants of rural communities.

## 5. IDENTIFICACIÓN Y JERARQUÍA DE LOS 10 EJES TRONCALES PRINCIPALES

Uno de los componentes más importantes de la red básica nacional lo constituye el conjunto de los 10 ejes troncales principales, que suman una longitud total de 15,831 kilómetros, sin duplicar los tramos que comparten entre ellos. Esta longitud representa cerca del 56 por ciento de la red básica nacional y ha recibido atención prioritaria como parte de la estrategia carretera de la presente administración.

Los 10 ejes están integrados por vías que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria y los centros urbanos y turísticos más importantes del territorio nacional. Cada uno de ellos se ha denominado según sus puntos extremos, y algunos incluyen ramales de gran importancia nacional, que en conjunto aseguran su cobertura de la mayor parte del territorio nacional.

## 5. IDENTIFICATION AND RANKING OF THE 10 MAIN HIGHWAY CORRIDORS

The 10 main highway corridors are the most important components of the basic national network. These corridors have a total length of 15,831 kilometers, which represents approximately 56% of the basic national network. Actions on sections in these corridors have received a higher priority within the present administration's road strategy.

The 10 corridors are composed of highways which communicate the major industrial and agricultural production zones, as well as the most important urban localities and tourist centers of the country. Each of these corridors has been denominated according to its extreme points and some include sub-corridors of great national importance. Together, these corridors extend throughout most of Mexico's national territory.

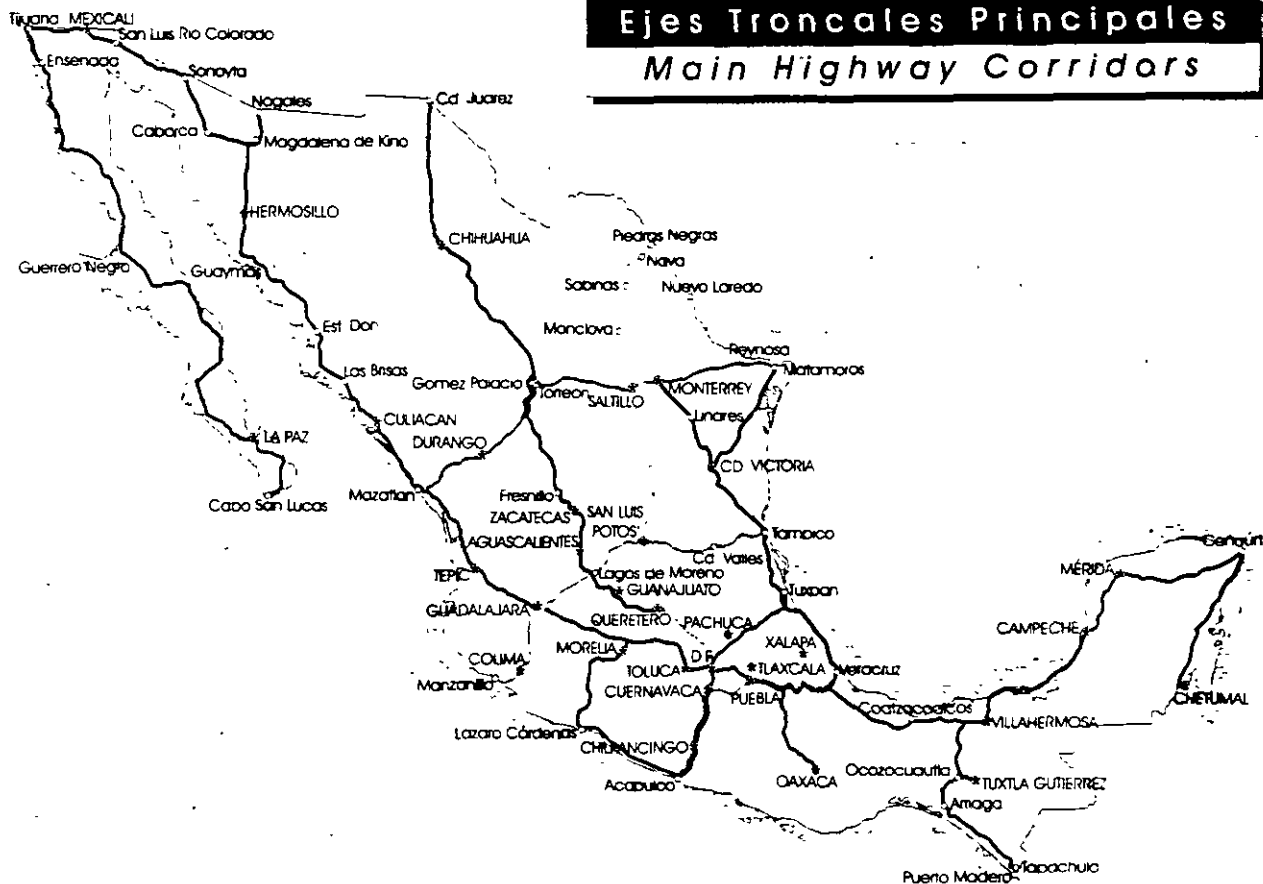
### LONGITUD MODERNIZADA Y POR MODERNIZAR LENGTH UPGRADE AND TO BE UPGRADED

Eje	Longitud (km)			Faltante por modernizar (% total)
	Total	Modernizada a 1998	Faltante	
Corridor	Length (km)			Pending to be upgraded
	Total	upgraded as of 1998	to be upgraded	
1. México - Nogales	2,168.0	1,876.4	291.6	13
1.1 Ramal a/Branches to Lázaro Cárdenas y Acapulco	706.0	163.6	542.4	77
1.2 Ramal a/Branches to Tijuana	671.0	197.7	473.3	71
2. México - Nuevo Laredo	1,202.0	981.0	221.0	18
2.1 Ramal a/Branches to Piedras Negras	452.0	307.3	144.7	32
3. Querétaro - Ciudad Juárez	1,639.0	1,362.1	276.9	17
4. Acapulco - Tuxpan	784.0	578.5	205.5	26
5. México - Chetumal	2,029.0	1,356.2	672.8	33
5.1 Ramal a/Branches to Oaxaca	249.0	249.0	---	---
5.2 Ramal a/Branches to Chiapas (hasta Cd. Hidalgo)	698.0	311.5	386.5	55
6. Mazatlán - Matamoros *	1,007.0	677.1	329.9	33
7. Manzanillo - Tampico	1,006.0	468.7	537.3	53
8. Acapulco - Veracruz *	242.0	74.3	167.7	69
9. Veracruz - Monterrey *	978.0	419.0	559.0	57
9.1 Ramal a/Branches to Matamoros	314.0	314.0	---	---
10. Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)	1,686.0	172.1	1,513.9	90
<b>Total</b>	<b>15,831.0</b>	<b>9,508.5</b>	<b>6,322.5</b>	<b>40</b>

\* La longitud no incluye tramos que comparte con otros ejes/The length of sections shared with other corridors is not included.

Nota: La longitud faltante por modernizar no considera los proyectos que pueden incrementar o disminuir la longitud del eje  
Note: The length pending to be upgraded fails to include the projects likely to increase or decrease the length of the corridor.

**Ejes Troncales Principales**  
**Main Highway Corridors**



- 1 México - Nogales, con ramales a/with branches to Lázaro Cárdenas, Acapulco y/and Tijuana.
- 2 México - Nuevo Laredo, con ramal a/with branch to Piedras Negras.
- 3 Querétaro - Ciudad Juárez.
- 4 Acapulco - Tuxpan.
- 5 México - Cancún - Chetumal, con ramales a/with branches to Oaxaca y/and Chiapas.
- 6 Mazatlán - Matamoras.
- 7 Manzanillo - Tampico.
- 8 Veracruz - Acapulco.
- 9 Veracruz - Monterrey, con ramal a/with branch to Matamoras.
- 10 Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular).

Para programar las acciones a realizar en cada uno de los ejes durante el periodo 1995-2000, se evaluó la importancia de cada uno de sus tramos mediante indicadores de operatividad y competitividad. La evaluación permitió establecer un orden de prioridades para las acciones de construcción y modernización, constituyéndose así en un elemento de jerarquización y programación.

In order to prioritise the actions to be undertaken in each of the corridors from 1995 to the year 2000, the importance of each section was evaluated on the basis of competitiveness and operational indicators. This evaluation established priority rankings for upgrading and construction activities and thus became an important tool for developing road programs.

En otros términos, en la definición e identificación de los ejes troncales principales, se consideró como objetivo colateral la creación de una herramienta de planeación para asignar y aplicar los recursos disponibles en forma racional y consistente, tomando en cuenta las necesidades de transporte que se derivan de los centros de producción y consumo ubicados en las diferentes regiones del territorio nacional.

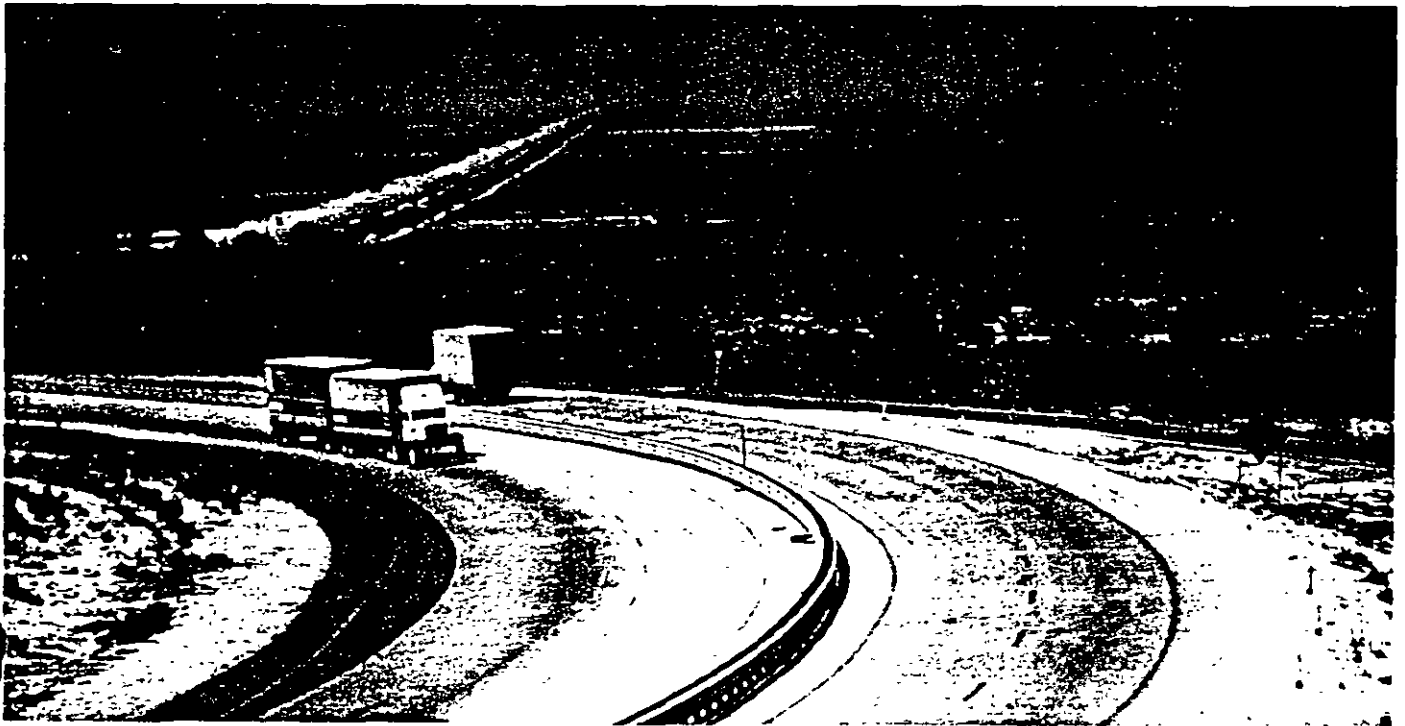
El hecho de que los ejes se integren con las vías de comunicación más importantes del país, obliga a que sus tramos cuenten con altas especificaciones en toda su longitud, siendo también necesario que ofrezcan continuidad en la circulación. Por ello, se ha considerado conveniente contar con libramientos de las ciudades de más de 30 mil habitantes, carreteras alternas para rutas congestionadas y, en lo posible, vías de acceso controlado mediante soluciones adecuadas en entronques y cruces con otras carreteras principales y con vías férreas.

Ofrecer las características señaladas en todos los tramos que conforman los ejes troncales de la comunicación nacional, es fundamental para asegurar que tengan los menores costos y tiempos de recorrido y altos niveles de seguridad y confiabilidad de la operación, puesto que las carreteras de altas especificaciones contribuyen a mejorar la competitividad de la economía nacional y son un instrumento fundamental para el desarrollo integral de México.

*In defining and identifying the main highway corridors, a planning tool was created to allocate the available resources in a rational and consistent way. This planning tool takes into account the transport needs of production and consumer zones in the various regions of the country.*

*The fact that the corridors are formed by the most important highways of the national network requires that all of them have adequate specifications throughout their length and that they offer continuity to traffic flows. Therefore, it is considered convenient that cities with populations in excess of 30 thousand persons have adequate bypasses. It is also considered important to develop alternate routes for congested sections, as well as to build roads with controlled accesses and proper solutions at road junctions and railroad crossings.*

*By providing all sections of the main highway corridors with the above mentioned characteristics, lower operational costs and travel times as well as higher safety levels and operational reliabilities will be achieved. This is particularly important because of the input of roads to national competitiveness and to national development.*



El diagnóstico de cada uno de los ejes troncales se basó en el análisis de 20 indicadores de operatividad y competitividad, que cubren aspectos relacionados con las características geométricas de los tramos que los integran, la intensidad de uso expresada en términos del tránsito diario promedio anual, su cobertura, su estado físico de conservación y su seguridad, entre otros.

The measurement of each main corridor's performance was based on the analysis of 20 operational and competitiveness indicators that cover aspects based on each section's geometric characteristics; the intensity of use expressed in terms of average annual daily traffic; the extension of the corridors; the physical conditions of their sections and their safety indexes, among others.

La representación gráfica de los principales indicadores de operatividad y competitividad de los ejes troncales se presenta a continuación.

The highway corridors main operational and competitiveness indicators are shown in the next figure.

COMPARATIVO DE INDICADORES DE OPERATIVIDAD Y COMPETITIVIDAD  
COMPARATIVE OF OPERATIONAL AND COMPETITIVENESS INDICATORS

Eje	Longitud total del eje (km)	Longitud eje/red federal (%)	Longitud eje/red básica (%)	TDPA del eje/ TDPA prom. en red federal prioritaria (%)	Veh.-km/día/ total red federal prioritaria (%)	Longitud sección transversal/longitud Eje (%)		Tipo de terreno % de la longitud total		
						2 carriles	4 ó más carriles	Piano	Lomerío	Montañoso
Corridor	Total corridor length (km)	corridor length/federal network (%)	corridor length/primary network (%)	corridor AADT/ average AADT in priority federal network (%)	Veh.-km/day/ total priority federal network (%)	Length of cross section/corridor length (%)		Type of ground. % of total length		
						2 lanes	4 or more lanes	Flat	Hilly	Mountainous
1. México - Nogales con ramales a/with branches to Lazaro Cárdenas, Acapulco y Tijuana	3,545.0	7.4	12.5	118.0	14.9	40.0	60.0	74.0	17.0	9.0
2. México - Nuevo Laredo con ramal a/with branch to Piedras Negras	1,654.0	3.4	5.8	187.0	14.5	31.6	68.4	62.0	32.0	6.0
3. Querétaro - Ciudad Juárez	1,639.0	3.4	5.8	126.0	10.1	21.0	79.0	86.0	14.0	—
4. Acapulco - Tuxpan	784.0	1.6	2.8	154.0	10.1	30.4	69.6	39.0	32.0	29.0
5. México - Chetumal con ramales a/with branches to Oaxaca y/and Chiapas	2,976.0	6.2	10.5	96.0	9.9	63.7	36.3	80.0	20.0	—
6. Mazatlán - Matamoros *	1,007.0	2.1	3.6	113.0	6.3	48.4	51.6	39.0	53.0	8.0
7. Manzanillo - Tampico	1,006.0	2.1	3.6	103.0	4.1	53.4	46.6	44.0	47.0	9.0
8. Acapulco - Veracruz *	242.0	0.5	0.9	170.0	9.0	44.9	55.1	33.0	21.0	46.0
9. Veracruz - Monterrey con ramal a/with branch to Matamoros *	1,292.0	2.7	4.6	107.0	5.3	82.4	17.6	50.0	50.0	—
10. Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)	1,686.0	3.5	6.0	39.0	3.4	90.0	10.0	38.0	62.0	—
	15,831.0	32.91	55.97			50.60	49.40			

\* Las longitudes no toman en cuenta tramos que comparten con otros ejes

\*\* No incluye el ramal a Acapulco

\*\*\* No incluye el ramal a Matamoros

\* Lengths fail to include sections shared with other corridors

\*\* Branch to Acapulco not included

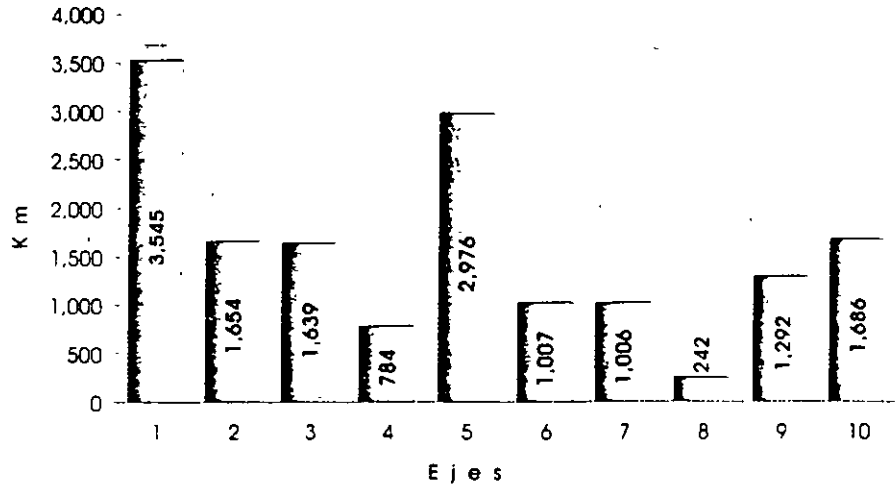
\*\*\* Branch to Matamoros not included



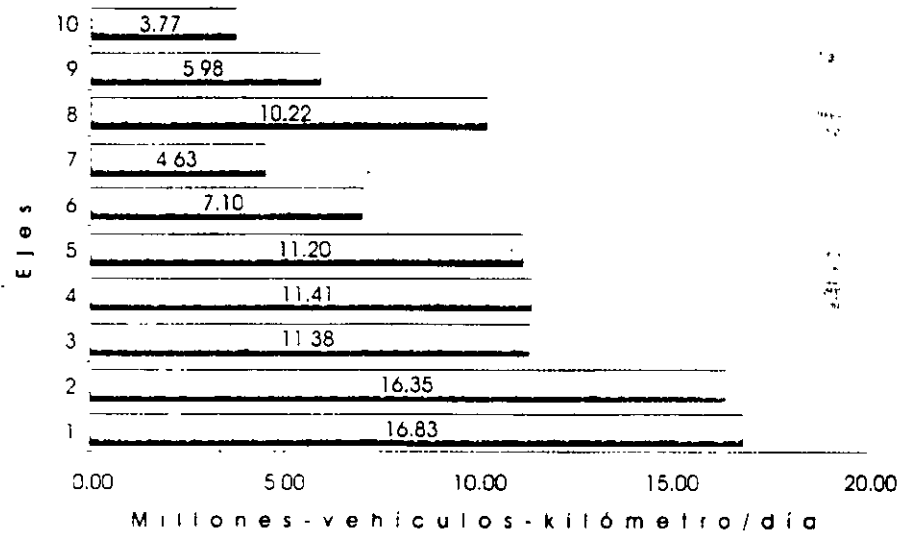
Principales Indicadores de Operatividad y Competitividad

Main Operational and Competitiveness indicators

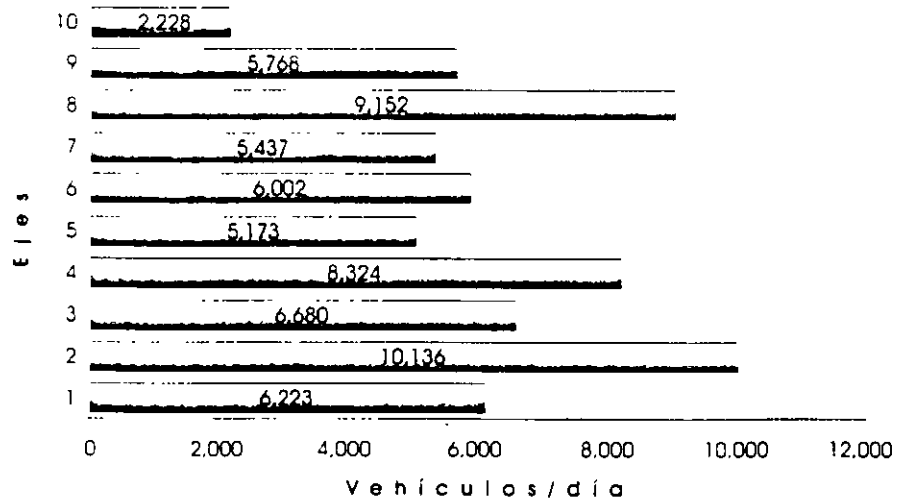
Longitud de cada eje  
Length of each corridor



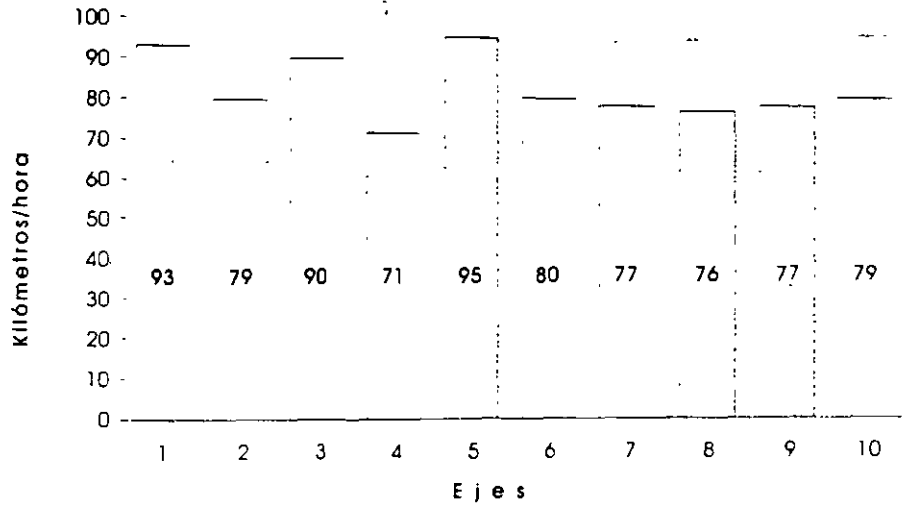
Vehículos-kilómetro/día  
Vehicles-kilometer/day



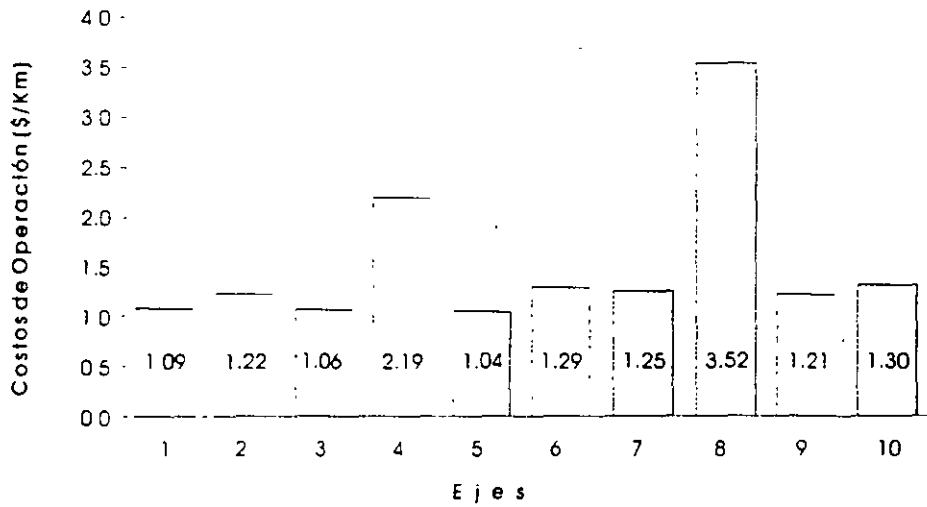
Aforo promedio  
Average traffic volume



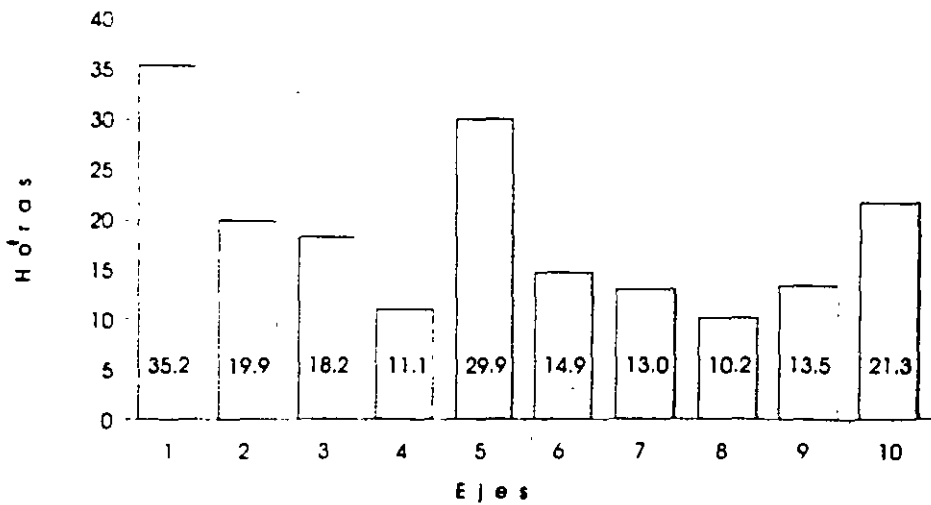
Velocidad de operación  
*Operating speed*



Costos de operación  
*Operating cost*



Tiempo de recorrido  
*Traveling time*

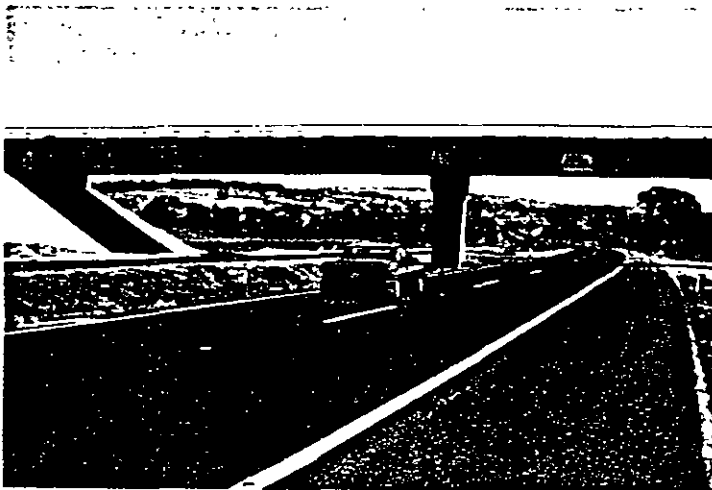


## 6. ACCIONES DE MODERNIZACIÓN REQUERIDAS EN LOS EJES TRONCALES

Para identificar las acciones de modernización en los ejes troncales se partió del diagnóstico basado en los indicadores de operatividad y competitividad, llevado hasta nivel de tramo y subtramo. Consecuentemente, se identificaron requerimientos de mayor capacidad o de elevación del nivel de servicio.

Las acciones de modernización, se refieren a la ampliación de la sección transversal de una vía existente con objeto de aumentar su capacidad vehicular; por lo que se refiere a construcción de obra nueva, de dos o cuatro carriles de circulación, se trata de desarrollar nuevas opciones de comunicación que mejoren las condiciones de operación y reduzcan la distancia y los tiempos de recorrido.

Además de las acciones de ampliación de vías existentes y construcción de otras nuevas, se plantea la construcción de un conjunto de libramientos de las grandes ciudades comunicadas por los 10 ejes troncales principales, con el fin de proporcionar al tránsito de largo itinerario nacional o regional, continuidad y fluidez en la circulación, al eliminar su paso por las áreas urbanas.



El cuadro siguiente proporciona una idea de la magnitud de las acciones que se requiere emprender en los 10 ejes troncales principales. A nivel de eje, el cuadro indica los tramos y subtramos que se deben modernizar, así como algunos libramientos, primordialmente de medianas y grandes ciudades.

## 6. MODERNIZATION PROJECTS FOR THE HIGHWAY CORRIDORS

*The types of projects needed to modernize sections belonging to the highway corridors was based on an analysis of their operational and competitiveness indicators which led to identify the service level and highway capacity improvements needed.*

*The types of projects considered include widening the cross-section of existing roads to increase capacity; construction of new roads of two or four traffic lanes that provide new options to the users which will improve operational conditions and reduce travel time and distance; construction of bypasses of the main cities along the 10 main highway corridors to provide continuity to long distance national or regional traffic by allowing them to avoid congested urban areas.*



*The following table provides an overview of the projects required to modernize the 10 main highway corridors. For each corridor, the table indicates the sections and sub-sections that require upgrading, as well as the list of bypasses of large and other cities whose construction is needed.*

MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY SYSTEM

TRAMOS Y SUBTRAMOS QUE SE REQUIERE MODERNIZAR EN LOS EJES TRONCALES PRINCIPALES  
SECTION AND SUBSECTION TO BE UPGRADE AT MAIN HIGHWAY CORRIDORS

Eje/Tramo/Subtramo Corridor/Section/Subsection	Tipo de Obra Work description	Longitud (km) Length (km)
1. México - Nogales		1,211.0
Atzacapan - Atzacomulco	Construcción a 4c	80.0
Atzacomulco - Maravatio *	Ampliación a 4c	64.0
Ent. San Blas - Mazatlan		219.0
Ent. San Blas - Rosamorada	Construcción a 2c	50.0
Rosamorada - Lim. Edos. Nay./Sin	Construcción a 2c	55.0
Lim. Edos. Nay./Sin - Escuinapa	Construcción a 2c	46.0
Lib. de Rosano - Escuinapa *	Construcción a 2c	37.0
Rosano - Villa Unión	Construcción a 2c	31.0
Ramal a Lázaro Cárdenas y Acapulco		543.0
Uruapan - Lázaro Cárdenas *		212.0
Uruapan - Nueva Italia *	Construcción a 2c	62.0
Nueva Italia - Infiernillo *	Construcción a 2c	89.0
Infiernillo - Lázaro Cárdenas *	Construcción a 2c	61.0
Lázaro Cárdenas - Acapulco		331.0
Lázaro Cárdenas - Zihuatanejo *	Construcción a 2c	106.0
Zihuatanejo - Acapulco	Construcción a 2c	225.0
Ramal a Tijuana		305.0
Mexicali - El Centinela	Ampliación a 12 m	18.0
Santa Ana - Caborca	Ampliación a 12 m	104.0
Caborca - Sonoyta	Ampliación a 12 m	147.0
San Luis Río Colorado - Acceso a Mexicali *	Ampliación a 12 m	36.0
2. México - Nuevo Laredo		288.0
Pennorte - Tepetzotlán	Modernización	21.0
Matehuala - Puerto México		221.0
Matehuala - San Roberto *	Ampliación a 4c	120.0
San Roberto - Puerto México *	Ampliación a 4c	73.0
Acceso Puente Colombia	Ampliación a 4c	28.0
Ramal a Piedras Negras		46.0
La Muralla	Construcción a 2c	10.0
Ojo Caliente - Rancho Nuevo *	Construcción a 2c	36.0
3. Querétaro - Ciudad Juárez		278.0
Rincón de Romas - Ent. Lib. Zacatecas		80.0
Rincón de Romas - Lim. Edos. Ags./Zac.	Ampliación a 4c	20.0
Lim. Edos. Ags./Zac. - Ent. Lib. Zacatecas	Construcción a 2c	40.0
Guadalupe - Las Arinas *	Ampliación a 4c	20.0
Rancho Grande - Cuernavaca *		198.0
Rancho Grande - Lim. Edos. Zac./Dgo. *	Ampliación a 12 m	118.0
Lim. Edos. Zac./Dgo. - Cuernavaca *	Ampliación a 12 m	80.0
4. Acapulco - Tijuana		113.0
Tulancingo - Tihuatlán		113.0
Tejocotal - Nuevo Necaxa	Construcción a 2c	28.0
Nuevo Necaxa - Tihuatlán	Construcción a 2c	85.0

\* Obras a realizar durante 1999 - 2000

Eje/Tramo/Subtramo Corridor/Section/Subsection	Tipo de Obra Work description	Longitud (km) Length (km)
5 México - Chetumal		1,038.5
Agua Dulce - Cardenas *	Construcción a 4c	82.0
Vitanerosa - Ciudad del Carmen	Ampliación a 12 m	172.0
Ciudad del Carmen - Champotón	Ampliación a 12 m	151.0
Libramiento de Hecelchakán *	Ampliación a 12 m	12.0
Libramiento de Coctón *	Ampliación a 12 m	10.0
Lim. de Edos. Camp./Yuc. - Poxila *	Ampliación a 12 m	53.0
Libramiento de Uman *	Construcción a 2c	20.0
Playa del Carmen - Tulum *	Ampliación a 21/12 m	63.0
Tulum - Desv. a Majahual	Ampliación a 12 m	166.0
Desv. a Majahual - Ent. Chetumal	Ampliación a 12 m	67.0
Ramal a Chiapas		160.3
Las Choapas - Puente Grijalva *	Construcción a 2c	160.0
Puente Grijalva *	Construcción a 2c	0.3
Puente Grijalva - Margen Norte de Presa		82.2
Mariposo *	Construcción a 2c	14.0
Puente Chiapas *	Construcción a 2c	1.2
Margen Sur Presa Mariposo - Ocozacoautla *	Construcción a 2c	67.0
6. Mazatlán - Matamoros		0.0
7. Manzanillo - Tampico		406.0
Libramiento de Colima *	Ampliación a 4c	8.0
Lagos de Moreno - San Luis Potosí		86.0
Las Amarillas - Villa Amaga	Construcción a 2c	43.0
Villa Amaga - San Antonio	Ampliación a 12 m	26.0
San Antonio - Ent. Aeropuerto	Construcción a 2c	17.0
San Luis Potosí - Tampico		262.0
San Luis Potosí - Cd. Valles *	Construcción a 2c	262.0
Guadalajara - Colima		50.0
El Trapiche - Lim. Edos. Jal./Col	Ampliación a 4c	20.0
Ent. Soyula - Cuatro Caminos	Ampliación a 4c	30.0
8. Acapulco - Veracruz		97.0
Alpuyec - Atlixco	Construcción a 2c	97.0
9. Veracruz - Monterrey		358.0
Cordele - Gutiérrez Zamora *	Construcción a 2c	158.0
Gutiérrez Zamora - Tihuatlán *	Construcción a 2c	38.0
Tampico - Ciudad Victoria		162.0
Libramiento de Altamira *	Ampliación a 4c	5.0
Esteros - Cuauhtémoc - Est. Manuel *	Ampliación a 4c	29.0
Est. Manuel - González	Construcción a 2c	15.0
González - Zaragoza	Ampliación a 12 m	60.0
Zaragoza - Ciudad Victoria *	Construcción a 2c	53.0
10. Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)		10.0
Boulevard Aeropuerto - La Paz *	Ampliación a 4c	10.0

**7. LONGITUD MODERNIZADA HASTA 1998 Y POR MODERNIZAR EN EL PERIODO 1999- 2000 EN LOS EJES TRONCALES**

**7. GOALS REACHED UNTIL 1998 AND TARGETS FOR 1999-2000 AT MAIN HIGHWAY CORRIDORS**

En el periodo 1995-1998, atendiendo a lo indicado en el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha enfocado sus esfuerzos a construir y modernizar tramos ubicados en los 10 ejes troncales principales.

During 1995-1998, the Secretariat of Communications and Transport, in accordance with the National Program of Communications and Transport 1995 2000, has focussed its activities on construction and modernization of sections belonging to the 10 main highway corridors.

Considerando los avances logrados en el periodo 1995-1998, la longitud modernizada actual en los 10 ejes troncales es de 9,508.5 kilómetros, que representan el 60 por ciento de su longitud total. Para el periodo 1999-2000 se pretenden modernizar 1,437 kilómetros más, con lo cual al final del periodo se tendrá una longitud modernizada de 10,945.5 kilómetros, equivalentes al 69 por ciento de la longitud total.

At the end of 1998, the current modernized length of the 10 main highway corridors is 9,509 kilometers which represent 60% of its total length. Another 1,437 kilometers will be modernized during 1999 2000, so that by the end of the present federal administration (2000) a total of 10,945 kilometers will have been modernized, the equivalent of 69% of their total length.

El cuadro siguiente presenta la información de la longitud modernizada hasta 1998, con un desglose anual de las metas alcanzadas durante el periodo 1995-1998.

The following table presents information on the length modernized up to 1998, with annual details of the goals reached during 1995-1998

**LONGITUD MODERNIZADA HASTA 1998 Y POR MODERNIZAR EN EL PERIODO 1999 - 2000  
UPGRADED ROAD LENGTH AS OF 1998 AND LENGTH TO BE UPGRADED DURING 1999 - 2000**

Eje	Total	Longitud (km)						% del total	Por modernizar en 1999-2000 (km)	Modernizada para el año 2000	
		Hasta 1994	1995	1996	1997	1998	A 1998			(Km)	% del total
Corridor	Total	Upgraded as						% of the total	Length to be upgraded during 1999-2000	Upgraded length as of the year 2000	
		Even 1994	1995	1996	1997	1998	Of 1998			(Km)	% of the total
1 Mexico - Nogales	2,168	1,864.3	—	—	—	12.1	1,876.4	87	37.0	1,913.4	88
1.1 Ramal a Lazaro Cardenas y Acapulco	706	92.3	5.0	4.0	4.6	62.7	168.6	24	240.0	403.6	57
1.2 Ramal a Tijuana	671	142.2	—	—	—	55.5	197.7	29	0.0	197.7	29
2 Mexico - Nuevo Laredo	1,202	670.0	38.0	104.5	83.0	59.3	954.8	79	221.0	1,202.0	100
2.1 Ramal a Piedras Negras	452	105.6	48.0	92.9	49.4	11.4	307.3	68	74.0	381.3	84
3 Queretaro - Ciudad Juarez	1,639	1,323.4	5.0	23.5	0.0	10.2	1,362.1	83	218.0	1,580.1	96
4 Acapulco - Tuxpan	784	507.6	1.0	—	61.9	8.0	578.5	74	31.0	609.5	78
5 Mexico - Chetumal	2,029	1,173.9	15.0	52.4	6.7	108.2	1,356.2	67	183.3	1,539.5	76
5.1 Ramal a Oaxaca	249	249.0	—	—	—	—	249.0	100	0.0	249.0	100
5.2 Ramal a Chiapas (hasta Cd. Hidalgo)	698	268.0	9.5	0.8	31.2	2.0	311.5	45	248.9	560.4	80
6 Mazatlan - Matamoros *	1,007	567.3	12.3	5.2	5.7	86.6	677.1	67	45.3	722.4	72
7 Manzanillo - Tampico	1,006	461.6	—	7.0	—	0.1	468.7	47	8.9	477.6	47
8 Acapulco - Veracruz *	242	74.3	—	—	—	—	74.3	31	0.0	74.3	31
9 Veracruz - Monterrey *	978	241.6	4.0	26.5	59.0	87.9	419.0	43	123.9	542.9	56
9.1 Ramal a Matamoros	314	0.0	—	2.0	212.0	100.0	314.0	100	0.0	314.0	100
10 Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)	1,686	168.3	—	—	—	3.8	172.1	10	5.7	177.8	11
<b>Total</b>	<b>15,831</b>	<b>7,909.4</b>	<b>137.8</b>	<b>318.8</b>	<b>513.5</b>	<b>607.8</b>	<b>9,487.3</b>	<b>60</b>	<b>1,437.0</b>	<b>10,945.5</b>	<b>69</b>

\* La longitud no incluye tramos que comparte con otros ejes/Sectors shared with other corridors are not included in the length

Nota: La longitud de los ejes no considera la longitud de los proyectos de modernización/Note: The length of the corridors fails to consider the length of the upgrading projects

Fuente / Source: Unidad de Autopistas de Cuota SCT

## 8. ESQUEMAS DE FINANCIAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA

Dada la estrecha relación existente entre el crecimiento económico del país y el funcionamiento del transporte carretero, el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995 - 2000 considera prioritaria la integración de los ejes troncales de altas especificaciones, para mejorar la comunicación entre los principales centros de desarrollo y las concentraciones de población más importantes del país, así como el acceso a los puertos marítimos y fronterizos.

Ante ello, se requiere también desarrollar nuevos esquemas para el financiamiento de la infraestructura carretera, tanto con participación privada como pública, de manera que sea posible apoyar y reforzar los recursos provenientes del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), que es la fuente básica del programa de inversión en infraestructura carretera de todo tipo.

Dentro de ese panorama, y aceptando que los recursos públicos seguirán siendo la principal fuente de inversiones en carreteras, los esquemas de participación público-privada a través de concesiones tienen un papel que desempeñar, para ciertos proyectos y bajo condiciones que permitan un adecuado manejo de los riesgos inherentes al desarrollo de grandes obras de carreteras.

El eventual otorgamiento de nuevas concesiones para acelerar la modernización faltante en los diez ejes troncales se basará en una rigurosa preparación que incluirá estudios de tránsito, proyectos ejecutivos completos, liberación anticipada del derecho de vía, estudios de impacto ambiental y de los niveles tarifarios acordes con la capacidad de pago de los usuarios. Se trata de otorgar concesiones bajo esquemas competitivos que impulsen la ejecución de obras de calidad a precios razonables, carreteras que ofrezcan tarifas atractivas para los usuarios, plazos de concesión fijos predeterminados y, en su caso, una mínima participación de recursos fiscales.

En suma, la Secretaría concentra esfuerzos en materia de financiamiento de obras de infraestructura carretera, para fortalecer el papel promotor del Gobierno Federal y atraer recursos destinados al desarrollo de carreteras de altas especificaciones.

## 8. INFRASTRUCTURE FINANCING SCHEMES

*Given the interrelationship between the country's economic growth and the performance of the road transport system; the National Program of Communications and Transport for 1995-2000 considers as a priority to integrate high specification road corridors, on the basis that these will improve communication between the country's main centers of economic activity.*

*Accordingly, apart from evaluating the current and future operating conditions of the ten main highway corridors and identifying the projects which will contribute to modernize them, new schemes must also be developed for road infrastructure financing. These schemes must include both private and public funds to support and complement the annual federal budget which provides most funds for all types of road infrastructure investment programs.*

*Thus, while accepting that public resources will continue to be the main source of investment for highways, schemes for public-private participation through concessions can play an important role in certain cases, when project conditions allow to introduce effective risk-management strategies.*

*Eventually, the new concessions that will be granted to accelerate the yet unfinished modernization on the ten highway corridors will be based on a rigorous project preparation, including thorough traffic studies; complete project design; right-of-ways acquisition prior to construction; environmental impact studies and marketing analyses to set tolls at levels that users can pay, and of appropriate toll levels according to the users capacity to pay. Concessions will be granted under competitive schemes which will encourage quality road building at reasonable costs; highways with attractive tolls for users; predetermined, fixed concession periods, and where necessary, the minimum use of fiscal resources.*

*To summarise, The Secretariat's efforts for financing road infrastructure works are concentrated on ensuring stable and sufficient public funds to support the large majority of its highway programs. In addition, the Secretariat has efforts under way to develop new financing schemes that, with private participation, can help to increase the level of funds allocated to improvements of the national highway system.*



**9. PROGRAMA DE INVERSIONES 1999 Y 2000 PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS EJES TRONCALES**

**9. 1999 AND 2000 INVESTMENT PROGRAMS, FOR MAIN HIGHWAY CORRIDOR MODERNIZATIONS**

A continuación se presenta el programa de inversión que la SCT desarrollará durante 1999 para avanzar en la modernización de los 10 ejes troncales

*The SCT's 1999 investment program for modernizing the ten highway corridors is presented in the table below, which includes the projects to be carried out on each corridor, including the type of action to be undertaken and the required funds.*

El cuadro contiene los proyectos que se habrán de llevar a cabo en cada eje, incluyendo el tipo de acción a realizar y el monto de inversión que se destinará a ella.

*The origin of the needed resources is classified according to its source, which include: the Federal Budget (FB); the Trust Fund for the Strategic Development of the Southeast (FIDES); as well as other possible schemes, such as concessions and agreements with state governments.*

El origen de los recursos se clasifica según la fuente a utilizar, que puede ser el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), el Fideicomiso para el Desarrollo Estratégico del Sureste (FIDES) y posiblemente otros esquemas como concesiones vigentes o futuras y convenios con Gobiernos Estatales.

*The table also includes maps illustrating the projects to be carried out on each highway corridor during 1999-2000*

El cuadro se complementa con cartogramas que muestran los proyectos a realizar durante 1999 y 2000 en cada uno de los ejes troncales.

MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY SYSTEM

PROGRAMA CARRETERO DE INVERSIONES 1999 Y 2000, PARA LA  
MODERNIZACIÓN DE LOS EJES TRONCALES PRINCIPALES  
1999 AND 2000 HIGHWAY INVESTMENT PROGRAM, FOR THE  
MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY CORRIDORS

Eje / Tramo	Entidad	Obra	Inversión * (mcp)	Fuente de recursos					
				FEF		FEDES		Otras esquemas	
				1999	2000	1999	2000	1999	2000
Corridor	Federal entity	Work description	Investment (million pesos)	Source of financing					
				FEF		FEDES		Other schemes	
				1999	2000	1999	2000	1999	2000
1. México - Nogales			3,040.5	636.5	1,478.5	0.0	425.5	0.0	500.0
Atzacamulco - Maravaho	Michoacán	Ampliación a 4c	500.0						500.0
Ent. San Blas - Mazatlan									
Líb. de Rosario - Escuinapa	Sinaloa	Construcción a 12 m	90.0	25.0	65.0				
Ramal a Lazaro Cardenas y Acapulco									
Uruapan - Nueva Italia	Michoacán	Construcción a 12 m	375.0	300.0	75.0				
Nueva Italia-Infiernillo	Michoacán	Construcción a 12 m	990.0	231.5	758.5				
Infiernillo - Lazaro Cardenas	Michoacán	Construcción a 12 m	660.0	80.0	580.0				
Feliciano - Zhuakonego	Michoacán	Construcción a 12 m	425.5				425.5		
2. México - Nuevo Laredo			1,657.0	778.4	541.4	0.0	0.0	168.6	168.6
México - Querétaro 3er Carril	México	Ampliación a 6c	337.2					168.6	168.6
San Luis Potosí - Matehuala	SP	Ampliación a 4c	0.8	0.8					
Matehuala - Puerto Mexico									
Matehuala - San Roberto	SLP/NL	Ampliación a 4c	560.0	113.6	446.4				
San Roberto - Puerto Mexico	Nuevo León	Ampliación a 4c	282.0	282.0					
La Riveria (Acceso al Puente Colombia)	Nuevo León	Ampliación a 4c	150.0	55.0	95.0				
Ramal a Piedras Negras									
La Muralla y Sta. Cruz - Ojo Caliente	Cochahuila	Construcción a 12 m	327.0	327.0					
3. Querétaro - Ciudad Juárez			582.0	384.4	197.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Aguascalientes - Zacatecas									
Libramiento Rincón de Romos	Aguascalientes	Construcción a 12 m	11.0	11.0					
Guadalupe - Entronque Las Arboles	Zacatecas	Ampliación a 4c	107.0	84.0	23.0				
Rancho Grande - Cuernavaca									
Rancho Grande - Lim. Edos. Zac/Dgo	Zacatecas	Ampliación a 12m	306.0	156.0	150.0				
Lim. Edos. Zac/Dgo - Cuernavaca	Durango	Ampliación a 12m	158.0	133.4	24.6				
4. Acapulco - Tuxpan			255.9	17.5	0.0	0.0	0.0	238.4	0.0
México - Pirámides									
Pirámides - Tlaxianguo	Hidalgo	Ampliación a 4c	4.9	4.9					
Libramiento Pirámides	México	Construcción a 4c	12.6	12.6					
Asunción - Tepeacotal	Hidalgo	Construcción a 12 m	238.4					238.4	
5. México - Chetumal			4,522.1	375.0	1,455.0	1,888.5	640.5	71.6	91.5
México - Puebla 3er Carril	Méx/Pue.	Ampliación a 6c	146.8					55.3	91.5
Esperanza - Cd. Mérida	Pue/Ver	Ampliación a 4c	16.3					16.3	
Agua Dulce - Cárdenas	Tabasco	Construcción a 4c	395.8			395.8			
Libramiento de Hecelchaltán	Campeche	Ampliación a 12m	53.4			5.0	48.4		
Libramiento de Collón	Campeche	Ampliación a 12m	44.1			5.0	39.1		
Lim. Edos. Camp Yuc - Pistón	Yucatán	Construcción a 12 m	150.6			150.6			
Libramiento de Uman	Yucatán	Construcción a 12 m	101.1			101.1			
Concun - Tulum	Quintana Roo	Ampliación a 4c y 12 m	132.0			132.0			
Ramal a Chiapas									
Los Chiapas - Lim. de Edos. Tab/Chi.	Ver/Tab/Chi.	Construcción a 12 m	1,005.0		605.0	400.0			
Puente Grijalva - Lim. Edos. Ver/Tab.	Chiapas	Construcción a 12 m	900.0	235.0	650.0	15.0			
Puente Grijalva	Chiapas	Puente	50.0	50.0					
Puente Grijalva - Margen Norte Presa Malpaso	Chiapas	Construcción a 12 m	290.0	90.0	200.0				
Puente Chiapas	Chiapas	Puente	903.0			350.0	553.0		
Margen Sur Presa Malpaso - Ocozacoacoatlán	Chiapas	Construcción a 12 m	334.0			334.0			
6. Mazatlán - Matamoros			36.8	20.5	16.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Líb. Periférico de Tereón - Cd. Lerdo	Coch/Dgo	Ampliación a 4c	21.8	5.5	16.3				
Reynosa - Matamoros									
Curva Tejas - Canal Anzalduas	Tamaulipas	Ampliación a 4c	15.0	15.0					
7. Margaritillo - Tampico			180.0	70.0	110.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Libramiento de Colima	Colima	Ampliación a 4c	180.0	70.0	110.0				
8. Acapulco - Veracruz			0.0						
9. Veracruz - Monterrey			1,295.9	12.0	0.0	186.5	901.4	0.0	196.0
Guíñez Zamora - Tlaxianguo	Veracruz	Construcción a 12 m	774.0			10.0	664.0		100.0
Tampico - Ciudad Victoria									
Libramiento de Abasco	Tamaulipas	Ampliación a 4c	76.5			76.5			
Esteros - Cuahuatmuc - Est. Manuel	Tamaulipas	Ampliación a 4c	192.0				96.0		96.0
Zaragoza - Ciudad Victoria	Tamaulipas	Construcción a 12 m	241.4			100.0	141.4		
Monterrey - Tampico									
Tomasero - Lim. de Edos. NL/Tamps.	Tamaulipas	Ampliación a 12m	11.0	11.0					
Unares - Lim. de Edos. NL/Tamps.	Tamaulipas	Ampliación a 12m	1.0	1.0					
10. Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)			89.0	50.0	39.0	0.0			
Bulevar Astapuario - La Paz	BCS	Ampliación a 4c	89.0	50.0	39.0				
<b>Total</b>			<b>11,659.2</b>	<b>2,344.3</b>	<b>3,837.8</b>	<b>2,075.0</b>	<b>1,967.4</b>	<b>478.6</b>	<b>966.1</b>

\* La inversión es estimada y puede variar una vez concluido el proyecto ejecutivo

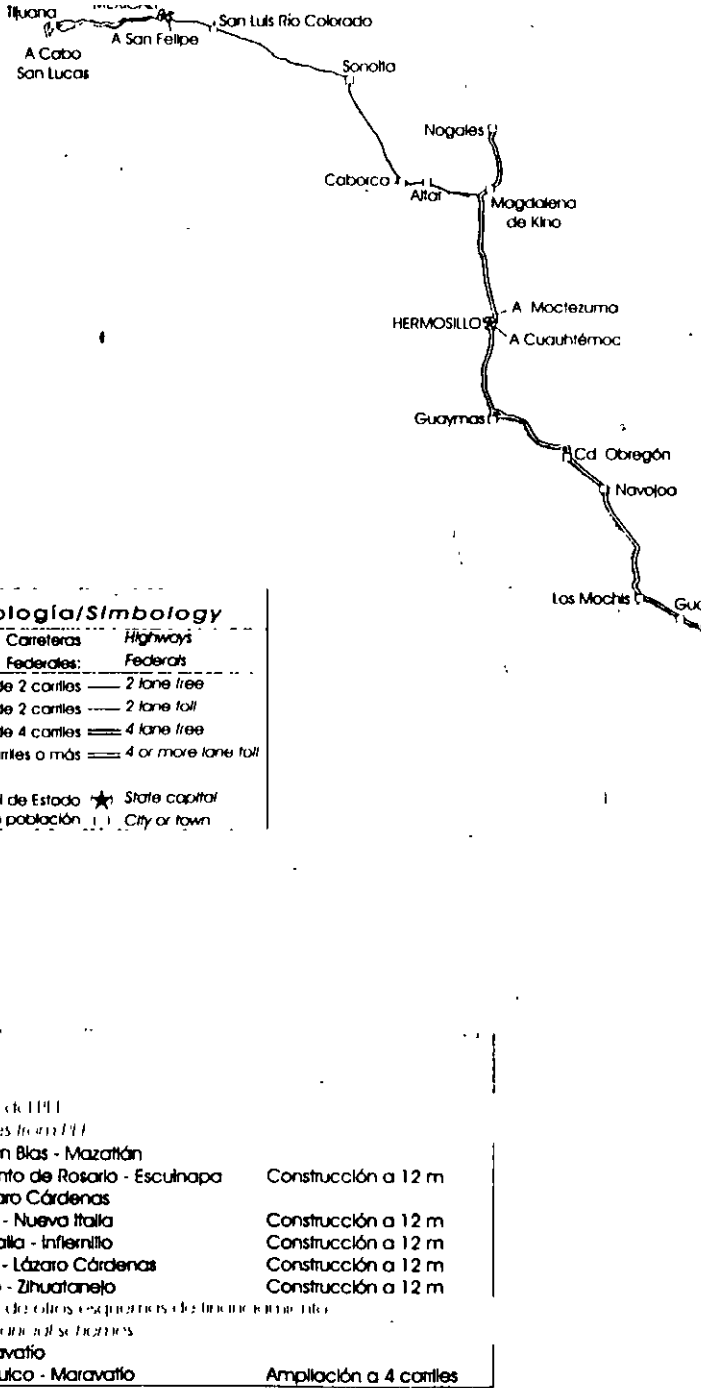
\* The investment is approximate and it can vary once the project design is completed

Fuente/Source: Unidad de Autopistas de Cuernavaca, SCT



**Programa carretero 1999 - 2000**  
**1999 - 2000 highway program**

**Eje/Corridor 1: México - Nogales, con ramales a/lwith branches to Lázaro Cárdenas, Acapulco y Tijuana**



**Simbología/Simbology**

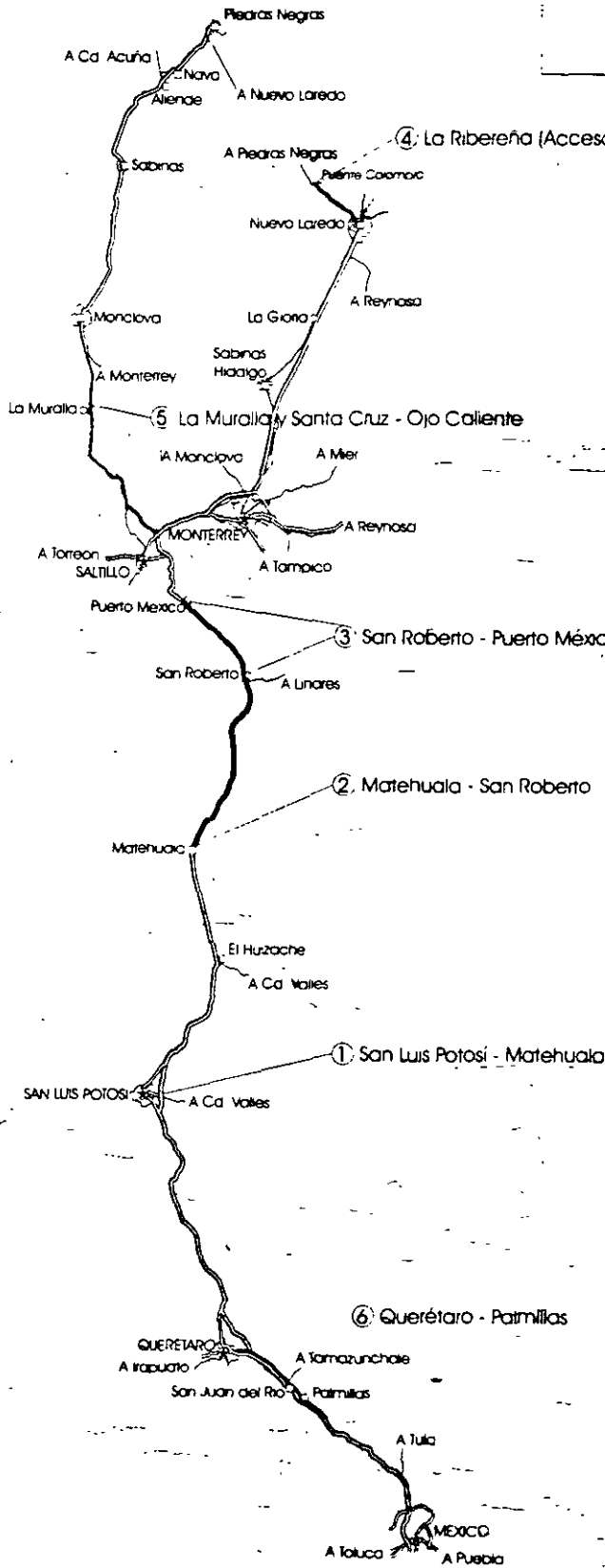
Carreteras Federales	Highways Federal
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

Con recursos del FFI  
 With resources from FFI

Entronque San Blas - Mazatlán	
1 Libramiento de Rosario - Escuinapa	Construcción a 12 m
Ramal a Lázaro Cárdenas	
2 Uruapan - Nueva Italia	Construcción a 12 m
3 Nueva Italia - Intermillo	Construcción a 12 m
4 Intermillo - Lázaro Cárdenas	Construcción a 12 m
5 Felicitiano - Zihuatanejo	Construcción a 12 m
Con recursos de otros esquemas de financiamiento	
With other financial schemes	
Toluca - Maravatio	
6 Atlacomulco - Maravatio	Ampliación a 4 carriles



Eje/corridor 2: México - Nuevo Laredo, con ramal  
a/with branch to Piedras Negras

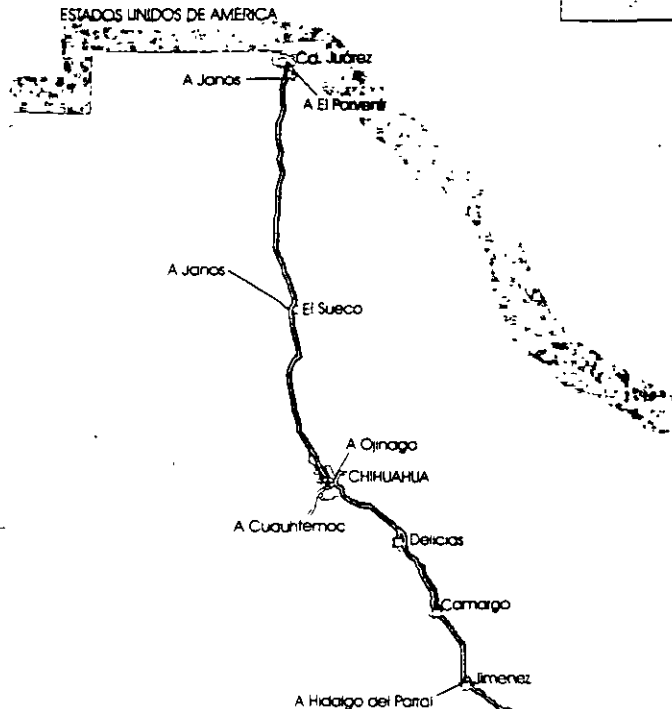


TRAMO SECTION	OPERA WORK DESCRIPTION
Con recursos del PEF With resources from PEF	
San Luis Potosí - Saltillo	
1 San Luis Potosí - Matehuala	Ampliación a 4 carriles
Matehuala - Puerto México	
2 Matehuala - San Roberto	Ampliación a 4 carriles
3 San Roberto - Puerto México	Ampliación a 4 carriles
Monterrey - Nuevo Laredo	
4 La Ribereña (Acceso al Puente Colombia)	Ampliación a 4 carriles
Ramal a Piedras Negras	
5 La Muralla y Santa Cruz - Ojo Caliente	Construcción a 12 m
Con recursos de otros esquemas de financiamiento With other financial schemes	
México - Querétaro	
6 Querétaro - Patmilas	Ampliación a 6 carriles

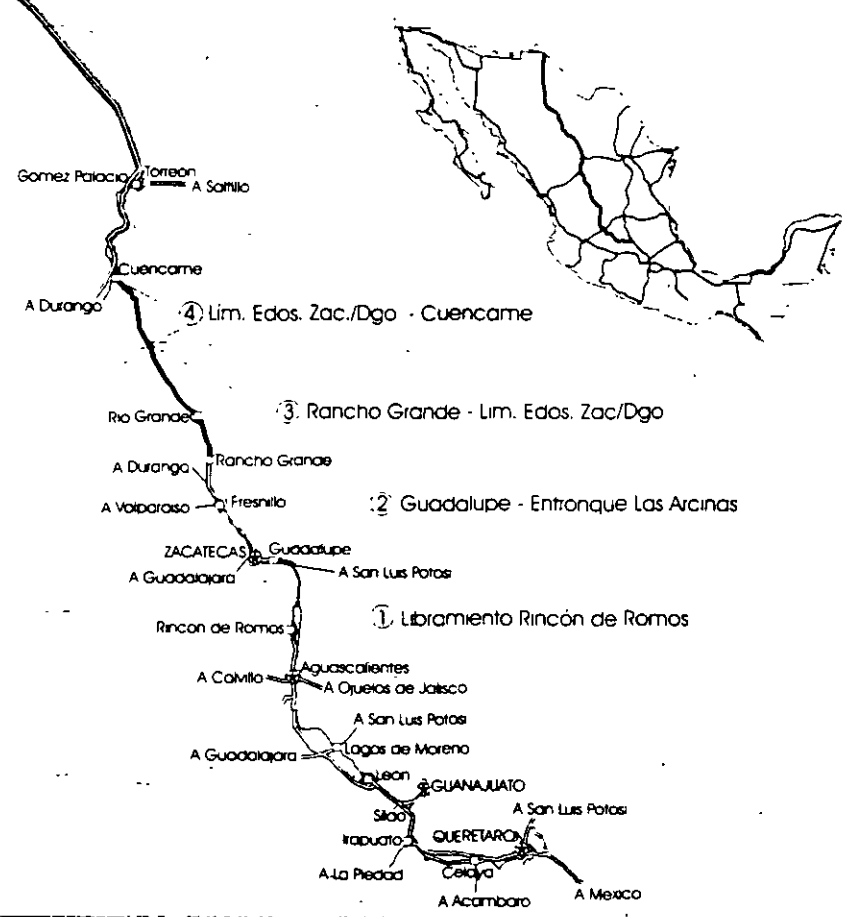


Simbología/Symbology	
Carreteras Federales	Highways Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

Eje/corridor 3: Querétaro - Ciudad Juárez



TRAMO SECTION	OBRA WORK DESCRIPTION
Con recursos del PEF With resources from PEF	
Aguascalientes - Zacatecas	
1 - Libramiento Rincón de Romos	Construcción a 12 m
2 - Guadalupe - Entronque Las Arcinas	Ampliación a 4 carriles
Rancho Grande - Cuencame	
3 - Rancho Grande - Lim. Edos. Zac./Dgo.	Ampliación a 12 m
4 - Lim. Edos. Zac./Dgo - Cuencame	Ampliación a 12 m



**Simbología/Symbology**

Carreteras Federales	Highways Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll

Capital de Estado	★ State capital
Ciudad o población	○ City or town

Eje/corridor 4: Acapulco - Tuxpan

Con recursos de PEF

With resources from PEF

México - Tuxpan

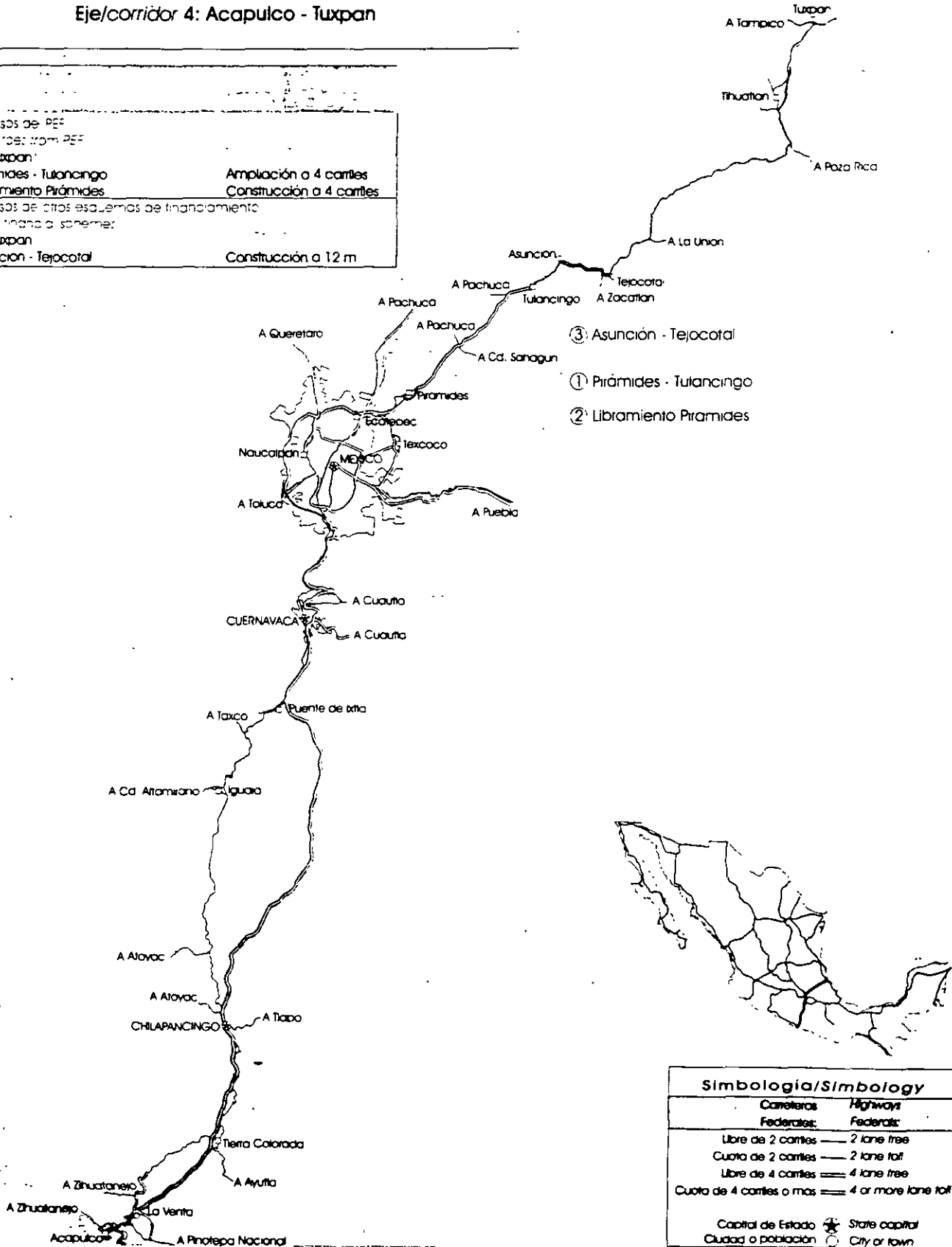
- 1 Pirámides - Tulancingo Ampliación a 4 carriles
- 2 Libramiento Pirámides Construcción a 4 carriles

Con recursos de otros esquemas de financiamiento

With other financial schemes

México - Tuxpan

- 3 Asunción - Tejocotal Construcción a 12 m



- ③ Asunción - Tejocotal
- ① Pirámides - Tulancingo
- ② Libramiento Pirámides

Simbología/Simbology	
Carreteras	Highways
Federales:	Federals:
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

Eje/corridor 5: México - Cancún - Chetumal,  
con ramales a/with branches to Oaxaca y/and Chiapas

Con recursos del PEF  
With resources from PFF

Cancún - Chetumal

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1 Cancún - Tulum                              | Ampliación a 4 carriles y 12 m |
| Ramal a Chiapas                               |                                |
| 2 Las Choapas - Lim. Edos. Tab /Chis          | Construcción a 12 m            |
| 3 Puente Grijalva - Lim. Edos. Ver /Tab       | Construcción a 12 m            |
| 4 Puente Grijalva                             | Puente                         |
| 5 Puente Grijalva - Margen Nte. Presa Malpaso | Construcción a 12 m            |

Con recursos del FIDES  
With resources from FIDES

Coatzacoalcas - Villahermosa

- |                                  |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| 6 Agua Dulce - Cárdenas          | Construcción a 4 carriles |
| Campeche - Mérida                |                           |
| 7 Libramiento de Hecelchakán     | Ampliación a 12 m         |
| 8 Libramiento de Calkiní         | Ampliación a 12 m         |
| 9 Lim. Edos. Camp./Muc. - Poxilá | Construcción a 12 m       |
| 10 Libramiento Umán              | Construcción a 12 m       |

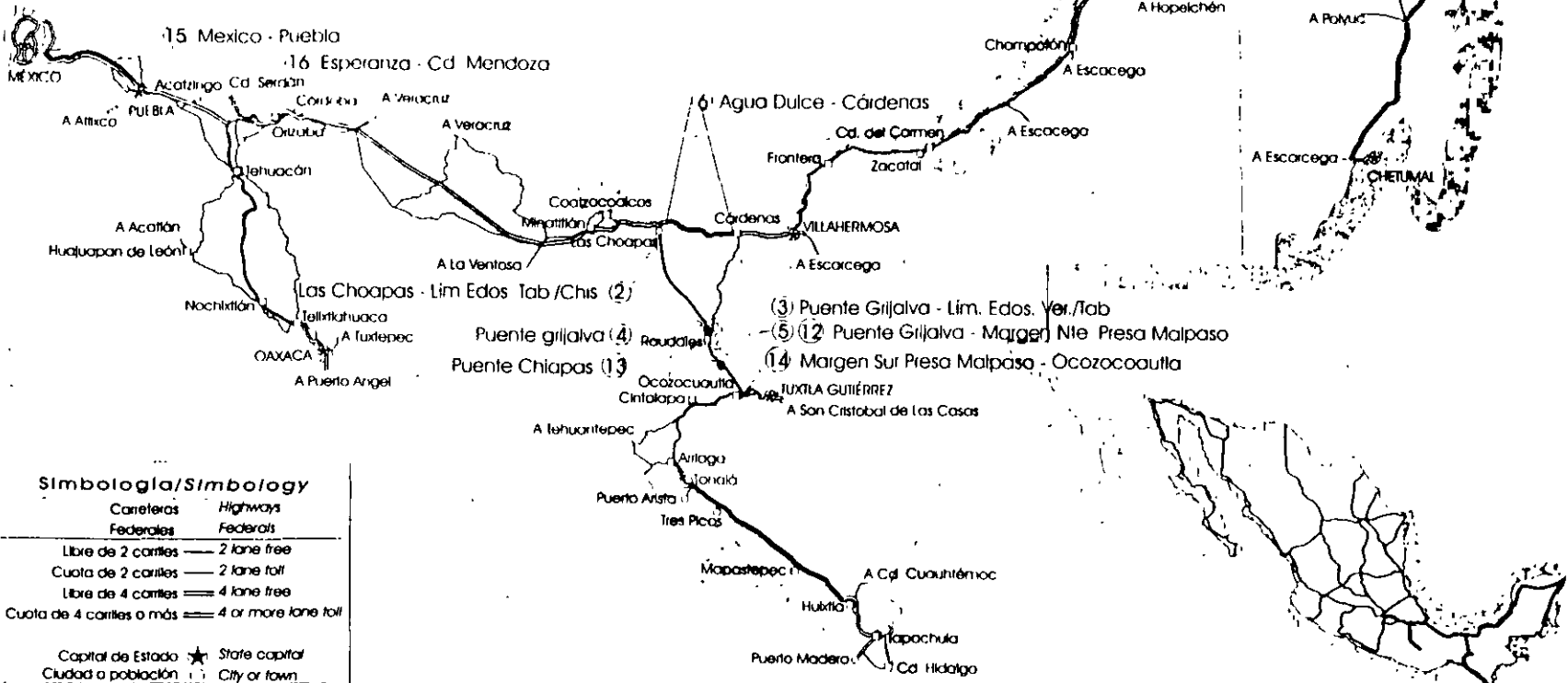
Cancún - Chetumal

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 11 Cancún - Tulum                              | Ampliación a 4 carriles y 12 m |
| Ramal a Chiapas                                |                                |
| 12 Puente Grijalva - Margen Nte. Presa Malpaso | Construcción a 12 m            |
| 13 Puente Chiapas                              | Puente                         |
| 14 Margen Sur Presa Malpaso - Ocozacoautla     | Construcción a 12 m            |

Con recursos de otros esquemas de financiamiento  
With other financial schemes

México - Veracruz

- |                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| 15 México - Puebla            | Ampliación a 6 carriles |
| 16 Esperanza - Ciudad Mendoza | Ampliación a 4 carriles |

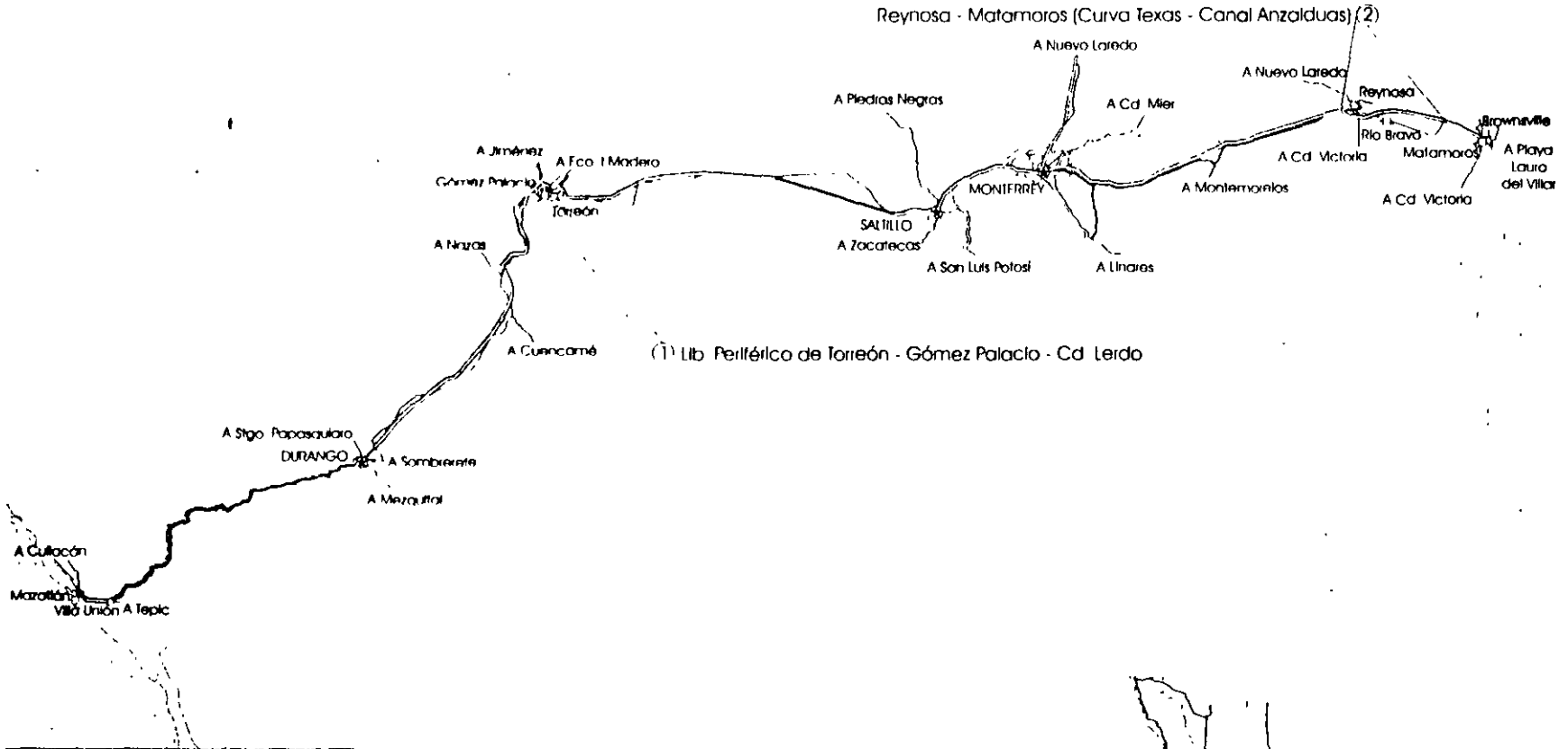


Simbología/Simbiology

Carreteras Federales	Highways Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

Eje/Corridor 6: Mazatlán - Matamoros

Con recursos del PEF  
 With resources from PEF  
 Durango - Saltillo  
 1 Libramiento Periférico de Torreón -  
 Gómez Palacio - Cd. Lerdo Ampliación a 4 carriles  
 Reynosa - Matamoros  
 2 Curva Texas - Canal Anzalduas Ampliación a 4



(1) Lib. Periférico de Torreón - Gómez Palacio - Cd. Lerdo

Simbología/Simbology	
Carreteras Federales:	Highways Federals:
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

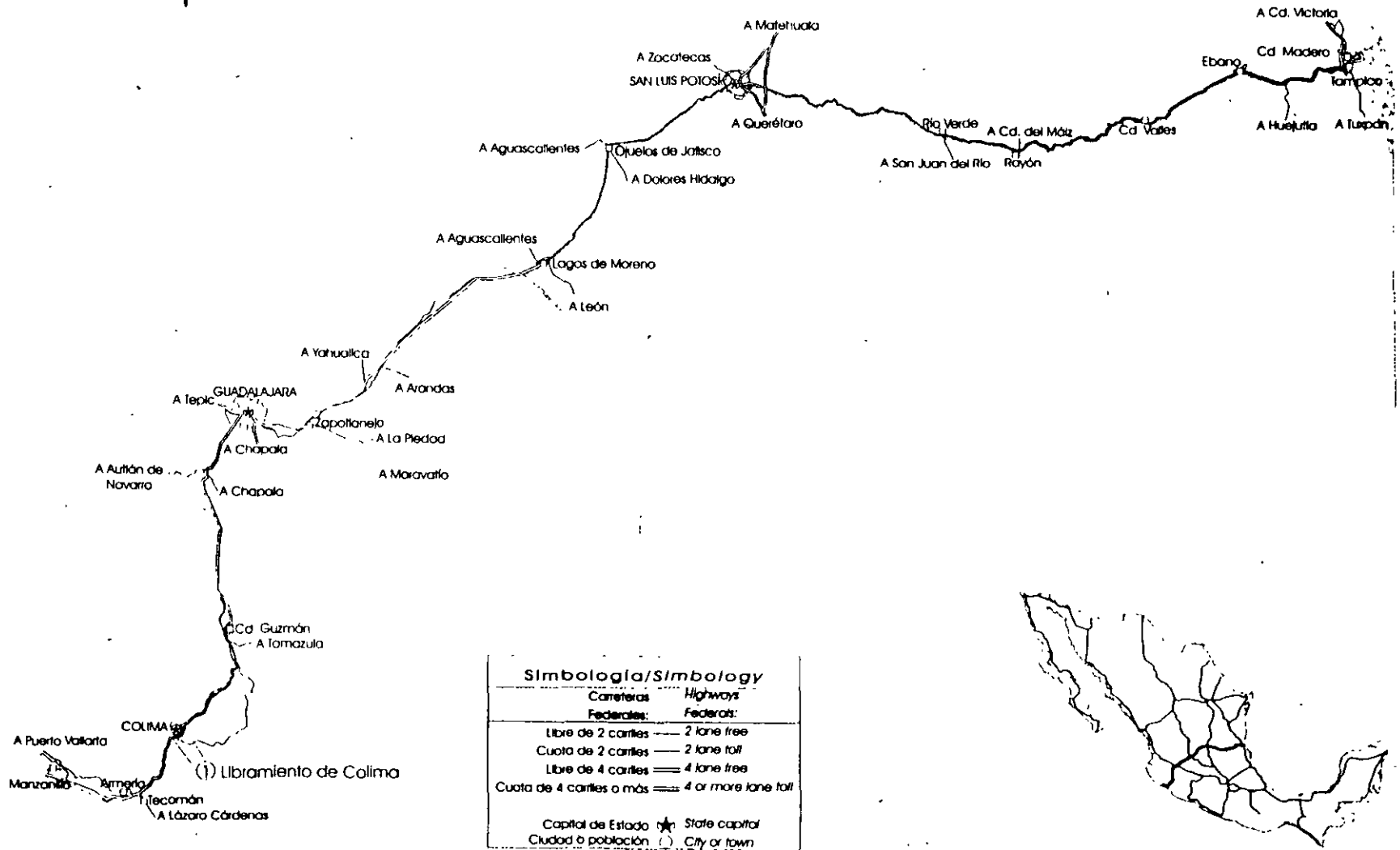


MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY SYSTEM IN MEXICO

# Eje/Corridor 7: Manzanillo - Tampico

Con recuadros del PFI  
 With recuadros from PFI  
 Colima - Guadalajara

1 Libramiento de Colima Ampliación a 4



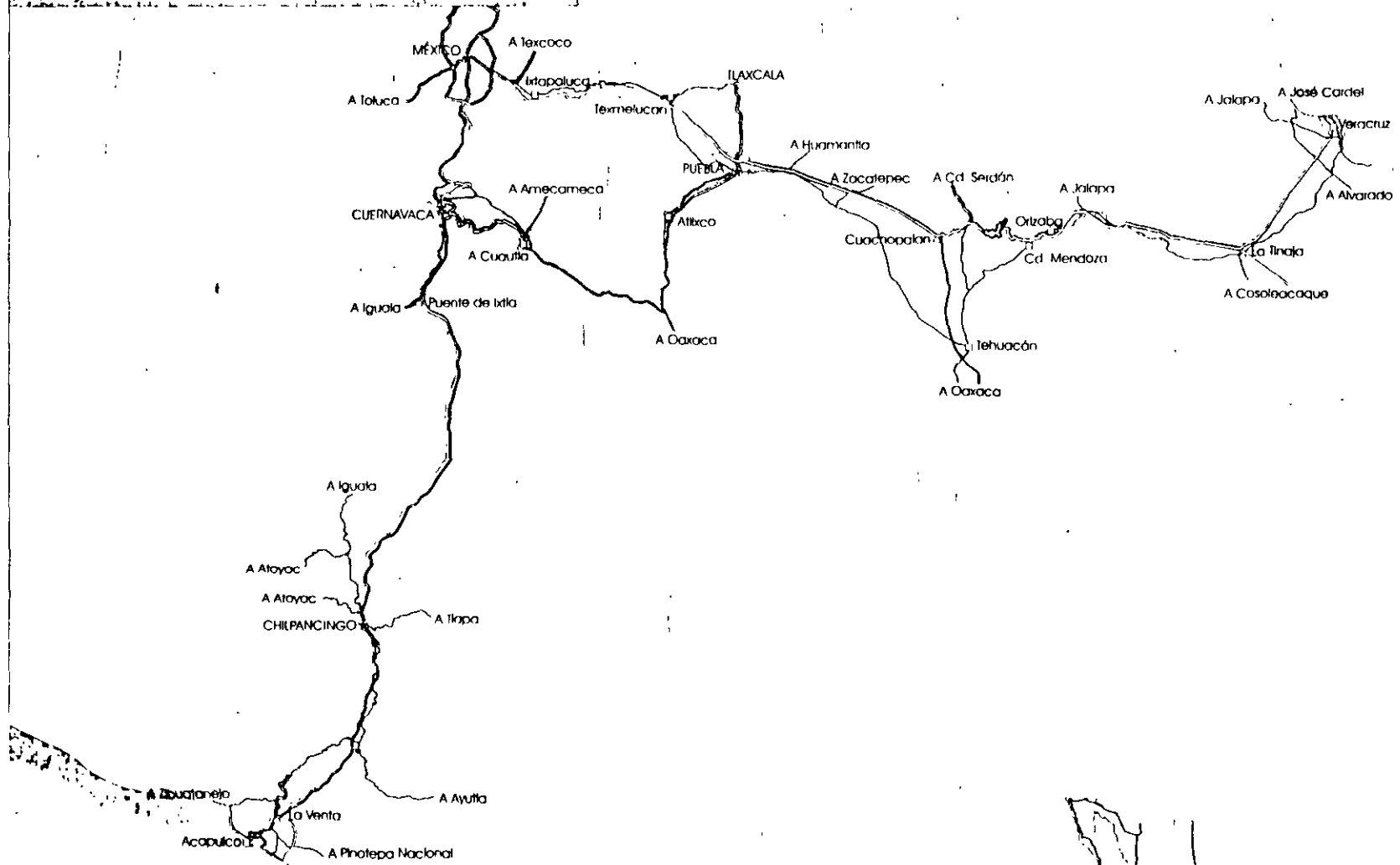
Simbología/Symbology	
Carreteras	Highways
Federales:	Federals:
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

TRAMO  
SECTION

OBRA  
WORK DESCRIPTION

Para este eje troncal no se prevé ninguna inversión en el periodo 1999 - 2000.  
No investment is contemplated for this corridor during 1999 - 2000.

Eje/corridor 8: Veracruz - Puebla - Cuernavaca - Acapulco

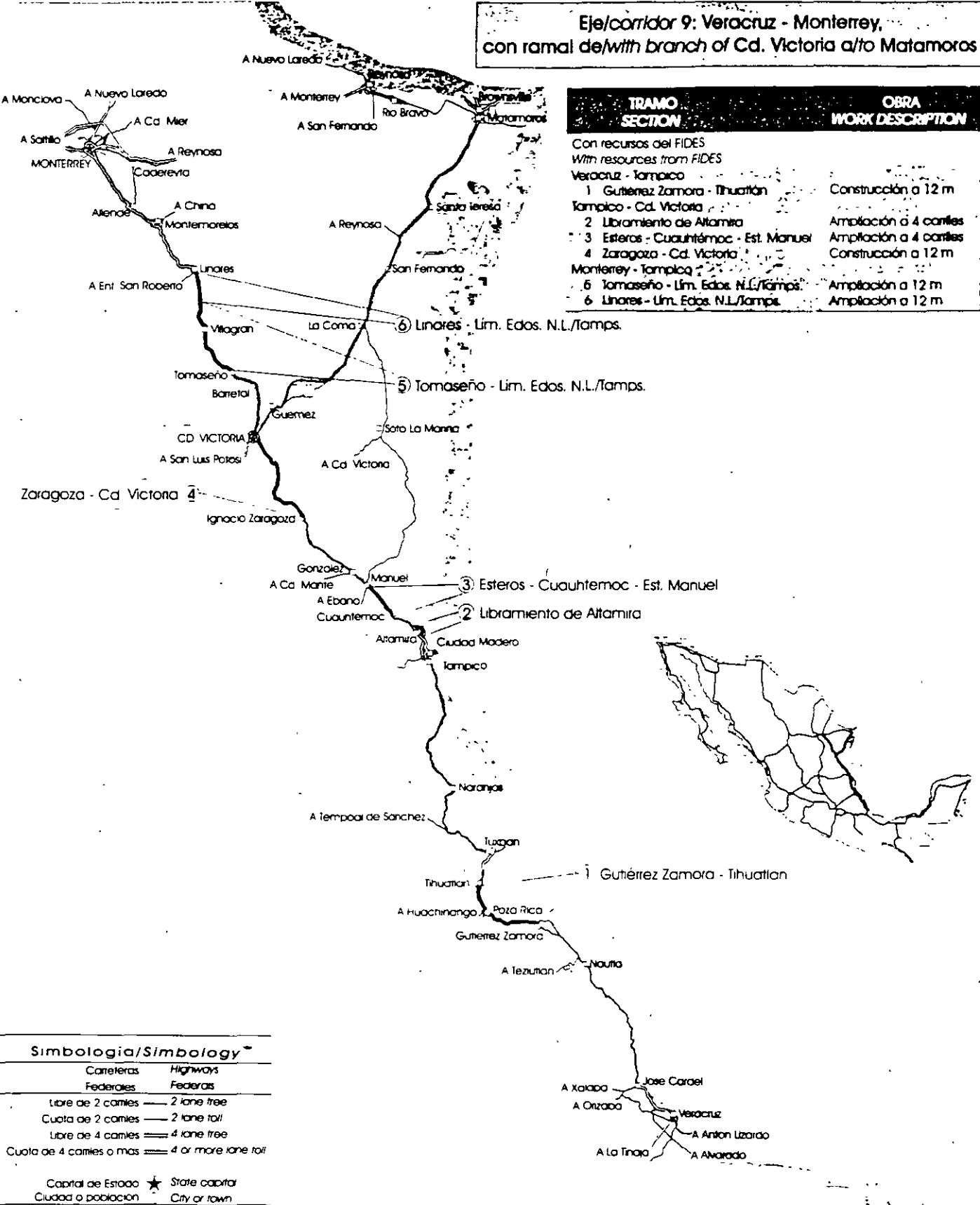


Simbología/Symbology	
Carreteras	Highways
Federales:	Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town





**Eje/corridor 9: Veracruz - Monterrey,**  
**con ramal de/with branch of Cd. Victoria a/to Matamoros**



TRAMO SECTION	OBRA WORK DESCRIPTION
Con recursos del FIDES With resources from FIDES	
Veracruz - Tampico	
1 Gutiérrez Zamora - Tihuatlán	Construcción a 12 m
Tampico - Cd. Victoria	
2 Libramiento de Atamira	Ampliación a 4 carriles
3 Esteros - Cuauhtémoc - Est. Manuel	Ampliación a 4 carriles
4 Zaragoza - Cd. Victoria	Construcción a 12 m
Monterrey - Tampico	
5 Tomaseño - Lim. Edos. N.L./Tamps.	Ampliación a 12 m
6 Linares - Lim. Edos. N.L./Tamps.	Ampliación a 12 m

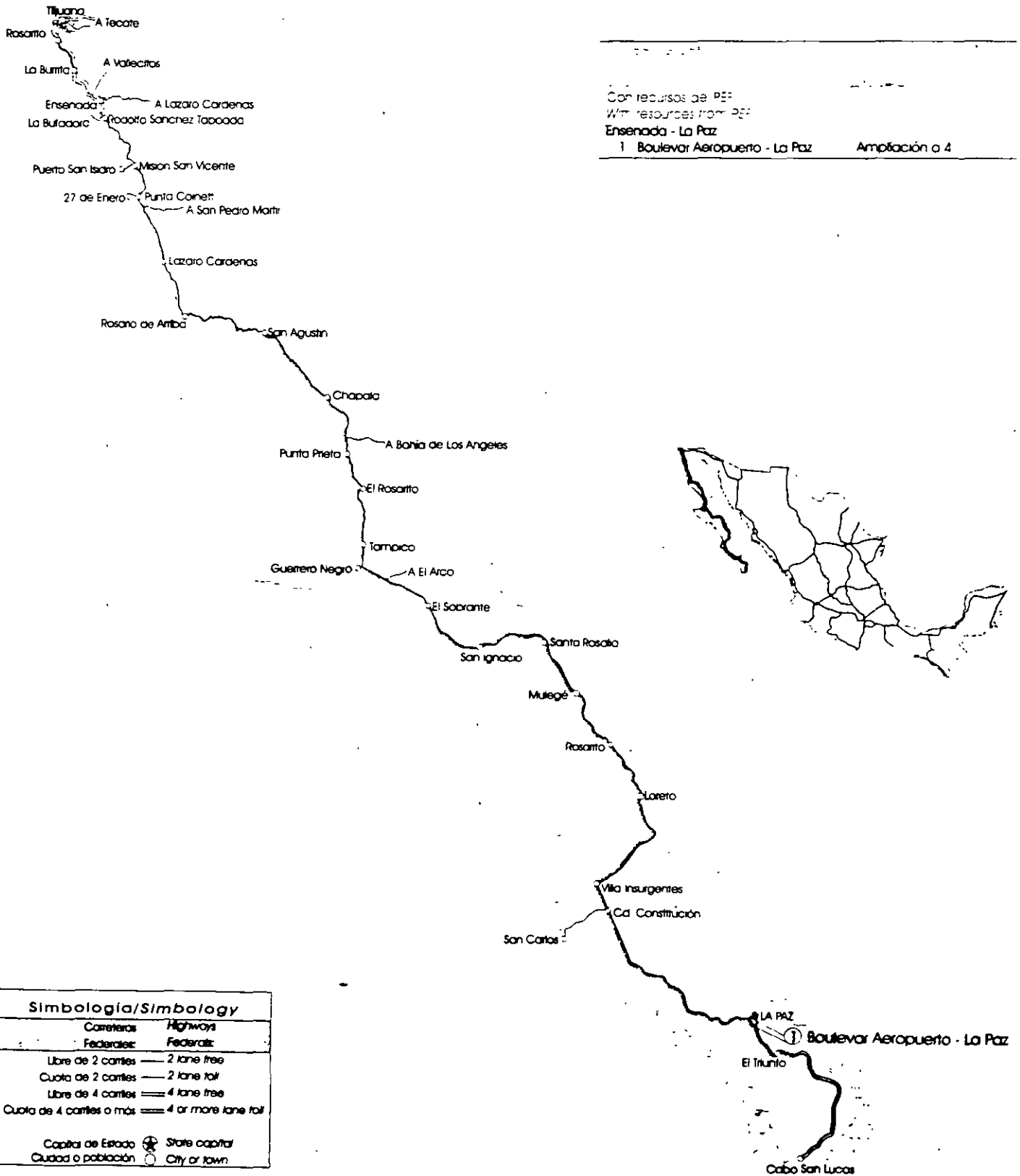
**Simbología/Symbology**

Carreteras Federales	Highways Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o mas	4 or more lane toll

Capital de Estado	★ State capital
Ciudad o población	City or town

Eje/corridor 10: Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)



Con recursos de PEF  
 With resources from PEF  
 Ensenada - La Paz

1 Boulevard Aeropuerto - La Paz      Ampliación a 4

Simbología/Simbology	
Carreteras Federales:	Highways Federals:
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

## II. IMAGEN OBJETIVO PARA EL PERIODO 2001-2010 II. TARGET VISION FOR 2001-2010

### 1. VISIÓN A 2010 Y 2020

Predecir el futuro desarrollo de un país no es una tarea fácil. A pesar de ello, dado el papel y las características del sistema nacional de carreteras es seguro pensar que los 10 principales ejes troncales seguirán constituyendo la columna vertebral del sistema de transporte carretero de México y que en el futuro será necesario continuar la labor de modernizar estos corredores para que ofrezcan un sistema carretero seguro, eficiente y bien articulado al público usuario.

Por ello, la estrategia de otorgar una alta prioridad a los diez ejes troncales y a proyectos necesarios para modernizarlos y expandir su cobertura territorial con carreteras de altas especificaciones debe continuar durante los próximos años. La interrelación entre el sistema carretero y el desarrollo regional también debe enfatizarse para evitar la concentración o la dispersión extremas de la población y las actividades económicas.

En ese contexto, la SCT ha identificado un conjunto de proyectos viables que podrán ser desarrollados durante el período 2001-2010. La lista de proyectos, que incluye libramientos de las ciudades más importantes, se presenta en seguida.

Por último, también se presenta otro cuadro con proyectos propuestos para el período 2011-2020. Evidentemente, la naturaleza específica del programa carretero de esos años variará dependiendo de las condiciones y prioridades económicas, sociales y políticas que el país se fije en esas primeras décadas del tercer milenio.

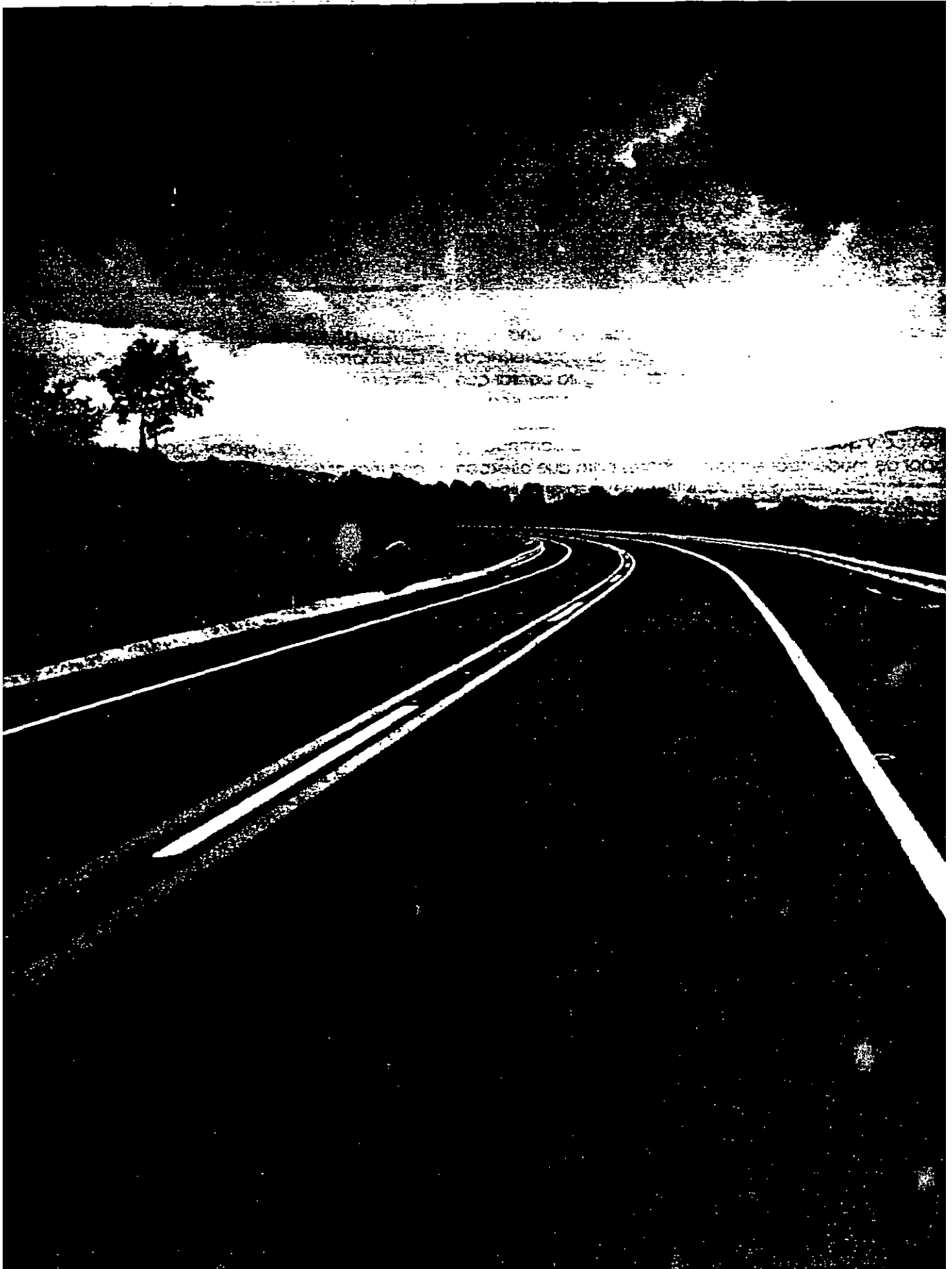
### 1. 2010 AND 2020 VISION

*Although the task of predicting the future development of any country is never easy, given the current characteristics of the existing road system one may safely predict that the 10 main highway corridors will continue to be the main backbone of the Mexican road transport system, and that actions should keep focusing on allowing that these corridors offer to the travelling public a safe, efficient and well connected road system.*

*In this respect, the strategy of prioritizing the ten main highway corridors and projects needed to modernize and expand the coverage of high specification roads must continue during coming years. The relationship between the highway system and regional development should also be stressed, to avoid extreme concentration or dispersion of the population and economical activities.*

*Within that framework, SCT has identified a set of feasible projects that can be developed during the period 2001-2010. The list of these projects, which includes the bypasses needed around the country's most important cities is presented below.*

*Finally, a table is presented in which other projects are proposed for the period 2011-2020. Obviously, the specifics of the highway program for these years will vary according to the country's future economical, social and political conditions and priorities.*



PROYECTOS SUSCEPTIBLES DE SER PROGRAMADOS EN EL PERIODO 2001 - 2010  
 PROJECTS LIKELY TO BE SCHEDULED DURING 2001 - 2010

Eje Tramo/Subtramo	Tipo de Obra requerida	Longitud (km)
Corridor Section/Subsection	Type of Work	Length (km)
1. México-Nogales		898.0
México - Guadalajara		
1. Atzacán - Atzacomulco	Construcción a 4c	80.0
Ent. San Blas - Mazatlán		
2. Ent. San Blas - Rosamorada	Construcción a 2c	50.0
3. Rosamorada - Lím. Edos. Nay./Sin.	Construcción a 2c	55.0
4. Lím. Edos. Nay./Sin. - Escuinapa	Construcción a 2c	46.0
5. Rosario - Villa Unión	Construcción a 2c	31.0
Ramal a Lázaro Cárdenas y Acapulco		
6. Lázaro Cárdenas - Zihuatanejo	Ampliación a 12 m	106.0
7. Zihuatanejo - Acapulco	Ampliación a 12 m	225.0
Ramal a Tijuana		
Santa Ana - Tijuana		
8. Mexcali - El Centinela	Ampliación a 12 m	18.0
9. Santa Ana - Cabarca	Ampliación a 12 m	104.0
10. Cabarca - Sonoyta	Ampliación a 12 m	147.0
11. San Luis Río Colorado - Acc. a Mexcali*	Ampliación a 12 m	36.0
2 México-Nuevo Laredo		57.0
México - Tepotzotlán		
12. Pemarte - Tepotzotlán	Modernización	21.0
Ramal a Piedras Negras		
Ojo Caliente - Manclava		
13. Ojo Caliente - Rancho Nuevo	Construcción a 2c	36.0
3. Querétaro-Cd. Juárez		60.0
Rincón de Ramos - Ent. Lib. Zacatecas		
14. Rincón de Ramos - Lím. de Edos. Ags./Zac.	Ampliación a 4c	20.0
15. Lím. de Edos. Ags./Zac. - Ent. Lib. Zac.	Construcción a 2c	40.0
4. Acapulco-Tuxpan		113.0
Pachuca - Tihuatlán		
16. Tejocotal - Nuevo Necaxa	Construcción a 2c	28.0
17. Nuevo Necaxa - Tihuatlán	Construcción a 2c	85.0
5. México-Chetumal		656.0
Villahermosa - Mérida		
18. Villahermosa - Ciudad del Carmen	Ampliación a 12 m	172.0
19. Ciudad del Carmen - Champotón	Ampliación a 12 m	151.0
Cancún - Chetumal		
20. Tulum - Desviación a Majahual	Ampliación a 12 m	166.0
21. Desviación a Majahual - Ent. Chetumal	Ampliación a 12 m	167.0
Ramal a Oaxaca		0.0
Ramal a Chiapas		0.0
6. Mazatlán-Matamoros		0.0
7. Manzanillo-Tampico		436.0
Coima - Guadalajara		
22. El Trapiche - Lím. de Edos. Col./Jgl.	Ampliación a 4c	20.0
23. Ent. Sayula - Cuatro Caminos	Ampliación a 4c	33.0
Lagos de Moreno - San Luis Potosí		
24. Lagos de Moreno - Las Amarillas	Ampliación a 4c	35.0
25. Las Amarillas - Villa de Arriaga	Ampliación a 2c	43.0
26. Villa de Arriaga - San Antonio	Ampliación a 12 m	26.0
27. San Antonio - Ent. Aeropuerto	Construcción a 2c	17.0
San Luis Potosí - Tampico		
28. San Luis Potosí - Ciudad Valles**	Construcción a 2c	262.0

Eje Tramo/Subtramo	Tipo de Obra requerida	Longitud (km)
Corridor Section/Subsection	Type of Work	Length (km)
8. Acapulco-Veracruz		97.0
Chilpancingo - Puebla		
29. Alpuyecá - Atlixco	Construcción a 2c	97.0
9. Veracruz-Monterrey		271.0
Veracruz - Tampico		
30. Cardel - Tihuatlán*	Construcción a 2c	196.0
Tampico - Ciudad Victoria		
31. Estación Manuel - González	Construcción a 2c	15.0
32. González - Zaragoza	Ampliación a 12 m	60.0
10. Tijuana-Cabo San Lucas (Transpeninsular)		0.0
		0.0
	Subtotal	1,770.0

OTROS PROYECTOS  
 OTHER PROJECTS

Tramos	Tipo de Obra requerida	Longitud (km)
Section	Type of Work	Length (km)
33. Arriaga - La Ventosa	Ampliación a 12m	136
34. La Ventosa - Salina Cruz	Ampliación a 12m	57
35. Salina Cruz - Huatulco	Ampliación a 12m	145
36. La Ventosa - Acahuacán	Ampliación a 12m	200
37. F.L. Santa María - Cárdenas	Ampliación a 12m	52
	Subtotal	590

TOTAL 2,360

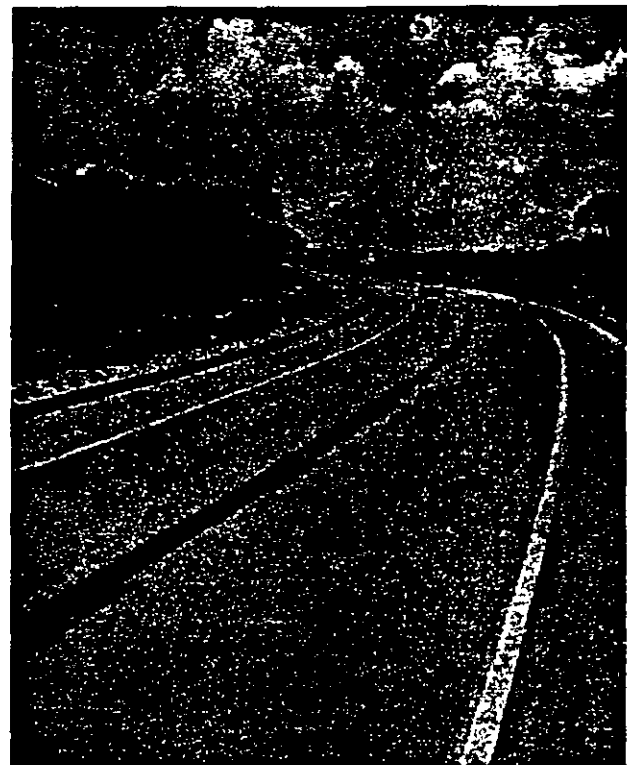
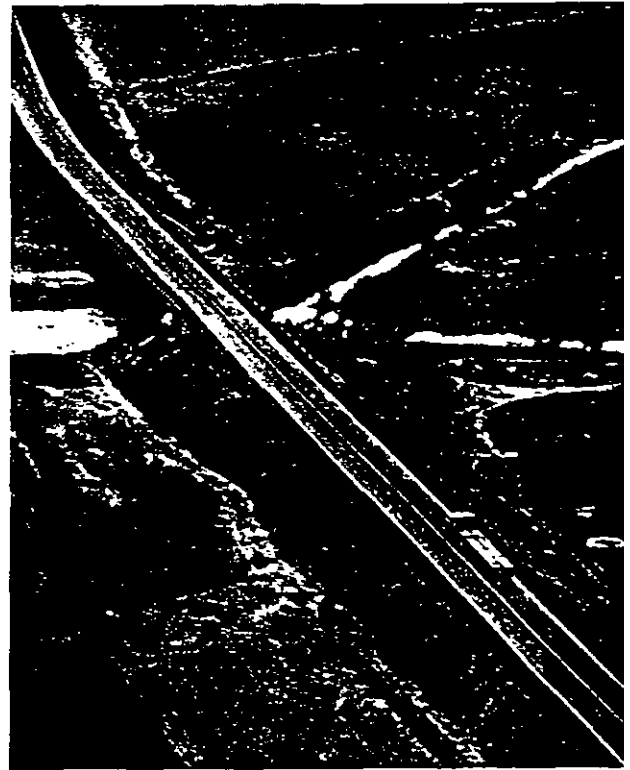
\* Estas obras se terminarán después del 2010

\*\* En Construcción

PROGRAMA DE LIBRAMIENTOS EN LAS PRINCIPALES  
CIUDADES 2001-2010  
PROGRAM OF BYPASSES FOR 2001-2010

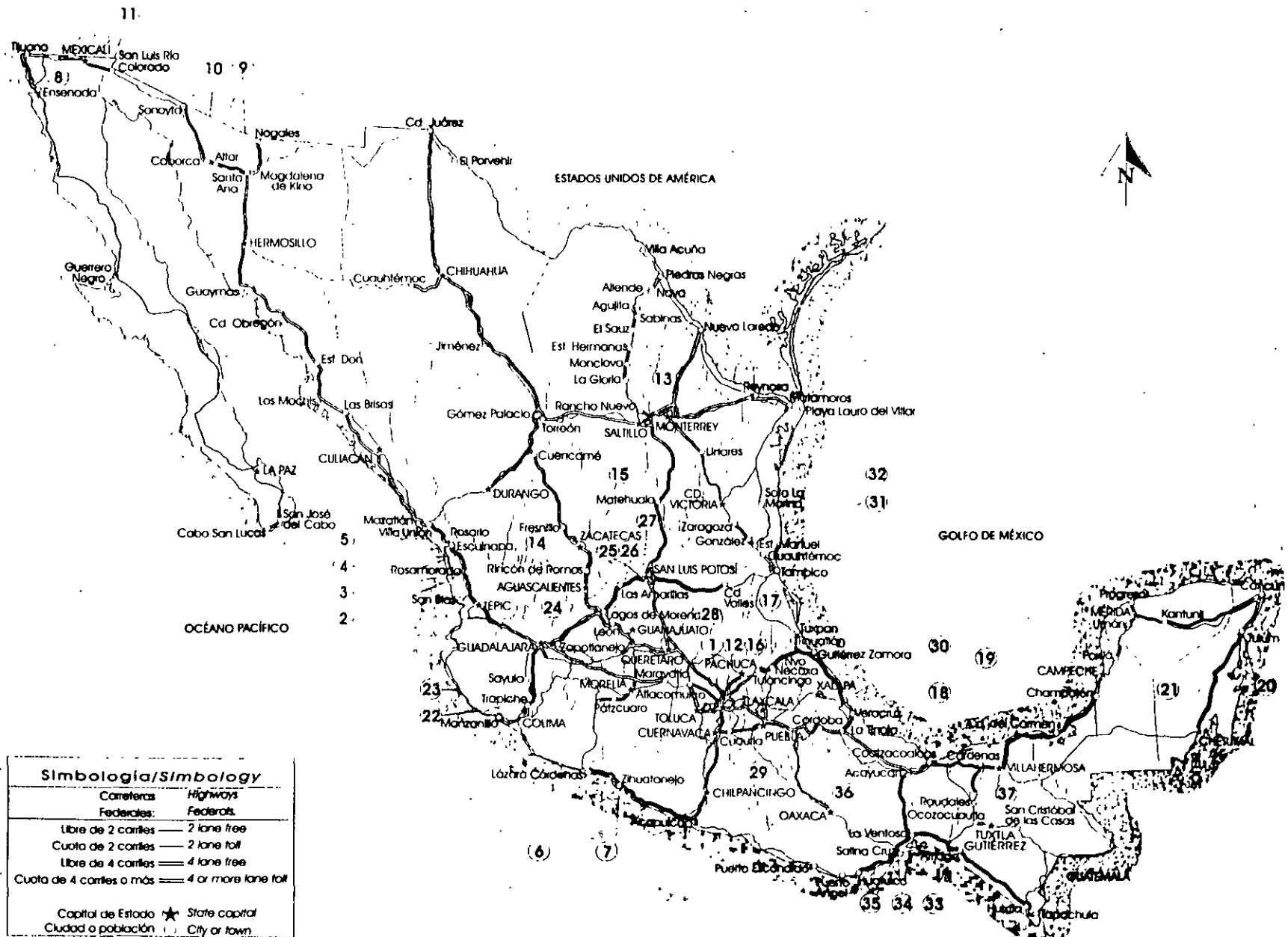
Eje	Ciudad y ubicación	Longitud (km)	Inversión (mdp)
Corridor	City and location	Length (km)	Investment
1. México - Nogales		185.5	2,379.0
	Toluca, Mex. (N-Ote.)	30.0	240.0
	Atzacomulco, Mex. (S-Pte.)	13.5	190.0
	Guadalajara, Jal. (Sur)*	76.0	1350.0
	Tepic, Nay.	14.0	186.0
	Villa Unión, Sn.	11.0	110.0
	Mazatlán, Sn.	22.0	153.0
	Ramal a Lázaro Cárdenas y Acapulco		
	Ramal a Tijuana		
	Tijuana, B.C.	19.0	150.0
2. México - Nuevo Laredo		74.6	690.0
	Matahuila, S.L.P. (Ote.)	13.3	210.0
	Ramal a Piedras Negras		
	Saltillo, Coah. (N-Ote.)	45.0	350.0
	Piedras Negras, Coah.	16.3	130.0
3. Querétaro - Ciudad Juárez		24.0	160.0
	Zacatecas, Zac.	24.0	160.0
4. Acapulco - Tuxpan		22.0	170.0
	Tulancingo, Hgo.	22.0	170.0
5. México - Chetumal		25.3	206.0
	Cárdenas, Tab. (Norte)	10.8	90.0
	Villahermosa, Tab. (N-Pte.)	14.5	116.0
	Ramal a Oaxaca		
	Ramal a Chiapas		
6. Mazatlán - Matamoros		30.0	305.0
	Reynosa, Tamps.	22.0	215.0
	Matamoros, Tamps.	8.0	90.0
7. Manzanillo - Tampico		8.0	80.0
	Lagos de Moreno, Jal	8.0	80.0
8. Acapulco - Veracruz		-----	-----
9. Veracruz - Monterrey		38.0	360.0
	Atlix - Per. de Monterrey (2c)	38.0	360.0
10. Transpeninsular		-----	-----
		407.4	4,350.0

\* Estas obras se terminarán después del año 2010

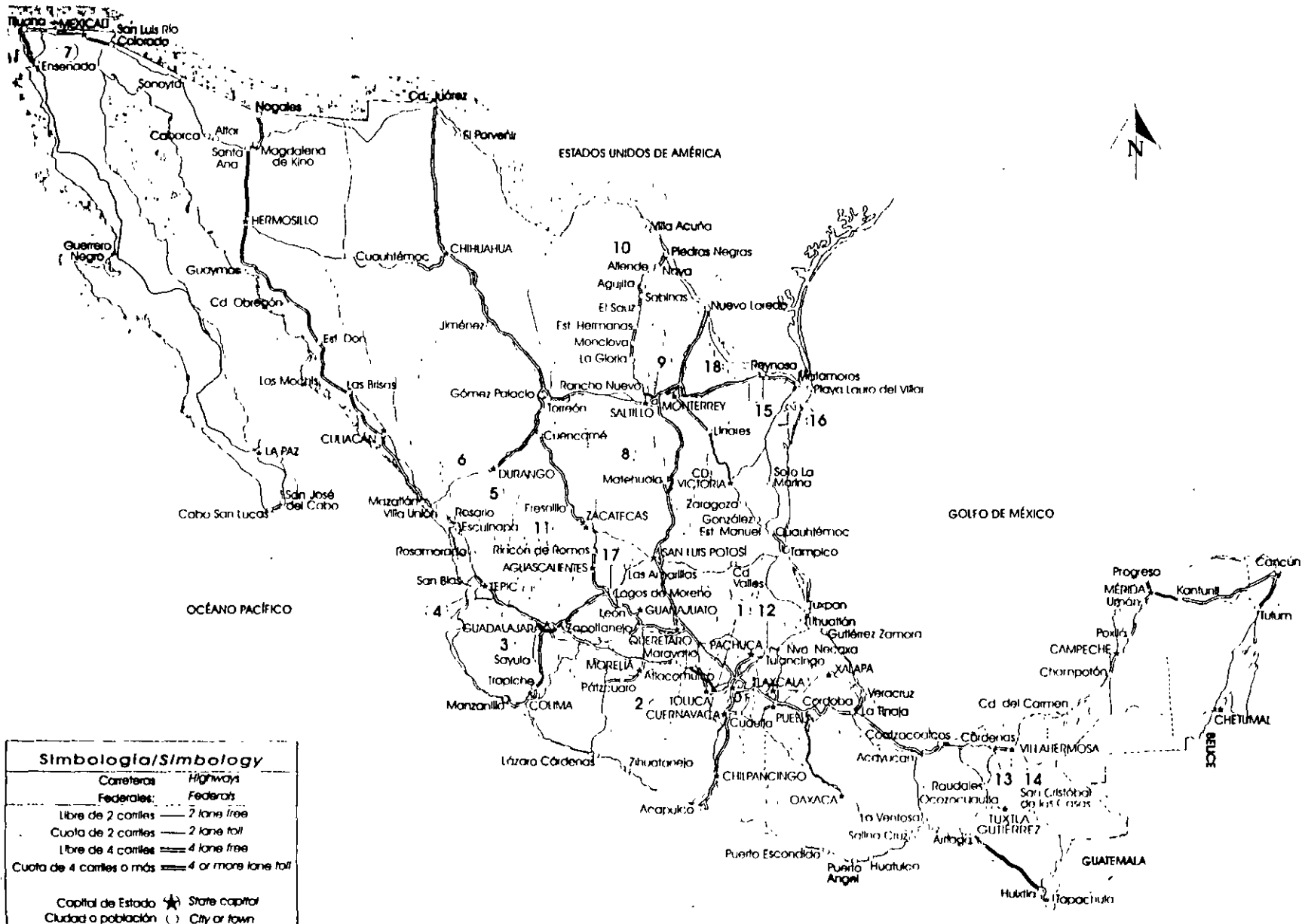


# Proyectos susceptibles de ser programados en el periodo 2001-2010

Projects likely to be programmed for 2001-2010



**Programa de libramientos en las principales ciudades 2001-2010**  
**Program of bypasses for 2001-2010**



Simbología/Simbology	
Carreteras	Highways
Federales:	Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY SYSTEM DURING 1999 AND 2001



**PROYECTOS FACTIBLES 2011-2020  
OTHER FEASIBLE PROJECTS FOR 2011-2020**

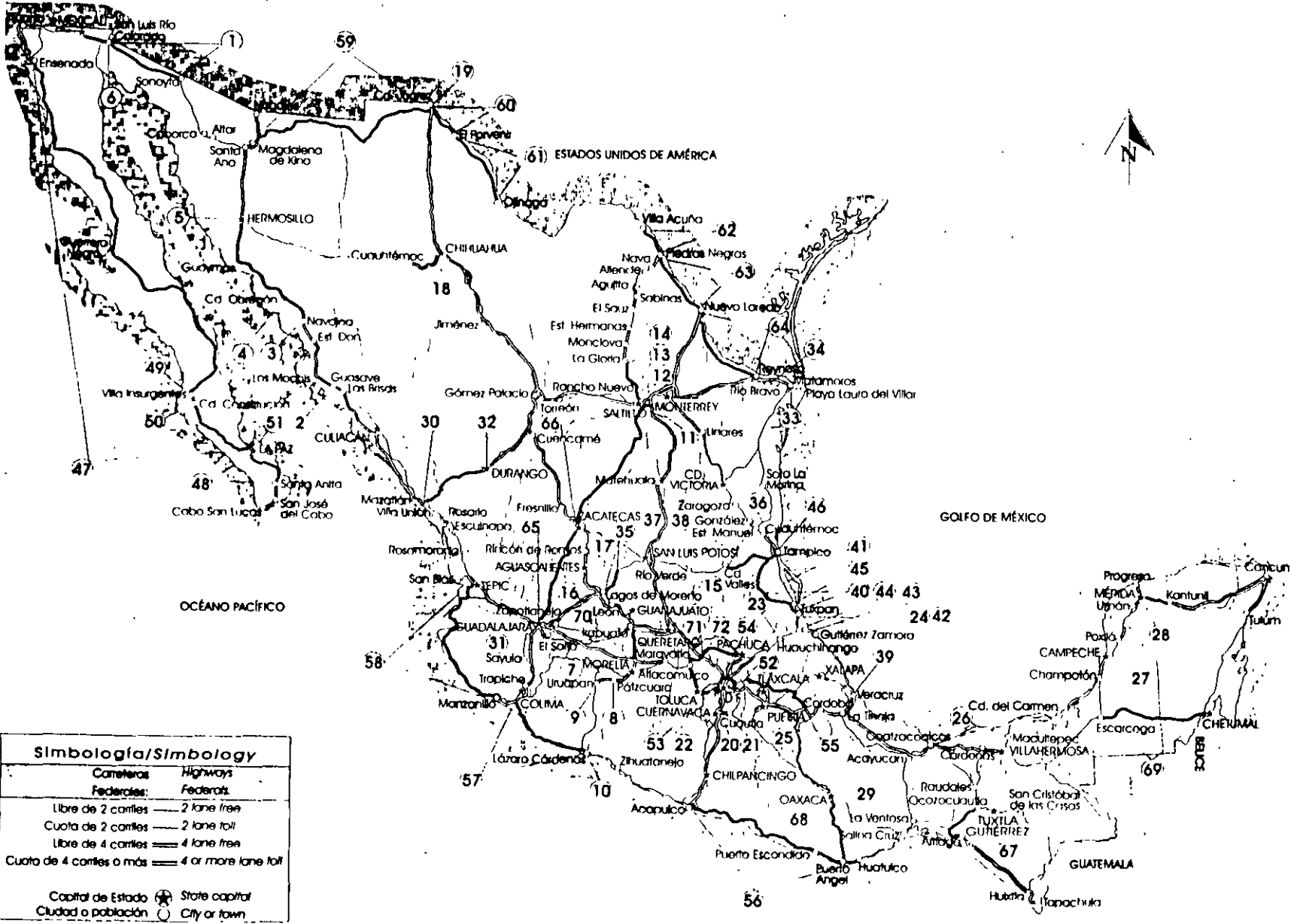
Tramos	Longitud (Km)
Sections	Length (km)
<b>1. México - Nogales</b>	<b>350.2</b>
Ramal a Mexical	
1 Sonoyta-San Luis Río Colorado	200.0
Libramientos	
2 Guasave	15.0
3 Navojoa	19.0
4 Ciudad Obregón	28.5
5 Hermosillo	27.0
6 San Luis Río Colorado	43.5
7 Morelia	22.0
8 Pátzcuaro	17.0
9 Uruapan	13.0
10 Lázaro Cárdenas	8.7
<b>2. México - Nuevo Laredo</b>	<b>233.0</b>
Ramal a Piedras Negras	
11 La Carbonera-Satillo	22.0
12 Satillo-Ent. Der. Paredón	62.0
13 Rancho Nuevo-La Gloria	127.0
Libramientos	
14 Monclova	22.0
<b>3. Querétaro - Ciudad Juárez</b>	<b>185.6</b>
Libramientos	
15 Querétaro	47.3
16 Irapuato	27.0
17 Aguascalientes	40.0
18 Chihuahua	41.7
19 Ciudad Juárez	29.6
<b>4. Acapulco - Tuxpan</b>	<b>86.5</b>
20 Estrada México-Constituyentes (Periférico)	21.7
21 Constituyentes (Periférico)-Ent. Trebol Constituyentes	6.3
Libramientos	
22 Cuernavaca	41.0
23 Huachinango	11.0
24 Tuxpan	6.5
<b>5. México - Chetumal</b>	<b>153.5</b>
Libramientos	
25 Puebla	62.0
26 Macultepec	8.0
27 Champotón	12.0
28 Mérida	28.5
29 Oaxaca	43.0
<b>6. Mazatlán - Matamoros</b>	<b>346.2</b>
30 Villa Unión-Durango	291.0
Libramientos	
31 El Salto	8.0
32 Durango	23.0
33 Matamoros, Coah.	8.0
34 Río Bravo	16.2
<b>7. Manzanillo - Tampico</b>	<b>227.3</b>
35 Lagos de Moreno-Ojuelos de Jalisco	67.3
36 Ciudad Valles-Tampico	138.0
Libramientos	
37 Río Verde	17.0
38 Ciudad Valles	5.0

Tramos	Longitud (Km)
Sections	Length (km)
<b>8. Acapulco - Veracruz</b>	<b>21.3</b>
Libramientos	
39 Veracruz	21.3
<b>9. Veracruz - Monterrey</b>	<b>268.3</b>
40 Libramiento Tuxpan-Ent. Izq. Temporal Sánchez	45.2
41 Ent. Izq. Temporal Sánchez-Tampico	147.2
Libramientos	
42 Tuxpan	9.0
43 Papantla	11.5
44 Poza Rica	32.2
45 Cerro Azul	8.2
46 Tampico	15.0
<b>10. Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)</b>	<b>1,546.3</b>
47 R. Sánchez Taboada-Ent. Izq. Aeropuerto La Paz	1,346.0
48 La Paz-Santa Anita	163.0
Libramientos	
49 Villa Insurgentes	9.0
50 Ciudad Constitución	11.1
51 La Paz	17.2
<b>SUBTOTAL</b>	<b>3,418.2</b>

**PROYECTOS FUERA DE EJES**

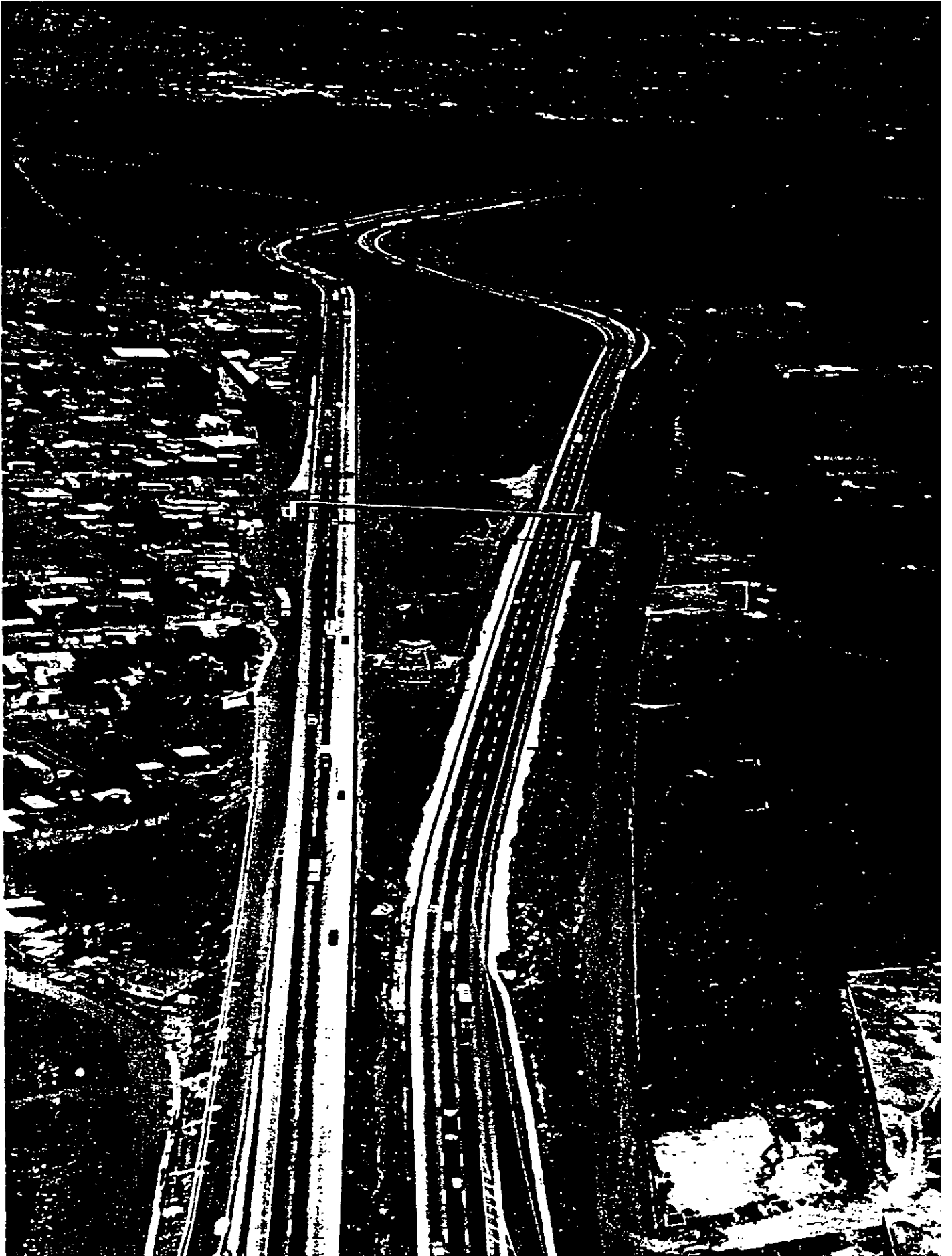
Tramos	Longitud (Km)
Sections	Length (km)
<b>Zona Metropolitana</b>	<b>205.0</b>
52 Chalco-Tepehpan	45.0
53 Tepehpan-Ozumbilla	9.0
54 Ozumbilla-Atzacapan	22.0
55 Calpulalpan-Zacatepec	129.0
<b>Costera Pacifica</b>	<b>1,146.0</b>
56 Huatulco-Acapulco	485.0
57 Lázaro Cárdenas-Tecoman	281.0
58 Manzanillo-Tepic	380.0
<b>Frontierza Norte</b>	<b>1,381.0</b>
59 Imuris-Ciudad Juárez	552.0
60 Ciudad Juárez-Porterit	87.0
61 Porterit-Ojinaga	240.0
62 Acuña-Piedras Negras	87.0
63 Piedras Negras-Nuevo Laredo	187.0
64 Nuevo Laredo-Reynosa	228.0
<b>Otras</b>	<b>1,507.0</b>
65 Guadalajara-Zacatecas	323.0
66 Zacatecas-Satillo	370.0
67 Oaxacoahuila-Amaga	151.0
68 Oaxaca-Huamantla	180.0
69 Chetumal-Escárcega	277.0
70 Cuitzeo-Salamanca	78.0
71 Atzacmulco-Jilotepec	48.0
72 Jilotepec-Tula-Pachuca	80.0
<b>SUBTOTAL</b>	<b>4,239.0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>7,657.2</b>

**Proyectos factibles 2011 - 2020**  
**Other feasible projects for 2011-2020**



Simbología/Symbology	
Carreteras	Highways
Federales	Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY SYSTEM





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**PRÁCTICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS**

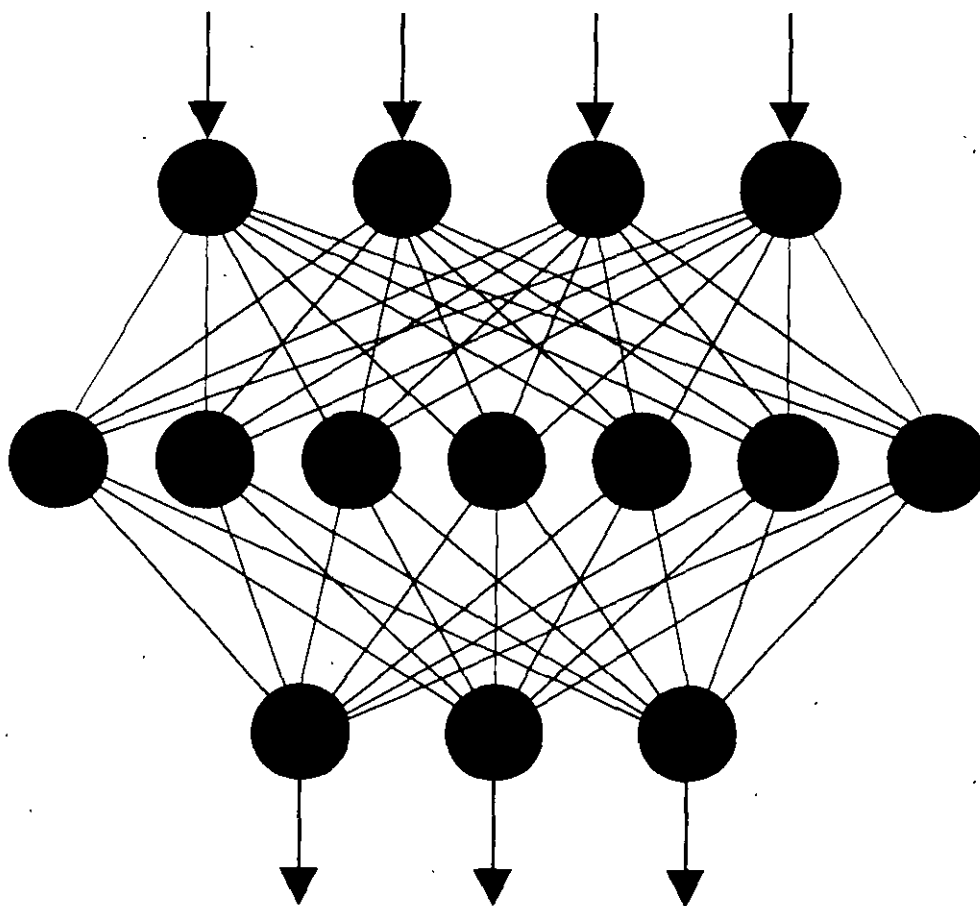
**EXPOSITOR: M. I. RAÚL VICENTE OROZCO SANTOYO  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

## TENDENCIA MUNDIAL EN PAVIMENTOS

- a) Modelación teórica más realista e innovadora del comportamiento de los pavimentos, que incorpore la caracterización de los materiales obtenida de pruebas no destructivas. La aplicación de las redes neuronales artificiales debe tomarse en cuenta.
- b) Disponibilidad de datos altamente confiables, de campo y laboratorio, obtenidos de organismos oficiales e instituciones de investigación asociadas con empresas de consultoría y construcción.
- c) Incorporación más efectiva de los conceptos básicos de la mecánica de suelos en el proyecto y la evaluación de pavimentos, incluyendo su cimentación.
- d) Aplicación necesaria de parámetros geotécnicos más significativos, para suprimir el uso generalizado de conceptos empíricos como el CBR (California Bearing Ratio).

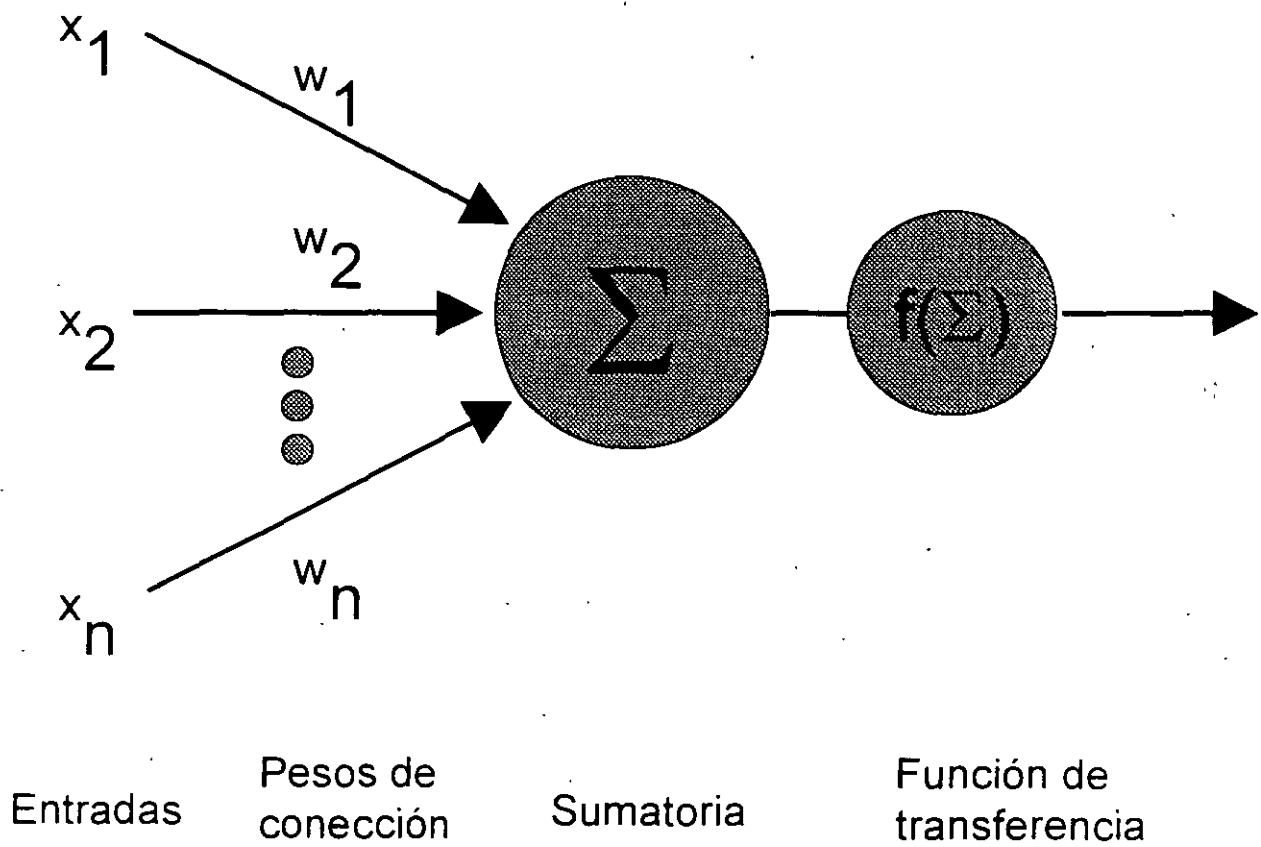
# ARQUITECTURA DE UNA RED NEURAL ARTIFICIAL

Entrada de la señal

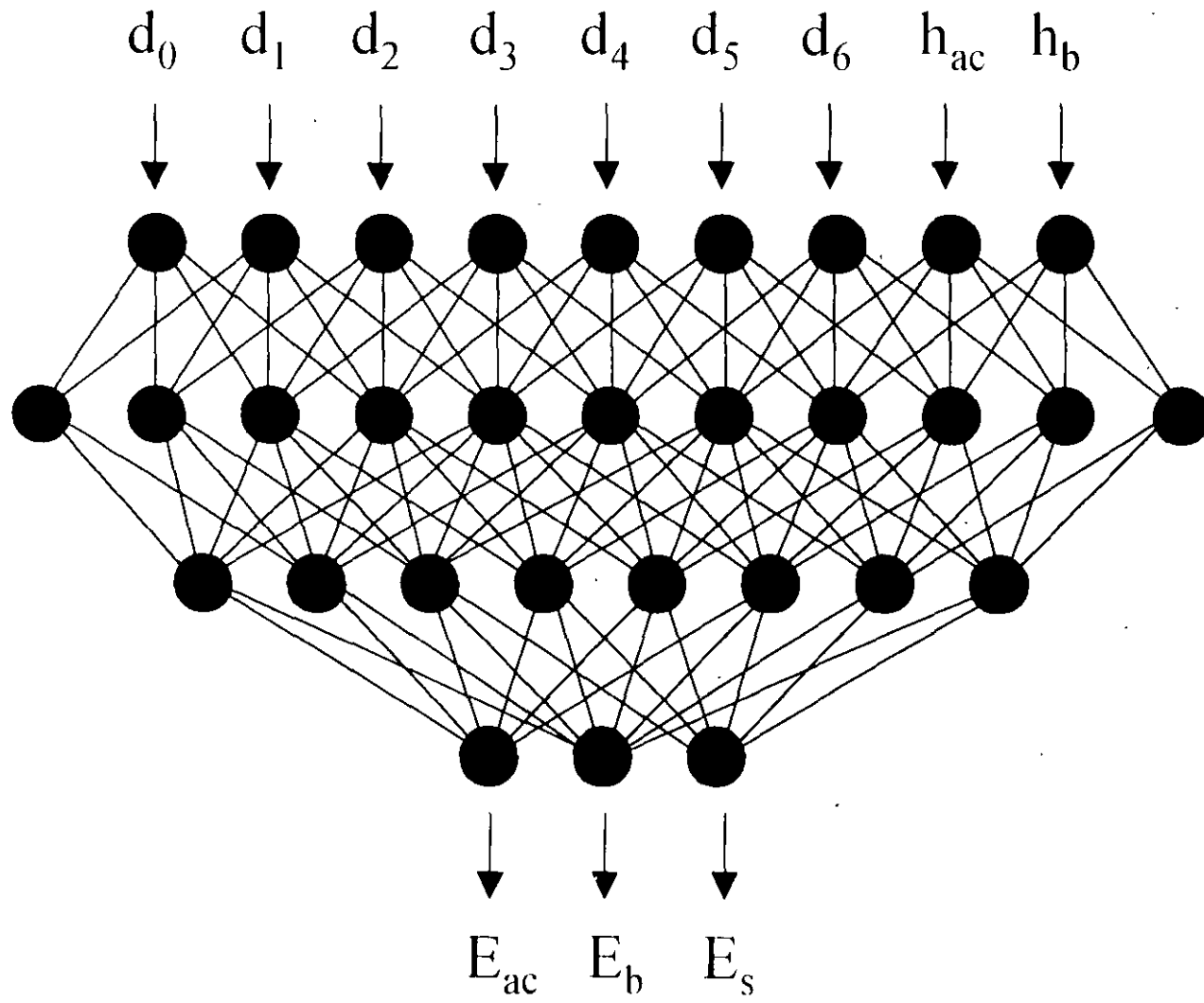


Salida de la señal

# ELEMENTO DE PROCESO BASICO PARA EL DESARROLLO DE RED MULTICAPA



# EVALUACION REDES NEURONALES DE LAS CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS







**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN Y ASPECTOS ECONÓMICOS**

**EXPOSITOR: ING. RICARDO MENDEZ ORTIZ**

**PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

**MANTENIMIENTO:**

**ACCIÓN DE MANTENER.**

**MANTENER:**

**HACER QUE ALGO NO DECAIGA.**

**NO SE EXTINGA NI PEREZCA, O QUE  
CONTINÚE EN LA FORMA QUE SE  
EXPRESA.**

**CONSERVAR UNA COSA O CUIDAR DE  
SU PERMANENCIA.**

# MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

## I. INTRODUCCIÓN



Para el desarrollo de este importante tema quiero recordar la definición de la palabra mantenimiento. Mantenimiento se define como la acción y efecto de mantener; a su vez, mantener se define como hacer que algo no decaiga, no se extinga ni perezca, al igual que conservar una cosa o cuidar de su permanencia.

Con la definición anterior al hablar de mantenimiento de pavimentos debemos pensar en todas aquellas acciones y actividades que se requieren llevar a cabo para que los pavimentos permanezcan en las condiciones de servicio para los que fueron diseñados y de ser posible se prolongue el período de vida útil mediante la aplicación de la mínima inversión.

El mantenimiento y rehabilitación de pavimentos es uno de los temas que mayor interés y preocupación han alcanzado en los últimos años debido a que las carreteras, como principal modo de transporte que son, se han convertido en pilares de la actividad económica del país, al absorber el movimiento del 60% de las mercancías y el 90% de los pasajeros; en la ciudad de México, una de las ciudades más densamente poblada del mundo, los pavimentos asfálticos son la base

de la supervivencia de ya mas de 20 millones de habitantes tomando en cuenta las zonas conurbadas a esta.

Fácil resulta reconocer, que una red carretera y vialidades urbanas en buen estado contribuyen ampliamente al crecimiento económico y bienestar social al disminuir considerablemente los costos del transporte y optimizar los tiempos de recorridos carreteros y urbanos.

La importancia de lo anterior demanda de los profesionales dedicados al mantenimiento de pavimentos asfálticos el uso de tecnologías adecuadas aplicadas oportunamente y con eficiencia abatiendo costos de mantenimiento y prolongando la vida útil de los pavimentos.

La situación económica por la que ha cruzado nuestro país los últimos veinte años, exige soluciones integrales a corto, mediano y largo plazo que permitan la elaboración y ejecución de programas de rehabilitación de pavimentos en forma ordenada y prioritaria con la consecuente optimización en la aplicación de los escasos recursos disponibles.

Las inversiones apropiadas en mantenimiento pueden reunir beneficios económicos considerables y reducir costos al usuario. Además, una red de pavimentos bien conservada representa la protección de una inversión en capital muy importante de forma que

sean máximos los beneficios de la inversión con relación al costo de mantenimiento.

Es claro que la conservación apropiada en el momento oportuno puede contribuir a retardar el ritmo de deterioro, demorar la necesidad de operaciones costosas importantes como la reconstrucción y, de modo general, prolongar la duración de vida de una carretera para alcanzar el mayor beneficio económico posible.

Seria difícil pensar en el adecuado mantenimiento de un pavimento, si no se cuenta con herramientas de planeación, programación organización, presupuestación y ejecución de la conservación, es decir, se debe contar con las condiciones de apoyo y el soporte logístico para una ejecución efectiva de todas las actividades propias del mantenimiento de pavimentos.

La herramienta que se ha desarrollado para tal efecto son los sistemas de gestión ó administración de pavimentos.

(L2)

La implantación de un sistema de administración de <sup>pavimentos</sup> ~~carreteras~~ permitirá contar con la información necesaria para la toma de decisiones en los diferentes niveles de planeación, organización y presupuestación con la oportunidad necesaria y evitar sobrecostos de mantenimiento por la falta de acciones en el momento indicado.

## **INFRAESTRUCTURA A CARGO DEL ORGANISMO CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS.**

### **MISION DEL ORGANISMO.**

Es un Organismo público descentralizado que tiene como propósito la explotación, operación, conservación, expansión, modernización y construcción de caminos y puentes de peaje de altas especificaciones que faciliten el desplazamiento de personas y bienes, con seguridad, rapidez y economía, a través de la prestación de servicios carreteros de alta calidad, buscando la satisfacción de sus clientes y usuarios, e incorporando la tecnología de punta disponible más adecuada, dentro de un marco laboral que coadyuve a la dignificación del servicios público.

### **ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL.**

En 1949 nace la empresa "Compañía Constructora del Sur" (empresa subsidiaria de Nacional Financiera) encargada junto con el Gobierno Federal, de construir los primeros caminos de cuota que marcarían la pauta para la modernización carretera del país: La autopista México-Cuernavaca con un desarrollo de 62 kilómetros y la vía corta Amacuzac-Iguala con una longitud de 51 kilómetros. Una vez concluidas estas obras en 1952, le fue encomendada su administración y operación.

En 1956, la compañía cambió su denominación a "Caminos Federales de Ingresos". Dos años más tarde, el 31 de julio de 1958, por Decreto Presidencial se creó el Organismo Descentralizado del mismo nombre, al que se le asignaron entre otras, las funciones de administración de los caminos México-Cuernavaca, Cuernavaca-Amacuzac y Amacuzac-Iguala, las obras en proyecto del camino México-Querétaro y el puente sobre el río Sinaloa, además de todos aquéllos que se construyeran con base a una inversión recuperable mediante el cobro de cuotas a los usuarios.

La responsabilidad de administrar el puente sobre el río Sinaloa, originó para el Organismo una nueva asignación de funciones: los puentes de cuota. Esto determinó que el Decreto del 3 de junio de 1959, modificara su denominación a "Caminos y Puentes Federales de Ingresos". Desde ese momento, las carreteras y los puentes de cuota formaron parte de un proyecto integral y de una misma y unificada responsabilidad operativa.

El crecimiento dinámico de las obras a su cargo, construidas en solo cinco años, le generó nuevas funciones e hizo necesario un documento jurídico que regulara sus atribuciones y precisara sus objetivos. Así, el 29 de junio de 1963, se publicó el decreto por el que se crea "Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos" y entre sus funciones ampliadas, se determinó que debería "Administrar servicios conexos a estas vías de comunicación y los transbordadores que adquiriera en el futuro para el servicio marítimo y fluvial, así como establecer y administrar plantas elaboradoras de productos para pavimentación".

Con ello, en 1960 se inició el servicio de transbordadores entre Zacatal y ciudad del Carmen, contándose para 1979 con una flota de 11 transbordadores que cubrían 9 rutas.

El mantenimiento, rehabilitación y conservación de carreteras y puentes de cuota se complementó en 1964 con la inauguración en Irapuato, Gto., de una planta industrial dedicada a la producción y venta de emulsiones asfálticas, aditivos y pinturas. Con la finalidad de ampliar la cobertura de estos servicios, en 1971 se puso en operación otra planta productora de emulsiones asfálticas en Chontalpa, Tab., encargada de surtir este importante insumo al sures de la República.

Tras la desincorporación de los transbordadores, que desde el macizo continental daban servicio a la península de Baja California, el 2 de agosto de 1985 el Organismo reestructuró su organización y funcionamiento por Decreto Presidencial; ordenamiento que dadas las nuevas responsabilidades que se le



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

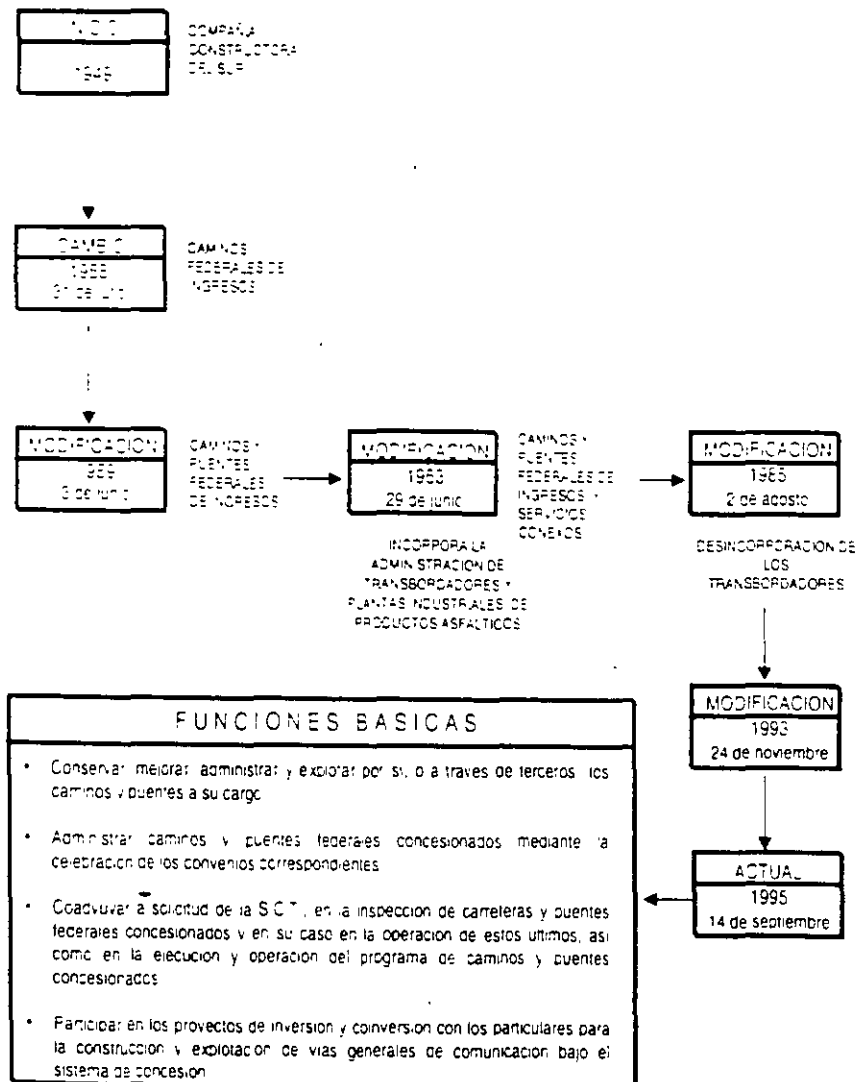
**INFRAESTRUCTURA ACARGO DEL ORGANIMOCAMINOS Y  
PUENTES FEDERALES**

**EXPOSITOR: ING. LEONARDO CESAR LUIS SIBAJA  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**



encomendaron con motivo de la puesta en marcha del Programa Nacional de Autopistas Concesionadas, se derogó por el que se publicó el 24 de noviembre de 1993, mismo que se vio reformado el 14 de septiembre de 1995, atendiendo a que el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 establece la necesidad de crear mecanismo de interlocución gubernamental permanente en el marco de la concertación de las acciones que lleve a cabo la Entidad, dando participación a las distintas organizaciones sociales cuyas actividades involucren las comunicaciones y los transportes.

## Antecedentes y Marco Legal



## INFRAESTRUCTURA A CARGO DEL ORGANISMO.

Actualmente el Organismo opera 58 autopista y 39 puentes con una longitud de 6317.0 Km de autopistas y 18.3 Km de puentes.

### PARTICIPACION DEL ORGANISMO EN LA RED NACIONAL DE AUTOPISTAS DE CUOTA.

Concepto:	INFRAESTRUCTURA EN OPERACION			
	Número de obras		Longitud	
	Autopista No.	Puentes No.	Autopista Km.	Puentes Km.
Red propia	13	29	1,230.9	9.6
Red contratada	9	6	579.0	1.1
Red con Inversión Financiera	7	0	609.0	0.0
Red FARAC	29	4	3,798.1	7.6
Total	58	39	6,217.0	18.3

Las autopistas de cuota operadas por el Organismo se clasifican en cuatro redes que son:

#### RED PROPIA.

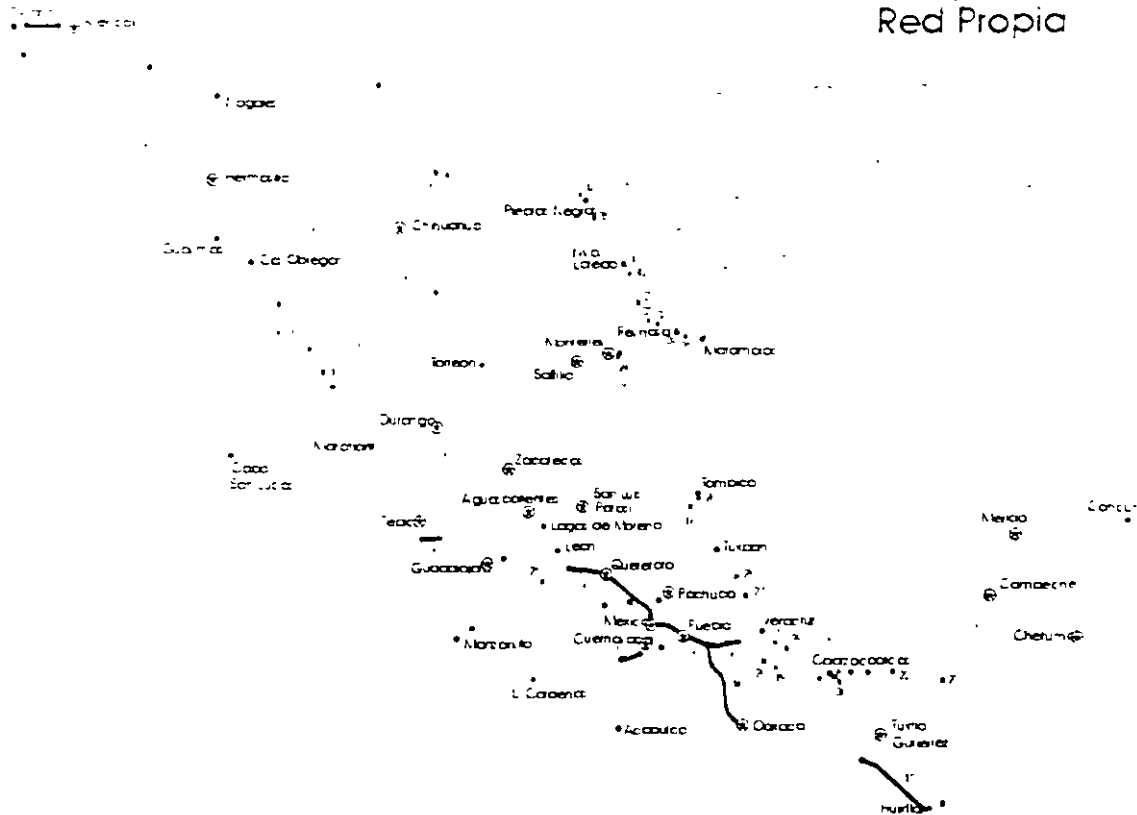
Red de autopistas y puentes cuyo patrimonio esta a cargo del Organismo.

Esta formada por 13 autopistas con longitud de 1230.889 Km 17 puentes nacionales con longitud de 7.943 Km y 12 puentes internacionales con longitud de 1.656 Km.

La red propia la explota, opera, conserva y administra bajo su responsabilidad, incluidos los derechos de vía.

<b>RED PROPIA</b>				
No	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
<b>CAMINOS</b>				<b>1.230.889</b>
1	México - Querétaro	A	Nov 01, 1958	175.454
2	Querétaro - Irapuato	A	Feb 12, 1962	103.750
3	México - Puebla	A	May 05, 1962	110.910
4	Puebla - Acazingo	A	Mar 29, 1966	42.270
5	Acazingo - Ciudad Mendoza	A	Mar 29, 1966	92.950
6	Orizaba - Cordoba	A	Dic 29, 1969	30.675
7	Tehuacan - Oaxaca	CD	Nov 29, 1994	243.000
8	Tijuana - Ensenada	A	Abr 25, 1967	69.540
9	Cnapanalá - Compostela	CD	Ago 17, 1973	35.500
10	Rancho Viejo - Taxco	CD	Jul 14, 1996	8.340
11	Amaga - Huixtla	CD	Dic 20, 1996	209.000
12	Cosoleacaque - Nuevo Teapa	A	Oct 17, 1984	34.000
13	La Rumorosa - Tecate	A	Dic 17, 1998	55.500
<b>PUENTES NACIONALES</b>				<b>7.943</b>
14	Aivarado	PN	Nov 13, 1964	0.530
15	Papaioapan	PN	May 15, 1966	0.288
16	Caracol	PN	May 15, 1966	0.164
17	Nautla	PN	Abr 01, 1967	0.214
18	Usumacinta	PN	May 16, 1968	0.347
19	Cacereyta	PN	Oct 25, 1968	0.179
20	La Piedra	PN	Abr 17, 1969	0.092
21	Tecolula	PN	Abr 28, 1969	0.368
22	San Juan	PN	Jul 04, 1972	0.175
23	Tlacotalpan	PN	Oct 12, 1976	0.597
24	Culiacan	PNCA	Sep 21, 1962	0.433
25	Sinaloa	PNCA	Sep 01, 1960	0.327
26	Panuco	PNCA	Sep 23, 1961	0.179
27	Coatzacoalcos	PNCA	Mar 18, 1962	0.985
28	Gnjalva	PNCA	Dic 20, 1967	0.254
29	Tampico	PNCA	Nov 21, 1968	1.543
30	Dovalí Jaime	PNCA	Ago 31, 1984	1.268
<b>PUENTES INTERNACIONALES</b>				<b>1.656</b>
31	Matamoros	PI	Jun 16, 1964	0.155
32	Camargo	PI	Ago 12, 1966	0.116
33	Miguel Alemán	PI	Jun 01, 1967	0.155
34	Reynosa	PI	Jun 01, 1967	0.112
35	Las Flores	PI	Mar 16, 1971	0.083
36	Ojinaga	PI	Mar 12, 1973	0.121
37	Paso del Norte	PI	Ago 14, 1973	0.216
38	Rodolfo Robles	PI	May 31, 1975	0.189
39	Piedras Negras	PI	Nov 13, 1975	0.113
40	Ciudad Acuña	PI	Mar 25, 1979	0.129
41	Laredo	PI	Oct 11, 1979	0.108
42	Juarez-Lincoln	PI	Oct 11, 1979	0.159

## Capufe Red Propia



### RED CONTRATADA.

Red concesionada por el Gobierno Federal a terceros, cuya operación y en su caso mantenimiento fue contratado con el Organismo, lo cual genera honorarios y/o. contraprestaciones para el Organismo.

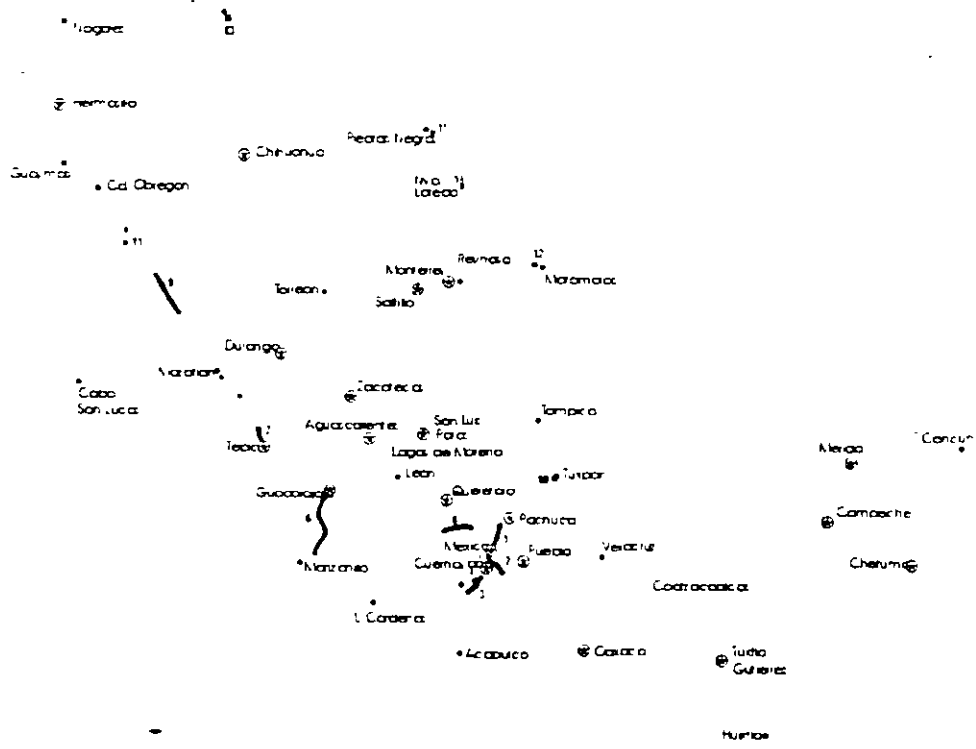
Formada por 9 autopistas con longitud de 579.033 Km, 2 puentes nacionales con longitud de 0.527 Km y 4 puentes internacionales con longitud de 0.577 Km:

El Organismo operará y conservará por contrato la red contratada concesionada a terceros y celebrará en su oportunidad convenios que integren una o varias modalidades de servicio, tales como operación, administración, conservación, supervisión, servicios técnicos (informáticos) y de administración de tráfico, entre otros.

No	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
<b>ICAMINOS</b>				<b>579 033</b>
1	México - Cuernavaca	A	Nov 30 1992	61 540
2	La Pera - Guatla	CC	Jun 18 1993	34 185
3	Fuente de Irua - Iruja	CC	Nov 30 1994	63 678
4	Izacaco - Rancho Viejo	CC	Abr 05 1993	17 300
5	México - Tzavuca	A	Nov 11 1994	45 530
6	Guataalana - Colma	A	Ene 05 1993	146 000
7	Iruja - San Blas	CC	Jun 06 1993	27 500
8	Iruja - Maravato	CC	Nov 02 1993	64 350
9	Coahuila - Las Brisas	A	Ene 01 1993	125 600
<b>PUENTES NACIONALES</b>				<b>0 527</b>
12	Tlaxcala	PN	Mar 01 1991	0 457
11	San Mateo	PN	Dic 01 1992	0 270
<b>PUENTES INTERNACIONALES</b>				<b>0 577</b>
12	Libre Comercio	PI	Nov 01 1991	0 140
13	Zaragoza - Ysleta	PI	Nov 01 1990	0 155
14	Solidaridad-Colombia	PI	Ago 01 1991	0 180
15	Piedras Negras II	PI	Sep 30 1995	0 102

Red Contratada

Texas



**RED CON INVERSIÓN FINANCIERA.**

Obras concesionadas por el Gobierno Federal a terceros en los que el Organismo realizó aportaciones con recursos propios y transferencias financieras del

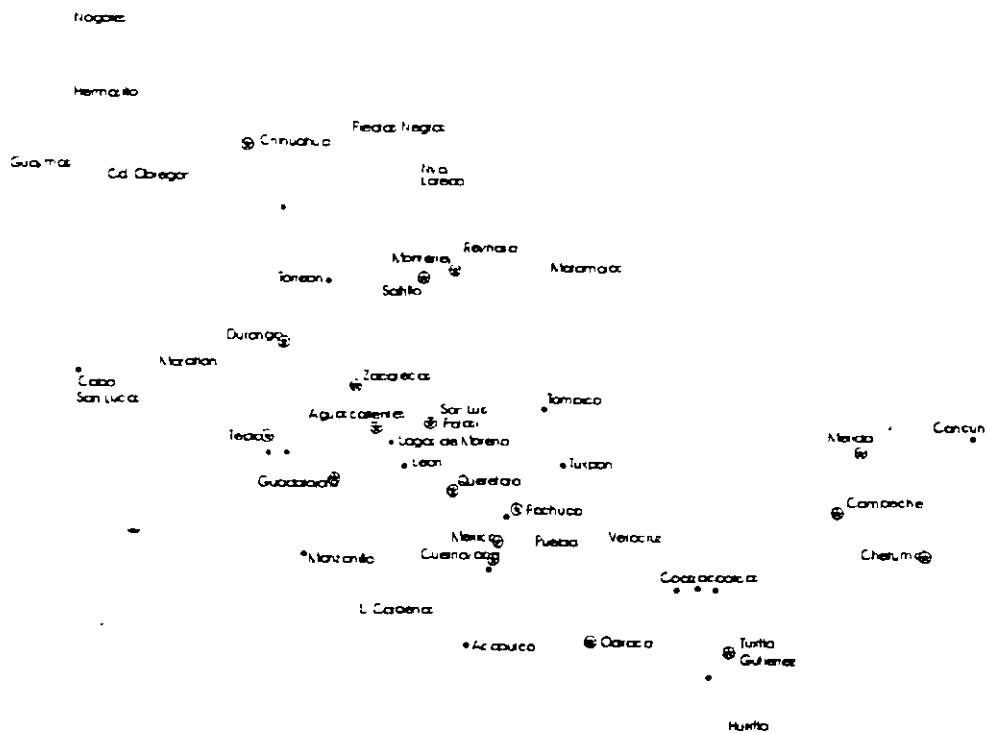
Gobierno Federal. El seguimiento de las inversiones financieras implica gastos administrativos para el Organismo.

La inversiones financieras fueron aportaciones líquidas que sirvieron para la construcción y financiamiento de siete proyectos carreteros concesionados a particulares, con una longitud de 609.0 Km.

### RED CON INVERSION FINANCIERA

	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
	<b>CAMINOS</b>			<b>609.000</b>
1	Tecate - Tijuana	A	Nov 28, 1989	42.000
2	San Martin Texmelucan -Tlaxcala	A	Mar 15, 1989	25.500
3	Gómez Palacio - Cuencame - Yerbanis	A	Jul 18, 1990	116.700
4	Durango - Yerbanis	A	Abr 24, 1992	105.300
5	Libramiento Oriente de San Luis Potosí	A	Jul 15, 1990	33.700
6	Mérida - Cancun	A	Dic 05, 1990	250.000
7	Esperanza - Ciudad Mendoza	A	Oct 20, 1992	35.800

### Red Con Inversión Financiera

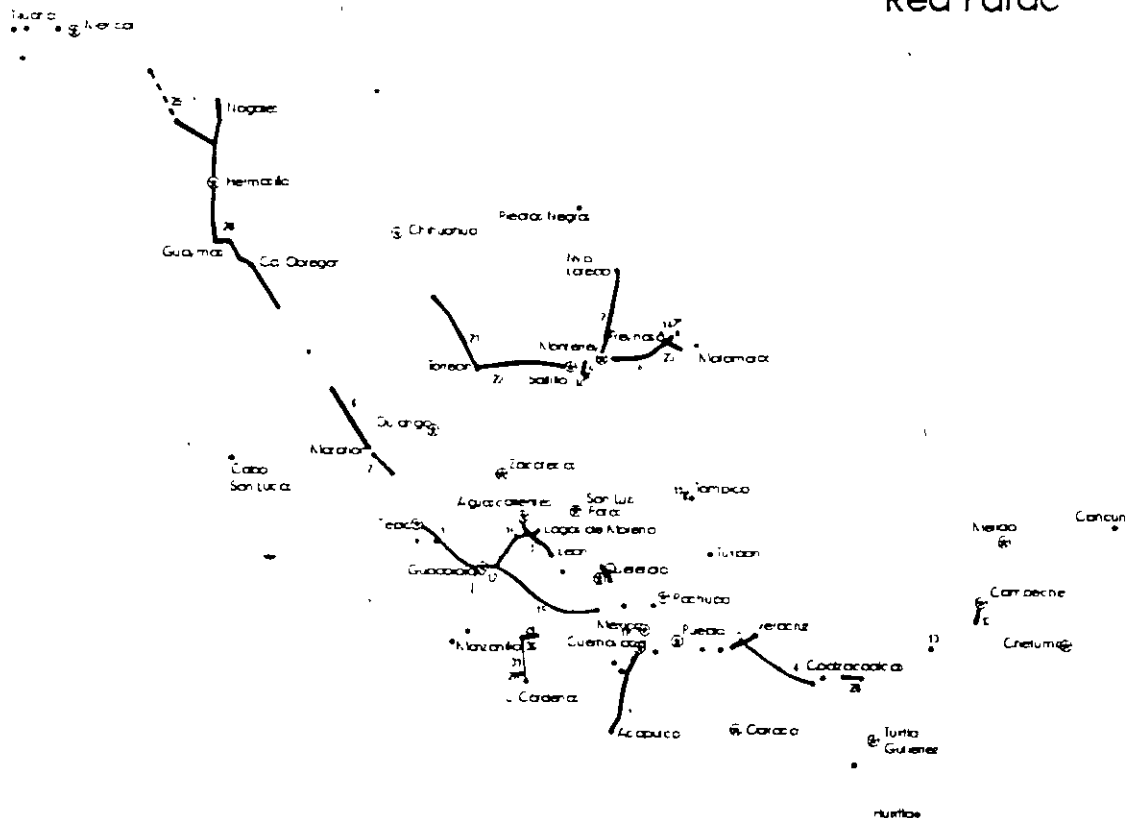


## RED FARAC.

El 14 de agosto de 1998 el Organismo por instrucciones del ejecutivo Federal asumió la responsabilidad contractual de operar y mantener 23 concesiones carreteras rescatadas (incluidos los servicios conexos) de conformidad con las condiciones y reglas impuestas en el Marco Institucional acordado por la Comisión Intersecretarial de Gasto Financiamiento (CIGF) y el contrato de prestación de servicios suscrito con BANOBRAS, S.N.C.

Con el mismo esquema se han incorporado los tramos: PATZCUARO-URUAPAN y ESCUINAPA-EL ROSARIO y los puentes IGNACIO CHAVEZ e IGNACIO ZARAGOZA, y se irán incorporando los tramos que están en proceso de construcción.

Formada por 29 autopistas con una longitud de 3,798.121 Km, 2 puentes nacionales con longitud de 4.161 Km y 2 puentes internacionales con longitud de 3.439 Km.



## RED FARAC

No.	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
<b>CAMINOS</b>				<b>3,798.121</b>
1	Cuernavaca - Acapulco	A	Nov 22, 1990	262.780
2	Monterrey - Nuevo Laredo	A	Jul 31, 1991	171.000
3	Cordoba - Veracruz	A	Jun 11, 1992	98.000
4	La Tinaja- Cosoloacaque	A	Oct 20, 1993	228.000
5	Leon - Lagos - Aguascalientes	A	Oct 11, 1992	108.150
6	Mazatlán - Culiacán	A	Oct 01, 1992	205.000
7	Libramiento Noreste de Querétaro	A	Mar 13, 1992	37.500
8	Cadereyta - Reynosa	A	Abr 01, 1994	174.715
9	Libramiento Oriente de Saltillo	A	May 01, 1994	22.000
10	La Carbonera - Puerto México	A	May 01, 1994	34.200
11	Guadalajara - Tepic	A	Feb 25, 1991	194.000
12	Guadalajara - Zapotlanejo	A	Ago 01, 1994	26.000
15	Libramiento Poniente de Tampico	A	Ago 03, 1991	14.480
16	Zapotlanejo - Lagos de Moreno	A	May 01, 1991	152.000
17	Chamotón - Campeche	A	Ene 13, 1993	56.000
18	Chamapa - Lechería	A	Oct 30, 1994	27.346
19	Maravatio - Zapotlanejo	A	Oct 01, 1993	309.700
20	Estación Don - Nogales	A	Oct 21, 1992	468.500
21	Gómez Palacio - Corralitos	A	Nov 08, 1994	183.820
22	Torreón - Saltillo	A	Ago 01, 1994	233.200
23	Reynosa - Matamoros	A	Abr 30, 1999	42.000
24	Pátzcuaro - Uruapan	CD	Sep 17, 1998	56.500
27	Escuinapa-Rosario	A	Ene 13, 2000	37.230
28	Aguadulce - Cárdenas	A	En construcción	83.000
29	Santa Ana - Caborca - Sonoyta	A	En construcción	254.000
30	Uruapan - Nueva Italia	CD	Jun 21, 2000	50.000
31	Nueva Italia-Lázaro Cárdenas	CD	En construcción	210.000
32	Libramiento de Toluca	A	En construcción	30.000
33	Reynosa-Matamoros	A	En construcción	29.000
<b>PUENTES NACIONALES</b>				<b>4.161</b>
13	El Zacatal - Ciudad del Carmen	PN	Nov 24, 1994	3.861
26	Ignacio Chávez	PN	Dic 28, 1999	0.300
<b>PUENTES INTERNACIONALES</b>				<b>3.439</b>
14	Nuevo Amanecer/Reynosa - Pharr	PI	Ene 09, 1995	2.629
25	Ignacio Zaragoza	PI	Abr 30, 1999	0.810



Bacheo Superficial. Consiste en la reparación de deterioros aislados no generalizados por medio de la sustitución del material dañado sin incluir capas subyacentes.

Renivelaciones. Estriba en la restitución del perfil longitudinal o transversal para reacondicionar el índice de servicio de la superficie de rodamiento.

Riego de sello. Es la aplicación de material pétreo producto de la trituración parcial o total previo de un riego de liga con emulsión o cemento asfáltico, sobre la superficie de rodamiento deteriorada, impermeabiliza y reintegra rugosidad a la carpeta evitando el desgaste del material pétreo en la superficie y restituye coeficiente de fricción al pavimento.

Riego de sello premezclado. A diferencia del sello tradicional el material pétreo se mezcla previamente con la emulsión asfáltica a razón de tres por ciento en peso y posteriormente se sigue el mismo procedimiento de construcción del sello tradicional. Este método elimina hasta en un setenta por ciento del desperdicio y disminuye la cantidad de material pétreo aproximadamente en un veinte por ciento, aumentándose considerablemente el rendimiento en su colocación si se utiliza una extendedora de sello.

Los materiales pétreos que se utilizan en la construcción de riego de sello son los del tipo 3-A y 3-E que se indican en la siguiente tabla:

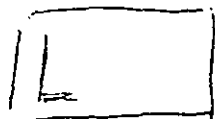
L30

<b>MALLA</b>	<b>CONDICIONES</b>	<b>3-A</b>	<b>3-E</b>
3/8"	debe pasar	95%min.	95%min.
No.4	debe retenerse	-----	95%min.
No.8	debe retenerse	95%min.	100%
No.40	debe retenerse	100%	-----

Los materiales asfálticos que se emplean en la construcción de ego de sello son: cemento asfáltico o emulsiones asfálticas.

Las cantidades aproximadas de materiales que se aplican en tros por metro cuadrado estén comprendidas dentro de los límites ue se indican a continuación.

<b><u>MATERIALES</u></b>	<b><u>TAMAÑO DEL MATERIAL</u></b>	
	<b>3-A</b>	<b>3-E</b>
Cemento asfáltico (lt/m <sup>2</sup> )	0.7 a 1.0	0.8 a 1.0
Material pétreo (lt/m <sup>2</sup> )	9 a 10	9 a 10

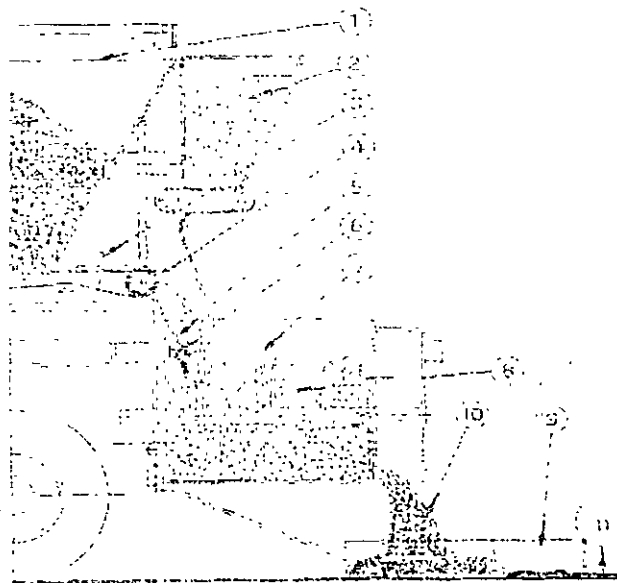


Otro sistema para la aplicación de sellos premezclados consiste en agregar cemento asfáltico al material pétreo en planta a razón de 3 or ciento en peso, posteriormente, modificar el cemento asfáltico con ule molido el cual será utilizado para el riego de liga; con el uso de na petrolizadora especial para riego de cementos ahulados se osifican sobre la superficie el cemento asfáltico y posteriormente con

el empleo de un esparcidor de sello se aplica el pétreo para proceder a su compactación.

La utilización de este tipo de sello premezclado garantiza un tratamiento de excelente calidad y gran duración.

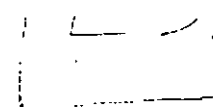
Slurry Seal. El Slurry Seal ó mortero asfáltico es una técnica que consiste en la mezcla de arena y emulsión asfáltica de rompimiento rápido que se aplica sobre la superficie de rodamiento con un equipo especial autopropulsado que consta de un tanque para el producto asfáltico; depósitos para la arena; un mezclador y un tren de riego que dosifica la mezcla proporcionando una capa impermeable rugosa a la superficie de rodamiento.



L 31

- |                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| 1 Tolva de agregados    | 7 Cajón de mezclados |
| 2 Tolva de finos        | 8 Paletas regulables |
| 3 Compuerta             | 9 Rastra             |
| 4 Banda                 | 10 Mortero           |
| 5 Alimentación Emulsión | 11 Mortero tendido   |
| 6 Alimentación Agua     |                      |

**GRANULOMETRÍA A.S.T.M. PARA  
SLURRY SEAL**



<u>MALLA</u>	<u>TIPO I</u>	<u>TIPO II</u>	<u>TIPO III</u>
3/8	100%	100%	100%
No.4	100	90-100	70-90
8	90-100	60-90	45-70
16	65-90	45-70	28-5
30	40-60	30-50	19-34
50	20-42	18-30	12-25
100	10-30	10-21	7-18
200	10-20	5-15	5-15

<u>CONCEPTO</u>	<u>ESPESOR MÍNIMO</u>		
	<u>3 MM</u>	<u>4 MM</u>	<u>6 MM</u>
Material pétreo Kg/m <sup>2</sup>	2-6	7-12	10-15
% de asfalto con respecto a los agregados	10-16	8-14	7-12
% de agua de mezclado	10-20	10-20	10-20

Esta técnica se ha utilizado satisfactoriamente para el tratamiento de pistas en aeropuertos ya que tiene la ventaja que al fraguar la emulsión no tiene desprendimiento de partículas y permite el

uso inmediato sin el riesgo de dañar las turbinas de propulsión que pueden succionar las partículas sueltas durante la operación.

Carpetas delgadas. Este procedimiento de rehabilitación consiste en sobreponer a la carpeta actual ya deteriorada por el uso, una sobrecarpeta con espesores de 0.75 a 1.5 pulgadas que devuelven las características de rugosidad, impermeabilidad y confort a la superficie de rodamiento.

En los últimos años se han aplicado en algunos tramos carreteros y calles de la ciudad de México una técnica denominada carpeta delgada de graduación abierta; "Open Graded", que consiste en una carpeta asfáltica fabricada en planta con material pétreo producto de trituración de roca basáltica con agregado máximo de 3/8" ó 1/2" cuya granulometría tiene como características principales el drenar eficientemente al agua de lluvia evitando que se formen encharcamientos durante lluvias moderadas lo que disminuye el efecto de acuaplaneo y los accidentes que este produce; provee de una superficie uniforme con buena rugosidad y disminuye considerablemente el ruido.

Este tipo de carpetas delgadas al ser fabricadas con agregado producto de trituración y en planta de asfalto, representan un tratamiento superficial de alta calidad con largos períodos de vida útil.

El proceso de fabricación es similar al de una mezcla asfáltica para carpeta de 3/4" recomendándose dosificar el agregado pétreo por peso y separándolo en todos los diferentes tamaños para lograr una mayor precisión en la dosificación.



Si adicionalmente al cemento asfáltico con el que se fabricará la mezcla se le adiciona hule molido se obtiene un producto de alta duración, mayor resistencia a los esfuerzos de tensión prolongando su vida útil hasta 20 años. En la ciudad de Phoenix, Texas, actualmente cuentan con vialidades urbanas con carpetas drenantes y antigüedades mayores a los 20 años expuestas a tránsito mayores a los 25,000 vehículos por día.

Otra Técnica que se ha desarrollado para el tratamiento superficial con carpeta delgada es la denominada MEDIFLEX, que consiste en la elaboración de mezclas con cemento asfáltico modificado con fibras de asbesto las cuales proporcionan a la mezcla mayor resistencia a los esfuerzos de tensión retardando notablemente la falla por fatiga. Sin embargo, el alto índice contaminante en la fabricación del asbesto a limitado su uso últimamente.

Otro método usual en tratamientos superficiales es el denominado reciclado. La técnica tiene por objeto restituir las propiedades de los materiales que componen las capas asfálticas de los pavimentos flexibles para que sean capaces de servir un nuevo ciclo de vida.

Consiste en términos generales, en llevar a cabo el corte de las capas superiores del pavimento, su disgregado, previos al proceso de calentamiento y mezclado, en su caso, con nuevos agregados, cemento asfáltico y agentes rejuvenecedores del asfalto presente en el material que se utiliza, para restituir sus propiedades, y posteriormente la formación compactación en el lugar de procedencia de la capa reciclada.

La aplicación de esta técnica es posible realizarla en el lugar o en planta, en este último caso, los materiales existentes en el tramo por rehabilitarse se levantan y transportan a la planta para ser mezclados con los nuevos agregados, cemento asfáltico y los agentes rejuvenecedores.

La selección de la modalidad depende fundamentalmente de los espesores que es necesario tratar para mejorar la vida útil que se persigue.

Cuando los espesores a tratar son del orden de los 5cm., se aplica la técnica de reciclado en caliente en el lugar, para lo que se emplea un equipo especial dotado con dispositivos adecuados para transferir calor a la capa por tratar mediante rayos infrarrojos durante el procedimiento.

El procedimiento en términos generales implica un calentamiento previo de la superficie en la cual se eleva la temperatura a los 80°C

para eliminar la humedad presente y ablandar la superficie para ser cortada en caliente.

En la siguiente etapa se lleva a cabo un proceso de mezclado en el cual es posible agregar nuevos agregados pétreos ó bien mezcla asfáltica nueva cuando en este tratamiento se contempla reforzar la capa del pavimento.

A continuación se lleva a cabo un proceso de mezclado en el cual se homogeniza la mezcla de los materiales reciclados y los agregados, cuando es el caso, y se incorpora el producto químico rejuvenecedor del asfalto existente en la capa tratada. En esta etapa la temperatura de la mezcla así formada llega a los 140°C para iniciar el tendido y posteriormente la compactación.

Al efectuarse el tendido del nuevo concreto asfáltico la temperatura no debe ser inferior a los 120°C para lograr una adherencia entre la superficie descubierta y la capa reciclada ya que no se prevee en este procedimiento, la aplicación de riego de liga convencional.

El equipo empleado en las aplicaciones realizadas según las versiones de los fabricantes, obedece a sistemas en los cuales se han diseñado hasta cuatro máquinas especializadas para cada una de las etapas como el sistema ARTEC.



Existen en el país, otro tipo de máquinas que realizan el mayor número de operaciones en una sola unidad, como el sistema Wirttgen.

El campo de aplicación hasta ahora se ha limitado a tratar pavimentos que no tienen una deficiencia estructural importante, exentos de deformaciones mayores de 3cm.

El reciclado en caliente en planta estacionaria requiere básicamente del equipo convencional para la elaboración de los concretos asfálticos, con las adaptaciones necesarias para la incorporación de los agregados nuevos, el cemento asfáltico adicional y los agentes rejuvenecedores.

A diferencia del sistema en el lugar, en este procedimiento el material pétreo de la carpeta existente se corta con equipo especializado (fresadora) y se acarrea de la planta de asfalto donde es tratado nuevamente y enviado para su colocación como mezcla asfáltica.

En la búsqueda de métodos alternativos para rehabilitar pavimentos flexibles se han desarrollado y probado y diversas técnicas como es el "Whitetopping" (W.T.) que consiste en la colocación de una sobrelosa delgada de concreto asfáltico sobre la carpeta existente con espesores de 2 a 3 1/2".

Esta técnica se ha utilizado desde 1944 en Estados Unidos y Europa para la rehabilitación de aeropistas, carreteras y calles urbanas.

En 1996, autoridades del municipio de Tijuana y las empresas CEMEX y CARSA decidieron construir un tramo experimental; se solucionó una calle de la zona urbana, con un tráfico de 2,100 vehículos por hora; el pavimento existente se componía de una carpeta asfáltica de 5cm., de espesor y una base de 20cm., con un V.R.S. de 60%. La calle tiene una pendiente natural de 5% y había estado continuamente sujeta a trabajos de bacheo pudiéndose observar patrones de agrietamiento en las roderas y en zonas donde el agua y los aceites habían afectado el asfalto de la carpeta.

1. Por razones económicas se decidió no rebajar la carpeta asfáltica existente, con la consecuente disminución de la posible adherencia esperada entre el concreto fresco y la carpeta asfáltica.
2. Por razones de mínimo costo, las juntas transversales se construyeron mediante el hincado de cintas plásticas de 1" de ancho; las longitudinales se hicieron con herramienta de corte.
3. El espesor de la losa de concreto varió de 2.5" a 3.5".

4. Separación de juntas en ambas direcciones de 90, 120 y 180 cms.
5. Se construyeron 3 tipo de tableros: T1, de 90x90cm. y espesor de 2 1/2"; T2, de 1.20x1.20 y espesor de 3.5"; T3 de 1.80x1.80 y espesor de 3 1/2".
6. Módulo de ruptura del concreto hidráulico a 28 días: 50kg/cm<sup>2</sup>
7. Tamaño máximo del agregado: 3/8"
8. Revenimiento: 8+,-, 2cm.
9. Fibra de polipropileno: 900gr./m<sup>3</sup>.

La losa se construyó usando una regla vibratoria, y siguiendo todas las operaciones convencionales para la construcción de pavimentos de concreto. Las juntas transversales se construyeron mediante el hincado en el concreto fresco de juntas plásticas de 1" de ancho, espaciadas de 180, 120 y 90cm. Las juntas longitudinales se cortaron al día siguiente con una profundidad de 1".

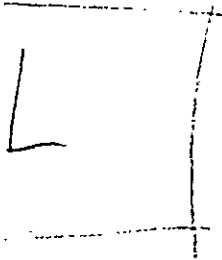
En todo el tramo se utilizó una membrana de curado de color blanco con el fin de reflejar los rayos solares y reducir así la cantidad de calor absorbido por la losa de concreto.

Una vez construido el tamo, se procedió a instrumentarlo con extensómetro eléctrico colocados en las caras superior e inferior de las losas de concreto y posteriormente se realizaron pruebas de carga con vehículos representativos del tráfico urbano típico.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios infiriéndose que el tratamiento puede tener una larga vida útil, y buenas condiciones de servicio.

→ Asfaltos modificados. Las propiedades que debe cumplir un pavimento asfáltico son:

- Soportar y transmitir sin deformarse las cargas del tránsito a la estructura del pavimento.
- Impermeabilizar la estructura del pavimento.
- Proveer una superficie de rodamiento lisa y con pendientes transversales que evacúen el agua de lluvia.
- Resistir el uso y deterioro causado por las cargas y agentes climáticos adversos.



Hasta ahora con el cemento asfáltico tradicional se podían cumplir esas propiedades. Pero el constante aumento de las solicitaciones debido al mayor número de carga por eje, a la mayor presión de inflado, a las mayores cargas, a las mayores velocidades, etc., hace que se requiera un ligante con mejores propiedades reológicas y mecánicas.

La modificación del asfalto con la incorporación de polímeros da por resultado ligantes con extraordinarias características de elasticidad, adherencia y cohesión a un costo competitivo.

La aplicación de cargas en una carretera provocan en su estructura deformaciones y esfuerzos. En la carpeta asfáltica se generan deformaciones a la tensión en la parte inferior de la capa. Con la inclusión de modificadores de asfalto en la carpeta asfáltica, dichas deformaciones tienden a reducirse; sin embargo, la influencia en la capacidad estructural no es significativa.

Debido al intemperismo (humedad, calor, frío, etc.) y a la repetición en la aplicación de las cargas, el módulo elástico de la carpeta asfáltica se va reduciendo paulatinamente. Con los modificadores de asfalto este decremento en el módulo elástico es más lento, lo que nos asegura que la vida de un pavimento llegará a su fin con una menor degradación o deterioro en la carpeta asfáltica. Esto se traduce a decir que el efecto de tensión ocasionará menos daños al pavimento. Este efecto es muy importante, ya que la

inversión destinada para los tratamientos superficiales de la carpeta asfáltica se ve diferida.

Ventajas del asfalto modificado con polímeros.

- Mezclas más rígidas a altas temperaturas de servicio.
- Mezclas más flexibles a bajas temperaturas de servicio.
- Disminuye la exudación del asfalto.
- Mayor elasticidad.
- Mayor adherencia.
- Mayor cohesión.
- Mejora la trabajabilidad y la compactación.
- Mayor resistencia al envejecimiento.
- Mayor durabilidad.
- Mayor resistencia al derrame de combustible.
- Aumenta el Módulo de las mezclas.
- Posibilidad de reducción de espesores.
- Mayor resistencia a la tracción por flexión en la capa inferior de las capas de mezclas asfálticas.
- Permite un mejor sellado de fisuras.

34

35 | L36 | L37 | L38 | L39 | L40  
41 | L42 | L43 | L44

### III. REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL

Este tipo de rehabilitación tiene por objetivo el restituir la capacidad de carga de la estructura del pavimento, reacondicionándolo para resistir las nuevas sollicitaciones de carga a que esté sometido. El incremento del volúmen de tránsito y las cargas que circulan por las calles y carreteras del país demanda periódicamente la modernización estructural de los pavimentos la cual si se lleva a cabo oportunamente incrementará la vida útil de la estructura y abatirá costos de reconstrucción.

De las técnicas más usuales para rehabilitación de pavimento mencionaremos las siguientes:

Bacheo profundo y carpeta. Este sistema es uno de los más comúnmente utilizados, consiste en la apertura de caja de zonas dañadas estructuralmente en el espesor necesario para tratar la base, o en su caso, la sub-base, mejorando o sustituyendo el material y finalmente colocando una carpeta asfáltica de 3/4" de espesor. Esta técnica se utiliza únicamente en zonas aisladas del área a rehabilitar.

Bases asfálticas y carpetas. El espesor de las capas asfálticas en algunas calles de la ciudad de México y carreteras del país, llegan a tener hasta 60 ó 70cms., o más en algunas ocasiones lo cual complica considerablemente la rehabilitación estructural de las capas subyacentes; en esos casos se ha utilizado este sistema en dos

formas diferentes: fresando espesores de 15, 20 ó 30cms., de espesor que son sustituidos por bases asfálticas fabricadas con agregado pétreo de 1 1/2" y posteriormente se coloca una carpeta asfáltica con agregado de 3/4".

Este sistema tiene la ventaja de no elevar la rasante de la superficie de rodamiento considerablemente y evitar así la posible necesidad de elevar estructuras banquetas y guarniciones; el otro método, elimina el fresado de las capas asfálticas dañadas sobreponiendo la base asfáltica y carpeta en la carpeta existente, no obstante que con este método se disminuye considerablemente los volúmenes de materiales a mover, se requiere de bacheos superficiales y profundos previos a la colocación de la base asfáltica; a diferencia del procedimiento con fresado, este criterio aumenta considerablemente el nivel de la rasante con las desventajas mencionadas anteriormente limitando su uso a caminos con pocas estructuras y adicionalmente incrementa de manera muy importante la carga muerta sobre los pasos superiores dañándolos a mediano y a largo plazo, por lo que se recomienda proyectar perfiles de transición entre los terraplenes de acceso y las losas de las estructuras rehabilitando estas últimas con tratamientos superficiales.

Carpetas asfálticas con arenas. En el sureste mexicano donde escasean los materiales para producir agregados pétreos de trituración total o parcial para la fabricación de mezclas asfálticas y los costos se incrementan por los acarrees considerables se han utilizado



materiales que existen en la zona como son las arenas mal graduadas que varían de la malla no.20 a la no.100 teniendo un equivalente de arena mayor al 50% y bancos de conchas de diversas especies marinas.

La mezcla se elabora a una temperatura de 110 a 113°C con 10°C de tolerancia. El cemento asfáltico se incorpora al mezclador entre 135 y 140°C. El riego de liga se debe hacer con emulsiones asfálticas.

El tendido de la mezcla se hace con una pavimentación a una temperatura de 100 a 110°C.

La compactación se hace mediante el uso de rodillos lisos que deberán moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas hacia el centro en las tangentes y del lado inferior hacia el exterior en las curvas. Este tipo de mezcla, la temperatura de compactación de deberá fijar en forma experimental con ayuda de un tramo de prueba previo a los trabajos a desarrollarse, ya que en ocasiones se requieren temperaturas del orden de los 60°C para evitar desplazamientos y deformaciones de la mezcla durante la construcción.

En ocasiones cuando se requiere aumentar la estabilidad inicial se le puede incorporar cal, cuando se utiliza este procedimiento se deberá contar con una planta de producción discontinua, es decir

mediante pesadas de los agregados, la razón se debe a que el extractor de una planta de producción continua permite la fuga y eliminación parcial de gran parte de la cal.

Este procedimiento permite incrementar entre un 8 y un 29 por ciento la estabilidad para contenidos del 2 y 4 por ciento en peso de cal.

Recuperación de pavimentos con cemento Portland. Esta técnica se desarrolla con la aparición de las máquinas recuperadoras las cuales están dotadas de un rotor diseñado para hacer un corte en frío a profundidad de 10 a 50cm., según sus características de fabricación y de las condiciones de la estructura de pavimento que se va a cortar.

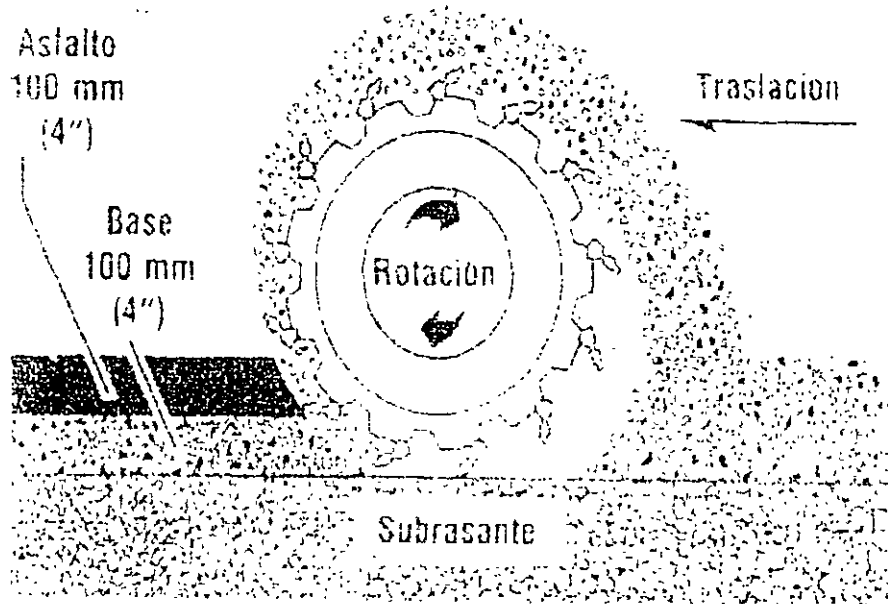
Este procedimiento tiene la ventaja de que con un solo equipo se realiza el corte, disgregado, mezclado y tendido en un solo movimiento quedando listo para la compactación.

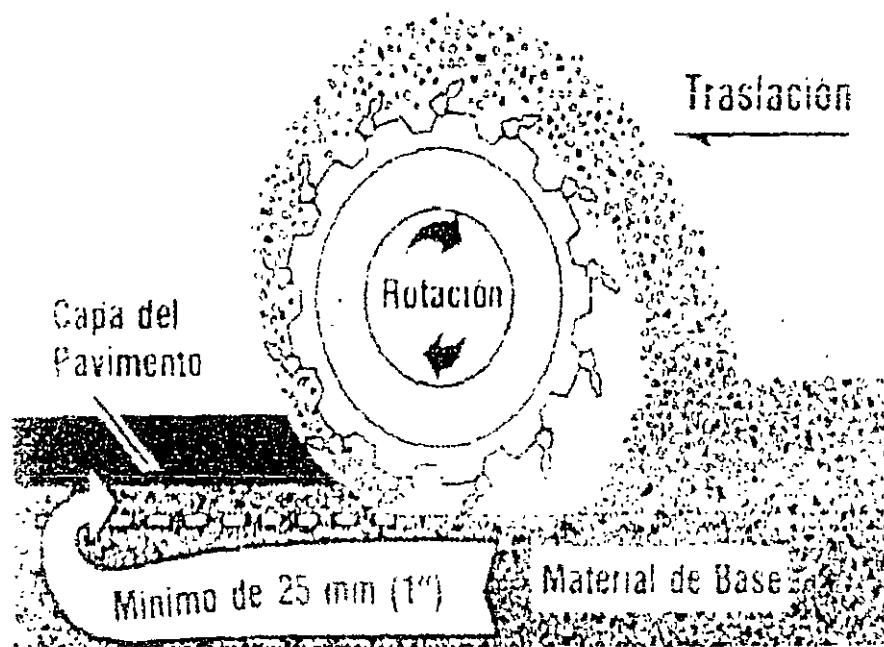
Los equipos disponibles como son ARTEC, WIRTGEN, CATERPILLAR, ROADTEC, aún cuando el fabricante especifica capacidad de corte de hasta 50cm., en la práctica se ha comprobado que con espesores mayores a 30cm., disminuye considerablemente la eficiencia del equipo; si el espesor a cortar incluye espesores grandes de carpeta, 20 ó 25cm., se recomienda fresar previamente y disminuir el espesor de carpeta a recuperar.

Es importante señalar que cuando el espesor de carpeta es superior a 30cm., no es recomendable el uso de máquinas recuperadoras pues las puntas de corte del rotor pueden averiarse seriamente.

L 4-6

### RECUPERACION DE PROFUNDIDAD TOTAL





El procedimiento constructivo consiste primeramente en extender sobre la carpeta existente, el cemento portland con equipo diseñado expreso, de acuerdo a la dosificación de proyecto, en general se ha utilizado un 6%.

Luego, el equipo recuperador de pavimentos corta, mezcla, homogeniza y tiende el material en un solo ciclo de trabajo, sin embargo el acabado en el tendido de la mezcla con este equipo no es satisfactorio, por lo que se requiere afinar con motoconformadora y finalmente, ejecutar la compactación obteniendo una superficie adecuada para recibir la carpeta de concreto asfáltico de 5cms., de espesor.

Al material recuperado se le debe dar tiempo de fraguado de 24hrs., antes de tender la carpeta.

Recuperación de pavimentos con espumas asfálticas. En esta técnica se utiliza el mismo equipo y procedimiento anteriormente descrito sustituyendo la incorporación de cemento portland por espuma asfáltica dosificada directamente de un carro tanque de emulsión conectado a la recuperadora la cual en forma automática dosifica y trata la emulsión que se incorpora al material recuperado a través de un sistema de inyección y espreas instaladas en el equipo. Este tratamiento proporciona una estructura de pavimentos de buena calidad con módulos elásticos menores a los que se obtienen con el cemento portland por lo que para pavimentos con tránsito moderados es buena alternativa de rehabilitación.

Aplicación de carpetas asfálticas con geotextil. En muchas partes del mundo se han obtenido experiencias de la utilización de los geotextiles para cumplir diversas funciones como: a) Separación de materiales en distintas granulometrías; b) Filtrado, reducir o evitar la migración de finos por flujo; c) Drenado, permitir al libre flujo de agua reduciendo la presión; d) Reforzamiento, soportar tensiones y distribuir esfuerzos; e) Evitar la reflexión de grietas a nuevas carpetas.

La incorporación de una membrana como el geotextil, cuya materia prima es en base a polipropileno o el poliéster, proporciona una mayor elasticidad en el plano de tracción ubicado bajo la carpeta

asfáltica. Lo anterior se debe interpretar como un elemento que permite aliviar tensiones, producto de la modificación del módulo de elasticidad del material asfáltico.

Un geotextil no proporciona una mayor resistencia al sistema, sino que permite una mayor flexibilidad en la zona de agrietamiento, reduciendo tensiones, originando una menor fuerza de propagación.

El procedimiento de colocación es sencillo: 1) Se limpia correctamente la superficie del pavimento antiguo, si es posible con aire a presión y cepillo; 2) Se calafatean grietas y fisuras y se realiza el trabajo de bacheo necesario; 3) Se aplica el riego de liga a razón de 1 ó 1.2lt./m<sup>2</sup>; 4) Se extiende el geotextil libre de arrugas, en las juntas se recomiendan traslapes de 5 a 10cm.; 5) Se aplica la nueva carpeta; 6) Se compacta la mezcla asfáltica.

Concreto Rodillado. Otra alternativa viable empleada para el refuerzo de pavimentos, es el concreto rodillado, aún cuando su acabado limita el tránsito a altas velocidades y por lo mismo requiere de una capa de rodamiento con mezcla de concreto asfáltico; entre sus ventajas se puede señalar la de lograr colados rápidos y de grandes volúmenes, que alcanzan altas resistencias y un comportamiento similar al del concreto convencional.

Algunas de sus principales características son:

- Se utilizan contenidos de cemento que varían de 180 a 360kg/m<sup>3</sup>, obteniéndose resistencias a la compresión a los 28 días de 250kg/cm<sup>2</sup> hasta 350kg/cm<sup>2</sup> y resistencia a la flexión de 35 a 50kg/cm<sup>2</sup>.
- Su colocación puede hacerse mediante una máquina extendidora convencional, en espesores máximos de 22 a 25cm., y en ocasiones hasta 30cm.
- Se puede obtener la densidad especificada, con rodillos vibratorios de 10 a 12 toneladas.
- Para evitar la reflexión de grietas se recomienda cerrar las juntas con espaciadores del orden de 15 a 18mts.
- Los pavimentos contruidos con CCR exhiben un comportamiento excelente bajo cargas de vehículos pesados.

Las técnicas anteriormente tratadas, representan solo algunas de las alternativas con que se cuenta para rehabilitar pavimentos asfálticos y en realidad la solución del problema a resolver debe estar dictada por los resultados de una evaluación completa de la estructura del pavimento y su superficie, cualquiera de las técnicas de rehabilitación puede ser mejorada o combinada con el objeto de proporcionar al pavimento las características que requiera para

responder a las solicitaciones del tráfico al que esté expuesto, no existen fórmulas mágicas que nos determinen una solución general a los diversos problemas de los pavimentos asfálticos, en la medida en que se estudien los deterioros y las causas que los provocan se estará en condiciones de aplicar la mejor solución al menor costo que nos garantice la mayor vida útil de nuestro pavimento acorde a los recursos disponibles.

El mantenimiento y la rehabilitación de las vialidades urbanas y de las carreteras se están convirtiendo en problemas de importancia creciente en todo el mundo, y son necesarias técnicas económicas para el reconocimiento y programación de la conservación, de modo que aseguren el estado óptimo de los pavimentos así como un nivel de servicio suficiente todo el tiempo.



DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **AJUSTE DE COSTOS EN LA OBRA PUBLICA; NORMATIVIDAD**

ING. HERBERTH CORDOVA CEBALLOS

MODULO IV  
**SUPERVISION Y CONTROL DE CALIDAD**

JULIO, 2000

## Ajustes de costos

HERBERTH R. CORDOVA CEBALLOS  
INGENIERO CIVIL

### DISPOSICIONES GENERALES

Dentro de todo contrato de Obra Pública el ajuste de costos, siempre surge como un trabajo adicional, una labor de doble contabilidad, y un trabajo donde no siempre salimos bien librados, por la falta de congruencia en el análisis del soporte o la concordancia respecto de la Obra realmente ejecutada.

### ALCANCE

El ajuste de costos, es **el aumento o la reducción** aplicable sobre el valor de los salarios, materiales, y maquinaria que intervienen en la integración de un precio unitario, considerado detalladamente o proporcionalmente en su conjunto, el ajuste de costos también comprende el valor del costo financiero, por lo tanto el ajuste de costos no necesariamente debe reflejar el incremento, que hemos llamado escalatorias, como si la situación de decremento no existiera.

**Un ajuste de costos no implica la facultad de modificar un precio unitario**, en lo que se refiere a los rendimientos y eficiencias, cualquier alteración en dicho sentido implica la creación de un nuevo precio unitario y ello debe resolverse a través de un convenio y no mediante un ajuste de costos.

El ajuste que debe aplicarse por concepto de costo financiero, no es a solicitud del Contratista, debe aplicarse en forma sistemática mes a mes, conforme la variación de las tasas de interés que cambian día con día conforme la situación económica del país se modifica.

### APLICACIÓN

El ajuste de costos es aplicable a todos los conceptos de Obra, pero reconociendo el incremento o decremento **resultante sobre el de trabajos no ejecutados conforme al programa pactado**. Es claro entonces que en el reconocimiento de ajuste de costos **no existe retroactividad**, sencillamente a partir de la fecha del ajuste en incremento o decremento implícitamente conlleva a un ajuste en el valor de los trabajos por ejecutar, **siempre y cuando dichos trabajos sean analizados con relación al programa detallado de ejecución de los trabajos vigente**, y no

con relación a cómo se desarrollo el trabajo por el Contratista quién aún cuando puede estar en programa conforme la erogación, puede no estarlo en el orden de actividades planteadas.

El ajuste de costos solo aplica a conceptos de Obra integrados, **es causa de observación por parte de las auditoras desagregar del precio unitario** lo correspondiente al suministro situación que esta fuera de la normativa de la Ley de Obras Públicas y si dentro del ámbito de a Ley de Adquisiciones, aún cuando antes estaban dentro de la misma Ley se encontraban en capítulos distintos. el suministro de materiales debe estar debidamente acreditado dentro del programa de suministro de materiales, pero el pago de Obra Pública es claro que solo puede hacerse por unidad de concepto terminado en contratos a precio unitario y por Obra terminada en el caso de contratos a precio alzado.

## MÉTODOS DE APLICACIÓN

Establece la Ley que a revisión sólo podrá hacerse por alguno de los siguientes métodos:

- I **Por el análisis de cada uno de los precios**, lo cual implica revisar analizar y comparar todos y cada uno de los costos que integran los precios unitarios del catalogo de conceptos de la Obra.
- II **Por la revisión de un grupo de precios, que representen al menos el 80% del importe faltante del contrato**, aquí se analizan únicamente, parte de los precios de catálogo cuyo costo es renumerativo para la empresa
- III **Proporcionalmente al incremento de los insumos cuando se conozca la proporción en que intervienen en los trabajos**. Esta situación con el uso de la computadora no debiera de representa ninguna dificultad en obtener la condición inicial, la explosión de insumos. es un ejercicio aritmético no un problema matemático

Solo los contratos a **precios unitarios podrán se motivo de ajustes de costos**, los mixtos solo podrán ser aplicables en la parte correspondiente a precios unitarios, **los contratos a precio alzado solo podrán considerarse para ajuste de costos cuando concurren circunstancias económicas de tipo general que afecten las condiciones de ejecución de los trabajos**.

## **DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA EL PAGO DE AJUSTES DE COSTOS**

Para aplicar y reconocer un ajuste de costos, **debe disponerse de un presupuesto determinado sobre el cual se efectuara el pago correspondiente**, nuevamente la planeación del gasto y las expectativas de ajuste son responsabilidad de los responsables de las obras, el conocimiento del valor global y detallado, de su forma de integración para la determinación del presupuesto base son factores determinantes para ejercer la vigilancia y control de la Obra. **el ajuste de costos no debe ser una expectativa es una condición indispensable que intervienen en el costo de la obra.**

**En contratos multianuales, la condición de ajuste de costos, debe valorarse con mayor cuidado y previsión de recursos.**

Un ajuste de costos debe en consecuencia reunir los mismos requisitos de solvencia económica que el contrato, pero su trámite no está sujeto a condiciones tan estrictas, un ajuste de costos debe contar con la siguiente información

- I autorización del presupuesto con cargo al contrato de Obra, indicando la modalidad de contratación para su procedencia.
- II monto del ajuste de costos
- III dictamen técnico elaborado por el área de contratación que avale el estudio de comparación y análisis, así como la concordancia respecto del procedimiento de ajuste de costos indicado en la propuesta de concurso.

## **SOLICITUD DE AJUSTE DE COSTOS**

El ajuste de costos **procede únicamente a solicitud del Contratista**, quien debe incluir en su solicitud el estudio donde **avale el ajuste de costos solicitados y el importe que dicho ajuste representa**. Puede en un momento dado reconocerse el ajuste pero no queda claro si dicho trabajo tenía como propósito el asignar una cantidad adicional al monto del contrato. Las dependencias no están facultadas para pagar a su consideración los ajustes que en su caso correspondan, el trabajo es responsabilidad del Contratista.

**El Contratista debe avisar por escrito, en la bitácora, y en oficio al servidor público facultado para suscribir el contrato, de la solicitud de ajuste de costos.**

## Ajustes de costos

Ing Herberth R. Córdova C.

**El estudio presentado debe ser congruente con el método de ajuste de costos indicado en la propuesta de concurso**, no debe existir diferencias entre la propuesta de concurso y la aplicada en la revisión del ajuste, así mismo debe incluir tanto lo correspondiente a los precios de concurso como lo referente al costo financiero, el no incluir este último e representa una grave omisión y responsabilidad

Para el ajuste de costos, **la fecha de origen de los costos es la fecha de presentación de la propuesta técnica** ( fecha de presentación del concurso), aún cuando los formatos de precios contengan una fecha anterior, la Ley es clara en este sentido, no se discute si el precio es bajo o es alto respecto de los costos de mercado, sencillamente se reconoce el incremento proporcional que existe en el periodo de análisis.

**Los incrementos o decrementos de los costos de los insumos serán calculados con base en los índices nacionales de precios productor con servicios que determine el Banco de México.**

**Cuando los índices no estén dentro de los publicados, se procederá a calcularlos conforme los precios que se investiguen, utilizando los lineamientos y metodología que expida el Banco de México.**

Este procedimiento es válido mientras la Obra aún este en proceso, pero en caso de que la Obra concluya, **en el acta de entrega – recepción debe constar las reclamaciones futuras sobre ajustes de costos. Sea que el estudio este integrado o que aún este en espera de conocer los ajustes correspondientes.**

## EXCEPCIONES

El ajuste de costos **no es condición para la continuidad de los trabajos**, ni tampoco es requisito su pago de anticipo, pues su valor esta implícito en el valor de financiamiento aplicado por el Contratista, es por ello que además del valor e la tasa de interés se considera un sobrecosto del financiento.

El ajuste de costos **no podrá pagarse con cargo a las asignaciones de Obra**, deben disponer de un monto de presupuesto asignado, el hacerlo implica una responsabilidad hacia el responsable de autorización por parte de la dependencia.

**Si el pago es sobre trabajos ejecutados, no debe existir pagos en exceso por concepto de ajustes de costos.**

Ajustes de costos  
Ing. Herberth R. Córdova C.

Para el pago de las estimaciones, deben realizarse a la misma fecha de corte de las estimaciones de Obra, la cual es para fines prácticos y administrativos el día último de cada mes, el plazo para su revisión y trámite de pago es el mismo que el de estimaciones de Obra.

## CASOS SINGULARES

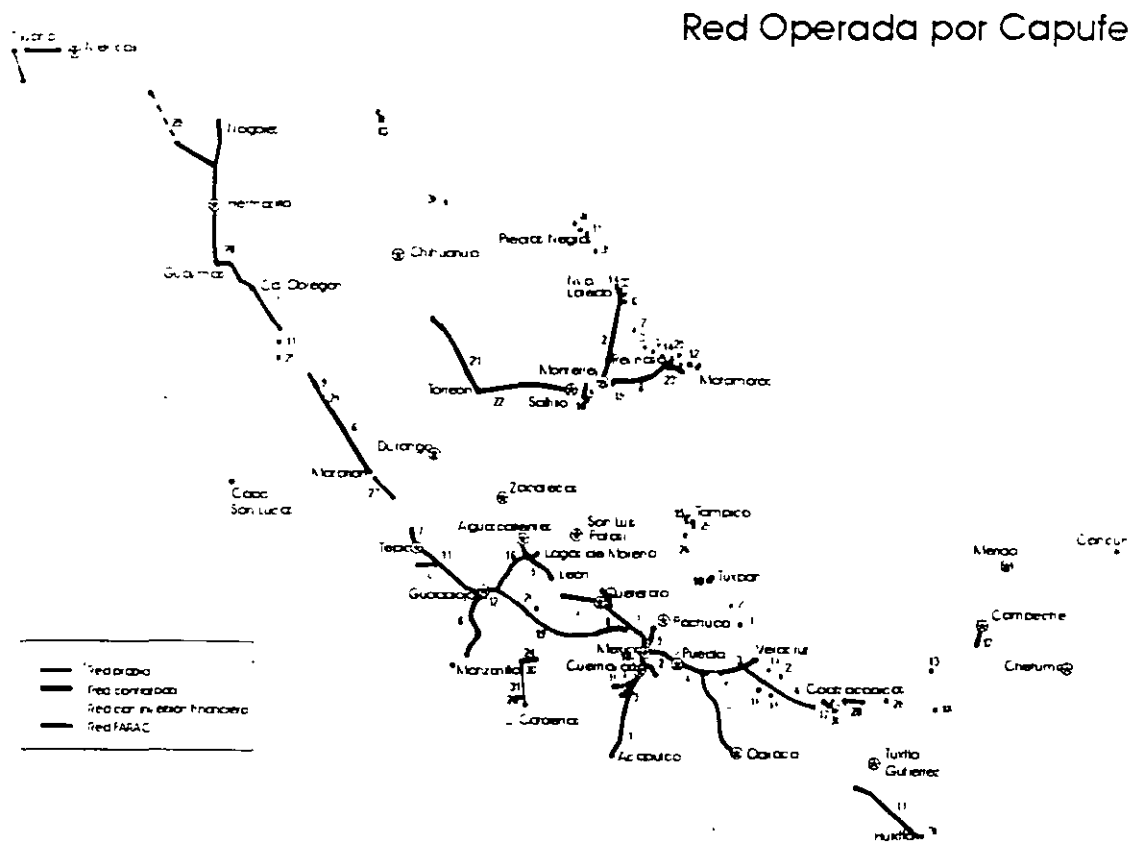
Cuando existe la rescisión del contrato **el sobrecosto de los trabajos no ejecutados debe estimarse como el ajuste de costos de los trabajos pendientes de ejecutar**, previendo inclusive la fecha hasta la cual podrá nuevamente disponerse de una nueva propuesta, en caso de asignarse al segundo lugar. al ajuste correspondiente a la fecha de inicio de los trabajos es el sobrecosto que representa para la Dependencia el contratar nuevamente la Obra.

**Ing. Herberth Rolando Córdova Ceballos**  
**Tel / fax (01-7) 320-32-65**

México, D:F. 24 de julio del 2000

## VISION DEL ORGANISMO.

Ser una institución modelo en la explotación, operación, conservación, expansión, modernización y construcción de autopistas y puentes de altas especificaciones, que estimule el desarrollo nacional sobre bases sanas y sostenibles y contribuya al logro de una mayor justicia social con la superación de rezagos, la corrección de imperfecciones en el mercado y el impulso al empleo.



## **CALIFICACION DEL ESTADO FISICO EN CAMINOS DE CUOTA**

### **INTRODUCCIÓN.**

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene Normas para calificar el estado físico de un camino, las cuales establecen la metodología para calificar los distintos elementos de un camino, como parte de un sistema de supervisión que en un momento dado permita conocer el estado físico del camino y sus condiciones de conservación, así como la variación de estos conceptos a través del tiempo, mediante comparación de visitas sucesivas.

Las calificaciones de los elementos, después de ser debidamente procesadas, dan por resultado la "Calificación Ponderada del Estado Físico de un Camino", cuyo valor toma en cuenta la importancia relativa de los distintos elementos que lo integran.

El Organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos elaboró basándose en las Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes un Manual para Calificar las Condiciones de Servicio en Caminos de Cuota.

### **COMPARATIVA DE METODOS.**

A continuación se presenta la comparativa de métodos del Organismo y de la SCT.



**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

<b>METODO C.P.F.I.S.C.</b>	<b>METODO S.C.T.</b>
<p>1. El levantamiento de deterioro se realiza en secciones de 1 km. reflejándose esto en --- una mayor precisión.</p> <p>2. El recorrido para evaluar se hace a una ---- velocidad menor a 10 km/hr.</p> <p>3. Se detiene el recorrido en cada estructura, -- obra de drenaje, y/o zonas donde existan --- daños de consideración que requieran ins--- peccionarse con mayor detalle.</p> <p>4. Para evaluar las condiciones del riego de --- sello y determinar la existencia de ondula-- ciones y corrugaciones se realiza el recorrido a una velocidad no menor de 60 km/hr. apro-- ximadamente.</p>	<p>1. El levantamiento de deterioro, se realiza en --- secciones de 10 km. comentario: Podría ocasionar que no se definan con precisión las áreas afectadas.</p> <p>2. La velocidad media aconsejable en el recorrido para calificar, dependerá de la topografía de la zona, pero no deberá exceder de los 60 km/hr.</p> <p>3. El calificador deberá detener su recorrido por lo menos dos veces por sección, para revisar, las obras de drenaje y para apreciar con detalle el estado de los demás elementos del camino.</p> <p>4. Las condiciones del riego de sello y la existen-- cia de ondulaciones y corrimientos se determi-- na al mismo tiempo que se evalúan los demás elementos en la sección de 10 km..</p>

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

<b>METODO C.P.F.I.S.C.</b>	<b>METODO S.C.T.</b>
<p>5. Además de la inspección diurna se realiza -- un recorrido nocturno para calificar la visibi-- lidad y reflexión de las señales, rayas, viale-- tas, defensa, barrera central, indicadores de alineamiento y malla antideslumbrante.</p> <p>6. En esta metodología se evalúan las condicio nes físicas y de servicio de la :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Faja separadora (barrera, camellón, etc.)</li> <li>b) Defensa lateral.</li> <li>c) Malla antireflejante.</li> </ul> <p>7. Se evalúan las condiciones de servicio de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Torres s.o.s.</li> <li>b) Caseta de cobro.</li> <li>c) Pozos de agua.</li> <li>d) Paraderos.</li> <li>e) Miradores.</li> </ul>	<p>5. Se debe calificar solamente durante el día y --- cuando exista luz natural.</p> <p>comentario:</p> <p style="padding-left: 40px;">Es muy importante que el señala--- miento, barrera central, defensa lateral y malla- antideslumbrante se evalúen en condiciones -- más desfavorables que el usuario pudiera expe rimentar.</p> <p>6. No se consideran en este método.</p> <p>7. No se consideran en este método.</p>

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

<b>METODO C.P.F.I.S.C.</b>	<b>METODO S.C.T.</b>
<p>8. Debido a que la seguridad es un servicio --- que se proporciona al usuario del camino es indispensable valorar el ancho mínimo del -- acotamiento y sancionar los caminos que no cumplan con este servicio.</p> <p>9. Se revisa que los daños en las estructuras -- no presenten un peligro potencial para el --- usuario, además se sanciona:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) La falta de acotamiento en los pasos inferiores y superiores.</li> <li>b) El gálibo vertical insuficiente.</li> <li>c) La falta de parapeto.</li> <li>d) Las malas condiciones de conservación.</li> </ul> <p>10. El deterioro en la corona se califica de --- acuerdo con el área afectada y la magnitud del daño. Ejemplo: Roderas de 2 cm. en el 30% de la sección.</p>	<p>8. No debe influir en la calificación el proyecto ---- geométrico. Comentario: Es indispensable que exista seguridad para el vehículo que necesite estacionarse así como para los usuarios que transiten sobre la calzada.</p> <p>9. El evaluador únicamente se limita a reportar las condiciones particulares que afecten la fluidez del tránsito. Comentario: Por lo tanto, la falta de parapeto en un puente, no influye en la calificación del camino, por mencionar un ejemplo.</p> <p>10. Los deterioros en la corona únicamente se --- califican de acuerdo con el área afectada sin - considerar de que magnitud son los daños.</p>

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

<b>METODO C.P.F.I.S.C.</b>	<b>METODO S.C.T.</b>
<p>Grietas de 1 cm. en el 70 % de la sección.</p> <p>11. La vegetación crecida se clasifica en tres -- rangos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) De 20 a 40 cm. de altura.</li> <li>b) De 40 a 80 cm. de altura.</li> <li>c) Más de 80 cm. de altura.</li> </ul> <p>12. Se presenta una clasificación de deterioros más comunes para orientar al evaluador en la asignación de calificaciones.</p> <p>13. Cuenta con varios formatos de calculo para asentar detalladamente el daño existente, - lo que sirve para comparar periódicamente los defectos cada vez que se realicen las - evaluaciones.</p>	<p>11. Se permite vegetación hasta 40 cm. de altura en una faja de 5.00 m. colindante al hombro - del camino. Además se permite que la vegetación este --- crecida hasta 1.50 m. en el resto del derecho de vía.</p> <p>12. No se presenta clasificación de deterioro ya -- que únicamente se cuantifican áreas afecta--- das.</p> <p>13. Únicamente cuenta con un formato de calculo por lo cual no se pueden comparar periódica- mente los daños existentes en cada elemento. Para fines de comparación se emplea solo los valores obtenidos en la calificación.</p>

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

<b>ZONA DEL CAMINO</b>	<b>CALIFICACIÓN C.P.F.I.S.C.</b>	<b>CALIFICACION S.C.T.</b>
I. CORONA	35	40
II. DRENAJE	15	24
III. ZONAS LATERALES D. VÍA	10	16
IV. SEÑALAMIENTO	15	20
V. OBRAS DIVERSAS	5	NO EXISTE
VI. SERVICIOS	10	NO EXISTE
VII. ESTRUCTURAS	10	NO EXISTE
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

OBRAS DIVERSAS: FAJA SEPARADORA CENTRAL, DEFENSA LATERAL Y MALLA.

SERVICIOS: CASETAS DE PEAJE, POZOS DE AGUA, PARADERO O MIRADOR, TORRES DE AUXILIO S.O.S.

ESTRUCTURAS: PASOS INFERIORES, PASOS SUPERIORES, PUENTES CARRETEROS, PASOS PEATONALES, MUROS DE CONTENCIÓN, TECHUMBRES Y EDIFICACIÓN.

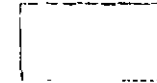
**RANGOS DE CALIFICACION DE CONDICIONES  
DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA**

**CALIFICACION**

**CONDICIONES**

De 0 hasta 100

Muy Malo



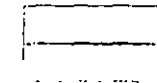
Mayor de 100 hasta 200

Malo



Mayor de 200 hasta 300

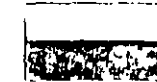
Regular



Hasta 250

Mayor de 300 hasta 400

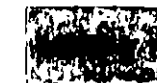
Bueno



Hasta 350

Mayor de 400 hasta 500

Muy Bueno



**ZONAS DE UN CAMINO DE CUOTA.**



## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

**CORONA:** La corona esta definida por la calzada y los acotamientos.

- 1) **Calzada** - parte de la corona destinada al tránsito de vehiculos.
- 2) **Acotamientos** - faja contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera.







## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

**DRENAJE:** Entre las obras de drenaje comprende: alcantarillas y canalizaciones, cunetas y contracunetas, sobre elevación y bombeo, bordillo y lavaderos.

- 1) **Alcantarillas y Canalizaciones** - Canal donde se desalojan las aguas provenientes de la corona.
- 2) **Cunetas** - Canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona, contiguo a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y/o el talud.
- 3) **Contracunetas** - Canal que se ubica arriba de la línea de ceros de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno -- natural.
- 4) **Sobre elevación y bombeo** - Pendiente transversal descendente de la corona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.
- 5) **Bordillo** - Elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes para evitar que el agua erosione el - talud del terraplen.
- 6) **Lavadero** - Obra complementaria de drenaje, que se construye para desalojar las aguas de la superficie de la carretera y evitar su erosión.





**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**



22



## **CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

---

**ZONAS LATERALES DEL DERECHO DE VIA:** Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la secretaría, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares.





## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

**SEÑALAMIENTO:** Herramienta útil para el usuario, que nos indica signos y reglamentos a seguir.

- 1) Señalamiento vertical - Tableros, indicador de alineamiento e indicador de kilometraje.
- 2) Señalamiento horizontal - Rayas centrales y laterales, vialetas.

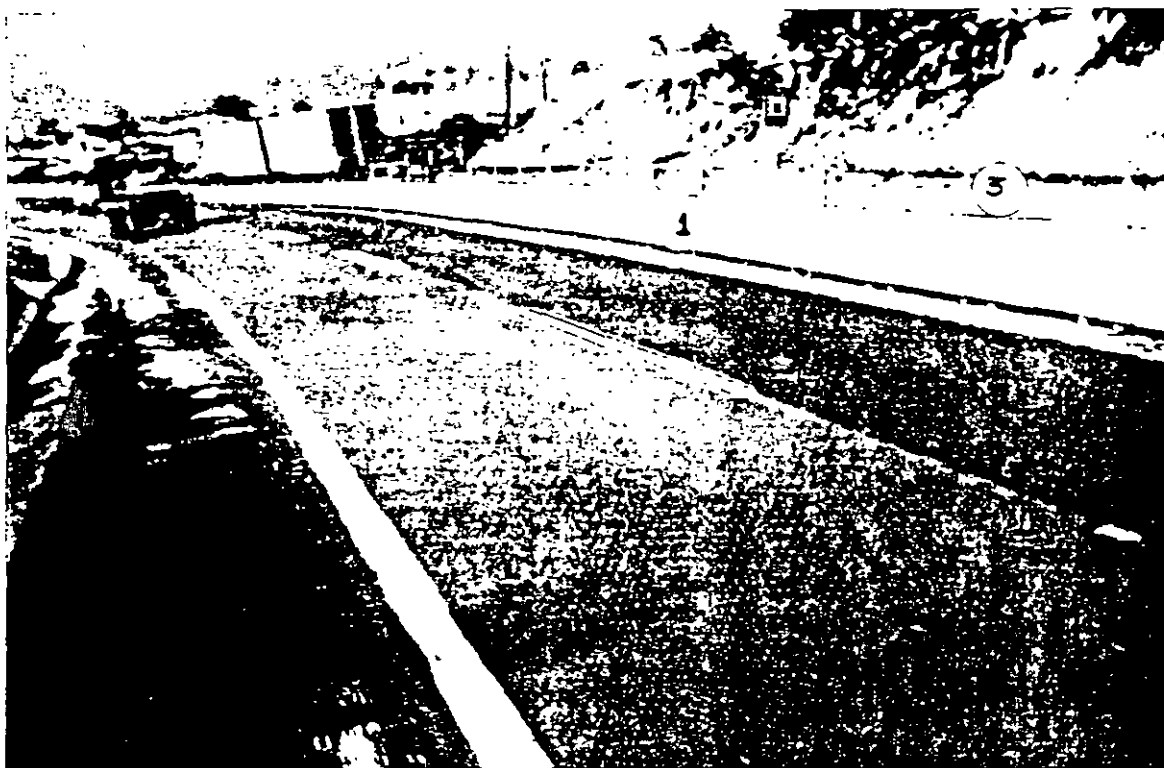




## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

### OBRAS DIVERSAS:

- 1) **Faja separadora central** - Es la zona que se dispone para precaver que los vehículos que circulan en un sentido invadan los carriles de sentido contrario
- 2) **Defensa lateral** - Dispositivo de seguridad que se emplea para evitar, en lo posible, que los vehículos salgan de la carretera.
- 3) **Malla antideslumbrante** - Malla localizada en la parte superior de la barrera central o faja separadora, con el fin de evitar reflejos o deslumbramientos.



24



**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

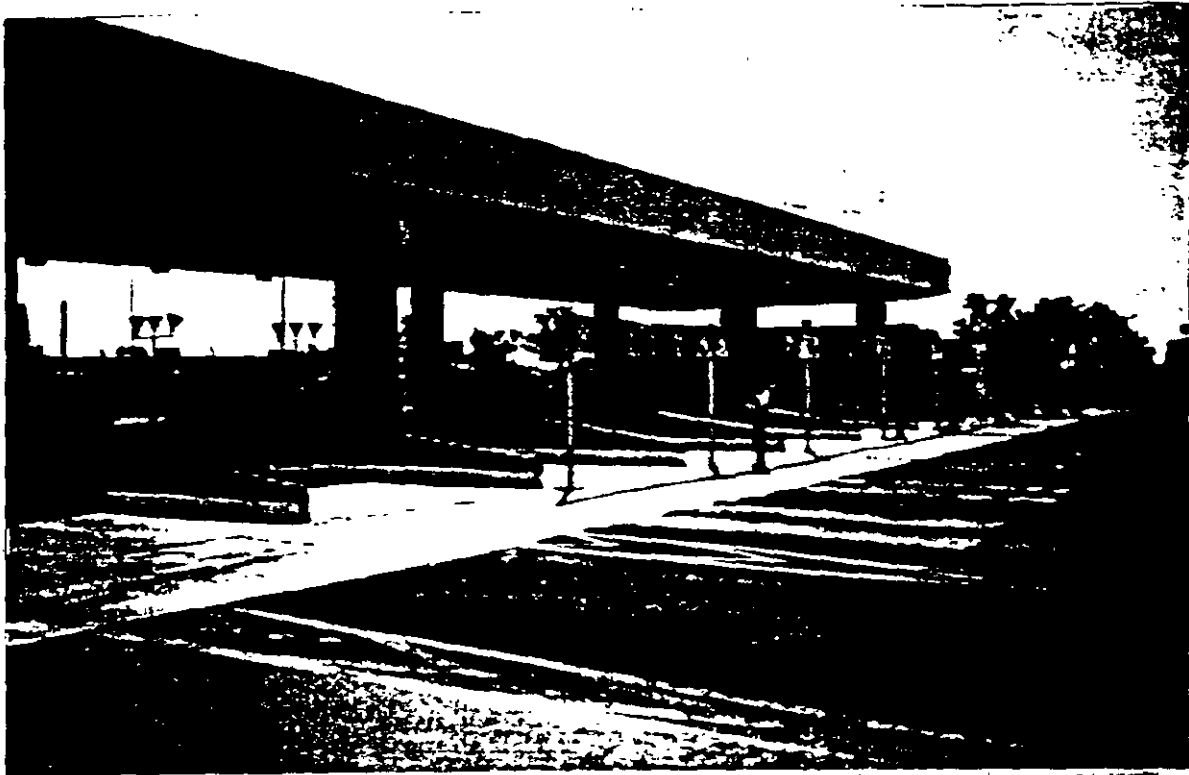
---





**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

**SERVICIOS:** Entre otros se encuentran: las casetas de peaje, los pozos de agua, los paraderos y las torres de auxilio vial.

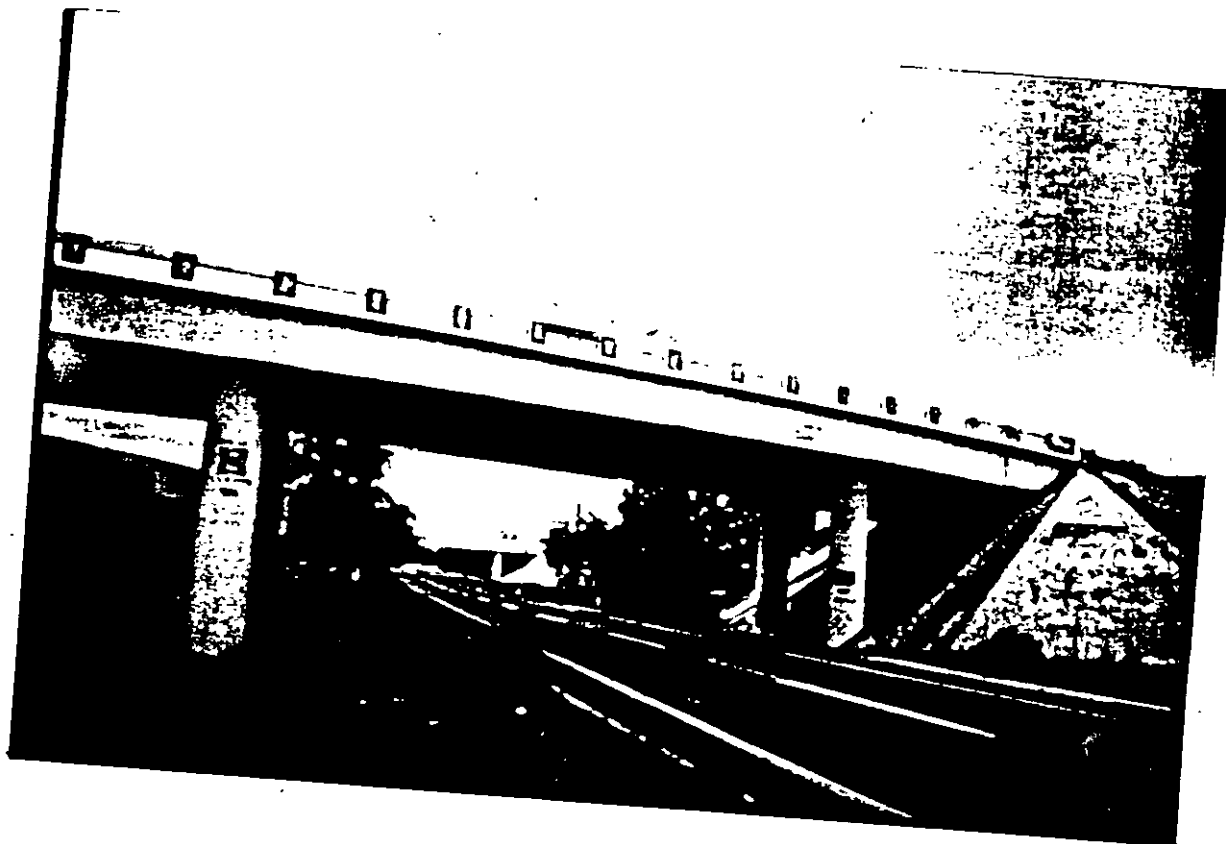




## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

### ESTRUCTURAS:

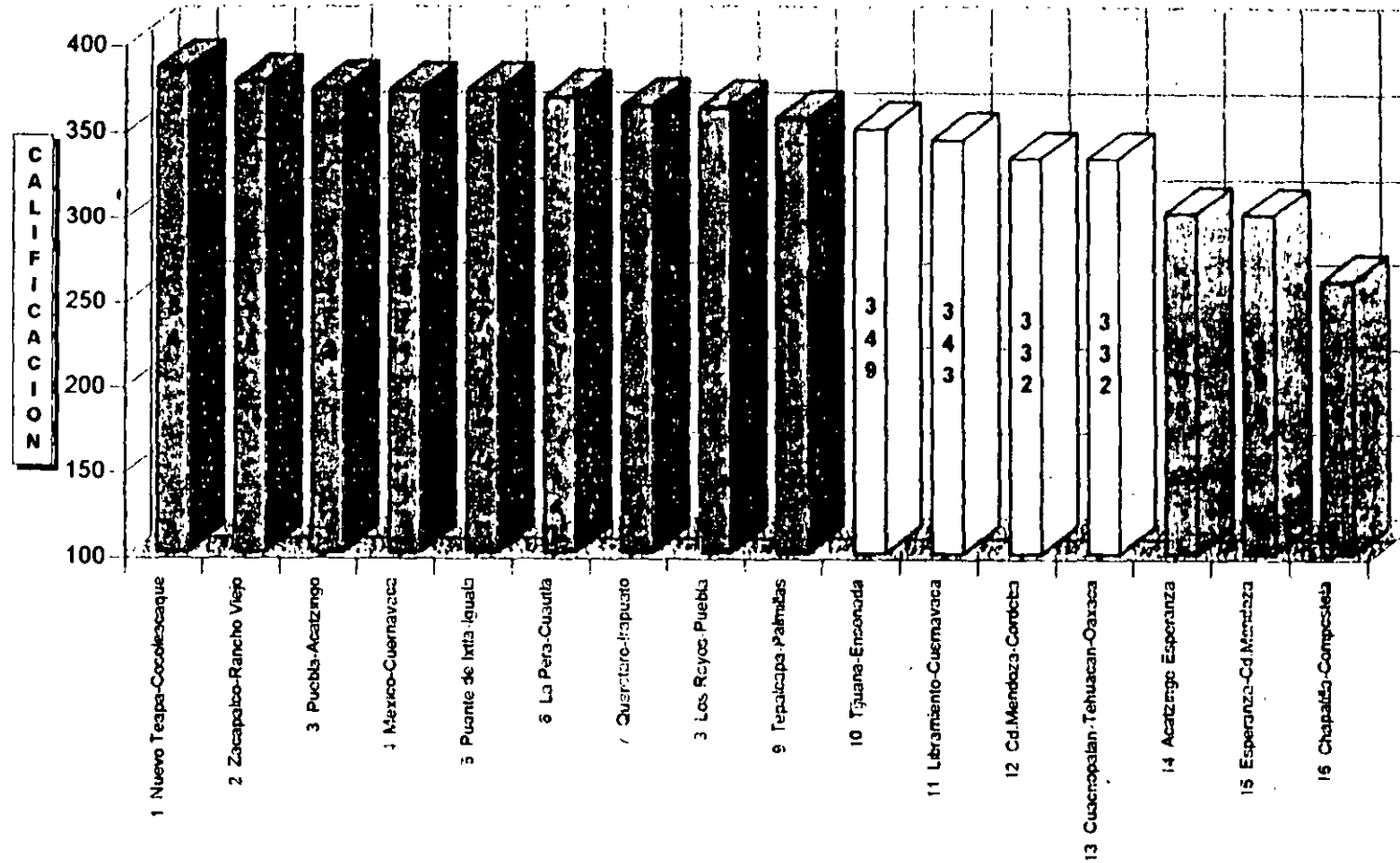
- 1) Paso inferior
- 2) Paso superior
- 3) Puentes carreteros
- 4) Pasos peatonales
- 5) Muro de contención





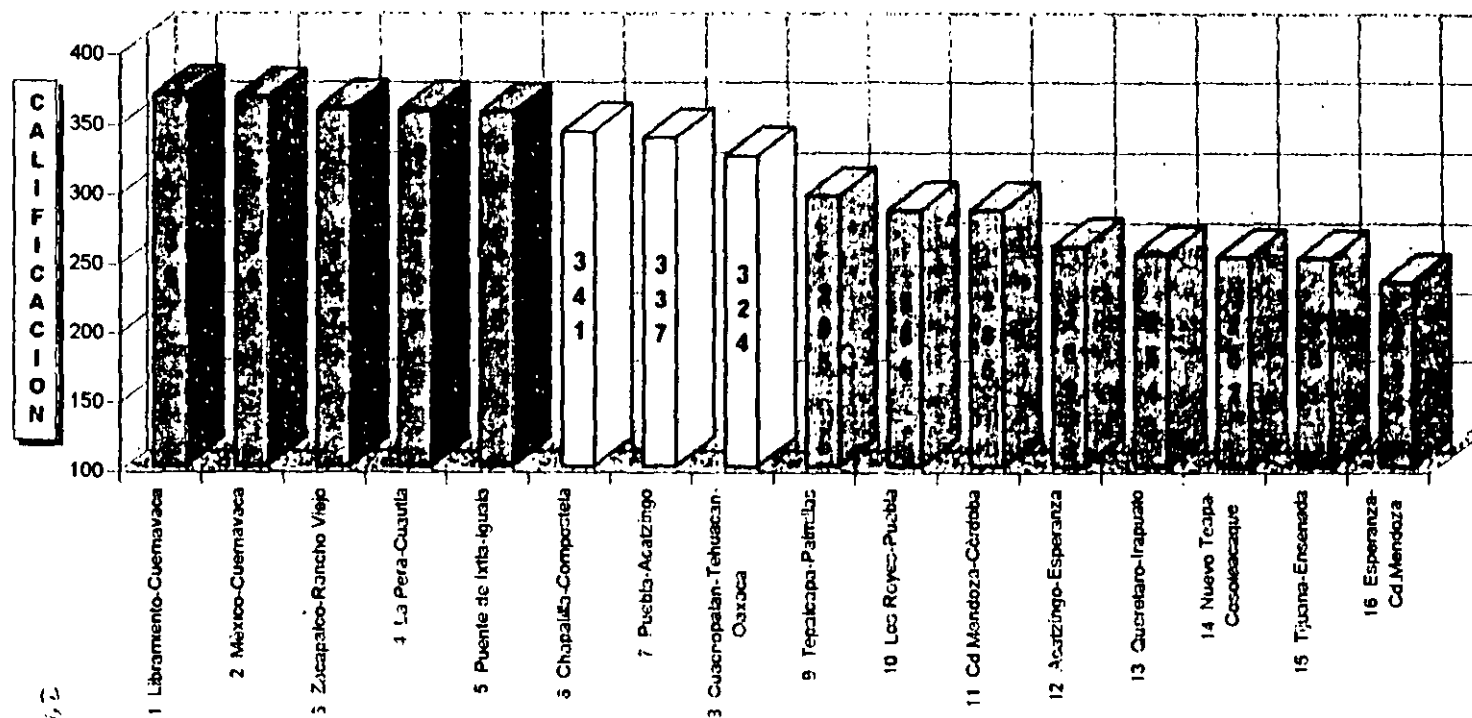
**RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CALIFICACION DE LAS  
CONDICIONES DE SERVICIO.**

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**



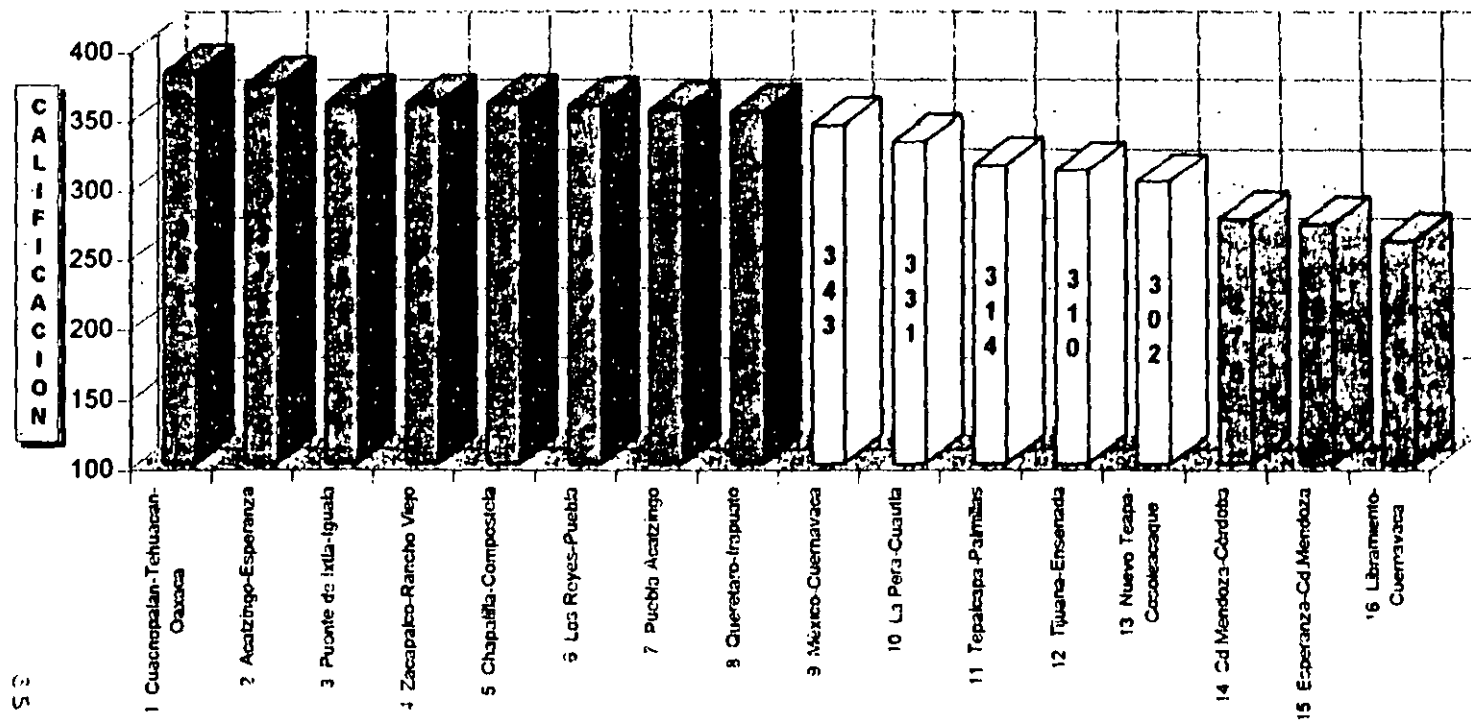
**CORONA**

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**



**DRENAJE**

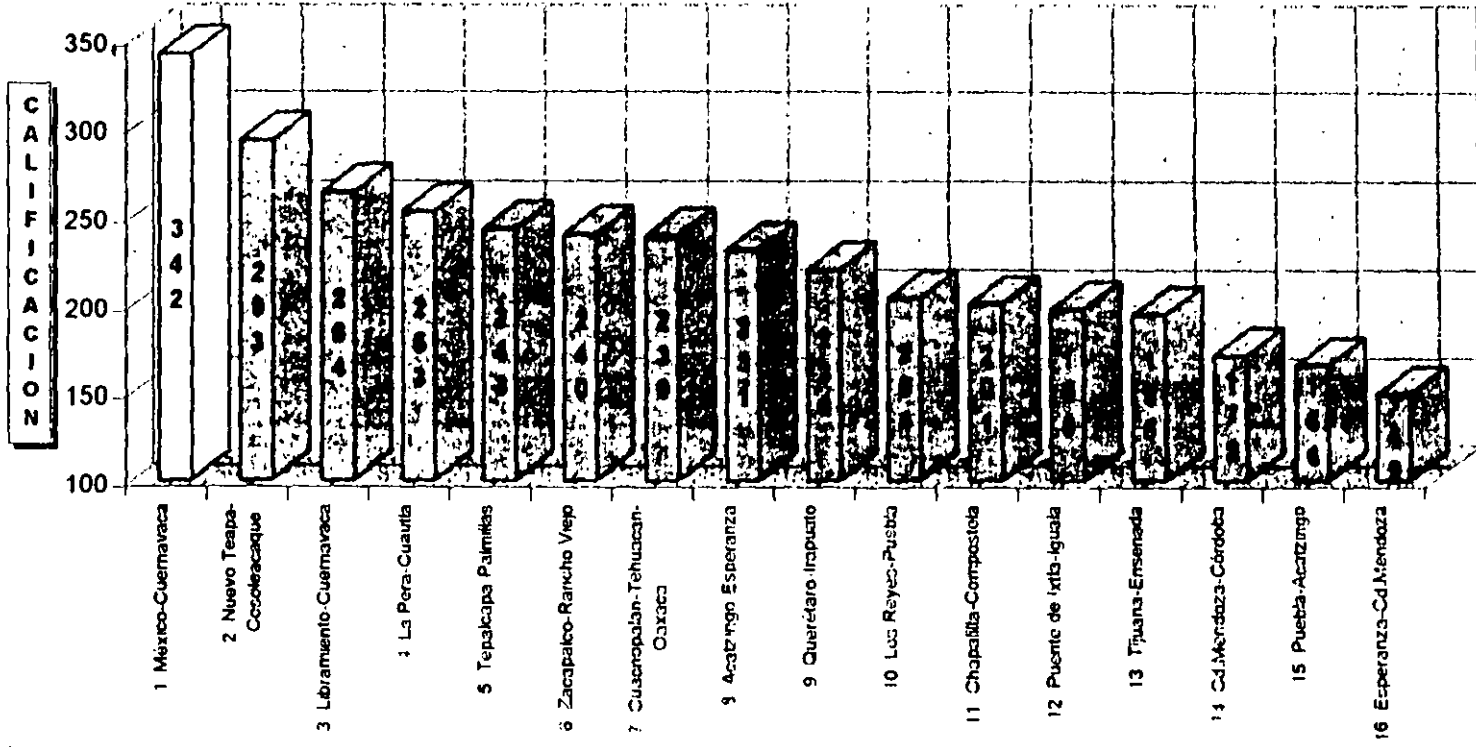
**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**



53

**DERECHO DE VIA**

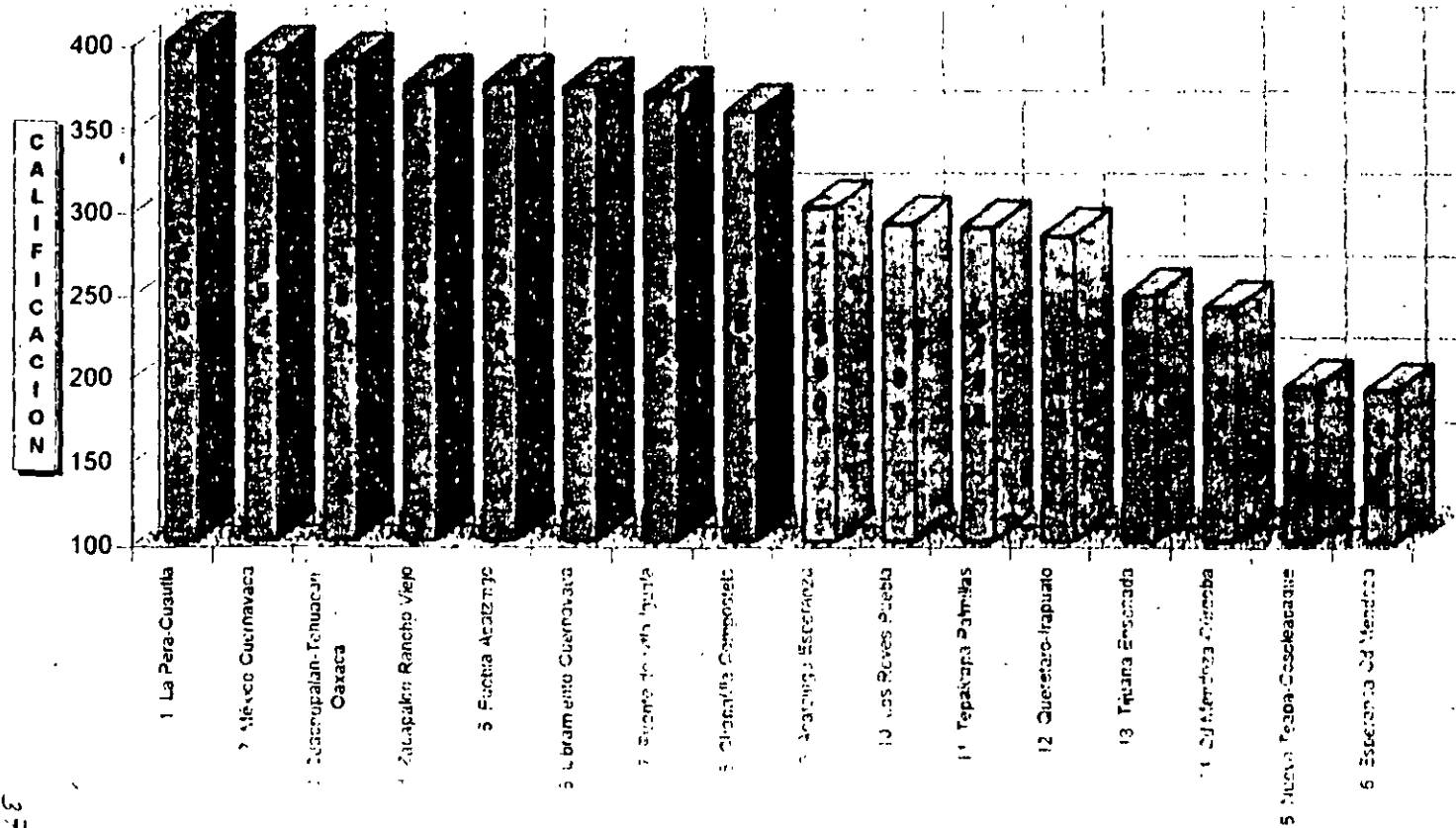
**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**



70

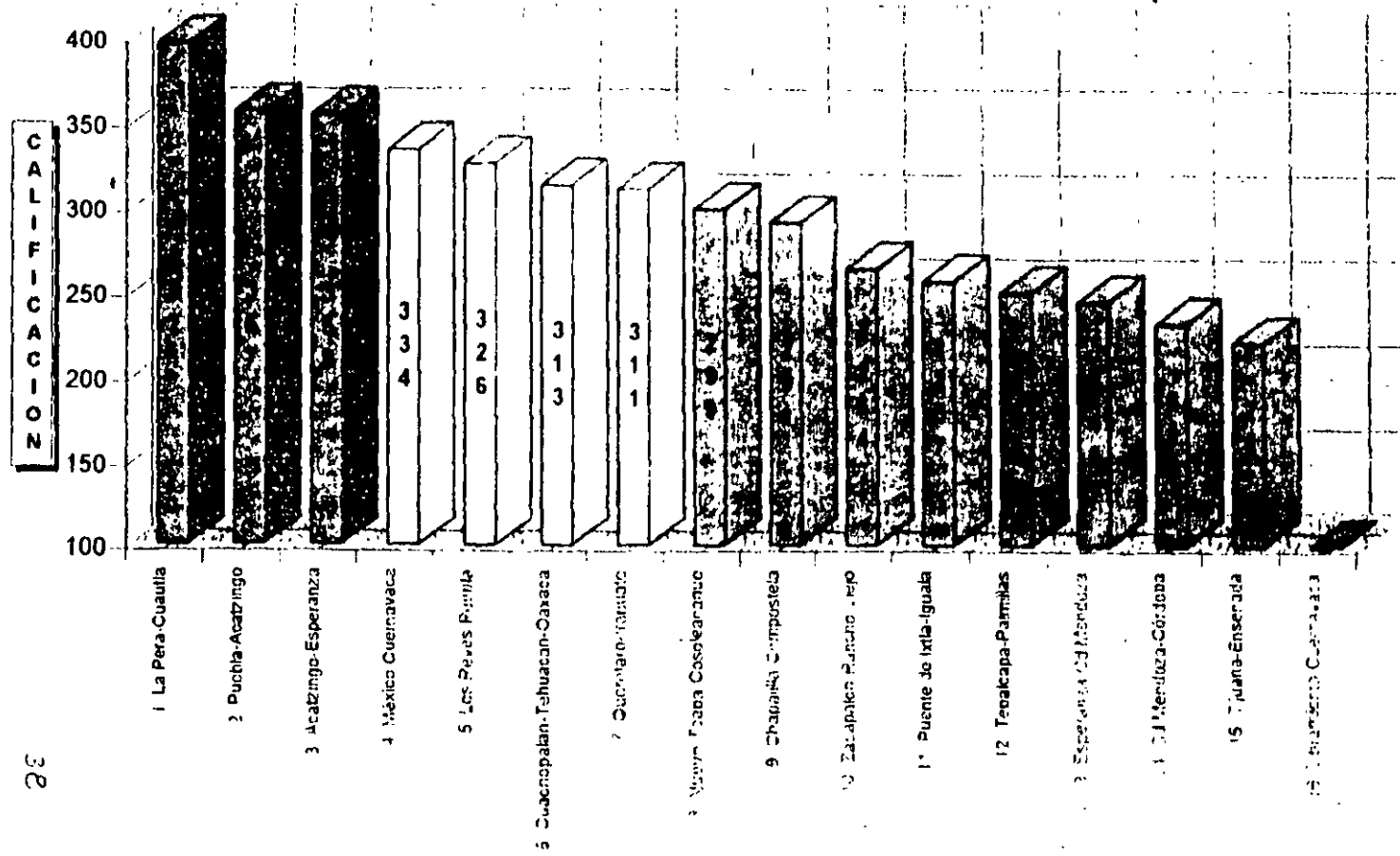
**SEÑALAMIENTO**

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**



**OBRAS DIVERSAS**

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**



**CONCENTRADO DE CALIFICACIONES EN CAMINOS DE  
CUOTA.**





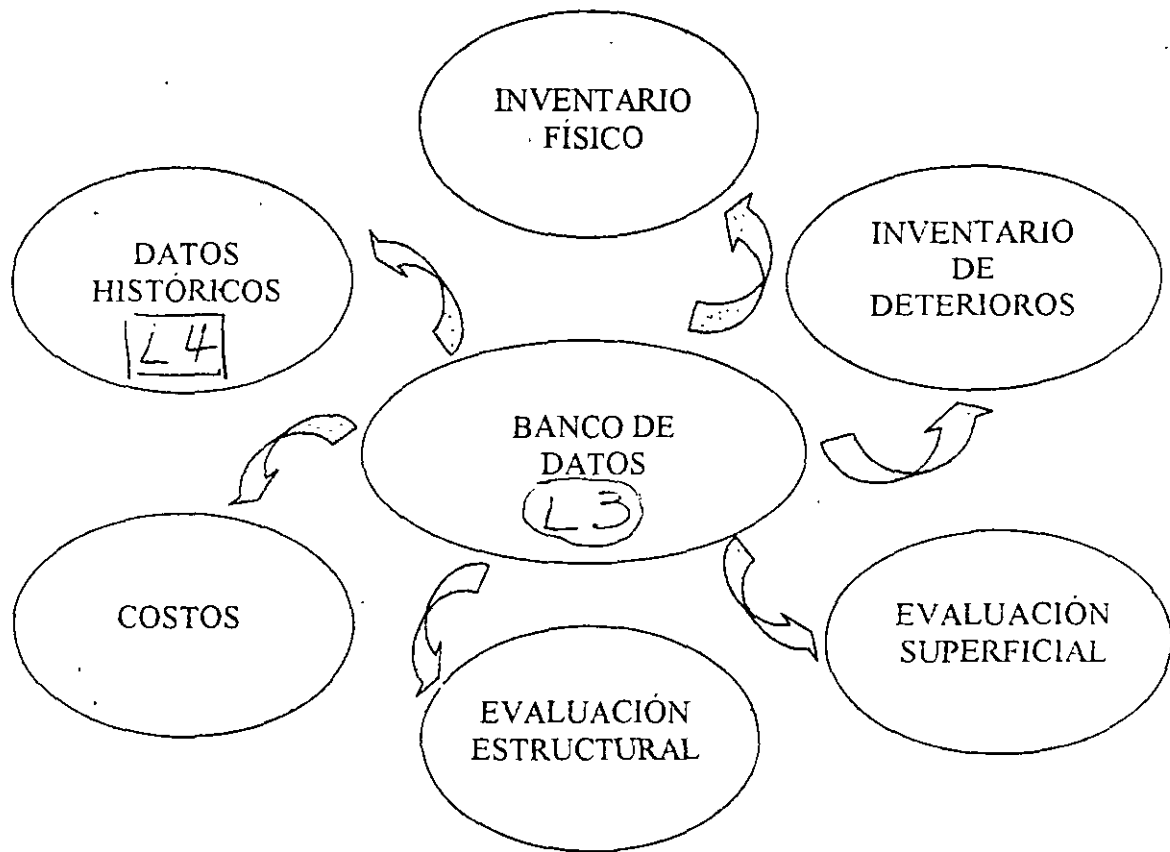


El éxito de cualquier sistema de administración de pavimentos esta basado en la calidad y precisión de la información con que se alimente el banco de datos, que representa la columna vertebral del sistema.

(L3)

De manera muy general el Banco de Datos deberá estar conformado de la siguiente forma:

MANEJO

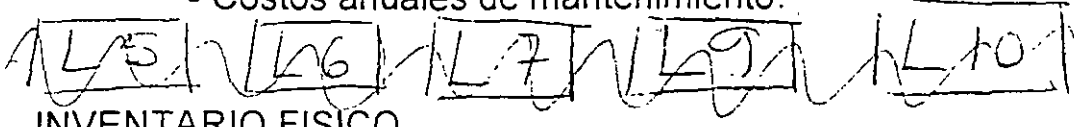


### DATOS HISTORICOS.

- Estudios previos a la construcción.
- Información Técnica del Proyecto.
- Bancos de materiales utilizados en la construcción.
- Calidad de materiales
- Información Técnica de Bitácora de Obra.
- Resultados de laboratorio durante la construcción.
- Modificaciones al proyecto original.
- Trabajos de mantenimiento durante la operación y los resultados obtenidos.
- Estadísticas de accidentes.

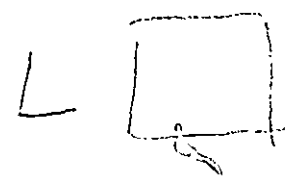
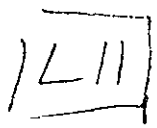
L4

- Estadísticas de aforo (T.P.D.A.)
- Estadísticas de composición de tránsito.
- Estadísticas de resultados de estudios anteriores.
- Costos anuales de mantenimiento.



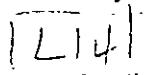
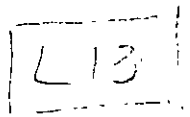
INVENTARIO FISICO.

- Características de la superficie de rodamiento Km. a Km.
- Características físicas de Zonas laterales.
- Obras de drenaje.
- Señalamiento horizontal.
- Señalamiento vertical.
- Instalaciones.
- Servicios.
- Obras complementarias.
- Estructuras.



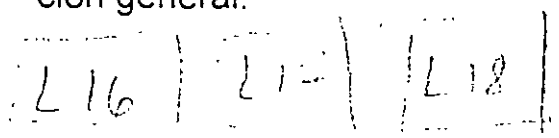
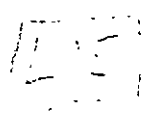
INVENTARIO DE DETERIORO.

Relación detallada por Km. de los deterioros detectados en las diferentes partes del camino, incluyendo comentarios del observador.



ENALUACIÓN SUPERFICIAL.

Resultados obtenidos de la inspección visual periódica y las calificaciones correspondientes por elementos del camino así como su evaluación general.



## EVALUACIÓN ESTRUCTURAL.

L19

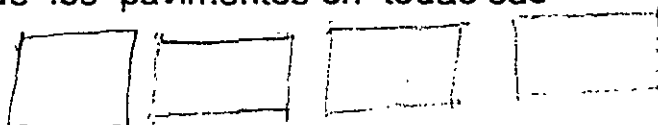
Resultados obtenidos de los estudios de capacidad de carga de la estructura del pavimento.

L

## COSTOS.

L25

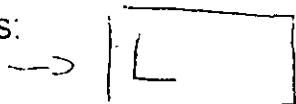
Análisis estadístico de los costos de mantenimiento general de los pavimentos en todas sus modalidades.



El seguimiento constante de la aplicación del sistema de administración de pavimentos optimizará la aplicación de los recursos disponibles y facilitará la obtención de recursos adicionales que permitan conservar adecuadamente nuestra red vial de pavimentos.



El mantenimiento de los pavimentos se puede subdividir en tres modalidades:



Rutinario. Es el mantenimiento que se realiza cotidianamente dando como resultado sensación de confort y seguridad al usuario.

Periódico. Se realiza con intervalos entre uno a dos años para restituir al camino del desgaste natural por la propia operación y prevenir de daños mayores prematuros.

Mayor. Es el mantenimiento que se aplica con intervalos mayores a 2 años y se requiere para conservar al pavimento en las condiciones originales de construcción o de reconstrucción.

Cada una de las modalidades de mantenimiento estará atendida por diversas técnicas de rehabilitación de pavimentos que deberán ser definidas con los resultados obtenidos por el sistema de administración de pavimentos.

No se puede pensar en la aplicación de diversas técnicas de rehabilitación de pavimentos si no se conoce con claridad cuales son las causas del deterioro del pavimento y las condiciones estructurales con los que esta soportando las cargas a las que está expuesto; es por esto, que previo a la determinación del tipo de rehabilitación a utilizarse, se cuente con los estudios de campo y de laboratorio necesarios que permitan diagnosticar la situación actual del pavimento.

Cualquier tipo de rehabilitación de pavimento que se desee utilizar debe ser producto de un estudio y del análisis de los resultados obtenidos por sencilla que esta sea, de lo contrario, seguramente no se eligirá la mas adecuada provocando el desperdicio de los recursos disponibles.

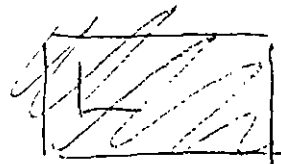
Con el transcurso del tiempo, se ha abusado de la nobleza durante su fabricación y colocación de las mezclas asfálticas y se

aplican en ocasiones como recetas de cocina, teniendo como resultado, rehabilitación de mala calidad, que lejos de brindar una solución se transforman en problemas permanentes encareciendo futuras reparaciones y demeritando las ventajas que estas tienen en comparación con otras soluciones.

Todas las técnicas de rehabilitación de pavimentos asfálticos tienen una característica en común: se requiere que se utilicen materiales de la más alta calidad en la fabricación de las mezclas y que sean colocadas con el procedimiento y equipo adecuado, lo cual garantizará soluciones de prolonga vida útil; cumplido lo anterior, se puede continuar con la selección de la técnica a utilizarse.

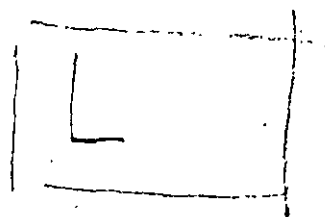
La rehabilitación de un pavimento se puede dividir en dos grandes grupos: Rehabilitación superficial y Rehabilitación estructural.

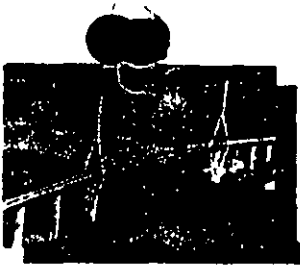
## II. REHABILITACIÓN SUPERFICIAL.



Es el tratamiento de la superficie de rodamiento sin modificar la capacidad de carga de la estructura del pavimento, que se requiere para restituir las condiciones originales de rugosidad y confort de la cinta asfáltica.

A continuación se mencionarán brevemente los tratamientos más usuales y algunas de sus características:





# **¿QUE ES UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES?**

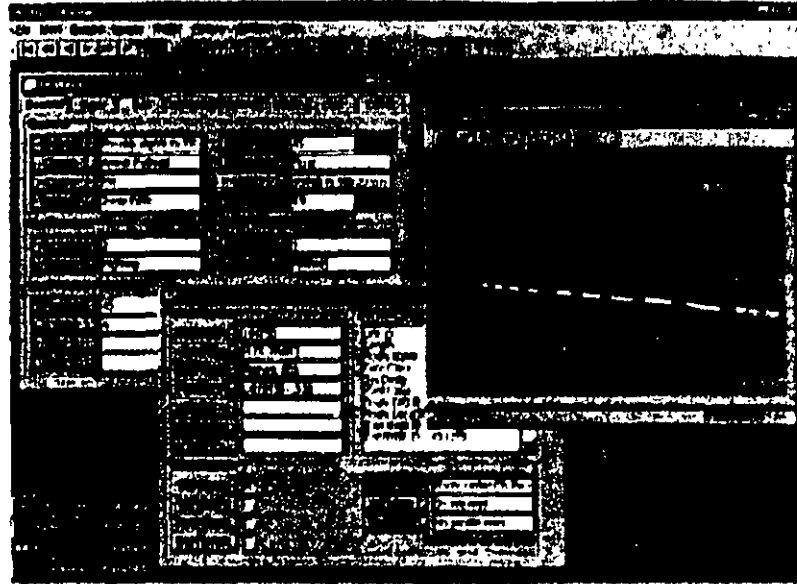
Es un conjunto de herramientas y procedimientos que permiten atender en las tareas de mantenimiento a los puentes y con esto asegurar el adecuado comportamiento y seguridad al usuario.

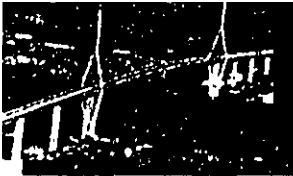
Objetivos generales del sistema:

- Garantizar la seguridad de los usuarios.
- Proteger la inversión patrimonial.
- Predecir con suficiente anticipación el monto de los recursos necesarios para la conservación y rehabilitación de las obras.
- Garantizar la continuidad y la calidad del servicio.
- Optimizar la aplicación de los recursos disponibles.



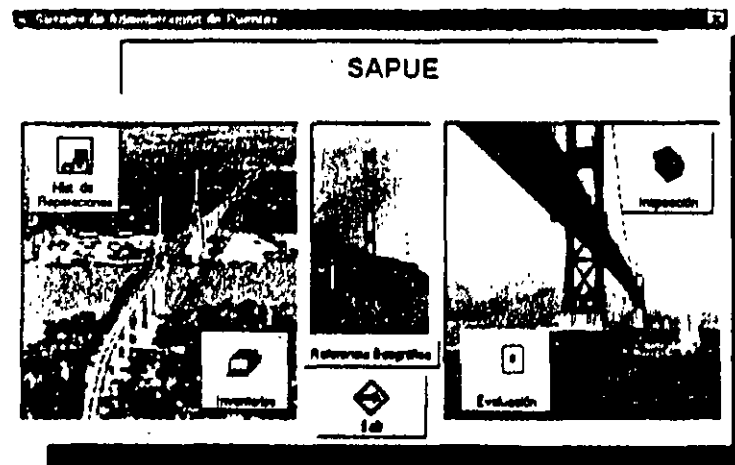
# SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE PUENTES





# COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES

- ✓ INVENTARIO
- ✓ EVALUACIÓN
- ✓ HISTORIAL DE REPARACIONES
- ✓ ANÁLISIS ECONÓMICO
- ✓ SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

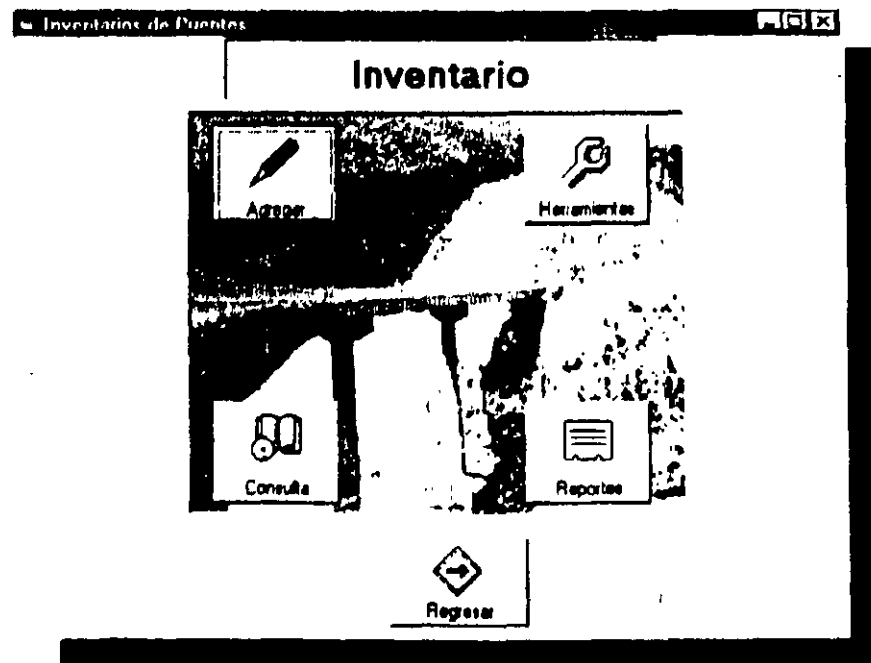




# INVENTARIO

Permite a la institución contar con todos los datos básicos de los puentes, la cual debe contener información adecuada y breve que permita identificar un puente, desde la localización geográfica, hasta el tipo de material de que está construido el puente; su carga de diseño, su forma estructural, tipo de cimentación, etc., así como todos los datos que tengan que ver con la operación del transporte, como pueden ser, su geometría, gálibos, etc.

- Datos generales.
- Datos geométricos.
- Datos sobre la estructura.
- Datos de operación.
- Datos de la inspección.
- Datos sobre la condición.
- Datos de pruebas especiales.





# HISTORIAL DE REPARACIONES

Este módulo está en función de las reparaciones que se realicen a cada uno de los puentes registrados en la base de datos de inventarios. Contiene información relacionada con el puente, la empresa responsable de la reparación, la fecha y tipo de reparación, así como información fotográfica del puente.

Historial de Reparaciones

Nombre del Puente

Constructor

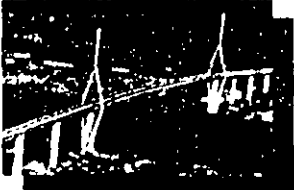
Responsable de la Estructura

Fecha

Tipo de reparación

Grabar Limpiar Filtros Registrar

1tam1111INV1.BMP  
1da312559NV1.BMP.BMP  
Autopis6.jpg  
coalbrookdale.jpg  
DataEnvironment1.DCA  
DataEnvironment1.Da  
DataReport1.DCA



# EVALUACIÓN

---

Esta parte se puede considerar la parte fundamental de todo sistema. Para este Sistema de Administración de Puentes, se plantean tres procedimientos, de los cuales dos están desarrollados quedando pendiente el tercero, esto es:

## **1.- EVALUACIÓN CON BASE EN UNA CALIFICACIÓN DEL PUENTE**

Este consiste en hacer un promedio pesado de las calificaciones dadas a cada parte del puente. La ventaja de este procedimiento es que es sencillo, sin embargo su desventaja es que tiene un alto grado de subjetividad. La forma de obtener la calificación utilizando este procedimiento se describe a continuación:

Si la subestructura o la superestructura tiene una calificación igual o menor a tres, ésta se asignará como la calificación general del puente, de lo contrario se obtienen promedios pesados de la siguiente manera:



$$\mathbf{CSUB = (0.3)(CSOCA) + (0.2)(CCIM) + (0.25)(CAPO) + (0.25)(CPILAS)}$$

donde: CSUB, calificación subestructura

CSOCA, calificación socavación

CCIM, calificación cimentación

CAPO, calificación apoyos

CPILAS, calificación pilas

$$\mathbf{CSUP = (0.4)(CSIPIISO) + (0.4)(CSIPIORT) + (0.20)(CDISAIPO)}$$

donde: CSUP, calificación superestructura

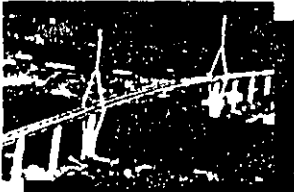
CSIPIISO, calificación sistema de piso

CSIPIORT, calificación sistema portante

CDISAIPO, calificación dispositivos de apoyos

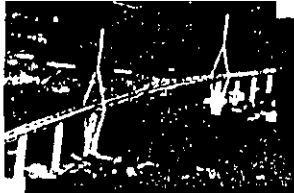
$$\mathbf{CEP = (0.5)(CSUB) + (0.5)(CSUP)}$$

donde: CEP, calificación estructural del puente



En virtud de la escasez de información y de la superficialidad de la inspección, no es posible adoptar un sistema cuantitativo sofisticado de calificación, por lo que en forma práctica se recomienda que la superestructura, subestructura, superficie de rodamiento y cimentación (socavación), se califiquen en alguno de los niveles mostrados a continuación. Se deberá asignar una calificación a cada concepto, es decir una sola calificación para la subestructura, otra para la superestructura, otra para la superficie de rodamiento y otra para la cimentación.

<b>NIVEL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
5	CONDICIÓN EXCELENTE
4	CONDICIÓN BUENA
3	CONDICIÓN ACEPTABLE
2	CONDICIÓN REGULAR
1	CONDICIÓN MALA O DEFECTUOSA
0	CONDICIÓN DE FALLA



## 2.- EVALUACIÓN CON BASE EN LA OBTENCIÓN DEL PRIMER MODO DE VIBRAR

En este procedimiento se requiere de la obtención del primer modo de vibrar del puente, el cual puede ser obtenido con relativa facilidad ya que los equipos necesarios son cada vez más sencillos y portátiles. Se obtienen dos calificaciones parciales; una referente a la rigidez y la otra asociada con la resistencia del puente. En ambos casos se requiere de la obtención del parámetro  $EI$ , el cual se obtiene una vez conocido el primer modo de vibrar del puente. A continuación se muestra como calcular este parámetro.

*Para superestructuras isostráticas:*

$$EI_{\text{din}} = \frac{4WL^3}{g\pi T^2}$$

donde:

$EI_{\text{din}}$ , producto del módulo de elasticidad por el momento de inercia (prueba dinámica)

$W$ , peso total del puente

$L$ , claro de la superestructura

$g$ , aceleración de la gravedad





*Para superestructuras hiperestáticas:*

$$EI_{\text{dín}} = K \frac{4WL^3}{g\pi} \frac{1}{T^2}$$

donde : k se obtiene de gráficas o tablas.

Con los valores de  $EI$  conocidos se puede calcular el valor de la flecha, la cual se obtiene sumando la correspondiente al peso propio más la que generaría un camión T3-S3. Para el caso de una superestructura isostática menor de 40 m, la expresión para el cálculo es:

$$y = \frac{5}{384} \frac{WL^3}{EI} + \sum_{i=1}^6 P_i \frac{b_i(L^2 - b_i^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EIL}$$

Donde:  $y$ , es la flecha máxima

$W$ , es el peso total del puente

$P_i$ , carga del camión T3-S3 por eje

$b_i$ , posición del eje de carga



Para otros claros y para superestructuras continuas, el SIAP calcula las flechas utilizando métodos más refinados de cálculo y los criterios del AASHTO para definir el número de vehículos y carriles de carga. El valor de la flecha se compara con el permisible y se obtiene la calificación por rigidez.

<b>Valores permisibles de flecha</b>	<b>Calificación (CR)</b>
menor a $L/500$	0
entre $L/500$ y $L/600$	1
entre $L/600$ y $L/800$	2
entre $L/800$ y $L/1000$	3
entre $L/1000$ y $L/1200$	4
mayor a $L/1200$	5

CR, calificación por rigidez

L, claro de la superestructura



Para obtener la calificación por resistencia se obtiene el esfuerzo último de flexión utilizando para esto el valor medido de EI y los criterios del AASHTO, con un vehículo mexicano T3-S3; dependiendo del cociente entre el esfuerzo último aceptable y el esfuerzo último actuante se obtienen dos calificaciones, una para flexión y otra para cortante, tomándose la más desfavorable como la calificación por resistencia.

<b>Cociente entre el esfuerzo último permisible y el esfuerzo último actuante</b>	<b>Calificación (CF o CCO)</b>
menor o igual a 1.2	0
entre 1.2 y 1.4	1
entre 1.4 y 1.6	2
entre 1.6 y 1.8	3
entre 1.8 y 2.0	4
mayor o igual a 2.0	5

**CF**, calificación por flexión

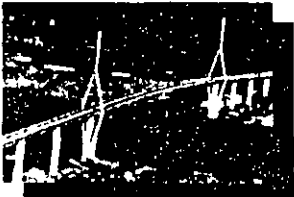
**CCO**, calificación por cortante



### 3.- EVALUACIÓN CON BASE EN LA OBTENCIÓN DEL FACTOR DE COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL

$$FE = \frac{\theta R - F_{cm} W_{cm}}{F_{cv} F_{cv}}$$

$$FE = \frac{\text{Resistencia Remanente}}{\text{Efecto Carga Viva}}$$



$\theta R$       **Resistencia del puente.** Esta se puede calcular de manera analítica si se cuenta con planos y detalles de armados. La tendencia moderna establece procedimientos para obtener la resistencia del puente a través de métodos experimentales.

---

**FcmWcm**      **Efecto de la carga muerta.** Este efecto se puede calcular de manera analítica utilizando para ello un modelo de elemento finito.

---

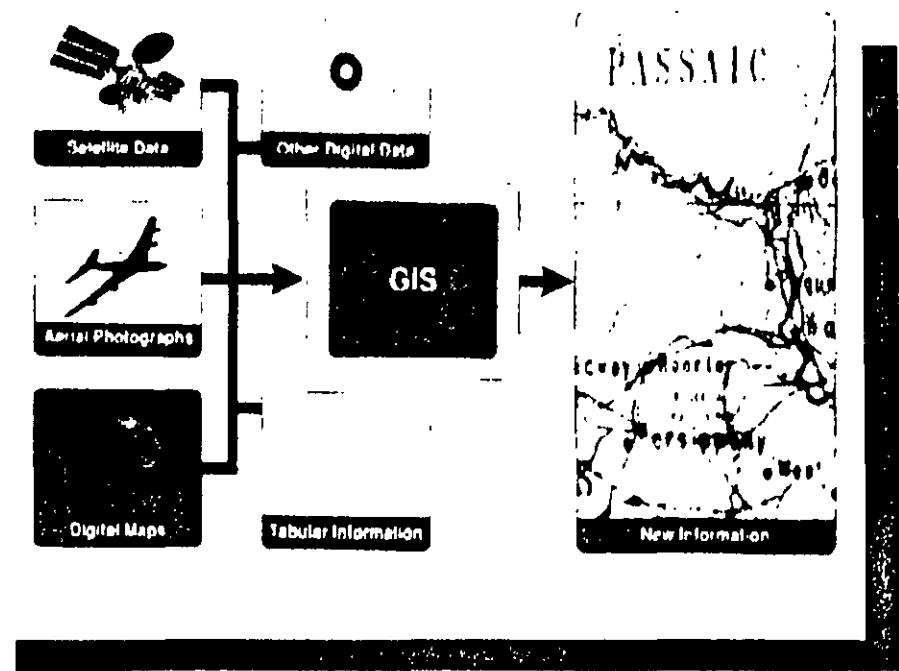
**FcvWcv**      **Efecto de la carga viva.** Esto en el sistema se considera como variable, es decir para un sistema de carga viva dado, el sistema dirá cual es la situación del puente.



## SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Es un sistema computacional que permite crear, almacenar y desplegar información georeferenciada y relacionarla con bases de datos alfanuméricas de diversos temas tales como: económicas, demográficas, científicas, ingenieriles, etc.

Las herramientas basadas en los sistemas de información geográfica (SIG) ofrecen un poderoso instrumento de análisis, que incluyen la visualización, de manera georeferenciada de tramos de carretera con algunos de sus atributos, topografía, cortes, terraplenes, taludes, alcantarillas. Además, estos sistemas permiten la incorporación de información de diferentes bases de datos.

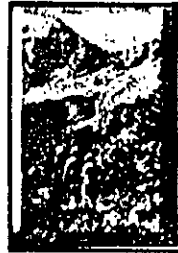




## *SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA*

**Las organizaciones que están relacionadas con el proyecto, construcción, operación y conservación de carreteras, están realizando esfuerzos importantes para incorporar procedimientos sistémicos en la planeación y administración de sus infraestructuras, con lo cual se ayuda a la optimización de los recursos que se destinan para su ampliación y conservación. Estos procedimientos sistémicos deben incorporar herramientas informáticas, en las que se incluyan todos los elementos de ingeniería necesarios para realizar la administración de las carreteras. Las herramientas basadas en los sistemas de información geográfica (SIG) ofrecen un poderoso instrumento de análisis, que incluyen la visualización, de manera georeferenciada de tramos de carretera con algunos de sus**

atributos: topografía, cortes, terrapienes, taludes, alcantarillas, puentes, señales. Además, estos sistemas, permiten la incorporación de información de diferentes bases de datos, con lo cual el análisis puede resultar más completo.



**SIGUIENTE**





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

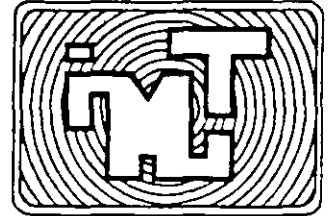
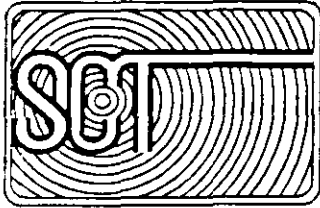
**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**APLICACIÓN DEL SIMAP A LA RED CARRETERA FEDERAL DEL  
ESTADO DE PUEBLA**

**PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**



---

---

# **APLICACION DEL SIMAP A LA RED CARRETERA FEDERAL DEL ESTADO DE PUEBLA**

**Instituto Mexicano del Transporte**  
**Secretaría de Comunicaciones y Transportes**

**Publicación Técnica No. 109**  
**Sanfandila, Qro. 1998**

---

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**Aplicación del SIMAP  
a la Red Carretera Federal  
del Estado de Puebla**

**Publicación Técnica No. 109  
Sanfandila, Gro. 1998**

---

---

Este trabajo fue realizado conjuntamente por Alberto Mendoza Díaz, Gandhi Durán Hernández y Emilio Mayoral Grajeda del Instituto Mexicano del Transporte; Esteban Ambriz Reyes, Miguel Sánchez Mejía y Patricio Gómez Torres de la Dirección General de Servicios Técnicos; José Luis Jaen Balvanera y Julio César Chacón Vivanco de la Dirección General de Conservación de Carreteras; y Jorge León Paz y José de Jesús de la Cruz Rodríguez del Centro SCT del Estado de Puebla.

Los ingenieros Oscar De Buen Richkarday, Jorge De La Madrid Virgen, Cedric Iván Escalante Sauri, Juan M. Orozco y Orozco y Alfonso Rico Rodríguez promovieron y conocieron la evolución de este trabajo en todas sus etapas.

# Indice.

---

	Pág.
Indice.	V
Resumen.	IX
Abstract.	XI
Resumen Ejecutivo.	XIII
1. Introducción.	1
1.1 Generalidades.	1
1.2 Justificación.	2
1.3 Objetivos.	2
1.4 Alcances.	3
2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.	5
2.1 Introducción.	5
2.2 Niveles de Gestión de Pavimentos.	7
2.3 Descripción de los Elementos a Nivel de Red.	10
2.3.1. Inventario.	10
2.3.2. Evaluación de la Condición de los Pavimentos.	11
2.3.3. Determinación de las Necesidades de Financiamiento.	14
2.3.4. Priorización de Secciones Candidatas.	15
2.3.5. Determinación de los Efectos o Impactos de las Decisiones Presupuestarias.	17
2.3.6. Sistemas de Retro-Alimentación.	18
2.4 Descripción de los Elementos a Nivel de Proyecto.	18
2.4.1. Diseños Nuevos.	19
2.4.2. Desarrollo de los Tratamientos de Mantenimiento, Rehabilitación y Reconstrucción.	21
2.4.3. Selección de la Mejor Estrategia.	25

	Pág.
2.5 Relación entre los Elementos a Nivel de Red y a Nivel de Proyecto.	27
2.6 Importancia de los Sistemas de Gestión de Pavimentos.	27
2.7 Beneficios de la Administración de Pavimentos.	28
3. Información de Campo de la Red de Carreteras Federales de Puebla.	31
3.1 Datos Generales.	31
3.2 Calidad de Rodamiento.	36
3.3 Información de Tránsito.	38
3.4 Inventario de Deterioros.	43
3.5 Proyectos Homogéneos de Conservación.	55
3.6 Deflexiones y Propiedades Estructurales.	55
4. Aplicación del SIMAP.	65
4.1 Descripción del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP).	65
4.1.1. Módulo Técnico.	65
4.1.2. Módulo Económico.	69
4.2 Programa Piloto en Puebla.	70
4.2.1. Módulo Técnico.	70
4.2.2. Módulo Económico.	73
4.3 Resultados.	74
4.3.1. Módulo Técnico.	74
4.3.2. Módulo Económico.	74
1. Conclusiones y Recomendaciones.	93
5.1 Conclusiones.	93
5.2 Recomendaciones.	93

	Pág.
Referencias.	95
ANEXO A. Calificación del Servicio Actual en los Tramos Considerados.	101
ANEXO B. Inventario de Deterioros.	113
ANEXO C. Información de Deflexiones.	123

## Resumen.

---

Este trabajo muestra un ejemplo completo de aplicación del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP) a un caso real. El ejemplo que se describe corresponde a la Red de Carreteras Federales del Estado de Puebla. Fue desarrollado, conjuntamente, por el Instituto Mexicano del Transporte, la Dirección General de Servicios Técnicos (SCT), la Dirección General de Conservación de Carreteras (SCT) y el Centro SCT del Estado de Puebla.

El objetivo fundamental de este trabajo es explorar las posibilidades prácticas de utilización en México de los denominados Sistemas de Administración de Pavimentos.

Se presentan algunos principios básicos de la administración de pavimentos. Se describe la elaboración del inventario de la red carretera considerada, mediante la aplicación del Módulo Técnico del SIMAP. Se realizan los análisis económicos para determinar los programas de conservación correctiva y rehabilitación para el futuro inmediato (año próximo), mediante la aplicación del Módulo Económico del SIMAP. Se establecen una serie de conclusiones y recomendaciones.



## Abstract.

---

This work shows a complete example of application of the Mexican Pavement Management System (SIMAP) to a real case. The described example corresponds to the network of Federal Roads of the state of Puebla. It was developed, jointly, by the Mexican Transportation Institute, the General Directorate of Technical Services of SCT, the General Directorate of Road Maintenance of SCT and the SCT Center of Puebla.

The main objective of this work is to explore the practical possibilities of use in Mexico of Pavement Management Systems.

The basic principles of pavement management are shown. The creation of the database for the considered network through the use of the Technical Modulus of SIMAP, is described. The economic analysis to generate the maintenance and rehabilitation programs for the immediate future is carried out, through the application of the Economic Modulus of SIMAP. A series of conclusions and recommendations are finally established.

# Resumen Ejecutivo.

---

## 1. Introducción.

Los sistemas de administración o gestión de pavimentos tienen como finalidad ayudar a elaborar programas anuales de conservación, que distribuyan a las tareas que más convenga realizar los casi siempre limitados recursos disponibles.

En México se han realizado diversos esfuerzos por elaborar sistemas de gestión de pavimentos congruentes con la realidad nacional. Dentro de éstos se cuenta el Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (SIMAP), desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte.

Las prácticas de administración o gestión de pavimentos se basan en el concepto de encontrar una combinación económica de medidas a aplicar en cualquier momento para poder obtener un nivel de servicio deseado. Los sistemas de administración de pavimentos (SAP) pueden evaluar varias estrategias, usan los efectos esperados de las medidas de mantenimiento y rehabilitación sobre el comportamiento futuro de la superficie de los caminos para identificar aquellas secciones que necesiten un tratamiento, e identificar la combinación de medidas preventivas que proporcionen una condición global deseada, considerando las restricciones impuestas.

Desde un punto de vista amplio, la administración de pavimentos cubre todas las fases de la planeación, programación, análisis, diseño, construcción e investigación de los pavimentos. Puede llegar a considerar tanto las necesidades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos existentes, como las necesidades de áreas adicionales de pavimento para aumentar la capacidad vial; no incluye mantenimiento rutinario (limpieza y reparación de taludes, señales, etc.), el cual suele enfrentarse a través de un presupuesto anual fijo reducido, que no requiere de un sistema o estrategia de gestión.

Los principales beneficios de la administración de pavimentos son:

- Uso más eficiente de los recursos disponibles.
- Una mayor habilidad para justificar y asegurar un mayor financiamiento para las actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

- Una información más exacta y accesible sobre el estado de un sistema de vialidades.
- Habilidad para evaluar con el tiempo, el comportamiento de los tratamientos seleccionados.
- Habilidad de mostrar el impacto de distintas estrategias de financiamiento.

## **2. Aplicación del SIMAP a la red carretera federal del Estado de Puebla.**

El SIMAP se define como el conjunto de actividades relacionadas con los procesos de organización, coordinación y control que afectan la funcionalidad, economía y vida útil de los pavimentos y que permiten una utilización adecuada de los recursos humanos y presupuestales disponibles. El SIMAP, para su operación, fue elaborado en dos módulos, uno técnico y otro económico; el primero permite conducir el proceso de recopilación de la información de campo requerida para la red bajo estudio, elaborar la base de datos con toda la información obtenida y generar distintos tipos de reportes a partir de dicha base de datos; el Módulo Económico permite realizar análisis de factibilidad económica para una serie de alternativas posibles de mantenimiento de los diferentes tramos, es una herramienta de cálculo computacional destinada a trabajar con los proyectos que han quedado igualados en los horizontes de calidad y tiempo al final de la etapa anterior. Las fases de éstos Módulos se muestran en la figura 1.

Los parámetros que se evaluaron fueron los siguientes:

- Calidad de rodamiento mediante la calificación de servicio actual (CSA), el valor de un [REDACTED] es frecuentemente considerado como un valor de alerta, sin embargo en este estudio se fijó como límite de rechazo el valor de CSA igual a 2.8 para permitir el análisis de un mayor número de tramos. La mayoría de los segmentos en que se dividió la red se encuentran en estado "regular" (61.2%) y "bueno" (38.4%) y solamente 0.4% de los mismos se encuentran en estado "malo".
- Información de tránsito. Los datos viales permitieron identificar, dentro de cada tramo, los subtramos con diferente nivel de tránsito, encontrándose TDPA desde 17,476 para el tramo Puebla-Izucar de Matamoros, así como tramos con TDPA de 649 como mínimo.

# SISTEMA MEXICANO DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS

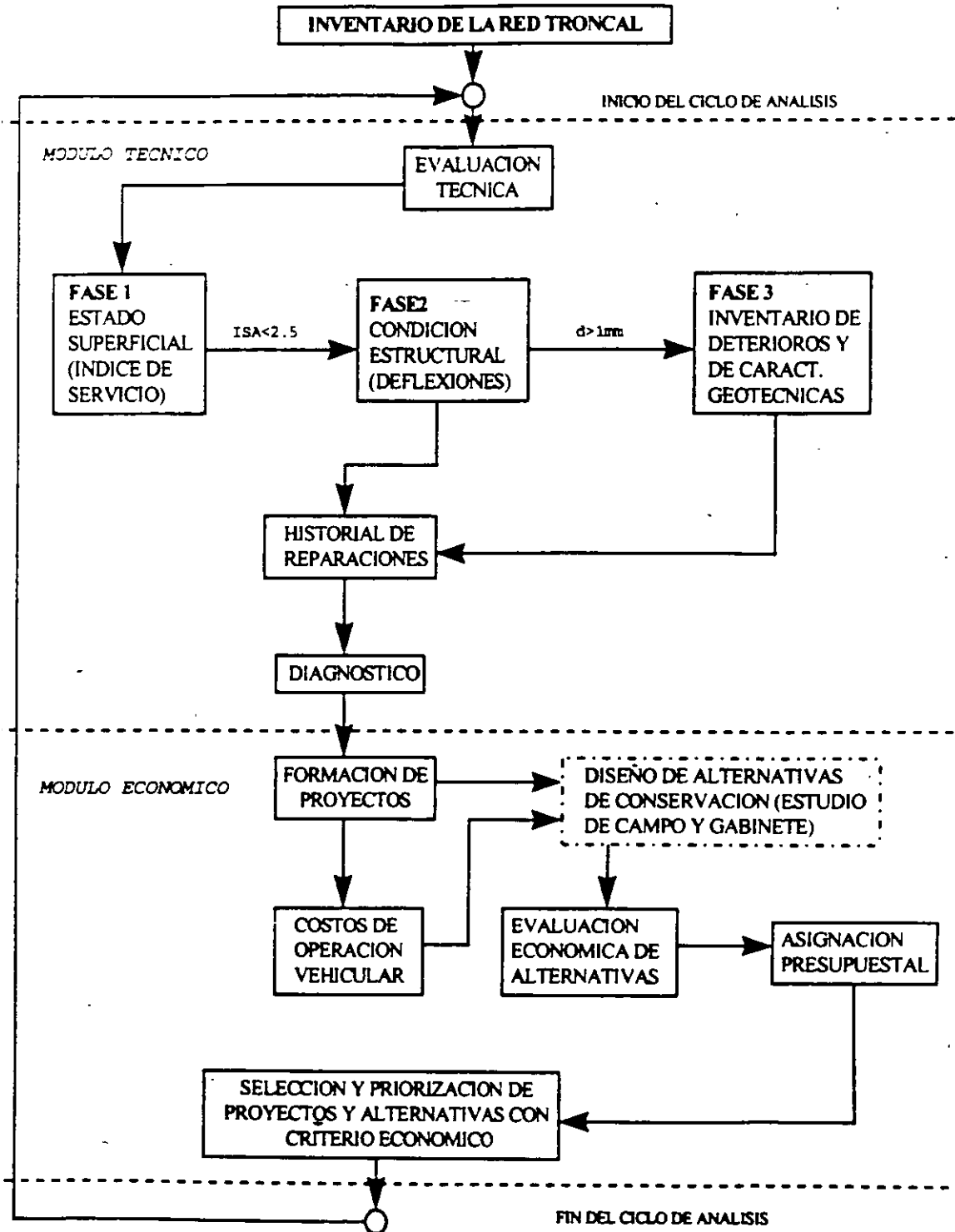


FIGURA 1.

- Inventario de deterioros. Se registraron los distintos tipos de falla (roderas, baches, grietas longitudinales, grietas transversales y otros) que muestra la superficie de rodamiento de los tramos de la red carretera, evaluando la severidad en términos de una escala compuesta de los niveles de la A (despreciable) a la E (muy grave).
- Proyectos homogéneos de conservación. Se definieron los 57 proyectos, los cuales guardaban relativa homogeneidad tanto en términos de nivel de tránsito como de estado superficial (CSA).
- Deflexiones y propiedades estructurales. En todos los segmentos de 5 km se midieron deflexiones utilizando Viga Benkelman, en los 500 m más críticos de cada segmento se tomaron 25 deflexiones para los distintos segmentos, una a cada 20 m. Los datos anteriores permitieron generar la información de deflexiones a nivel de los diferentes proyectos.
- Finalmente, para los segmentos que tuvieron deflexiones mayores de 1 mm se recabó información sobre la resistencia estructural del pavimento, en términos del espesor y el Valor Relativo de Soporte (VRS) de las distintas capas, la obtención del primero generalmente precisa de la obtención de muestras (corazones) mediante cilindros y taladros.

El programa piloto se llevó a cabo en los 1,166.01 km que constituyen la red federal de carreteras del Estado de Puebla, de los cuales no cumplían con las especificaciones antes mencionadas (CSA < 3.8 y deflexiones > 1 mm) 362.44 km.

### 3. Resultados.

A partir del Módulo Técnico se obtuvo un reporte selectivo de tramos con CSA menor a 3.8 con la finalidad de considerarlos dentro de la evaluación económica. El reporte generado indicó que de los 57 tramos totales, debían descartarse 8, estableciendo un período de análisis de 15 años para todos los proyectos con una tasa anual de actualización de 12%. Los indicadores de rentabilidad económica para cada alternativa fueron el Valor Presente Neto (VPN) y la relación VPN/costo.

Se propusieron 2 alternativas de conservación o mantenimiento de tipo periódico o correctivo, estableciéndose para cada una de ellas, el número de acciones de que constará, la vida útil, el valor de CSA que se recuperaría, la degradación del CSA en función de la vida útil y el costo de cada acción. Cabe destacar que cada proyecto contiene de una a tres alternativas, estableciéndose para los 49 proyectos, 105 alternativas en total.

No obstante que el monto necesario para atender la totalidad de la red fue de 200.41 millones de pesos, tomándose como restricción la inversión para el Estado durante 1997, que fue de 61.446 millones de pesos, distribuidos en acciones de conservación periódica y reconstrucción.

Los resultados aparecen en la tabla 1, la cual incluye 12 proyectos. Adicionalmente se realizó otra evaluación con CSA menor a 3, obteniéndose los mismos resultados para los primeros 4 proyectos mostrados en la tabla 1.

Con los resultados anteriores concluye estrictamente la aplicación del sistema; sin embargo, con la finalidad de ampliar la longitud atendida con los recursos disponibles, se propuso:

- Que los primeros 3 proyectos de la tabla 1 representen el rubro de construcción, con una asignación de 31.475 millones de pesos, atendiéndose éstos en 2 años, por lo que en el primer año se actuaría sólo en la mitad de la longitud total de los 3 proyectos con un costo de 29.622 millones de pesos. Asimismo, en el primer año se emprenderían las acciones correspondientes a la alternativa 1 del proyecto 21 (el cual tiene una longitud de 28.3 km), con un costo total de 2.264 millones de pesos. Así, el costo total para este rubro en el primer año sería de 31.886 millones de pesos con una longitud atendida en el primer año de 94.4 km. En el mapa de la figura 2 se muestran los tres tramos que deben atenderse para reconstrucción, según resultados del SIMAP.
- Por lo que respecta al rubro de conservación periódica, al cual en 1997 se le asignaron 29.971 millones de pesos, se atenderían 2 proyectos que serían el 7 y 55, con un costo de 26.876 millones de pesos; adicionalmente se propuso atender los proyectos 18 y 27, con un costo de 3.024 millones de pesos. De esta manera la longitud total atendida en este rubro en el primer año sería de 111.20 km.

**Tabla 1. JERARQUIZACIÓN DE LOS PROYECTOS POR EL VALOR PRESENTE NETO DE LA ALTERNATIVA MAS RENTABLE (TRAMOS CON ISA MENOR O IGUAL A 3.8)**

PROYECTO No.	ALTERNATIVA OPTIMA	VPN (miles \$)	LONGITUD ACUMULADA (km)	COSTOS EN EL AÑO 1 (miles de \$)	
				PROYECTO	ACUMULADO
29	1.2	646,313.25	62.50	22,187.50	22,187.50
2	3.2	581,488.43	109.00	24,877.50	47,065.00
20	1.2	474,353.43	132.20	12,180.00	59,245.00
7	1.2	409,259.45	159.80	16,146.00	75,391.00
56	2.4	371,675.50	229.50	12,894.50	88,285.50
55	2.4	346,634.79	287.50	10,730.00	99,015.50
9	2	281,156.23	323.60	6,678.50	105,694.00
18	2	259,900.29	332.90	1,720.50	107,414.50
15	2	224,470.36	380.40	1,622.50	109,077.00
19	1.2	206,967.64	392.70	4,366.50	113,443.50
27	5	205,788.79	409.00	1,304.00	114,747.50
5	2	189,639.22	449.00	5,600.00	120,347.50
				Otros	83,729.85
				<b>Total</b>	<b>204,077.35</b>

**Nota:**

Todas las alternativas incluyen riego de sello.

- (1) Recubrimiento del pavimento estabilizado con emulsión
- (2) Carpeta de concreto asfáltico
- (3) Recubrimiento del pavimento con material de banco
- (4) Renivelación de sello
- (5) Renivelación con concreto asfáltico



FIGURA 2.



#### **4. Conclusiones y recomendaciones**

Con base en la experiencia obtenida en el Estado de Puebla se demostró que el SIMAP es operable.

A partir de la aplicación del SIMAP en el Estado de Puebla se observó que con el valor de rechazo CSA menor o igual a 2.5, la longitud resultante de carreteras a estudiar era muy limitada; por esta razón, se dejó abierto este valor con el fin de que en aplicaciones posteriores del SIMAP, el usuario lo establezca conforme a la calidad de servicio de sus carreteras y a los recursos financieros posibles.

Por otra parte se recomendaron las siguientes acciones:

- Aplicar el SIMAP en las diferentes entidades federativas de la red federal y estatal de carreteras con el Índice de Servicio Actual y las deflexiones obtenidas durante el año de 1996.
- Actualizar los documentos técnicos relacionados con el sistema que contengan las modificaciones hechas al SIMAP durante el programa piloto en la red de carreteras federales del Estado de Puebla.
- Trabajar sobre la inclusión del módulo geográfico del SIMAP.
- Trabajar con la inclusión al SIMAP de los resultados obtenidos con los equipos de impacto KUAB y DYNATEST de tal manera que permita ingresar módulos elásticos o VRS y deflexiones obtenidas con estos equipos o con Viga Benkelman, como opciones.
- Medir el índice internacional de rugosidad (IIR) cada año en la red federal de carreteras, con la finalidad de tener mayor objetividad en los resultados del sistema.

# 1. Introducción.

---

## 1.1. Generalidades.

En México, la red federal de carreteras tiene una extensión aproximada de 30.000 kilómetros. Según datos de principios de 1994 referentes al estado actual de esta red principal, se estima que en términos de la calidad de servicio ofrecida a los usuarios, alrededor de 30% de ella se encuentra en buenas condiciones, 66% en estado regular mientras que el resto se encuentra en estado deficiente (Referencia 1). La considerable proporción de la red en estado regular o deficiente se debe, en buena parte, a la existencia de carreteras que fueron construidas hace muchos años para tránsitos de menor intensidad y peso que los actuales. Como consecuencia del progreso general del país, existen hoy tramos con aforos que pueden llegar a ser de 20 a 30 mil vehículos diarios, con 30 ó 40% de vehículos pesados. A la situación anterior se le une el que el nivel de asignación de recursos para conservación en los últimos años ha sido apenas suficiente para conservación rutinaria, resultando escaso para revertir la tendencia actual de la red hacia un deterioro generalizado (Referencias 2 y 3).

La situación anterior es parecida a la que sufren muchas otras redes carreteras del mundo. Por tal razón, desde la década de los 80's se han venido utilizando, cada vez con mayor frecuencia, los denominados "sistemas de administración o gestión de pavimentos". Estos tienen como finalidad ayudar a elaborar programas anuales de conservación que distribuyan a las tareas que más convenga realizar los casi siempre limitados recursos disponibles. Algunos de ellos han tenido una amplia aceptación en los países de América Latina (Referencia 4).

Diversos sistemas de administración de pavimentos (SAP) desarrollados en el mundo, a pesar de su innegable calidad, son considerados insuficientes para México. Estos SAP proceden de países con excelentes redes carreteras, construidas con buenos materiales. Por lo tanto, se parte de que en todos los casos se tiene una falla funcional, pero nunca estructural. En México, se considera que estos criterios no son aplicables en forma única, puesto que con mucha frecuencia los deterioros superficiales están ligados a fallas estructurales profundas. Es por ello que en México se han realizado diversos esfuerzos por elaborar sistemas de gestión de pavimentos congruentes con la realidad nacional. Dentro de éstos se

cuenta el Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (SIMAP), desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte. Este sistema comprende fundamentalmente dos módulos, uno denominado Módulo Técnico, el cual permite llevar un inventario de todos los parámetros importantes para el diseño de la conservación de los distintos tramos de la red; y el otro denominado Módulo Económico, el cual permite realizar análisis de factibilidad económica para una serie de alternativas posibles de mantenimiento de los diferentes tramos.

## **1.2. Justificación.**

En este trabajo se describe un ejemplo completo de aplicación del SIMAP, al caso particular de la red de carreteras principales del Estado de Puebla.

De aquí en adelante, cuando se haga referencia al "sistema de gestión de pavimentos utilizado" pero no se indique explícitamente su nombre, deberá entenderse que se trata del SIMAP. De la misma manera, cuando se haga referencia a la "red de carreteras", deberá entenderse que se trata de la red de carreteras principales del Estado de Puebla.

Este tema fue seleccionado para elaborar el presente trabajo por la inquietud de investigar la conveniencia de emplear este tipo de tecnologías y analizar las limitantes que su aplicación pudiese tener actualmente en México, particularmente a los niveles locales (estatal y municipal).

## **1.3. Objetivos.**

Como ya se indicó, el objetivo fundamental de este estudio consiste en desarrollar un ejemplo completo de aplicación del SIMAP a la planeación de la conservación de la red carretera principal del Estado de Puebla. Esto, con el fin de:

- Explorar las posibilidades prácticas de utilización en México de estos sistemas.
- Ejemplificar su uso con un caso real.

## 1.4. Alcances.

En este trabajo se describen algunos aspectos de la elaboración del inventario de la red carretera considerada (aplicación del Módulo Técnico) así como los análisis económicos para determinar los programas de conservación correctiva y rehabilitación para el futuro inmediato (año próximo principalmente) (aplicación del Módulo Económico). No se describe con detalle, por otra parte, la recopilación de información de campo ya que ésta suele seguir métodos bien definidos que se presentan en diversas fuentes (Referencias 11 y 12).

La definición de los programas anuales de conservación se realiza a un nivel preliminar de planeación (nivel de red), en términos de los presupuestos, tramos y medidas con que deberá actuarse el año próximo. Queda fuera de los alcances de este estudio la determinación de la acción óptima definitiva a realizar en cada uno de los tramos a mejorar (nivel de proyecto). Tanto el nivel de red como el nivel de proyecto de los SAP se describirán con gran detalle en el siguiente capítulo.

Los alcances específicos de este trabajo están contenidos en los siguientes capítulos que lo constituyen:

- El presente capítulo muestra la introducción, indicando algunos aspectos de carácter general relacionados con la administración de la conservación de pavimentos y los motivos que condujeron a seleccionar este tema, así como los objetivos y alcances particulares de este trabajo.
- En el Capítulo 2 se describen los diferentes elementos que, en general, constituyen un sistema de gestión de pavimentos.
- El Capítulo 3 describe algunos aspectos de la organización de la información recopilada para la red, con fines de elaboración del inventario. Asimismo se muestran algunos análisis preliminares de dicha información.
- En el Capítulo 4 se presentan los análisis realizados con los Módulos Técnico y Económico del SIMAP. Estos culminan con la definición del programa preliminar de conservación para el futuro

inmediato (como ya se dijo, a nivel de red). Se muestran algunos aspectos de la elaboración del inventario a través del Módulo Técnico. Asimismo se muestran los análisis de factibilidad realizados para una serie de alternativas posibles de mantenimiento para los diferentes componentes de la red, definiéndose los tramos en que resultaría más conveniente la actuación inmediata y las medidas más adecuadas a efectuar en ellos; estos análisis se realizan con el Módulo Económico.

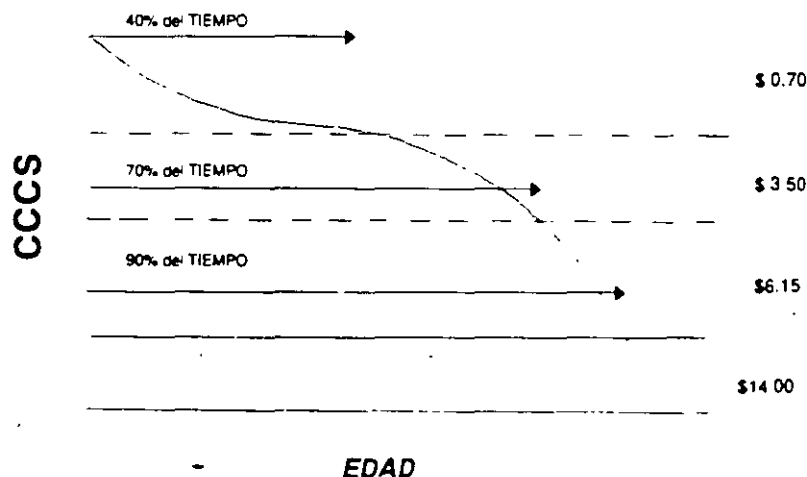
- El Capítulo 5 presenta las conclusiones y recomendaciones más relevantes derivadas de los capítulos anteriores.

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

### 2.1. Introducción.

En este capítulo se describen los principios más importantes de la gestión de pavimentos. El sistema de administración de pavimentos (SAP) que se emplea en este trabajo es congruente con los principios aquí mencionados. Sus particularidades más relevantes se destacan en el Capítulo 4, el cual detalla su aplicación específica a la red carretera del Estado de Puebla.

Todas las superficies de los caminos se deterioran con el tiempo debido al tránsito y al medio ambiente. La Figura 2.1 muestra la tasa promedio de deterioro y el cambio de los costos de reparación a medida que el pavimento se deteriora. El término CCCS (calificación compuesta de condición superficial) es una medida o índice de la condición de un pavimento (sus valores altos representan una condición mejor que sus valores bajos). Es evidente que el costo total será menor si el pavimento se repara oportunamente. La figura también indica que le costará menos a la agencia que proporciona el mantenimiento, mantener las carreteras en buen estado.



CCCS = calificación compuesta de condición superficial.

**FIGURA 2.1 Efectos del Tratamiento Oportuno Sobre los Gastos de Recuperación.**

Las prácticas de administración o gestión de pavimentos se basan en el concepto de encontrar una combinación económica de medidas a aplicar en cualquier momento para poder obtener un nivel de servicio deseado. Los SAP que pueden evaluar varias estrategias, usan los efectos esperados de las medidas de mantenimiento y rehabilitación sobre el comportamiento futuro de la superficie de los caminos para identificar aquellas secciones que necesiten un tratamiento, e identificar la combinación de medidas preventivas que proporcionen una condición global deseada, considerando las restricciones impuestas.

Un SAP es una herramienta que se usa para ayudar a tomar decisiones económicas en lo que se refiere al mantenimiento y rehabilitación de pavimentos y superficies de caminos (Referencias 13 a 16). Mucha gente piensa que un SAP es un conjunto de programas de computadora. Esto es erróneo, ya que los programas de computadora no gestionan o toman decisiones. El personal de una organización es el que administra los pavimentos y el que toma las decisiones. Los programas de computadora solamente asisten en la administración de la información y apoyan a la toma de decisiones. Los SAP proveen los instrumentos para organizar una cantidad enorme de datos que se desarrollan en una red de carreteras. Cuando el almacenamiento y los análisis de datos se automatizan, un SAP guarda los datos, los recupera y realiza cálculos múltiples y complejos en una forma rápida y eficiente.

El término gestión de pavimentos se usa para describir la administración de redes de supercarreteras, carreteras y calles con superficies pavimentadas, mientras que el término gestión de superficies de carreteras y calles, o solamente gestión de superficies, se utiliza para describir la gestión de redes de carreteras y calles con superficies pavimentadas y no pavimentadas (Referencia 17). En este estudio se hace referencia exclusivamente a superficies pavimentadas con estructuras flexibles de varias capas, de las cuales la más superficial es de concreto asfáltico.

Desde un punto de vista amplio, la administración de pavimentos cubre todas las fases de la planeación, programación, análisis, diseño, construcción e investigación de los pavimentos (Referencia 18). Puede llegar a considerar tanto las necesidades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos existentes, como las necesidades de áreas adicionales de pavimento para aumentar la capacidad

vial; no incluye generalmente el mantenimiento rutinario (limpieza y reparación de taludes, señales, etc), el cual suele enfrentarse a través de un presupuesto anual fijo reducido, que no requiere de un sistema o estrategia de gestión. Trata también sobre los requerimientos de los trabajos seleccionados y las normas a seguir en ellos. La planificación de actividades programadas de mantenimiento normalmente se desarrolla dentro de un sistema de administración de pavimentos o uno de superficie de caminos.

## **2.2. Niveles de Gestión de Pavimentos.**

La administración de pavimentos generalmente se desarrolla a dos niveles, el nivel de red y el nivel de proyecto (Referencias 13, 14 y 18). Las diferencias entre el nivel de red y el de proyecto se extienden más allá del nivel en el cual se toman las decisiones e incluyen diferencias en la cantidad y el tipo de datos que se requieren. La recolección de datos es costosa y a menudo no se sabe con exactitud que tipo ni que cantidad de datos serán requeridos, hasta que parte de los datos hayan sido recolectados. La recolección excesiva de datos ha creado problemas en la implementación y el uso continuo de SAP en el pasado (Referencia 19). Para evitar este problema, a nivel de red normalmente se recolecta una cantidad mínima de datos (aunque para toda la red). Esto permite que el SAP sea implementado con un monto de inversión inicial bajo en la recopilación de datos; sin embargo, los datos recopilados a nivel de red no son los más adecuados para tomar la mayoría de las decisiones a nivel de proyecto. Se deben recolectar más datos de las secciones de pavimento individuales identificadas como candidatas prioritarias para mantenimiento o rehabilitación por el análisis a nivel de red (es decir, a nivel de proyecto se requiere la información de detalle necesaria para el diseño de las medidas más adecuadas, pero sólo para las secciones candidatas prioritarias). La necesidad de minimizar los costos de la recolección de datos es una razón para separar los elementos de gestión de pavimentos en elementos a nivel de proyecto y a nivel de red.

La diferencia en el nivel de decisión normalmente se encuentra en la cantidad de pavimento que se considere y también en el propósito de la decisión (Referencia 20). A nivel de red, las agencias normalmente incluyen los pavimentos de toda la red bajo su jurisdicción. Sin embargo,



las agencias pueden separar la red en subconjuntos, como caminos arteriales, las rutas de autobuses o las calles industriales. La cantidad de pavimento que se considera a nivel de proyecto normalmente consiste en un tramo o sección sencilla a gestionar, la cual a veces corresponde a una sección original de construcción, aunque las secciones pueden ser combinadas o subdivididas para propósitos de análisis.

El propósito del proceso de gestión a nivel de red normalmente se relaciona con el proceso presupuestario para identificar las necesidades de trabajo de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, la selección de secciones a repararse o mantener y la determinación de los efectos de las varias opciones sobre el comportamiento del sistema de todos los pavimentos de la red y sobre el bienestar global de la comunidad (Referencia 18). La parte que trata de la selección de secciones a financiarse en determinados períodos se denomina como selección y programación de proyectos; en algunas agencias ésta ha sido identificada con la gestión a nivel de proyecto. Sin embargo, esta parte es un elemento del proceso de administración a nivel de red y aquí será discutida como parte de la gestión a nivel de red. Los resultados principales de los análisis a nivel de red incluyen las necesidades de mantenimiento y rehabilitación, las necesidades de financiamiento, un listado priorizado de las secciones o tramos candidatos que necesitan reparación y un pronóstico de las condiciones futuras de la red para varias opciones de financiamiento.

A nivel de proyecto, el propósito es determinar la estrategia más económica posible de diseño inicial así como de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción durante el período de vida de una sección de pavimento seleccionada, dado el financiamiento disponible (Referencia 18). Los resultados principales de la administración de pavimentos a nivel de proyecto incluyen una evaluación de las causas del deterioro, identificación de las estrategias posibles de diseño, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción y la selección de la estrategia más económica a seguir durante el período de vida de la sección, dadas las restricciones impuestas. Este proceso requiere de una cantidad considerable de datos detallados para la sección considerada.

A nivel de red se analiza toda la red considerada, con el mínimo de datos de ella para generar programas de conservación preliminares (para un horizonte de tiempo dado), utilizados principalmente para la gestión de los

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

recursos. A nivel de proyecto se consideran sólo los tramos carreteros con mayor urgencia de actuación (programa del año próximo), determinándose para ellos las medidas definitivas a aplicar. No todos los datos que se necesitan para tomar las decisiones a nivel de proyecto son requeridos para tomar las decisiones a nivel de red. Generalmente las decisiones a nivel de red pueden ser tomadas con una cantidad menor de datos que aquéllos que se requieren para tomar decisiones específicas sobre una sección a nivel de proyecto. Para reducir los costos de implementar un SAP, solamente se recolecta la cantidad mínima de datos requeridos, y sólo cuando sean necesitados.

La administración de pavimentos a nivel de proyecto básicamente consiste en los análisis y diseños de ingeniería que se requieren para desarrollar la estrategia más efectiva (de mayor factibilidad económica) de diseño, mantenimiento o rehabilitación para una sección específica de pavimento. Algunos se refieren a este proceso como análisis de proyecto o diseño de proyecto, en vez de gestión de pavimentos a nivel de proyecto (Referencia 14). Las secciones que necesitan trabajos de mantenimiento y rehabilitación (e incluso reconstrucción), serán seleccionadas para reparación por el SAP a nivel de red (y posiblemente también por algún sistema de gestión de seguridad vial). Las actividades de diseño de pavimentos nuevos (por ejemplo, de ampliaciones y vías nuevas) deben de provenir de algún sistema de administración de tránsito o de otros procesos establecidos para determinar esas necesidades específicas. Debido a la necesidad de evaluar la condición de los materiales ya en su lugar, el diseño de un trabajo de rehabilitación pudiera requerir más ingeniería que el diseño de un pavimento nuevo (en el que muchos de los parámetros se asumen o se obtienen mediante pruebas de laboratorio).

El tamaño del proyecto y la importancia de la vía para la agencia determinan la cantidad de tiempo y fondos a gastarse en la evaluación a nivel de proyecto. Los pavimentos sobre vías principales con alto tránsito deben sujetarse a una mejor evaluación que aquéllos sobre caminos o vías de bajo tránsito. Todos los conceptos y los procedimientos de evaluación descritos son válidos para cualquier calle o carretera, independientemente del volumen de tránsito. Lo único que varía es la cantidad de pruebas a realizar y el tiempo que se dedique para arribar a conclusiones.

## **2.3. Descripción de los Elementos a Nivel de Red.**

Esta sección trata principalmente de los elementos a nivel de red; en ella se proporciona una descripción breve de un SAP a nivel de red. Los elementos básicos de un SAP a nivel de red son (Referencias 13 y 15):

- Un inventario.
- Evaluación de la condición.
- Determinación de las necesidades de financiamiento.
- Identificación de proyectos candidatos a financiar.
- Un método para determinar el impacto o los efectos de las decisiones de financiamiento sobre las condiciones futuras y el financiamiento futuro.
- Un proceso de retroalimentación.

Obsérvese que en esta discusión, la identificación de proyectos candidatos para financiamiento se incluyen en el análisis a nivel de red. Como ya se indicó, este elemento de programación ha sido llamado por algunas agencias como nivel de proyecto, pero es una parte del proceso a nivel de red y será incluido en este documento dentro del análisis a nivel de red.

### **2.3.1. Inventario.**

El inventario de la red vial proporciona información sobre la cantidad de pavimentos que el administrador es responsable de gestionar, información sobre la ubicación de las secciones de pavimento e información básica relacionada con las secciones de pavimentos dentro de la red (Referencias 13 a 15). Es imposible administrar una red de pavimentos como una sola unidad; una tarea importante del proceso de implementación de un SAP es la división de la red en secciones o tramos a administrar. El inventario proporciona información básica sobre la ubicación y la conectividad de cada sección de gestión dentro de la red.

Se usan dos conceptos generales para dividir la red en secciones de gestión. En el primero, la red se divide en tramos de un largo uniforme (alrededor de media milla) y si se desea, los tramos pueden ser combinados para el análisis. En el segundo concepto, se definen secciones de gestión que serán tratadas por el administrador como unidades completas y a las cuales normalmente se les aplicará el mismo tratamiento de mantenimiento. Cualquiera de los dos conceptos pueden ser utilizados y ambos tienen ventajas y desventajas.

Los datos nunca deben ser recolectados con la filosofía de que "sería bueno tener los datos" o de que "algún día podrían ser útiles". Cada tipo de datos requiere de tiempo, esfuerzo y dinero para recolectarse, guardarse, extraerse y usarse. Cualquier dato sólo debe ser recopilado cuando ese elemento sea importante para tomar decisiones de mantenimiento y rehabilitación al nivel considerado (Referencia 13). Se pueden usar diferentes tipos de datos, cantidades y niveles de exactitud para los análisis a nivel de red y a nivel de proyecto. Cualquier información que no sea vital para tomar una decisión debe evitarse, sin embargo se debe conocer cierta información básica acerca de cada sección de administración. Los elementos que generalmente se requieren para cada sección de administración incluyen: identificación, ubicación, número de carriles de tránsito, clasificación funcional, área, tipo de superficie, niveles de tránsito y fecha en la cual la superficie existente fue construida. Adicionalmente, otros datos que pudieran ser útiles son: información sobre el drenaje, información de los carriles de estacionamiento e información sobre la geografía y el medio ambiente.

### **2.3.2. Evaluación de la Condición de los Pavimentos.**

La evaluación de la condición de un pavimento empieza con la recolección de datos para determinar el tipo, la cantidad, la severidad de los deterioros superficiales, la integridad estructural, la calidad de circulación y la resistencia al deslizamiento del pavimento. Los datos sobre la condición de los pavimentos son necesarios para la evaluación y determinación de las necesidades de trabajos de mantenimiento y rehabilitación; también se usan para pronosticar el comportamiento del pavimento, establecer las estrategias de mantenimiento y rehabilitación y para ayudar a optimizar el financiamiento disponible para esos trabajos.

La condición de los pavimentos normalmente se mide utilizando los factores siguientes (Referencias 13 y 14):

- **Deterioro Superficial.** Se refiere al daño o deterioro en la superficie del pavimento. Normalmente se realizan estudios para determinar el tipo, la severidad y la cantidad de los defectos superficiales. Esta información se usa con frecuencia para determinar un índice o calificación compuesta de condición superficial (CCCS), el cual sirve para calcular la tasa de deterioro y pronosticar la condición futura (Referencia 13). El deterioro superficial y los valores de CCCS actuales o futuros se utilizan para identificar el momento oportuno para realizar los trabajos de mantenimiento y rehabilitación, así como las necesidades monetarias requeridas en el proceso de la gestión de pavimentos. El nivel de defectos superficiales es la medida más común utilizada por el personal de mantenimiento para determinar el tipo y momento oportuno del mantenimiento requerido.
  
- **Capacidad Estructural.** Se refiere a la máxima carga y el máximo número de repeticiones que un pavimento puede soportar. Normalmente se realiza un análisis estructural para determinar la capacidad de carga actual y la capacidad necesaria para soportar el tránsito proyectado. Los ensayos de deflexión no-destructivos del pavimento son un método simple y confiable para realizar esta evaluación; sin embargo, también pueden utilizarse técnicas de muestreo mediante cilindros y taladros tubulares. La evaluación estructural del pavimento es importante en la selección de los tratamientos a nivel de proyecto.
  
- **Rugosidad (Calidad de Circulación).** Es una medida de la distorsión de la superficie del pavimento o un estimado de la habilidad de éste para proporcionar un viaje confortable a los usuarios. Se evalúa mediante una calificación que trata de representar la opinión de los usuarios sobre la calidad de circulación actual que el pavimento les proporciona (Calificación de Servicio Actual, CSA) o mediante algún índice correlacionado con esa opinión, como es el Índice Internacional de Rugosidad (IIR). La rugosidad del pavimento es considerada por el público como la medida más importante, especialmente en aquellos pavimentos con elevados límites de velocidades (por arriba de los 70 kilómetros por

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

hora). La rugosidad es considerada muy importante por las agencias de transporte estatales, pero por lo general no es tan importante para las agencias municipales debido a las bajas velocidades en estas jurisdicciones.

- **Resistencia al Derrapamiento.** Se refiere a la habilidad del pavimento de proporcionar la fricción suficiente para evitar los problemas de seguridad asociados con los derrapamientos o deslizamientos. La resistencia al deslizamiento es más importante para los pavimentos de las vías rápidas y generalmente se le considera como una medida separada de la condición; a menudo puede utilizarse por sí misma para determinar la necesidad de realizar algún tipo de trabajo correctivo.

Los cuatro factores anteriores de condición pueden ser utilizados para determinar la condición global del pavimento e identificar el tratamiento de mantenimiento y rehabilitación económicamente más efectivo. El grado de importancia de estos factores en términos del comportamiento del pavimento y de las necesidades de mantenimiento y rehabilitación varían; es obvio que cualquier tratamiento recomendado para corregir un problema de capacidad estructural puede remediar todas las deficiencias que pudieran estar presentes, incluyendo la rugosidad. Al mismo tiempo, cualquier tratamiento seleccionado para corregir la rugosidad puede ser usado para mejorar la resistencia al deslizamiento y corregir cualquier deterioro superficial.

Hay muchos métodos que pueden usarse para recolectar cualquiera de las cuatro medidas anteriores (Referencias 21 y 22). Cada método tiene ventajas y desventajas, pero en general, aquellos procedimientos que requieren menos esfuerzos y costos son los menos exactos. Aquellos que son más exactos también son más costosos y que toman más tiempo. La agencia de transporte debe considerar cuidadosamente el tipo y el nivel de decisiones que se tomarán a partir de las medidas obtenidas, junto con los recursos disponibles, para determinar el método que deba usar. En la mayoría de las agencias estatales de transporte, las medidas del deterioro y rugosidad se recolectan a nivel de red. En las agencias locales, las medidas del deterioro superficial son las que se usan con más frecuencia. Por lo general, la mayoría de las agencias usan métodos menos exactos para los análisis a nivel de red y utilizan medidas más detalladas para los análisis a

nivel de proyecto. Los datos son normalmente recolectados para definir la condición de cada sección individual de gestión identificada en el inventario.

La información recolectada sobre la condición se utiliza de varias maneras a lo largo del SAP (Referencias 14 y 21). Algunas agencias utilizan tipos específicos de deterioros superficiales a nivel de red; otras los combinan para determinar índices de la condición, tales como el índice o la calificación de servicio presente (CSA), la calificación compuesta de condición superficial (CCCS) o el índice de la condición del camino (ICC).

En los siguientes capítulos se indican las medidas consideradas en el ejemplo presentado en este trabajo, así como los métodos utilizados para obtenerlas. También se describe el uso específico que se da a ellas en la aplicación de SAP mostrada.

### **2.3.3. Determinación de las Necesidades de Financiamiento.**

Una vez que la red de pavimentos ha sido definida y que los datos de las condiciones han sido recolectados, la condición de las secciones individuales de gestión y la condición global de la red, sin ningún mantenimiento o rehabilitación, pueden ser determinados proyectando los deterioros individuales, la CSA, la CCCS, o alguna combinación de índices, a un tiempo futuro (Referencia 15). Las secciones pavimentadas de administración se seleccionan para mantenimiento y rehabilitación durante un período de análisis, si se cumple con un criterio de decisión establecido, el cual está normalmente basado en la condición, el tipo de superficie, la clasificación funcional y el tránsito (Referencia 15). Para trabajos de mantenimiento preventivo, se utiliza un programa cronológico en el cual la condición de la sección de pavimento se proyecta para bajar hasta un cierto valor mínimo de condición establecido. Cuando las secciones de pavimentos se identifican para trabajos de mantenimiento y rehabilitación, se usa una categoría de costo a nivel de red para el tipo de pavimento y condición de que se trate, para determinar las necesidades financieras de cada sección. Estas se suman para cada año del período de análisis para determinar las necesidades presupuestarias anuales.

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

El propósito de la planeación presupuestaria a nivel de red es asignar un costo de reparación a cada sección de pavimento que ha alcanzado los valores mínimos de condición seleccionados; es generalmente una categoría de costo en vez de un costo específico real. Los valores mínimos de condición y las categorías de costos asociados con cada uno de ellos, deben ser seleccionados basados en un análisis de los niveles de servicio más económicos que la agencia puede proporcionar al público con las restricciones existentes. Los tratamientos correspondientes a las distintas categorías de costos deben definirse con base en análisis de costos durante la vida útil, para proporcionar la mejor condición por la mínima cantidad de dinero. Sin embargo, como éstos solamente son tratamientos a nivel de red, sólo deben proveer un costo inicial suficientemente razonable que permita identificar las secciones candidatas y la cantidad de dinero que se necesita para obtener algún objetivo definido por la agencia. En la realidad, algunas secciones candidatas requerirán más dinero de lo estimado, mientras que otras requerirán menos. El análisis a nivel de proyecto se usa para ajustar los tratamientos, porque requiere de una observación más detallada de las secciones para determinar la medida económicamente más eficiente para la sección específica de pavimento.

Los procedimientos de asignación que relacionan la condición del pavimento con la categoría de costos, generalmente usan una categoría de costo para cada nivel de condición. Los programas de SAP que utilizan técnicas completas de optimización pueden considerar muchos tratamientos específicos para cada nivel de condición; sin embargo, estos tratamientos generalmente no deben ser aplicados o usados para determinar el presupuesto para una sección de gestión, hasta que un análisis más completo sea desarrollado a nivel de proyecto, a no ser que existan datos completos a nivel de red para asignar los tratamientos.

### **2.3.4. Priorización de Secciones Candidatas.**

Una vez que la agencia identifica las secciones de pavimento que necesitan de acciones de mantenimiento o rehabilitación y determina los fondos necesarios para mantener la red de pavimentos en la condición deseada, la agencia debe priorizarlas y asignar los fondos monetarios correspondientes (Referencia 14). En la mayoría de los casos, la cantidad de fondos disponibles es menor que la que necesita para completar todas



las reparaciones identificadas; aún cuando existen suficientes fondos, generalmente deben ser distribuidos a través de varios años para igualar la cantidad de trabajo con el personal disponible. El objetivo de priorizar es obtener la mejor condición posible en la red de pavimentos, dados los fondos a gastar.

Para esta priorización puede usarse un procedimiento sencillo basado en hacer un "ranking"; sin embargo, este tipo de procedimiento está limitado por el número de factores que pueden ser considerados (Referencia 15). Los procedimientos de "ranking" generalmente asignan las prioridades más altas a aquellas secciones en la peores condiciones, sin considerar la utilidad de los fondos a gastarse. Como se ilustró en la Figura 2.1, la efectividad económica de los distintos tratamientos de mantenimiento y rehabilitación cambia en función de la condición, así como con el tipo de pavimento, el nivel de tránsito, etc. Estos métodos de asignar un "ranking" son los menos efectivos, pero también son los más sencillos de aplicar.

Frecuentemente, los métodos de "ranking" que se usan son aquéllos que se basan en la condición del pavimento, el costo a través del tiempo y la importancia del camino, en términos sencillos que puedan ser fácilmente entendidos, apoyados y explicados a los funcionarios públicos. También se han usado técnicas de optimización anual que maximizan los beneficios dado el nivel de financiamiento.

Existe un número de "herramientas de optimización" que están disponibles para determinar la "asignación óptima" de los fondos monetarios (Referencias 15, 23 y 24). Entre éstas se incluyen la programación lineal, la programación de números enteros, el análisis de decisión de Markov y la programación dinámica. Hay muchos factores que han impedido el uso verdadero de las herramientas de optimización en la administración de pavimentos. Primero, muchos de los empleados de las agencias se oponen al uso de éstas porque las técnicas que usan son complejas y dan respuestas que ellos no pueden entender rápidamente o explicar.

La mayoría de las decisiones a nivel de red se toman con base en una cantidad mínima de datos. Los métodos de "ranking" proporcionan soluciones razonablemente buenas y los métodos de optimización seleccionan las mejores; sin embargo, la información de salida proveniente de los métodos de "ranking" o de optimización a nivel de red, no se usa

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

directamente. Ella proporciona una lista de secciones candidatas de gestión y de categorías de costos de los tratamientos para el financiamiento disponible. Se requiere un análisis a nivel de proyecto para seleccionar el mejor trabajo a realizar para una sección específica de pavimento. Secciones adicionales de pavimento se añaden a la lista de secciones candidatas o se mueven a lo largo de los años debido a la proximidad geográfica y a la similaridad de los tratamientos, para aumentar las economías de escala durante la construcción.

### **2.3.5. Determinación de los Efectos o Impactos de las Decisiones Presupuestarias.**

El objetivo de las agencias gubernamentales es proporcionar el máximo beneficio social, utilizando los fondos públicos. Sin embargo, el presupuesto es generalmente asignado por funcionarios que han sido elegidos, y quienes se someterán a reelección en el corto plazo. Estos funcionarios frecuentemente están más interesados en financiar soluciones a corto plazo, e un costo inicial menor, que soluciones a largo plazo y con costo inicial mayor, a pesar que se les muestre que las soluciones a largo plazo son más eficientes económicamente. Generalmente se requiere una cantidad considerable de justificaciones para lograr que se acepten soluciones a largo plazo. Una de las mejores maneras para justificar las peticiones de presupuestos es enseñar el impacto de distintas alternativas de financiamiento, en la salud de la red vial, en la acumulación de necesidades y en las necesidades futuras de financiamiento.

La integridad de la red de pavimentos se puede mostrar proyectando la condición promedio de los pavimentos de la red a lo largo de algún período de análisis razonable, en función de los niveles de financiamiento y las varias estrategias de financiamiento. Sin embargo, muchas de las personas que asignan los presupuestos, frecuentemente no entienden el significado de los cambios de la condición; generalmente ellos piensan en términos financieros. Muchas veces es mejor describir la calidad del servicio actual que se está proporcionando y discutir cómo el nivel de financiamiento aumentará o disminuirá esa condición; por ejemplo, se podría explicar cómo el porcentaje de materiales en condición pobre cambiará de un 5 a un 10% en los siguientes 5 años con el nivel de financiamiento actual, pero pudiera mantenerse constante a lo largo del mismo período con un aumento de un

7% en el presupuesto. También para algunas agencias gubernamentales es importante discutir la vida útil de la red existente y los cambios de la vida útil en función de las diferentes estrategias de financiamiento.

### **2.3.6. Sistemas de Retro-Alimentación.**

Muchos de los sistemas de gestión de pavimentos que actualmente se usan, fueron implementados utilizando técnicas de proyección, procesos de asignación y costos basados en información limitada. Para que un sistema sea completamente adoptado y usado, debe demostrarse que es confiable. Los procesos de retro-alimentación proporcionan información sobre la confiabilidad de los estimados pasados e información para mejorar los estimados futuros (Referencia: 13). Estos procesos de retro-alimentación no son elementos del SAP, sino que consisten en un proceso manual por el cual el personal responsable en operar el SAP actualiza los algoritmos, los procesos de asignación y los costos, en una forma periódica.

## **2.4. Descripción de los Elementos a Nivel de Proyecto.**

Esta discusión se proporciona para ayudar a distinguir entre las actividades de gestión a nivel de proyecto y a nivel de red. La mayoría del personal de ingeniería y de obras públicas tienen más experiencia en las actividades a nivel de proyecto que en una gestión a nivel de red. La materia de esta sección puede enseñar cómo los dos niveles se deben de interrelacionar para desarrollar buenas prácticas de administración. Los elementos de la administración a nivel de red deben de identificar proyectos candidatos para los trabajos programados de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción. Los funcionarios de obras públicas desarrollarían una lista final que entonces se sometería a un análisis a nivel de proyecto.

La gestión de pavimentos a nivel de proyecto es el proceso de análisis y diseño para determinar los tipos y espesores de las capas de materiales que se necesitan para una estructura de pavimento para servir al público (Referencia 14). A pesar de que se pueden usar programas de computadora para diseñar el espesor de las capas de los materiales

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

específicos y para realizar análisis económicos, la mayoría de los procesos deben ser completados fuera de los programas. Un proceso completo requiere una cantidad considerable de muestreo y pruebas de materiales que tienen lugar tanto en el sitio como en laboratorios.

La gestión de pavimentos a nivel de proyecto generalmente considera diseños de pavimentos nuevos, así como trabajos programados de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción que requieren algún nivel de diseño. Las necesidades de diseños nuevos pueden ser generadas por un proceso de gestión de tránsito o por otros procesos. Las necesidades de rehabilitación, reconstrucción y mantenimiento pueden ser generadas desde un SAP o desde un proceso de gestión de seguridad vial. Generalmente, el desarrollo y diseño de los trabajos de mantenimiento es realizado por un grupo dentro de obras públicas distinto al que hace el diseño de construcciones nuevas y rehabilitaciones. El propósito de la gestión a nivel de proyecto es determinar la alternativa de diseño o tratamiento económicamente más eficiente, para una sección de pavimento que ha sido seleccionada para ser mejorada. La alternativa seleccionada debe ser diseñada y construida considerando los límites en los niveles de financiamiento y debe de cumplir con otras restricciones aplicables.

### **2.4.1. Diseños Nuevos.**

El propósito de un pavimento es proporcionar al público una superficie de rodaje que sea económica, segura y confortable. A pesar de que los pavimentos son generalmente considerados como uno de los tipos más simples de estructuras diseñadas por ingenieros, su diseño es bastante complejo. La mayoría de los pavimentos están hechos con capas de materiales; eventualmente todas las cargas son transmitidas al suelo o terreno natural. Los materiales más fuertes están generalmente ubicados cerca de la superficie para poder resistir las cargas de tránsito, estática y dinámicamente. Cada capa sucesiva distribuye la carga sobre un área más grande. Las capas más fuertes proporcionan una distribución mayor, lo cual hace que las cargas sean distribuidas sobre una área más grande que la que se tendría con el mismo espesor de un material más débil. Esta distribución reduce las deflexiones unitarias y los esfuerzos de compresión verticales en las capas subsecuentes inducidos por las cargas. Estos esfuerzos y deflexiones, si llegan a ser excesivos, pueden causar

deflexiones permanentes en la estructura del pavimento causando hundimientos o deformaciones. Los materiales también deben tener la estabilidad adecuada para resistir las fuerzas cortantes producidas por las cargas de las ruedas, sin que exhiban además cualquier otro tipo de deformaciones. Los materiales deben tener la capacidad de resistir las cargas del tránsito sin que desarrollen deflexiones unitarias de tensión excesivas en las capas confinadas, las cuales suelen causar agrietamientos tipo "piel de cocodrilo".

Tanto el espesor como la rigidez de las capas afectan la distribución de las cargas y la resistencia a la fatiga de las capas del pavimento. Estas propiedades son generalmente consideradas en el proceso del diseño del pavimento en la caracterización de los materiales. La estabilidad de los materiales para resistir las deformaciones generalmente no se considera en forma directa en el diseño del pavimento porque la mayoría de los procedimientos de diseño asumen que las especificaciones de los materiales controlan adecuadamente este factor.

Muchos de los pavimentos actuales nunca fueron diseñados. Muchos de ellos fueron construidos utilizando espesores uniformes que fueron seleccionados con base en la experiencia. Algunas agencias tienen catálogos o una lista con dos o tres tipos de diseño, a partir de la cual se seleccionan la composición del pavimento y el espesor de las capas. Evidentemente estos métodos no consideran todos los factores principales que afectan el comportamiento del pavimento, y por lo general, ocasionan la utilización ineficiente de los fondos públicos destinados a construcción de pavimentos, rehabilitación y mantenimiento. La experiencia adquirida en el diseño de pavimentos pasados se pierde cuando el ingeniero encargado del diseño se va de la agencia. Asimismo, aún cuando se cuenta con la presencia de un ingeniero con experiencia, las experiencias del pasado pueden no ser aplicables a los programas actuales. El aumento en los límites de carga en los caminos, la frecuencia de las cargas, la presión y el tipo de las llantas tienen un efecto combinado que causan circunstancias que los ingenieros con experiencia nunca habían tratado previamente. Un procedimiento racional de diseño obliga al diseñador a considerar cada uno de los factores físicos que afectan el comportamiento. Este proceso conduce a realizar diseños mejores en relación con los diseños uniformes que no consideran la importancia de todas las variables de diseño (aún cuando el valor de muchas de ellas sea asumido).

Existen muchos procedimientos para diseñar pavimentos que las agencias locales pueden utilizar (Referencias 25 a 29). En los Estados Unidos (EUA), algunos de los departamentos estatales de transporte publican sus procedimientos propios para uso de las agencias locales. Todos los procedimientos de diseño deben considerar muchos factores básicos que se sabe afectan el comportamiento de los pavimentos. Estos incluyen:

- El apoyo proporcionado por el suelo in situ (subrasante).
- Las cargas de tránsito esperadas (primordialmente de camiones y otros vehículos pesados).
- Factores ambientales (principalmente el impacto de los cambios en los niveles de humedad y de los ciclos de hielo y deshielo).
- El drenaje.
- Los materiales disponibles.
- La capacitación o habilidades de las fuerzas laborales de construcción.
- Costos.

#### **2.4.2. Desarrollo de los Tratamientos de Mantenimiento, Rehabilitación y Reconstrucción.**

Al igual que la construcción inicial de un pavimento, los trabajos de rehabilitación y reconstrucción son actividades costosas. Se necesita un análisis del pavimento existente para determinar las causas del deterioro y poder seleccionar el tratamiento económicamente más eficiente, que corrija el problema que creó la necesidad de reparación, en vez de tratar simplemente de remediarse los síntomas del problema (en otras palabras, atacar el problema por sus causas y no sólo por sus efectos). Esto puede ser planeado como una serie de pasos para determinar las causas del deterioro e identificar las restricciones relevantes. Las respuestas a un conjunto de preguntas pueden utilizarse para identificar los tratamientos

factibles. Una evaluación a base de preguntas y respuestas a nivel de proyecto, debe incluir las siguientes preguntas (Referencia 25):

1. ¿Es el pavimento estructuralmente adecuado para el tránsito futuro?
2. ¿Es el pavimento funcionalmente adecuado?
3. ¿Es la tasa de deterioro anormal?
4. ¿Son los materiales del pavimento durables?
5. ¿Es el drenaje adecuado?
6. ¿Han sido inadecuados los trabajos previos de mantenimiento?
7. ¿Varía la condición substancialmente a lo largo del tramo (sección) o entre los carriles?
8. ¿Requiere el medio ambiente de una consideración especial?
9. ¿Cuáles son las opciones disponibles para el control del tránsito?
10. ¿Cuáles son los factores geométricos que afectarán al diseño?
11. ¿Cuál es la condición de los acotamientos?

Las preguntas 1 a 6 esencialmente tratan la causa del deterioro. Muchas veces la respuesta a la pregunta 1 puede ser contestada realizando un diseño de reencarpetado; si el análisis indica que no se necesita el reencarpetado, el pavimento puede ser considerado estructuralmente adecuado. La pregunta 7 ayuda a determinar si se debe realizar un cambio en el tratamiento a lo largo de la sección analizada. Las preguntas 8 a 11 identifican las restricciones especiales que deben ser consideradas.

Una de las dificultades asociadas con este proceso es decidir cuáles y cuántos datos deben ser recolectados. Es difícil saber cuántos datos son necesarios hasta que algún otro tipo de información esté disponible. Se recomienda una serie de pasos para la recolección de datos a nivel de proyecto, incluyendo:



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE**

**EXPOSITOR: ING. ABRAHAM RAMÍREZ SABAG  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**



# INTRODUCCION A LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Por: Ing. Abraham Ramírez Sabag (\*)

- 1.- Introducción.
- 2.- Los sistemas inteligentes de transporte.
  - 2.1.- Definición.
  - 2.2.- Principales áreas de aplicación.
  - 2.3.- Algunas experiencias en su diseño y operación en el mundo.
  - 2.4.- Ejemplos de soluciones computacionales a problemas viales.
- 3.- Los sistemas inteligentes de transporte y la operación de las autopistas urbanas
- 4.- Los sistemas inteligentes de transporte y los sistemas de posicionamiento global.
- 5.- Conclusiones.

(\*) Investigador del Instituto Mexicano del Transporte.

Tel: (5) 688-97-47 Ext. 28

(5) 688-97-52 Ext. 28

Correo Electrónico: [Abraham.Ramirez@imt.mx](mailto:Abraham.Ramirez@imt.mx)

# INTRODUCCION A LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

## 1.- INTRODUCCION.

En los años recientes se ha hablado mucho del diseño e implantación de Sistemas Inteligentes de Transporte, como solución a los problemas de vialidad y congestionamiento vehicular que se observan tanto en autopistas y carreteras como en zonas urbanas. Sin embargo, las principales características de estos sistemas, por una parte son desconocidas por la mayoría de la población, mientras que por otra, el personal profesional del sector transporte, aun cuando conoce de ellos, en ocasiones ignora sus principales beneficios y suele interpretar un concepto equivocado de los mismos.

Es por ello que, para evitar lo anterior, el presente documento tiene como objetivo principal introducir al lector en el conocimiento del concepto de los **Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)**, de sus características principales, de las experiencias que de ellos se tiene en el mundo y de la factibilidad de su implantación en México, considerando desde luego las experiencias de otros países, pero sin perder de vista que el nuestro es un país único, dadas sus características físicas, sociales, económicas y culturales, por lo que como tal debe buscar las soluciones a sus propios problemas, incluido el del transporte.

No se pretende incluir un estudio exhaustivo, sino solamente introducir al lector en el tema de los Sistemas Inteligentes de Transporte, con el propósito de despertar su interés y dejar abierta la opción, para que los interesados puedan participar en cursos completos y realicen consultas bibliográficas detalladas sobre este tema.

## 2.- LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE.

## 2.1.- Definición.

Se contemplan los Sistemas Inteligentes de Transporte (*ITS Intelligent Transportation Systems*), como aquellos sistemas que integran la aplicación de sensores avanzados, computadoras, tecnología de comunicaciones y estrategias administrativas para proporcionar información a los usuarios y de los usuarios, para incrementar la vialidad, seguridad y eficiencia de los sistemas de transporte terrestre.

Tienen como función principal proporcionar la información correcta, en el lugar correcto, a las personas correctas y en la hora correcta, sobre la situación que guarda la vialidad de las autopistas y otras vías de comunicación terrestre.

## 2.2.- Principales áreas de aplicación.

Las aplicaciones de los *ITS* son tan variadas, que se han clasificado en las siguientes áreas de aplicación:

Administración multimodal e información de los usuarios.

- Información regional de los usuarios.
- Administración de autopistas.
- Control de señales de tráfico.
- Administración de tránsito.
- Pago electrónico de peaje en autopistas.
- Pago electrónico de pasajes.
- Administración de incidentes.
- Administración de servicios de emergencia.
- Seguridad en intersecciones carretera-ferrocarril.

Operación de vehículos comerciales.

- Despacho electrónico de vehículos comerciales.
- Monitoreo de seguridad a bordo.
- Proceso administrativo de vehículos comerciales.
- Respuesta a incidentes de materiales peligrosos.
- Administración de mercancías.

- Aplicaciones en cruces de puertos fronterizos.

Control avanzado de vehiculos y sistemas de seguridad.

- Sistema para evitar colisiones en la parte posterior.
- Control inteligente de crucero.
- Sistema para evitar colisiones en carreteras.
- Sistema para prevenir colisiones al cambiar de carril o en la unión de ellos.
- Sistema de carretera automatizado.

## 2.3.- Algunas experiencias en su diseño y operación en el mundo.

### 2.3.1.- En los Estados Unidos:

Corredor *Advantage I-75* (de Miami a Toronto).

Condado de Montgomery, Maryland.

Ciudad de Atlanta, Georgia.

Iniciativas modelo para la implantación de ITS:

Nueva York, Nueva Jersey y Connecticut (*TRANSCOM*).

Phoenix, Arizona (*Az Tech*)

San Antonio, Texas (*Transguide*).

Seattle, Washington (*Time Saver*).

En el estado de Texas:

San Antonio (*Transguide*).

Houston (*Trans Star*).

Dallas Fort-Worth (*Trans Vision*).

Proximamente una versión resumida de *Transguide* en:

Laredo.

Mc Allen.

### El caso de San Antonio, Texas.

La ciudad de San Antonio, con casi dos millones de habitantes y alrededor de 800,000 vehículos automotores, ofrece uno de los sistemas viales más modernos en el mundo. Se denomina *Transguide*, presenta las características de los llamados sistemas

inteligentes de transporte (*ITS Intelligent Transportation Systems*) y es utilizado como el medio ideal para proporcionar información a los usuarios y de los usuarios para incrementar la vialidad, la seguridad y eficiencia de los sistemas de transporte terrestre en la ciudad.

*Transguide* opera como un sistema de información que permite incluso consultar a cualquier hora del día mediante *Internet*, las condiciones ambientales y de vialidad que ofrecen los sistemas de autopistas que lo componen.

### 2.3.2.- España (Madrid y Granada).

**Madrid.-** Con el auxilio de un sofisticado sistema de cómputo, se ha logrado la solución al problema de vialidad a lo largo de 17 km en una de las arterias más importantes de Madrid. La solución se basa en orientar dos carriles de circulación central en uno u otro sentido en función de la hora del día. Ello se logra mediante el funcionamiento electromecánico de mecanismos que regulan el acceso y de señales luminosas en la parte superior que se encienden o apagan dirigiendo el sentido de la circulación. Solamente se dispone de tres entradas o salidas a lo largo de los 17 km; estos carriles son de circulación restringida (para automóviles con más de una persona y autobuses escolares y de pasajeros); su flujo vehicular es monitoreado mediante cámaras y pantallas de video. Los habitantes consideran este sistema como la mejor solución al problema de vialidad.

2.3.3.- En otros países.- Adicionalmente a los ejemplos mostrados, en el mundo existen varios países que han encontrado, muchas veces mediante el desarrollo de su propia tecnología, diversas aplicaciones de los *ITS*, siendo este el caso de Japón, Inglaterra, Francia y Canadá.

### 2.4.- Ejemplos de soluciones computacionales a problemas viales..

**Granada.-** Es una pintoresca población española de 200,000 habitantes que es cruzada por algunas carreteras, con calles angostas, que es visitada por muchos turistas que representan una gran población flotante; el problema de vialidad se ha resuelto parcialmente al cerrar algunas calles al tránsito de automotores y convertir la zona

céntrica en peatonal; ello mediante la construcción de un anillo circular o periférico y utilizando semáforos computarizados para agilizar el tránsito en horas pico e imponiendo la prohibición de estacionarse en lugares céntricos.

#### **Suiza (Basel) y Holanda (Houten).**

En Basel, Suiza y Houten, Holanda, se han adaptado soluciones interesantes. Se ha concientizado a la población en el uso generalizado de la bicicleta como medio ordinario de transporte, las grandes distancias se recorren en tren, el que es abordado por el usuario acompañado de su bicicleta (los trenes disponen de aditamentos para transportarlas sin que estorben a los pasajeros), permitiendo que al bajar del tren se continúe en bicicleta hasta el lugar de destino. A los niños y adolescentes se les enseña desde los primeros años escolares sobre la necesidad del uso de bicicletas, y los centros comerciales tienen estacionamientos y facilidades para dejarlas durante el tiempo en que se realizan las compras. Aunque el uso de bicicletas es generalizado, se complementa con otros medios de transporte.

Se estima que en general no se recorren más de 2.5 km diarios en bicicleta. Estas ciudades desde su diseño, reflejan una vialidad que obliga a los medios de transporte a funcionar en la forma señalada, puesto que ni siquiera existen calles ni avenidas para vehículos automotores en algunas zonas.

### **3.-LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE Y LA OPERACION DE LAS AUTOPISTAS URBANAS.**

Aunque los ITS encuentran sus principales aplicaciones como elementos de solución a la problemática que presentan las autopistas urbanas (debido a la carga vehicular adicional que representan algunos viajes locales), también han encontrado en el mundo aplicaciones a lo largo de autopistas suburbanas que recorren grandes distancias, como en caso de la autopista I-75 que une la ciudad de Miami, en el Sureste de los Estados Unidos, con Toronto en Canadá.

Por la tecnología que manejan, las autopistas para las que se pretende incorporar los *ITS*, deben presentar características que permitan hacerlo, o bien, que mediante modificaciones e inversiones mínimas lo hagan posible.

Como los *ITS* realizan diversas funciones y encuentran múltiples aplicaciones (Capítulo 2.2), es deseable que las autopistas que los incorporen dispongan al menos de la siguiente infraestructura: accesos controlados, varios carriles de circulación en un solo sentido, que los carriles sean lo suficientemente anchos para permitir la circulación de vehículos grandes y pesados, que las intersecciones sean a desnivel y que la circulación vehicular no llegue al grado extremo de la saturación.

Con el objeto de proporcionar un mejor servicio a los usuarios de las autopistas mexicanas, se utiliza ya el denominado sistema *IAVE* (Identificación Automática de Vehículos), para el pago de los servicios de uso de los caminos de cuota, sistema que aun cuando no ha proporcionado los resultados deseados (debido principalmente al poco aforo vehicular, representa un claro ejemplo de lo que nuestro país puede hacer al respecto. Este servicio, utilizado casi exclusivamente por los autobuses de pasajeros, permite pasar por las plazas de cobro sin siquiera detener el vehículo, lo que representa un ahorro de tiempo, en ocasiones muy valioso como cuando se presentan largas filas para pagar en efectivo.

Aunque es deseable y de hecho se estudia la implantación de Sistemas Inteligentes de Transporte en la ciudad de México, hay otras regiones del país para las que también se considera factible su desarrollo e implantación. Veamos a continuación el caso de la ciudad de Querétaro.

La ciudad de Santiago de Querétaro, localizada a 220 km al norte de la ciudad de México, es paso obligado hacia la mayor parte del país, radicando en ello su principal importancia. Conforme al censo poblacional de 1990, el estado de Querétaro contaba con 1,044,000 habitantes, de los que 600,000 vivían en la ciudad del mismo nombre. El padrón vehicular de ese año refleja 90,475 automotores, de los que aproximadamente 7

70,000 se encuentran registrados en la ciudad de Querétaro, 11,000 en San Juan del Río y los demás en otros lugares.

La importancia de la red ferroviaria de la región, radica en que representa el enlace entre la Ciudad de México y el norte, occidente y noroeste del país. Por este medio se transporta una gran cantidad de productos que se comercializan a nivel nacional e internacional. Por la región cruzan tres de las principales líneas férreas: la México-Nuevo Laredo, con 1299 km, la México-Ciudad Juárez con 1950 km y la México-Nogales con 2350 km de longitud.

La red carretera de la región se configura radialmente, con centro en la propia ciudad de Querétaro; los ejes carreteros principales son: el tramo Querétaro-San Luis Potosí que comunica hacia el Norte del país y a la principal entrada terrestre a los Estados Unidos (Nuevo Laredo); al Sur con la autopista México-Querétaro, cuya importancia e influencia es obvia; y el tramo Querétaro-Celaya que comunica hacia Guadalajara y la región occidental hasta la frontera noroeste, pero cuyo flujo vehicular ha disminuido a raíz de la inauguración de la autopista México-Guadalajara, que pasa por la ciudad de Toluca. Cabe señalar que todos los tramos referidos forman parte de los principales ejes carreteros nacionales.

La extensión de la red carretera en el estado en 1990, se constituía por 2375 km. De éstos, 461 (19.6%) representan carreteras federales troncales (58 km de cuota y 403 km libres); además, 37.5 km (1.6%) corresponden al libramiento nororiental, que es autopista concesionada de cuota. De los 461 km, 270 (58.6%) son carreteras de 2 carriles, 141 (30.6%) de 4 carriles y 50 km (10.8%) de seis carriles.

Fuera de la influencia del tránsito urbano generado por la propia ciudad de Querétaro, ocupa el primer sitio la carretera México-Querétaro, con flujos de 27,000 vehículos diarios (datos a 1990), seguida en importancia por la autopista Querétaro-Celaya y la carretera libre Querétaro-San Luis Potosí, con 14,000 y 13,000 vehículos diarios respectivamente, y por la carretera libre Querétaro-Celaya con 4900 vehículos por día.



Se han observado en los tramos anteriores velocidades medias de entre 100 y 120 km/h para automóviles; ello como consecuencia del comportamiento diferente de los conductores, del flujo y de la densidad vehiculares respectivamente. Los caminos estatales han presentado promedios de 80 km/h en el tramo San Juan del Río-Tequisquiapan y de 75 km/h en la carretera Querétaro-Chichimequillas, habiéndose observado velocidades extremas de 30 y 130 km/h.

No se presentan cambios significativos a lo largo de la semana en las principales carreteras de la región. Hay caminos en los que durante los fines de semana el tránsito disminuye entre 10 y 15%, como en el caso de Querétaro-Chichimequillas y Querétaro-Los Cués (lugar que alberga las instalaciones del Instituto Mexicano del Transporte). Por el contrario, las carreteras hacia los destinos turísticos, ven incrementada su demanda en un 25% durante los fines de semana, como en el caso de la carretera San Juan del Río-Tequisquiapan.

La vialidad en la zona urbana de la ciudad de Querétaro es tal, que no se ve afectado el tránsito local por los vehículos que utilizan las carreteras. El camino desde México prosigue en forma continua hacia Celaya por uno de los lados de un circuito con forma romboidal, cuyo vértice opuesto corresponde a la salida hacia San Luis Potosí. La infraestructura de este circuito permite la circulación continua por ambos lados del rombo, en cuyo interior se localiza prácticamente toda la zona urbana y es accesible desde cualquier punto de la misma, por lo que representa un beneficio adicional para sus pobladores al poder utilizar parte de estos tramos en sus viajes ciudadanos. Una moderna terminal de autobuses localizada en la entrada sur de la ciudad sobre la carretera evita también un problema potencial de vialidad.

En general, puede considerarse que esta ciudad no presenta problemas serios de vialidad comparada con otras ciudades medias, aun cuando pudiera haber pequeños detalles y situaciones factibles de mejorar en el futuro. Se considera que las carreteras que cruzan la ciudad de Querétaro, presentan características que las hacen factibles de ser transformadas en el futuro en *autopistas inteligentes*.

#### **4.- LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE Y LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL.**

Utilizados en la aviación desde hace algunas décadas, los sistemas de posicionamiento global (*GPS*) cobran auge en el mundo durante los últimos años. Actualmente se empiezan a utilizar modesta y discretamente en México, donde se espera alcancen su pleno desarrollo en el futuro inmediato.

Mediante un pequeño dispositivo que puede ser colocado en el techo de un autobús vehículo automotor, es posible enviar y recibir la señal de un sistema de satélites, la cual proporciona permanentemente al operador la posición física de su vehículo (latitud, longitud y altitud). Adicionalmente, desde una central puede rastrearse la ubicación de todos los autobuses que integran una flotilla, proporcionando información sobre la posición que ocupa cada uno de ellos en cualquier parte del mundo, con un grado de precisión tal, que permite ubicar su posición hasta dentro de un metro cuadrado de superficie.

Estos sistemas generalmente son utilizados por razones de seguridad (para evitar el desvío de las rutas originales) y para la asignación de salidas de autobuses locales y foráneos.

Los *GPS* y los *ITS* se relacionan directamente y se complementan para obtener un mejor beneficio, aun cuando pueden funcionar por separado, por las razones comentadas en el Capítulo 2.2, relacionado con las principales áreas de aplicación, particularmente en lo referente a la operación de vehículos comerciales y al control avanzado de vehículos y sistemas de seguridad.

#### **5.- CONCLUSIONES.**

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (*ITS*), cuyo pleno desarrollo se espera durante la primer década del siglo XXI, combinan características tecnológicas de Informática, comunicaciones e infraestructura del transporte, con el propósito de mejorar la vialidad, seguridad y eficiencia de las vías terrestres de comunicación.

Los *ITS* encuentran sus principales aplicaciones en la administración multimodal y de servicios de información a los usuarios; en la operación de vehículos comerciales y de flotillas; y en el control avanzado de los vehículos automotores incluyendo algunos sistemas de seguridad.

Hasta esta fecha los *ITS* son una realidad en las autopistas de países como los Estados Unidos, Canadá, Japón, España, Francia e Inglaterra e inician operaciones en México, mediante el uso del sistema *IAVE* para el pago de tarifas en caminos de cuota.

Los sistemas de posicionamiento global ya se utilizan en México, aunque se espera su pleno desarrollo y uso generalizado durante los próximos años.

El principal problema para utilizar en México los *ITS* no es de tipo tecnológico, sino de financiamiento (dado que la tecnología es muy costosa) y de modernización de la infraestructura vial disponible.

#### **BIBLIOGRAFIA.**

- 1.- Estudio del sistema de transporte de la región Querétaro, Qro.; González J. Hugo y Mayoral G. Emilio; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica No. 27; Querétaro, México; 1991.
- 2.- Los sistemas de información geográfica y el transporte; García O. Gabriela y Backoff P. Miguel A.; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica No. 32; Querétaro, México; 1992.
- 3.- Nuevas tecnologías del transporte; De Buen R. Oscar; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica No. 47; Querétaro, México; 1994.
- 4.- Control de tráfico por medio de sistemas inteligentes de transporte en la autopista de cuota México-Puebla; González S. Victor H., tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería opción Transporte, en la Facultad de Ingeniería, UNAM; México, 1999.

5.- **Informática y Transporte**, *Ramírez S. Abraham*, ponencia presentada a estudiantes y maestros de la Especialidad en Vías Terrestres, en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Morelia, Michoacán, México, 1998.

**Videocintas:**

1.- **Transguide consumer video**; Texas Department of Transportation, San Antonio District, Texas, USA; 1996.

2.- **Building mobility, controlling transportation by planning urban space**; Ministry of Transport, Public Works and Water Management; Rotterdam, The Netherlands; 1995.

## CURRICULUM VITAE RESUMIDO

### **ING. ABRAHAM RAMIREZ SABAG.**

Ingeniero Civil titulado, egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en 1978.

#### **EXPERIENCIA PROFESIONAL:**

**Analista de Sistemas** en la Dirección General de Ingeniería de Sistemas, de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) de 1978 a 1981.

**Jefe del Departamento de Sistemas de Apoyo a la Planeación** en la Dir. Gral. de Ingeniería de Sistemas, de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, de 1981 a 1982.

**Jefe del Departamento de Sistemas de Desarrollo Urbano y Vivienda** en la Dir. Gral. de Organización y Sistemas, de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) de 1983 a 1987.

**Subdirector de Procesamiento de Datos y Computación Aplicada** en la Dir. Gral. de Recursos Financieros de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de 1987 a 1989.

**Especialista de Sistemas** en el Multibanco Mercantil de México, de 1989 a 1992.

**Jefe del Departamento de Aplicaciones Técnicas** de la Coordinación de Informática, en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de 1994 a 1996.

**Investigador** del Instituto Mexicano del Transporte, de 1996 a la fecha.

#### **EXPERIENCIA ACADÉMICA:**

Profesor de **Ingeniería de Sistemas I**, de 1979 a 1984 en la División de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Profesor desde abril de 1979 a marzo de 1999, habiendo impartido diversas asignaturas a nivel licenciatura sobre **Informática, Proceso de Datos, Matemáticas y Estadística**, en la Universidad Iberoamericana, Universidad La Salle, Universidad Latinoamericana, Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Xochimilco) y Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM.

Profesor de **Informática Aplicada**, de agosto de 1999 a la fecha, en la *Especialización en Puentes*, en la Escuela Profesional de Estudios profesionales Aragón, UNAM.

Expositor de los cursos *Informática para Ejecutivos* en la División de Educación Continua de la Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM y *Planeación del Transporte en México*, en la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM; esta última dirigida a un grupo de profesores y alumnos de posgrado en Vías Terrestres de la Universidad de Cauca, en Popayán, Colombia, durante su visita a México en 1997 y 1998.

Impartición de varios cursos sobre Informática a personal de las Secretarías de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, de Desarrollo Urbano y Ecología, y de Comunicaciones y Transportes.

## **ACTIVIDADES DIVERSAS**

Representante de la División de Ingeniería Civil en la **Unidad de Planeación** de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, de 1979 a 1984.

Representante del **Instituto Mexicano del Transporte** en el Grupo Intersectorial de Capacitación y Educación Vial.

Publicaciones diversas en revistas técnicas relacionadas con la Informática y el Transporte.

Asesoría de tesis profesionales de licenciatura y posgrado, de varias universidades del país relacionadas con el transporte.

Presentación de varias ponencias en foros nacionales en la Ciudad de México, en Centros estatales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y en universidades del interior del país, sobre **Informática, Transporte, Medio Ambiente y Planeación**, algunas de ellas dirigidas a estudiantes y maestros de estudios de posgrado relacionados con los Sistemas de Transporte.

Administración y control del presupuesto anual asignado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, como apoyo económico a becarios, para la realización de estudios de posgrado sobre transporte en universidades del país y del extranjero.

Apoyo a la revisión técnica y gramatical de las publicaciones editadas por el Instituto Mexicano del Transporte.

## **PROYECTOS DESARROLLADOS PARA EL INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE:**

- Desarrollo conceptual de un sistema de información sobre accidentes viales.
- Informática Aplicada a las Vías Terrestres.
- Informática y Transporte.
- Resumen sobre planeación de los sistemas de transporte y su importancia.
- Participación de los puertos mexicanos en los sistemas de transporte nacionales.

1º de febrero de 2000.

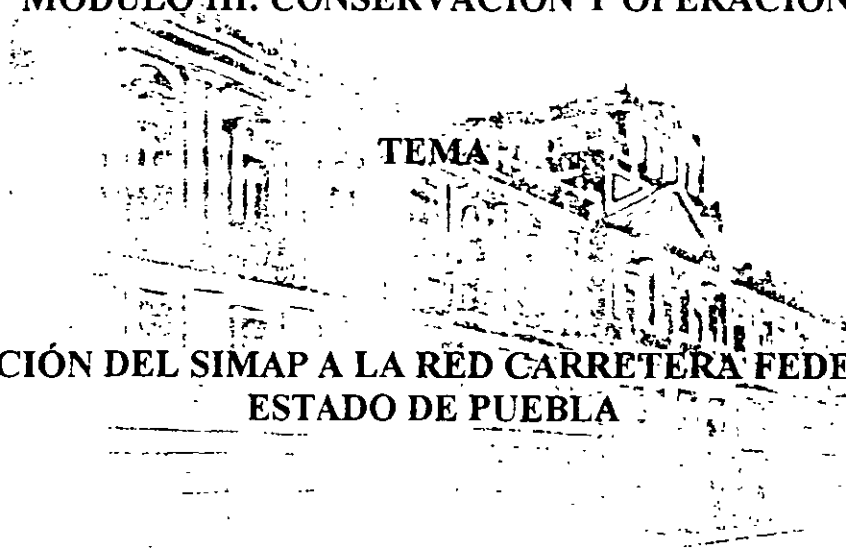


**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

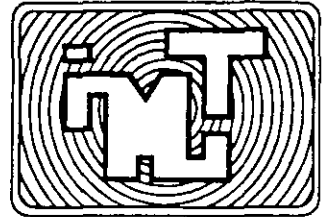
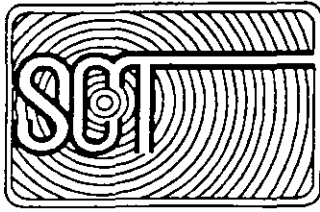
**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**



**APLICACIÓN DEL SIMAP A LA RED CARRETERA FEDERAL DEL  
ESTADO DE PUEBLA**

**PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**



---

# **APLICACION DEL SIMAP A LA RED CARRETERA FEDERAL DEL ESTADO DE PUEBLA**

**Instituto Mexicano del Transporte**  
**Secretaría de Comunicaciones y Transportes**

**Publicación Técnica No. 109**  
**Sanfandila, Qro. 1998**



---

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**Aplicación del SIMAP  
a la Red Carretera Federal  
del Estado de Puebla**

**Publicación Técnica No. 109  
Sanfandilla, Gro. 1998**

---

---

Este trabajo fue realizado conjuntamente por Alberto Mendoza Díaz, Gandhi Durán Hernández y Emilio Mayoral Grajeda del Instituto Mexicano del Transporte; Esteban Ambriz Reyes, Miguel Sánchez Mejía y Patricio Gómez Torres de la Dirección General de Servicios Técnicos; José Luis Jaen Balvanera y Julio César Chacón Vivanco de la Dirección General de Conservación de Carreteras; y Jorge León Paz y José de Jesús de la Cruz Rodríguez del Centro SCT del Estado de Puebla.

Los ingenieros Oscar De Buen Richkarday, Jorge De La Madrid Virgen, Cedric Iván Escalante Sauri, Juan M. Orozco y Orozco y Alfonso Rico Rodríguez promovieron y conocieron la evolución de este trabajo en todas sus etapas.

# Indice.

---

	Pág.
Indice.	V
Resumen.	IX
Abstract.	XI
Resumen Ejecutivo.	XIII
1. Introducción.	1
1.1 Generalidades.	1
1.2 Justificación.	2
1.3 Objetivos.	2
1.4 Alcances.	3
2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.	5
2.1 Introducción.	5
2.2 Niveles de Gestión de Pavimentos.	7
2.3 Descripción de los Elementos a Nivel de Red.	10
2.3.1. Inventario.	10
2.3.2. Evaluación de la Condición de los Pavimentos.	11
2.3.3. Determinación de las Necesidades de Financiamiento.	14
2.3.4. Priorización de Secciones Candidatas.	15
2.3.5. Determinación de los Efectos o Impactos de las Decisiones Presupuestarias.	17
2.3.6. Sistemas de Retro-Alimentación.	18
2.4 Descripción de los Elementos a Nivel de Proyecto.	18
2.4.1. Diseños Nuevos.	19
2.4.2. Desarrollo de los Tratamientos de Mantenimiento, Rehabilitación y Reconstrucción.	21
2.4.3. Selección de la Mejor Estrategia.	25

	Pág.
2.5 Relación entre los Elementos a Nivel de Red y a Nivel de Proyecto.	27
2.6 Importancia de los Sistemas de Gestión de Pavimentos.	27
2.7 Beneficios de la Administración de Pavimentos.	28
3. Información de Campo de la Red de Carreteras Federales de Puebla.	31
3.1 Datos Generales.	31
3.2 Calidad de Rodamiento.	36
3.3 Información de Tránsito.	38
3.4 Inventario de Deterioros.	43
3.5 Proyectos Homogéneos de Conservación.	55
3.6 Deflexiones y Propiedades Estructurales.	55
4. Aplicación del SIMAP.	65
4.1 Descripción del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP).	65
4.1.1. Módulo Técnico.	65
4.1.2. Módulo Económico.	69
4.2 Programa Piloto en Puebla.	70
4.2.1. Módulo Técnico.	70
4.2.2. Módulo Económico.	73
4.3 Resultados.	74
4.3.1. Módulo Técnico.	74
4.3.2. Módulo Económico.	74
1. Conclusiones y Recomendaciones.	93
5.1 Conclusiones.	93
5.2 Recomendaciones.	93

	Pág.
Referencias.	95
ANEXO A. Calificación del Servicio Actual en los Tramos Considerados.	101
ANEXO B. Inventario de Deterioros.	113
ANEXO C. Información de Deflexiones.	123

# Resumen.

---

Este trabajo muestra un ejemplo completo de aplicación del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP) a un caso real. El ejemplo que se describe corresponde a la Red de Carreteras Federales del Estado de Puebla. Fue desarrollado, conjuntamente, por el Instituto Mexicano del Transporte, la Dirección General de Servicios Técnicos (SCT), la Dirección General de Conservación de Carreteras (SCT) y el Centro SCT del Estado de Puebla.

El objetivo fundamental de este trabajo es explorar las posibilidades prácticas de utilización en México de los denominados Sistemas de Administración de Pavimentos.

Se presentan algunos principios básicos de la administración de pavimentos. Se describe la elaboración del inventario de la red carretera considerada, mediante la aplicación del Módulo Técnico del SIMAP. Se realizan los análisis económicos para determinar los programas de conservación correctiva y rehabilitación para el futuro inmediato (año próximo), mediante la aplicación del Módulo Económico del SIMAP. Se establecen una serie de conclusiones y recomendaciones.

## Abstract.

---

This work shows a complete example of application of the Mexican Pavement Management System (SIMAP) to a real case. The described example corresponds to the network of Federal Roads of the state of Puebla. It was developed, jointly, by the Mexican Transportation Institute, the General Directorate of Technical Services of SCT, the General Directorate of Road Maintenance of SCT and the SCT Center of Puebla.

The main objective of this work is to explore the practical possibilities of use in Mexico of Pavement Management Systems.

The basic principles of pavement management are shown. The creation of the database for the considered network through the use of the Technical Modulus of SIMAP, is described. The economic analysis to generate the maintenance and rehabilitation programs for the immediate future is carried out, through the application of the Economic Modulus of SIMAP. A series of conclusions and recommendations are finally established.

administración fue el de atender las secciones carreteras más deterioradas, generalmente con recursos insuficientes para la adecuada reparación de todas ellas; a este sistema generalmente se le ha conocido como de emergencia o de reacción ante situaciones de crisis). En los últimos 20 a 30 años, los sistemas de gestión de pavimentos han sido desarrollados en el mundo para ayudar en la planeación del mantenimiento y rehabilitación (Referencia 18). Los SAP son necesarios para evitar respuestas de crisis en los departamentos de obras públicas. Estas metodologías se basan en la aplicación de la teoría de sistemas y de conceptos básicos de administración para la gestión de la infraestructura; proporcionan una manera estructurada y documentada para obtener el máximo rendimiento del dinero disponible para mejorar la infraestructura.

## **2.7. Beneficios de la Administración de Pavimentos.**

Existen diversos beneficios derivados de tener un proceso estructurado de administración de los pavimentos, los cuales son muy obvios; sin embargo, pocos beneficios monetarios han sido documentados. Los beneficios que han sido identificados incluyen:

- Uso más eficiente de los recursos disponibles.
- Una mayor habilidad para justificar y asegurar un mayor financiamiento para las actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

Algunos otros beneficios están relacionados con los siguientes aspectos:

- Una información más exacta y accesible sobre el estado de un sistema de vialidades.
- Habilidad de evaluar con el tiempo el comportamiento de los tratamientos seleccionados.
- Determinación de necesidades que pueden ser apoyadas.



## **2.5. Relación entre los Elementos a Nivel de Red y a Nivel de Proyecto.**

Los elementos a nivel de red en un sistema de gestión deben identificar y priorizar las secciones que necesitan trabajo en cada uno de los años del período de análisis, deben identificar las necesidades financieras y mostrar el impacto de las diferentes estrategias de financiamiento. Las agencias de transporte deben evitar durante el análisis a nivel de red, dar a conocer la relación existente entre el financiamiento y las secciones específicas de pavimento en que se actuará para así evitar restricciones de financiamiento innecesarias en la parte temprana del análisis a nivel de proyecto. La lista priorizada de secciones en que debe actuarse cada año es el punto de partida del análisis a nivel de proyecto.

Para las secciones en que deba actuarse en un año determinado, a nivel de proyecto deben recolectarse datos adicionales, determinarse la causa de los deterioros e identificarse los tratamientos factibles. El análisis a este nivel debe determinar estimados de costos más exactos para cada alternativa y seleccionar la solución más eficiente económicamente, dadas las restricciones impuestas. En este momento, se debe de determinar el costo de reparar cada sección.

Cuando las agencias obtienen gran experiencia con los análisis a nivel de red, se ha observado que los análisis a nivel de proyecto en poco mejoran los resultados obtenidos a partir de los primeros (Referencia 20).

## **2.6. Importancia de los Sistemas de Gestión de Pavimentos.**

Por muchos años, las agencias o departamentos de transporte de los distintos países del mundo han utilizado diversos métodos para administrar los fondos disponibles. Las construcciones de las carreteras nuevas son las que mejor fueron administradas por grupos de planeación en las agencias de mayor tamaño, para decidir cuáles y dónde serían construidas. Los trabajos de mantenimiento y rehabilitación generalmente fueron administrados con métodos menos formales. En muchos casos, especialmente en las agencias de menor tamaño, el criterio de

análisis económico que pueden tener un impacto directo en el tipo de pavimento seleccionado. Los pavimentos rígidos que han sido diseñados y construidos en forma apropiada, generalmente duran más hasta el momento de la primera rehabilitación que los pavimentos flexibles que fueron adecuadamente diseñados y construidos. Los pavimentos de concreto de cemento Portland tienen generalmente un costo inicial muy alto, pero los pavimentos de concreto asfáltico necesitan rehabilitaciones más frecuentes. En muchos casos, la diferencia de costos entre estas alternativas, cuando se considera un período de análisis a largo plazo, será pequeña.

Los pavimentos se pueden mantener en servicio más allá de la vida útil original de diseño cuando se aplican tratamientos de mantenimiento y rehabilitación. Los trabajos futuros de mantenimiento y rehabilitación deben ser considerados en el diseño de un nuevo pavimento y de una rehabilitación. Para el diseño de una nueva construcción o rehabilitación, deben analizarse estrategias en vez de considerar tratamientos individuales. Las estrategias generalmente consisten en una secuencia de tratamientos; por ejemplo, para un diseño nuevo dos estrategias podrían ser las siguientes:

1. Construir una superficie de concreto asfáltico, seguida por un reencarpetado a los 15 años, un recubrimiento asfáltico de gravilla a los 22 años y una reconstrucción y un reencarpetado a los 30 años.
2. Construir una superficie de concreto de cemento Portland, realizando un resellado de las juntas a los 8 años y a los 16 años, seguido por una restauración del pavimento a los 24 años y un reencarpetado de concreto asfáltico a los 30 años.

Los conceptos referentes a determinar el costo total actualizado de los pavimentos durante su vida útil deben utilizarse para determinar la diferencia de costo de las distintas estrategias. Los costos deben incluir aquéllos necesarios para el control del tránsito y los relacionados con el impacto de las operaciones de mantenimiento y rehabilitación en los usuarios.

Para cada sección seleccionada a nivel de red, debe determinarse la estrategia de menor costo total actualizado, considerando los conceptos antes indicados.

los procedimientos para diseños nuevos pueden usarse, aplicando las propiedades adecuadas de los materiales, del material existente y del material a trabajar. Cuando una parte de las capas confinadas existentes se deja en el lugar, un procedimiento de diseño de reencarpetado debe usarse para considerar el daño o deterioro que se ha desarrollado en el material confinado existente durante el tiempo que ha estado en servicio.

### **2.4.3. Selección de la Mejor Estrategia.**

Los procedimientos de análisis y diseño discutidos anteriormente definen una serie de alternativas. Es muy raro que exista una sola alternativa o un conjunto de materiales y espesores de las capas que sea inmediatamente obvio que representan la mejor solución. La durabilidad de los materiales y la efectividad económica de cada combinación se deben considerar.

Debido a la gran extensión de las áreas cubiertas por los pavimentos, éstos deben ser construidos con materiales baratos. Esto lleva a utilizar materiales localmente disponibles, algunos de los cuales pudieran necesitar mejoras a través de estabilizaciones químicas. Las cargas de tránsito son difíciles de predecir. Asimismo, los materiales de los pavimentos, especialmente aquéllos en la capa superficial, están expuestos al medio ambiente. Estos materiales están sujetos a cambios de humedad y temperatura. La resistencia o rigidez de los materiales usados cambian con la temperatura y las condiciones de humedad. Algunos de los materiales también experimentan cambios a largo plazo debido a los efectos del medio ambiente y muchos tienen rigideces que cambian con los niveles de esfuerzo inducidos por las cargas.

El proceso a utilizar en la selección de la combinación de tratamientos, los materiales, los espesores para un nuevo diseño, el mantenimiento, la rehabilitación, o la reconstrucción, es un paso integral del diseño del proyecto (Referencia 30). El proceso debe incluir la realización de un diseño preliminar de espesores utilizando todos los materiales disponibles y tratamientos que son considerados factibles, dadas las circunstancias. El diseñador, entonces, debe tratar de identificar la combinación de tratamientos de materiales y espesores que dan el menor costo durante el período analizado, proporcionando al mismo tiempo la condición deseada. Sin embargo, existen muchos factores que son difíciles de incluir en el

más común de rehabilitación estructural que se aplica a ambos pavimentos (Referencia 30). Sin embargo, muchos de los reencarpados actualmente en sitio, nunca fueron diseñados. Algunas agencias usan un espesor uniforme sin considerar la suficiencia estructural del pavimento. Los reencarpados han llegado a ser más versátiles cuando se combinan con geotextiles y con reciclajes. Otro tipo de trabajos de rehabilitación y reconstrucción para pavimentos flexibles incluyen:

- Reciclaje en frío en sitio, seguido por la colocación de una nueva superficie.
- Reciclaje en caliente en sitio, seguido por un reencarpado.
- Reconstrucción y estabilización de los materiales del cimiento, seguido por la colocación de una nueva superficie.
- Extracción y reemplazamiento del pavimento.
- Reciclaje del pavimento en toda su profundidad.
- Reencarpado de concreto de cemento Portland.

Otros tipos de rehabilitación aplicados a pavimentos rígidos incluyen:

- Una serie de tratamientos de mantenimiento como la reparación del espesor total del pavimento, el pulido de la superficie y el sellado de las juntas.
- El rompimiento del pavimento rígido original y la colocación del reencarpado de concreto asfáltico.
- Reencarpado de concreto de cemento Portland.

Los procedimientos para diseños nuevos son generalmente usados en el diseño de los trabajos de rehabilitación. Cuando las capas confinadas existentes de un pavimento se quitan y reemplazan o se trabajan completamente (~~como lo que se hace en el reciclado en frío en el lugar~~).

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

- Recolección de datos de oficina.
- Primer estudio de campo.
- Primera evaluación de datos y determinación de datos adicionales.
- Segundo estudio de campo.
- Realización de pruebas de laboratorio.
- Segunda evaluación de datos.
- Compilación final de datos de campo y de oficina.

Cada uno de estos pasos lleva a la determinación de los datos adicionales necesarios para el análisis. Si las necesidades de reparación han sido definidas desde un sistema de gestión a nivel de red, los datos de ese sistema deben servir como un punto de partida.

El tamaño del tramo y su importancia para la agencia determina la cantidad de tiempo y los fondos que serán gastados en la evaluación a nivel de proyecto. Los pavimentos de las carreteras principales con altos tránsitos deben ser sujetos a una evaluación más completa y a un mayor número de pruebas que aquéllos que se encuentren en la vías de bajo tránsito. Los conceptos y las preguntas indicadas anteriormente son válidos para cualquier carretera con cualquier volumen de tránsito; sólo la cantidad de las pruebas a realizar y el tiempo dedicado a obtener una conclusión deben variar.

Existe un gran número de alternativas de trabajos de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción para ambos tipos de pavimentos, rígidos y flexibles; el reciclaje ha aumentado el número de opciones (Referencias 25 y 30). Los trabajos de sellado de superficie, como sellos con grava o con ligantes, en combinación con preparaciones localizadas, son a menudo utilizadas como tratamientos de mantenimiento preventivo para pavimentos flexibles; también son utilizados como tratamiento de rehabilitación de pavimentos flexibles con volúmenes bajos de tránsito, cuando se requieren mejoras estructurales. El reencarpertado con concreto asfáltico es el tipo de

factibles. Una evaluación a base de preguntas y respuestas a nivel de proyecto, debe incluir las siguientes preguntas (Referencia 25):

1. ¿Es el pavimento estructuralmente adecuado para el tránsito futuro?
2. ¿Es el pavimento funcionalmente adecuado?
3. ¿Es la tasa de deterioro anormal?
4. ¿Son los materiales del pavimento durables?
5. ¿Es el drenaje adecuado?
6. ¿Han sido inadecuados los trabajos previos de mantenimiento?
7. ¿Varía la condición substancialmente a lo largo del tramo (sección) o entre los carriles?
8. ¿Requiere el medio ambiente de una consideración especial?
9. ¿Cuáles son las opciones disponibles para el control del tránsito?
10. ¿Cuáles son los factores geométricos que afectarán al diseño?
11. ¿Cuál es la condición de los acotamientos?

Las preguntas 1 a 6 esencialmente tratan la causa del deterioro. Muchas veces la respuesta a la pregunta 1 puede ser contestada realizando un diseño de reencarpetado; si el análisis indica que no se necesita el reencarpetado, el pavimento puede ser considerado estructuralmente adecuado. La pregunta 7 ayuda a determinar si se debe realizar un cambio en el tratamiento a lo largo de la sección analizada. Las preguntas 8 a 11 identifican las restricciones especiales que deben ser consideradas.

Una de las dificultades asociadas con este proceso es decidir cuáles y cuántos datos deben ser recolectados. Es difícil saber cuántos datos son necesarios hasta que algún otro tipo de información esté disponible. Se recomienda una serie de pasos para la recolección de datos a nivel de proyecto, incluyendo:

Existen muchos procedimientos para diseñar pavimentos que las agencias locales pueden utilizar (Referencias 25 a 29). En los Estados Unidos (EUA), algunos de los departamentos estatales de transporte publican sus procedimientos propios para uso de las agencias locales. Todos los procedimientos de diseño deben considerar muchos factores básicos que se sabe afectan el comportamiento de los pavimentos. Estos incluyen:

- El apoyo proporcionado por el suelo in situ (subrasante).
- Las cargas de tránsito esperadas (primordialmente de camiones y otros vehículos pesados).
- Factores ambientales (principalmente el impacto de los cambios en los niveles de humedad y de los ciclos de hielo y deshielo).
- El drenaje.
- Los materiales disponibles.
- La capacitación o habilidades de las fuerzas laborales de construcción.
- Costos.

#### **2.4.2. Desarrollo de los Tratamientos de Mantenimiento, Rehabilitación y Reconstrucción.**

Al igual que la construcción inicial de un pavimento, los trabajos de rehabilitación y reconstrucción son actividades costosas. Se necesita un análisis del pavimento existente para determinar las causas del deterioro y poder seleccionar el tratamiento económicamente más eficiente, que corrija el problema que creó la necesidad de reparación, en vez de tratar simplemente de remediar los síntomas del problema (en otras palabras, atacar el problema por sus causas y no sólo por sus efectos). Esto puede ser planeado como una serie de pasos para determinar las causas del deterioro e identificar las restricciones relevantes. Las respuestas a un conjunto de preguntas pueden utilizarse para identificar los tratamientos

deflexiones permanentes en la estructura del pavimento causando hundimientos o deformaciones. Los materiales también deben tener la estabilidad adecuada para resistir las fuerzas cortantes producidas por las cargas de las ruedas, sin que exhiban además cualquier otro tipo de deformaciones. Los materiales deben tener la capacidad de resistir las cargas del tránsito sin que desarrollen deflexiones unitarias de tensión excesivas en las capas confinadas, las cuales suelen causar agrietamientos tipo "piel de cocodrilo".

Tanto el espesor como la rigidez de las capas afectan la distribución de las cargas y la resistencia a la fatiga de las capas del pavimento. Estas propiedades son generalmente consideradas en el proceso del diseño del pavimento en la caracterización de los materiales. La estabilidad de los materiales para resistir las deformaciones generalmente no se considera en forma directa en el diseño del pavimento porque la mayoría de los procedimientos de diseño asumen que las especificaciones de los materiales controlan adecuadamente este factor.

Muchos de los pavimentos actuales nunca fueron diseñados. Muchos de ellos fueron construidos utilizando espesores uniformes que fueron seleccionados con base en la experiencia. Algunas agencias tienen catálogos o una lista con dos o tres tipos de diseño, a partir de la cual se seleccionan la composición del pavimento y el espesor de las capas. Evidentemente estos métodos no consideran todos los factores principales que afectan el comportamiento del pavimento, y por lo general, ocasionan la utilización ineficiente de los fondos públicos destinados a construcción de pavimentos, rehabilitación y mantenimiento. La experiencia adquirida en el diseño de pavimentos pasados se pierde cuando el ingeniero encargado del diseño se va de la agencia. Asimismo, aún cuando se cuenta con la presencia de un ingeniero con experiencia, las experiencias del pasado pueden no ser aplicables a los programas actuales. El aumento en los límites de carga en los caminos, la frecuencia de las cargas, la presión y el tipo de las llantas tienen un efecto combinado que causan circunstancias que los ingenieros con experiencia nunca habían tratado previamente. Un procedimiento racional de diseño obliga al diseñador a considerar cada uno de los factores físicos que afectan el comportamiento. Este proceso conduce a realizar diseños mejores en relación con los diseños uniformes que no consideran la importancia de todas las variables de diseño (aún cuando el valor de muchas de ellas sea asumido).



específicos y para realizar análisis económicos, la mayoría de los procesos deben ser completados fuera de los programas. Un proceso completo requiere una cantidad considerable de muestreo y pruebas de materiales que tienen lugar tanto en el sitio como en laboratorios.

La gestión de pavimentos a nivel de proyecto generalmente considera diseños de pavimentos nuevos, así como trabajos programados de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción que requieren algún nivel de diseño. Las necesidades de diseños nuevos pueden ser generadas por un proceso de gestión de tránsito o por otros procesos. Las necesidades de rehabilitación, reconstrucción y mantenimiento pueden ser generadas desde un SAP o desde un proceso de gestión de seguridad vial. Generalmente, el desarrollo y diseño de los trabajos de mantenimiento es realizado por un grupo dentro de obras públicas distinto al que hace el diseño de construcciones nuevas y rehabilitaciones. El propósito de la gestión a nivel de proyecto es determinar la alternativa de diseño o tratamiento económicamente más eficiente, para una sección de pavimento que ha sido seleccionada para ser mejorada. La alternativa seleccionada debe ser diseñada y construida considerando los límites en los niveles de financiamiento y debe de cumplir con otras restricciones aplicables.

#### **2.4.1. Diseños Nuevos.**

El propósito de un pavimento es proporcionar al público una superficie de rodaje que sea económica, segura y confortable. A pesar de que los pavimentos son generalmente considerados como uno de los tipos más simples de estructuras diseñadas por ingenieros, su diseño es bastante complejo. La mayoría de los pavimentos están hechos con capas de materiales; eventualmente todas las cargas son transmitidas al suelo o terreno natural. Los materiales más fuertes están generalmente ubicados cerca de la superficie para poder resistir las cargas de tránsito, estática y dinámicamente. Cada capa sucesiva distribuye la carga sobre un área más grande. Las capas más fuertes proporcionan una distribución mayor, lo cual hace que las cargas sean distribuidas sobre una área más grande que la que se tendría con el mismo espesor de un material más débil. Esta distribución reduce las deflexiones unitarias y los esfuerzos de compresión verticales en las capas subsecuentes inducidos por las cargas. Estos esfuerzos y deflexiones, si llegan a ser excesivos, pueden causar

7% en el presupuesto. También para algunas agencias gubernamentales es importante discutir la vida útil de la red existente y los cambios de la vida útil en función de las diferentes estrategias de financiamiento.

### **2.3.6. Sistemas de Retro-Alimentación.**

Muchos de los sistemas de gestión de pavimentos que actualmente se usan, fueron implementados utilizando técnicas de proyección, procesos de asignación y costos basados en información limitada. Para que un sistema sea completamente adoptado y usado, debe demostrarse que es confiable. Los procesos de retro-alimentación proporcionan información sobre la confiabilidad de los estimados pasados e información para mejorar los estimados futuros (Referencia 13). Estos procesos de retro-alimentación no son elementos del SAP, sino que consisten en un proceso manual por el cual el personal responsable en operar el SAP actualiza los algoritmos, los procesos de asignación y los costos, en una forma periódica.

## **2.4. Descripción de los Elementos a Nivel de Proyecto.**

Esta discusión se proporciona para ayudar a distinguir entre las actividades de gestión a nivel de proyecto y a nivel de red. La mayoría del personal de ingeniería y de obras públicas tienen más experiencia en las actividades a nivel de proyecto que en una gestión a nivel de red. La materia de esta sección puede enseñar cómo los dos niveles se deben de interrelacionar para desarrollar buenas prácticas de administración. Los elementos de la administración a nivel de red deben de identificar proyectos candidatos para los trabajos programados de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción. Los funcionarios de obras públicas desarrollarían una lista final que entonces se sometería a un análisis a nivel de proyecto.

La gestión de pavimentos a nivel de proyecto es el proceso de análisis y diseño para determinar los tipos y espesores de las capas de materiales que se necesitan para una estructura de pavimento para servir al público (Referencia 14). A pesar de que se pueden usar programas de computadora para diseñar el espesor de las capas de los materiales

directamente. Ella proporciona una lista de secciones candidatas de gestión y de categorías de costos de los tratamientos para el financiamiento disponible. Se requiere un análisis a nivel de proyecto para seleccionar el mejor trabajo a realizar para una sección específica de pavimento. Secciones adicionales de pavimento se añaden a la lista de secciones candidatas o se mueven a lo largo de los años debido a la proximidad geográfica y a la similaridad de los tratamientos, para aumentar las economías de escala durante la construcción.

### **2.3.5. Determinación de los Efectos o Impactos de las Decisiones Presupuestarias.**

El objetivo de las agencias gubernamentales es proporcionar el máximo beneficio social, utilizando los fondos públicos. Sin embargo, el presupuesto es generalmente asignado por funcionarios que han sido elegidos, y quienes se someterán a reelección en el corto plazo. Estos funcionarios frecuentemente están más interesados en financiar soluciones a corto plazo, de un costo inicial menor, que soluciones a largo plazo y con costo inicial mayor, a pesar que se les muestre que las soluciones a largo plazo son más eficientes económicamente. Generalmente se requiere una cantidad considerable de justificaciones para lograr que se acepten soluciones a largo plazo. Una de las mejores maneras para justificar las peticiones de presupuestos es enseñar el impacto de distintas alternativas de financiamiento, en la salud de la red vial, en la acumulación de necesidades y en las necesidades futuras de financiamiento.

La integridad de la red de pavimentos se puede mostrar proyectando la condición promedio de los pavimentos de la red a lo largo de algún período de análisis razonable, en función de los niveles de financiamiento y las varias estrategias de financiamiento. Sin embargo, muchas de las personas que asignan los presupuestos, frecuentemente no entienden el significado de los cambios de la condición; generalmente ellos piensan en términos financieros. Muchas veces es mejor describir la calidad del servicio actual que se está proporcionando y discutir cómo el nivel de financiamiento aumentará o disminuirá esa condición; por ejemplo, se podría explicar cómo el porcentaje de materiales en condición pobre cambiará de un 5 a un 10% en los siguientes 5 años con el nivel de financiamiento actual, pero pudiera mantenerse constante a lo largo del mismo período con un aumento de un

las reparaciones identificadas; aún cuando existen suficientes fondos, generalmente deben ser distribuidos a través de varios años para igualar la cantidad de trabajo con el personal disponible. El objetivo de priorizar es obtener la mejor condición posible en la red de pavimentos, dados los fondos a gastar.

Para esta priorización puede usarse un procedimiento sencillo basado en hacer un "ranking"; sin embargo, este tipo de procedimiento está limitado por el número de factores que pueden ser considerados (Referencia 15). Los procedimientos de "ranking" generalmente asignan las prioridades más altas a aquellas secciones en la peores condiciones, sin considerar la utilidad de los fondos a gastarse. Como se ilustró en la Figura 2.1, la efectividad económica de los distintos tratamientos de mantenimiento y rehabilitación cambia en función de la condición, así como con el tipo de pavimento, el nivel de tránsito, etc. Estos métodos de asignar un "ranking" son los menos efectivos, pero también son los más sencillos de aplicar.

Frecuentemente, los métodos de "ranking" que se usan son aquéllos que se basan en la condición del pavimento, el costo a través del tiempo y la importancia del camino, en términos sencillos que puedan ser fácilmente entendidos, apoyados y explicados a los funcionarios públicos. También se han usado técnicas de optimización anual que maximizan los beneficios dado el nivel de financiamiento.

Existe un número de "herramientas de optimización" que están disponibles para determinar la "asignación óptima" de los fondos monetarios (Referencias 15, 23 y 24). Entre éstas se incluyen la programación lineal, la programación de números enteros, el análisis de decisión de Markov y la programación dinámica. Hay muchos factores que han impedido el uso verdadero de las herramientas de optimización en la administración de pavimentos. Primero, muchos de los empleados de las agencias se oponen al uso de éstas porque las técnicas que usan son complejas y dan respuestas que ellos no pueden entender rápidamente o explicar.

La mayoría de la decisiones a nivel de red se toman con base en una cantidad mínima de datos. Los métodos de "ranking" proporcionan soluciones razonablemente buenas y los métodos de optimización seleccionan las mejores; sin embargo, la información de salida proveniente de los métodos de "ranking" o de optimización a nivel de red, no se usa

El propósito de la planeación presupuestaria a nivel de red es asignar un costo de reparación a cada sección de pavimento que ha alcanzado los valores mínimos de condición seleccionados; es generalmente una categoría de costo en vez de un costo específico real. Los valores mínimos de condición y las categorías de costos asociados con cada uno de ellos, deben ser seleccionados basados en un análisis de los niveles de servicio más económicos que la agencia puede proporcionar al público con las restricciones existentes. Los tratamientos correspondientes a las distintas categorías de costos deben definirse con base en análisis de costos durante la vida útil, para proporcionar la mejor condición por la mínima cantidad de dinero. Sin embargo, como éstos solamente son tratamientos a nivel de red, sólo deben proveer un costo inicial suficientemente razonable que permita identificar las secciones candidatas y la cantidad de dinero que se necesita para obtener algún objetivo definido por la agencia. En la realidad, algunas secciones candidatas requerirán más dinero de lo estimado, mientras que otras requerirán menos. El análisis a nivel de proyecto se usa para ajustar los tratamientos, porque requiere de una observación más detallada de las secciones para determinar la medida económicamente más eficiente para la sección específica de pavimento.

Los procedimientos de asignación que relacionan la condición del pavimento con la categoría de costos, generalmente usan una categoría de costo para cada nivel de condición. Los programas de SAP que utilizan técnicas completas de optimización pueden considerar muchos tratamientos específicos para cada nivel de condición; sin embargo, estos tratamientos generalmente no deben ser aplicados o usados para determinar el presupuesto para una sección de gestión, hasta que un análisis más completo sea desarrollado a nivel de proyecto, a no ser que existan datos completos a nivel de red para asignar los tratamientos.

#### **2.3.4. Priorización de Secciones Candidatas.**

Una vez que la agencia identifica las secciones de pavimento que necesitan de acciones de mantenimiento o rehabilitación y determina los fondos necesarios para mantener la red de pavimentos en la condición deseada, la agencia debe priorizarlas y asignar los fondos monetarios correspondientes (Referencia 14). En la mayoría de los casos, la cantidad de fondos disponibles es menor que la que necesita para completar todas

nivel de proyecto. Los datos son normalmente recolectados para definir la condición de cada sección individual de gestión identificada en el inventario.

La información recolectada sobre la condición se utiliza de varias maneras a lo largo del SAP (Referencias 14 y 21). Algunas agencias utilizan tipos específicos de deterioros superficiales a nivel de red; otras los combinan para determinar índices de la condición, tales como el índice o la calificación de servicio presente (CSA), la calificación compuesta de condición superficial (CCCS) o el índice de la condición del camino (ICC).

En los siguientes capítulos se indican las medidas consideradas en el ejemplo presentado en este trabajo, así como los métodos utilizados para obtenerlas. También se describe el uso específico que se da a ellas en la aplicación de SAP mostrada.

### **2.3.3. Determinación de las Necesidades de Financiamiento.**

Una vez que la red de pavimentos ha sido definida y que los datos de las condiciones han sido recolectados, la condición de las secciones individuales de gestión y la condición global de la red, sin ningún mantenimiento o rehabilitación, pueden ser determinados proyectando los deterioros individuales, la CSA, la CCCS, o alguna combinación de índices, a un tiempo futuro (Referencia 15). Las secciones pavimentadas de administración se seleccionan para mantenimiento y rehabilitación durante un período de análisis, si se cumple con un criterio de decisión establecido, el cual está normalmente basado en la condición, el tipo de superficie, la clasificación funcional y el tránsito (Referencia 15). Para trabajos de mantenimiento preventivo, se utiliza un programa cronológico en el cual la condición de la sección de pavimento se proyecta para bajar hasta un cierto valor mínimo de condición establecido. Cuando las secciones de pavimentos se identifican para trabajos de mantenimiento y rehabilitación, se usa una categoría de costo a nivel de red para el tipo de pavimento y condición de que se trate, para determinar las necesidades financieras de cada sección. Estas se suman para cada año del período de análisis para determinar las necesidades presupuestarias anuales.

hora). La rugosidad es considerada muy importante por las agencias de transporte estatales, pero por lo general no es tan importante para las agencias municipales debido a las bajas velocidades en estas jurisdicciones.

- **Resistencia al Derrapamiento.** Se refiere a la habilidad del pavimento de proporcionar la fricción suficiente para evitar los problemas de seguridad asociados con los derrapamientos o deslizamientos. La resistencia al deslizamiento es más importante para los pavimentos de las vías rápidas y generalmente se le considera como una medida separada de la condición; a menudo puede utilizarse por sí misma para determinar la necesidad de realizar algún tipo de trabajo correctivo.

Los cuatro factores anteriores de condición pueden ser utilizados para determinar la condición global del pavimento e identificar el tratamiento de mantenimiento y rehabilitación económicamente más efectivo. El grado de importancia de estos factores en términos del comportamiento del pavimento y de las necesidades de mantenimiento y rehabilitación varían; es obvio que cualquier tratamiento recomendado para corregir un problema de capacidad estructural puede remediar todas las deficiencias que pudieran estar presentes, incluyendo la rugosidad. Al mismo tiempo, cualquier tratamiento seleccionado para corregir la rugosidad puede ser usado para mejorar la resistencia al deslizamiento y corregir cualquier deterioro superficial.

Hay muchos métodos que pueden usarse para recolectar cualquiera de las cuatro medidas anteriores (Referencias 21 y 22). Cada método tiene ventajas y desventajas, pero en general, aquellos procedimientos que requieren menos esfuerzos y costos son los menos exactos. Aquéllos que son más exactos también son más costosos y que toman más tiempo. La agencia de transporte debe considerar cuidadosamente el tipo y el nivel de decisiones que se tomarán a partir de las medidas obtenidas, junto con los recursos disponibles, para determinar el método que deba usar. En la mayoría de las agencias estatales de transporte, las medidas del deterioro y rugosidad se recolectan a nivel de red. En las agencias locales, las medidas del deterioro superficial son las que se usan con más frecuencia. Por lo general, la mayoría de las agencias usan métodos menos exactos para los análisis a nivel de red y utilizan medidas más detalladas para los análisis a

La condición de los pavimentos normalmente se mide utilizando los factores siguientes (Referencias 13 y 14):

- **Deterioro Superficial.** Se refiere al daño o deterioro en la superficie del pavimento. Normalmente se realizan estudios para determinar el tipo, la severidad y la cantidad de los defectos superficiales. Esta información se usa con frecuencia para determinar un índice o calificación compuesta de condición superficial (CCCS), el cual sirve para calcular la tasa de deterioro y pronosticar la condición futura (Referencia 13). El deterioro superficial y los valores de CCCS actuales o futuros se utilizan para identificar el momento oportuno para realizar los trabajos de mantenimiento y rehabilitación, así como las necesidades monetarias requeridas en el proceso de la gestión de pavimentos. El nivel de defectos superficiales es la medida más común utilizada por el personal de mantenimiento para determinar el tipo y momento oportuno del mantenimiento requerido.
- **Capacidad Estructural.** Se refiere a la máxima carga y el máximo número de repeticiones que un pavimento puede soportar. Normalmente se realiza un análisis estructural para determinar la capacidad de carga actual y la capacidad necesaria para soportar el tránsito proyectado. Los ensayos de deflexión no-destructivos del pavimento son un método simple y confiable para realizar esta evaluación; sin embargo, también pueden utilizarse técnicas de muestreo mediante cilindros y taladros tubulares. La evaluación estructural del pavimento es importante en la selección de los tratamientos a nivel de proyecto.
- **Rugosidad (Calidad de Circulación).** Es una medida de la distorsión de la superficie del pavimento o un estimado de la habilidad de éste para proporcionar un viaje confortable a los usuarios. Se evalúa mediante una calificación que trata de representar la opinión de los usuarios sobre la calidad de circulación actual que el pavimento les proporciona (Calificación de Servicio Actual, CSA) o mediante algún índice correlacionado con esa opinión, como es el Índice Internacional de Rugosidad (IIR). La rugosidad del pavimento es considerada por el público como la medida más importante, especialmente en aquellos pavimentos con elevados límites de velocidades (por arriba de los 70 kilómetros por



Se usan dos conceptos generales para dividir la red en secciones de gestión. En el primero, la red se divide en tramos de un largo uniforme (alrededor de media milla) y si se desea, los tramos pueden ser combinados para el análisis. En el segundo concepto, se definen secciones de gestión que serán tratadas por el administrador como unidades completas y a las cuales normalmente se les aplicará el mismo tratamiento de mantenimiento. Cualquiera de los dos conceptos pueden ser utilizados y ambos tienen ventajas y desventajas.

Los datos nunca deben ser recolectados con la filosofía de que "sería bueno tener los datos" o de que "algún día podrían ser útiles". Cada tipo de datos requiere de tiempo, esfuerzo y dinero para recolectarse, guardarse, extraerse y usarse. Cualquier dato sólo debe ser recopilado cuando ese elemento sea importante para tomar decisiones de mantenimiento y rehabilitación al nivel considerado (Referencia 13). Se pueden usar diferentes tipos de datos, cantidades y niveles de exactitud para los análisis a nivel de red y a nivel de proyecto. Cualquier información que no sea vital para tomar una decisión debe evitarse, sin embargo se debe conocer cierta información básica acerca de cada sección de administración. Los elementos que generalmente se requieren para cada sección de administración incluyen: identificación, ubicación, número de carriles de tránsito, clasificación funcional, área, tipo de superficie, niveles de tránsito y fecha en la cual la superficie existente fue construida. Adicionalmente, otros datos que pudieran ser útiles son: información sobre el drenaje, información de los carriles de estacionamiento e información sobre la geografía y el medio ambiente.

### **2.3.2. Evaluación de la Condición de los Pavimentos.**

La evaluación de la condición de un pavimento empieza con la recolección de datos para determinar el tipo, la cantidad, la severidad de los deterioros superficiales, la integridad estructural, la calidad de circulación y la resistencia al deslizamiento del pavimento. Los datos sobre la condición de los pavimentos son necesarios para la evaluación y determinación de las necesidades de trabajos de mantenimiento y rehabilitación; también se usan para pronosticar el comportamiento del pavimento, establecer las estrategias de mantenimiento y rehabilitación y para ayudar a optimizar el financiamiento disponible para esos trabajos.

## **2.3. Descripción de los Elementos a Nivel de Red.**

Esta sección trata principalmente de los elementos a nivel de red; en ella se proporciona una descripción breve de un SAP a nivel de red. Los elementos básicos de un SAP a nivel de red son (Referencias 13 y 15):

- Un inventario.
- Evaluación de la condición.
- Determinación de las necesidades de financiamiento.
- Identificación de proyectos candidatos a financiar.
- Un método para determinar el impacto o los efectos de las decisiones de financiamiento sobre las condiciones futuras y el financiamiento futuro.
- Un proceso de retroalimentación.

Obsérvese que en esta discusión, la identificación de proyectos candidatos para financiamiento se incluyen en el análisis a nivel de red. Como ya se indicó, este elemento de programación ha sido llamado por algunas agencias como nivel de proyecto, pero es una parte del proceso a nivel de red y será incluido en este documento dentro del análisis a nivel de red.

### **2.3.1. Inventario.**

El inventario de la red vial proporciona información sobre la cantidad de pavimentos que el administrador es responsable de gestionar, información sobre la ubicación de las secciones de pavimento e información básica relacionada con las secciones de pavimentos dentro de la red (Referencias 13 a 15). Es imposible administrar una red de pavimentos como una sola unidad; una tarea importante del proceso de implementación de un SAP es la división de la red en secciones o tramos a administrar. El inventario proporciona información básica sobre la ubicación y la conectividad de cada sección de gestión dentro de la red.

recursos. A nivel de proyecto se consideran sólo los tramos carreteros con mayor urgencia de actuación (programa del año próximo), determinándose para ellos las medidas definitivas a aplicar. No todos los datos que se necesitan para tomar las decisiones a nivel de proyecto son requeridos para tomar las decisiones a nivel de red. Generalmente las decisiones a nivel de red pueden ser tomadas con una cantidad menor de datos que aquéllos que se requieren para tomar decisiones específicas sobre una sección a nivel de proyecto. Para reducir los costos de implementar un SAP, solamente se recolecta la cantidad mínima de datos requeridos, y sólo cuando sean necesarios.

La administración de pavimentos a nivel de proyecto básicamente consiste en los análisis y diseños de ingeniería que se requieren para desarrollar la estrategia más efectiva (de mayor factibilidad económica) de diseño, mantenimiento o rehabilitación para una sección específica de pavimento. Algunos se refieren a este proceso como análisis de proyecto o diseño de proyecto, en vez de gestión de pavimentos a nivel de proyecto (Referencia 14). Las secciones que necesitan trabajos de mantenimiento y rehabilitación (e incluso reconstrucción), serán seleccionadas para reparación por el SAP a nivel de red (y posiblemente también por algún sistema de gestión de seguridad vial). Las actividades de diseño de pavimentos nuevos (por ejemplo, de ampliaciones y vías nuevas) deben de provenir de algún sistema de administración de tránsito o de otros procesos establecidos para determinar esas necesidades específicas. Debido a la necesidad de evaluar la condición de los materiales ya en su lugar, el diseño de un trabajo de rehabilitación pudiera requerir más ingeniería que el diseño de un pavimento nuevo (en el que muchos de los parámetros se asumen o se obtienen mediante pruebas de laboratorio).

El tamaño del proyecto y la importancia de la vía para la agencia determinan la cantidad de tiempo y fondos a gastarse en la evaluación a nivel de proyecto. Los pavimentos sobre vías principales con alto tránsito deben sujetarse a una mejor evaluación que aquéllos sobre caminos o vías de bajo tránsito. Todos los conceptos y los procedimientos de evaluación descritos son válidos para cualquier calle o carretera, independientemente del volumen de tránsito. Lo único que varía es la cantidad de pruebas a realizar y el tiempo que se dedique para arribar a conclusiones.

las agencias pueden separar la red en subconjuntos, como caminos arteriales, las rutas de autobuses o las calles industriales. La cantidad de pavimento que se considera a nivel de proyecto normalmente consiste en un tramo o sección sencilla a gestionar, la cual a veces corresponde a una sección original de construcción, aunque las secciones pueden ser combinadas o subdivididas para propósitos de análisis.

El propósito del proceso de gestión a nivel de red normalmente se relaciona con el proceso presupuestario para identificar las necesidades de trabajo de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, la selección de secciones a repararse o mantener y la determinación de los efectos de las varias opciones sobre el comportamiento del sistema de todos los pavimentos de la red y sobre el bienestar global de la comunidad (Referencia 18). La parte que trata de la selección de secciones a financiarse en determinados períodos se denomina como selección y programación de proyectos; en algunas agencias ésta ha sido identificada con la gestión a nivel de proyecto. Sin embargo, esta parte es un elemento del proceso de administración a nivel de red y aquí será discutida como parte de la gestión a nivel de red. Los resultados principales de los análisis a nivel de red incluyen las necesidades de mantenimiento y rehabilitación, las necesidades de financiamiento, un listado priorizado de las secciones o tramos candidatos que necesitan reparación y un pronóstico de las condiciones futuras de la red para varias opciones de financiamiento.

A nivel de proyecto, el propósito es determinar la estrategia más económica posible de diseño inicial así como de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción durante el período de vida de una sección de pavimento seleccionada, dado el financiamiento disponible (Referencia 18). Los resultados principales de la administración de pavimentos a nivel de proyecto incluyen una evaluación de las causas del deterioro, identificación de las estrategias posibles de diseño, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción y la selección de la estrategia más económica a seguir durante el período de vida de la sección, dadas las restricciones impuestas. Este proceso requiere de una cantidad considerable de datos detallados para la sección considerada.

A nivel de red se analiza toda la red considerada, con el mínimo de datos de ella para generar programas de conservación preliminares (para un horizonte de tiempo dado), utilizados principalmente para la gestión de los

vial; no incluye generalmente el mantenimiento rutinario (limpieza y reparación de taludes, señales, etc), el cual suele enfrentarse a través de un presupuesto anual fijo reducido, que no requiere de un sistema o estrategia de gestión. Trata también sobre los requerimientos de los trabajos seleccionados y las normas a seguir en ellos. La planificación de actividades programadas de mantenimiento normalmente se desarrolla dentro de un sistema de administración de pavimentos o uno de superficie de caminos.

## **2.2. Niveles de Gestión de Pavimentos.**

La administración de pavimentos generalmente se desarrolla a dos niveles, el nivel de red y el nivel de proyecto (Referencias 13, 14 y 18). Las diferencias entre el nivel de red y el de proyecto se extienden más allá del nivel en el cual se toman las decisiones e incluyen diferencias en la cantidad y el tipo de datos que se requieren. La recolección de datos es costosa y a menudo no se sabe con exactitud que tipo ni que cantidad de ellos serán requeridos, hasta que parte de los datos hayan sido recolectados. La recolección excesiva de datos ha creado problemas en la implementación y el uso continuo de SAP en el pasado (Referencia 19). Para evitar este problema, a nivel de red normalmente se recolecta una cantidad mínima de datos (aunque para toda la red). Esto permite que el SAP sea implementado con un monto de inversión inicial bajo en la recopilación de datos; sin embargo, los datos recopilados a nivel de red no son los más adecuados para tomar la mayoría de las decisiones a nivel de proyecto. Se deben recolectar más datos de las secciones de pavimento individuales identificadas como candidatas prioritarias para mantenimiento o rehabilitación por el análisis a nivel de red (es decir, a nivel de proyecto se requiere la información de detalle necesaria para el diseño de las medidas más adecuadas, pero sólo para las secciones candidatas prioritarias). La necesidad de minimizar los costos de la recolección de datos es una razón para separar los elementos de gestión de pavimentos en elementos a nivel de proyecto y a nivel de red.

La diferencia en el nivel de decisión normalmente se encuentra en la cantidad de pavimento que se considere y también en el propósito de la decisión (Referencia 20). A nivel de red, las agencias normalmente incluyen los pavimentos de toda la red bajo su jurisdicción. Sin embargo,

Las prácticas de administración o gestión de pavimentos se basan en el concepto de encontrar una combinación económica de medidas a aplicar en cualquier momento para poder obtener un nivel de servicio deseado. Los SAP que pueden evaluar varias estrategias, usan los efectos esperados de las medidas de mantenimiento y rehabilitación sobre el comportamiento futuro de la superficie de los caminos para identificar aquellas secciones que necesiten un tratamiento, e identificar la combinación de medidas preventivas que proporcionen una condición global deseada, considerando las restricciones impuestas.

Un SAP es una herramienta que se usa para ayudar a tomar decisiones económicas en lo que se refiere al mantenimiento y rehabilitación de pavimentos y superficies de caminos (Referencias 13 a 16). Mucha gente piensa que un SAP es un conjunto de programas de computadora. Esto es erróneo, ya que los programas de computadora no gestionan o toman decisiones. El personal de una organización es el que administra los pavimentos y el que toma las decisiones. Los programas de computadora solamente asisten en la administración de la información y apoyan a la toma de decisiones. Los SAP proveen los instrumentos para organizar una cantidad enorme de datos que se desarrollan en una red de carreteras. Cuando el almacenamiento y los análisis de datos se automatizan, un SAP guarda los datos, los recupera y realiza cálculos múltiples y complejos en una forma rápida y eficiente.

El término gestión de pavimentos se usa para describir la administración de redes de supercarreteras, carreteras y calles con superficies pavimentadas, mientras que el término gestión de superficies de carreteras y calles, o solamente gestión de superficies, se utiliza para describir la gestión de redes de carreteras y calles con superficies pavimentadas y no pavimentadas (Referencia 17). En este estudio se hace referencia exclusivamente a superficies pavimentadas con estructuras flexibles de varias capas, de las cuales la más superficial es de concreto asfáltico.

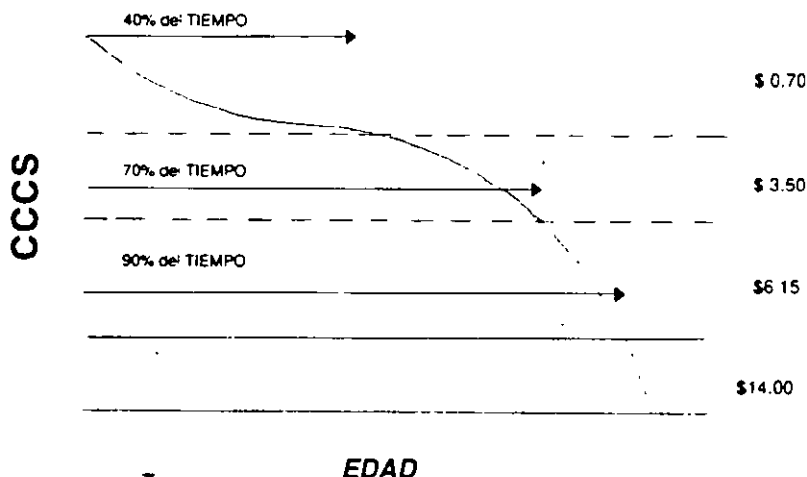
Desde un punto de vista amplio, la administración de pavimentos cubre todas las fases de la planeación, programación, análisis, diseño, construcción e investigación de los pavimentos (Referencia 18). Puede llegar a considerar tanto las necesidades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos existentes, como las necesidades de áreas adicionales de pavimento para aumentar la capacidad

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

### 2.1. Introducción.

En este capítulo se describen los principios más importantes de la gestión de pavimentos. El sistema de administración de pavimentos (SAP) que se emplea en este trabajo es congruente con los principios aquí mencionados. Sus particularidades más relevantes se destacan en el Capítulo 4, el cual detalla su aplicación específica a la red carretera del Estado de Puebla.

Todas las superficies de los caminos se deterioran con el tiempo debido al tránsito y al medio ambiente. La Figura 2.1 muestra la tasa promedio de deterioro y el cambio de los costos de reparación a medida que el pavimento se deteriora. El término CCCS (calificación compuesta de condición superficial) es una medida o índice de la condición de un pavimento (sus valores altos representan una condición mejor que sus valores bajos). Es evidente que el costo total será menor si el pavimento se repara oportunamente. La figura también indica que le costará menos a la agencia que proporciona el mantenimiento, mantener las carreteras en buen estado.



CCCS = calificación compuesta de condición superficial.

**FIGURA 2.1 Efectos del Tratamiento Oportuno Sobre los Gastos de Recuperación.**

inmediato (como ya se dijo, a nivel de red). Se muestran algunos aspectos de la elaboración del inventario a través del Módulo Técnico. Asimismo se muestran los análisis de factibilidad realizados para una serie de alternativas posibles de mantenimiento para los diferentes componentes de la red, definiéndose los tramos en que resultaría más conveniente la actuación inmediata y las medidas más adecuadas a efectuar en ellos; estos análisis se realizan con el Módulo Económico.

- El Capítulo 5 presenta las conclusiones y recomendaciones más relevantes derivadas de los capítulos anteriores.



## 1.4. Alcances.

En este trabajo se describen algunos aspectos de la elaboración del inventario de la red carretera considerada (aplicación del Módulo Técnico), así como los análisis económicos para determinar los programas de conservación correctiva y rehabilitación para el futuro inmediato (año próximo principalmente) (aplicación del Módulo Económico). No se describe con detalle, por otra parte, la recopilación de información de campo ya que ésta suele seguir métodos bien definidos que se presentan en diversas fuentes (Referencias 11 y 12).

La definición de los programas anuales de conservación se realiza a un nivel preliminar de planeación (nivel de red), en términos de los presupuestos, tramos y medidas con que deberá actuarse el año próximo. Queda fuera de los alcances de este estudio la determinación de la acción óptima definitiva a realizar en cada uno de los tramos a mejorar (nivel de proyecto). Tanto el nivel de red como el nivel de proyecto de los SAP se describirán con gran detalle en el siguiente capítulo.

Los alcances específicos de este trabajo están contenidos en los siguientes capítulos que lo constituyen:

- El presente capítulo muestra la introducción, indicando algunos aspectos de carácter general relacionados con la administración de la conservación de pavimentos y los motivos que condujeron a seleccionar este tema, así como los objetivos y alcances particulares de este trabajo.
- En el Capítulo 2 se describen los diferentes elementos que, en general, constituyen un sistema de gestión de pavimentos.
- El Capítulo 3 describe algunos aspectos de la organización de la información recopilada para la red, con fines de elaboración del inventario. Asimismo se muestran algunos análisis preliminares de dicha información.
- En el Capítulo 4 se presentan los análisis realizados con los Módulos Técnico y Económico del SIMAP. Estos culminan con la definición del programa preliminar de conservación para el futuro

cuenta el Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (SIMAP), desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte. Este sistema comprende fundamentalmente dos módulos, uno denominado Módulo Técnico, el cual permite llevar un inventario de todos los parámetros importantes para el diseño de la conservación de los distintos tramos de la red; y el otro denominado Módulo Económico, el cual permite realizar análisis de factibilidad económica para una serie de alternativas posibles de mantenimiento de los diferentes tramos.

## **1.2. Justificación.**

En este trabajo se describe un ejemplo completo de aplicación del SIMAP, al caso particular de la red de carreteras principales del Estado de Puebla.

De aquí en adelante, cuando se haga referencia al "sistema de gestión de pavimentos utilizado" pero no se indique explícitamente su nombre, deberá entenderse que se trata del SIMAP. De la misma manera, cuando se haga referencia a la "red de carreteras", deberá entenderse que se trata de la red de carreteras principales del Estado de Puebla.

Este tema fue seleccionado para elaborar el presente trabajo por la inquietud de investigar la conveniencia de emplear este tipo de tecnologías y analizar las limitantes que su aplicación pudiese tener actualmente en México, particularmente a los niveles locales (estatal y municipal).

## **1.3. Objetivos.**

Como ya se indicó, el objetivo fundamental de este estudio consiste en desarrollar un ejemplo completo de aplicación del SIMAP a la planeación de la conservación de la red carretera principal del Estado de Puebla. Esto, con el fin de:

- Explorar las posibilidades prácticas de utilización en México de estos sistemas.
- Ejemplificar su uso con un caso real.

# **1. Introducción.**

---

## **1.1. Generalidades.**

En México, la red federal de carreteras tiene una extensión aproximada de 30,000 kilómetros. Según datos de principios de 1994 referentes al estado actual de esta red principal, se estima que en términos de la calidad de servicio ofrecida a los usuarios, alrededor de 30% de ella se encuentra en buenas condiciones, 66% en estado regular mientras que el resto se encuentra en estado deficiente (Referencia 1). La considerable proporción de la red en estado regular o deficiente se debe, en buena parte, a la existencia de carreteras que fueron construidas hace muchos años para tránsitos de menor intensidad y peso que los actuales. Como consecuencia del progreso general del país, existen hoy tramos con aforos que pueden llegar a ser de 20 a 30 mil vehículos diarios, con 30 ó 40% de vehículos pesados. A la situación anterior se le une el que el nivel de asignación de recursos para conservación en los últimos años ha sido apenas suficiente para conservación rutinaria, resultando escaso para revertir la tendencia actual de la red hacia un deterioro generalizado (Referencias 2 y 3).

La situación anterior es parecida a la que sufren muchas otras redes carreteras del mundo. Por tal razón, desde la década de los 80's se han venido utilizando, cada vez con mayor frecuencia, los denominados "sistemas de administración o gestión de pavimentos". Estos tienen como finalidad ayudar a elaborar programas anuales de conservación que distribuyan a las tareas que más convenga realizar los casi siempre limitados recursos disponibles. Algunos de ellos han tenido una amplia aceptación en los países de América Latina (Referencia 4).

Diversos sistemas de administración de pavimentos (SAP) desarrollados en el mundo, a pesar de su innegable calidad, son considerados insuficientes para México. Estos SAP proceden de países con excelentes redes carreteras, construidas con buenos materiales. Por lo tanto, se parte de que en todos los casos se tiene una falla funcional, pero nunca estructural. En México, se considera que estos criterios no son aplicables en forma única, puesto que con mucha frecuencia los deterioros superficiales están ligados a fallas estructurales profundas. Es por ello que en México se han realizado diversos esfuerzos por elaborar sistemas de gestión de pavimentos congruentes con la realidad nacional. Dentro de éstos se

#### **4. Conclusiones y recomendaciones**

Con base en la experiencia obtenida en el Estado de Puebla se demostró que el SIMAP es operable.

A partir de la aplicación del SIMAP en el Estado de Puebla se observó que con el valor de rechazo CSA menor o igual a 2.5, la longitud resultante de carreteras a estudiar era muy limitada; por esta razón, se dejó abierto este valor con el fin de que en aplicaciones posteriores del SIMAP, el usuario lo establezca conforme a la calidad de servicio de sus carreteras y a los recursos financieros posibles.

Por otra parte se recomendaron las siguientes acciones:

- Aplicar el SIMAP en las diferentes entidades federativas de la red federal y estatal de carreteras con el Índice de Servicio Actual y las deflexiones obtenidas durante el año de 1996.
- Actualizar los documentos técnicos relacionados con el sistema que contengan las modificaciones hechas al SIMAP durante el programa piloto en la red de carreteras federales del Estado de Puebla.
- Trabajar sobre la inclusión del módulo geográfico del SIMAP.
- Trabajar con la inclusión al SIMAP de los resultados obtenidos con los equipos de impacto KUAB y DYNATEST de tal manera que permita ingresar módulos elásticos o VRS y deflexiones obtenidas con estos equipos o con Viga Benkelman, como opciones.
- Medir el índice internacional de rugosidad (IIR) cada año en la red federal de carreteras, con la finalidad de tener mayor objetividad en los resultados del sistema.



FIGURA 2.

**Tabla 1. JERARQUIZACIÓN DE LOS PROYECTOS POR EL VALOR PRESENTE NETO DE LA ALTERNATIVA MAS RENTABLE (TRAMOS CON ISA MENOR O IGUAL A 3.8)**

PROYECTO No.	ALTERNATIVA OPTIMA	VPN (miles \$)	LONGITUD ACUMULADA (km)	COSTOS EN EL AÑO 1 (miles de \$)	
				PROYECTO	ACUMULADO
29	1.2	646,313.25	62.50	22,187.50	22,187.50
2	3.2	581,488.43	109.00	24,877.50	47,065.00
20	1.2	474,353.43	132.20	12,180.00	59,245.00
7	1.2	409,259.45	159.80	16,146.00	75,391.00
56	2.4	371,675.50	229.50	12,894.50	88,285.50
55	2.4	346,634.79	287.50	10,730.00	99,015.50
9	2	281,156.23	323.60	6,678.50	105,694.00
18	2	259,900.29	332.90	1,720.50	107,414.50
15	2	224,470.36	380.40	1,622.50	109,077.00
19	1.2	206,967.64	392.70	4,366.50	113,443.50
27	5	205,788.79	409.00	1,304.00	114,747.50
5	2	189,639.22	449.00	5,600.00	120,347.50
				Otros	83,729.85
				<b>Total</b>	<b>204,077.35</b>

**Nota:**

Todas las alternativas incluyen riego de sello.

- (1) Recubrimiento del pavimento estabilizado con emulsión
- (2) Carpeta de concreto asfáltico
- (3) Recubrimiento del pavimento con material de banco
- (4) Renivelación de sello
- (5) Renivelación con concreto asfáltico

Se propusieron 2 alternativas de conservación o mantenimiento de tipo periódico o correctivo, estableciéndose para cada una de ellas, el número de acciones de que constará, la vida útil, el valor de CSA que se recuperaría, la degradación del CSA en función de la vida útil y el costo de cada acción. Cabe destacar que cada proyecto contiene de una a tres alternativas, estableciéndose para los 49 proyectos, 105 alternativas en total.

No obstante que el monto necesario para atender la totalidad de la red fue de 200.41 millones de pesos, tomándose como restricción la inversión para el Estado durante 1997, que fue de 61.446 millones de pesos, distribuidos en acciones de conservación periódica y reconstrucción.

Los resultados aparecen en la tabla 1, la cual incluye 12 proyectos. Adicionalmente se realizó otra evaluación con CSA menor a 3, obteniéndose los mismos resultados para los primeros 4 proyectos mostrados en la tabla 1.

Con los resultados anteriores concluye estrictamente la aplicación del sistema; sin embargo, con la finalidad de ampliar la longitud atendida con los recursos disponibles, se propuso:

- Que los primeros 3 proyectos de la tabla 1 representen el rubro de construcción, con una asignación de 31.475 millones de pesos, atendiéndose éstos en 2 años, por lo que en el primer año se actuaría sólo en la mitad de la longitud total de los 3 proyectos con un costo de 29.622 millones de pesos. Asimismo, en el primer año se emprenderían las acciones correspondientes a la alternativa 1 del proyecto 21 (el cual tiene una longitud de 28.3 km), con un costo total de 2.264 millones de pesos. Así, el costo total para este rubro en el primer año sería de 31.886 millones de pesos con una longitud atendida en el primer año de 94.4 km. En el mapa de la figura 2 se muestran los tres tramos que deben atenderse para reconstrucción, según resultados del SIMAP.
- Por lo que respecta al rubro de conservación periódica, al cual en 1997 se le asignaron 29.971 millones de pesos, se atenderían 2 proyectos que serían el 7 y 55, con un costo de 26.876 millones de pesos; adicionalmente se propuso atender los proyectos 18 y 27, con un costo de 3.024 millones de pesos. De esta manera la longitud total atendida en este rubro en el primer año sería de 111.20 km.

- Inventario de deterioros. Se registraron los distintos tipos de falla (roderas, baches, grietas longitudinales, grietas transversales y otros) que muestra la superficie de rodamiento de los tramos de la red carretera, evaluando la severidad en términos de una escala compuesta de los niveles de la A (despreciable) a la E (muy grave).
- Proyectos homogéneos de conservación. Se definieron los 57 proyectos, los cuales guardaban relativa homogeneidad tanto en términos de nivel de tránsito como de estado superficial (CSA).
- Deflexiones y propiedades estructurales. En todos los segmentos de 5 km se midieron deflexiones utilizando Viga Benkelman, en los 500 m más críticos de cada segmento se tomaron 25 deflexiones para los distintos segmentos, una a cada 20 m. Los datos anteriores permitieron generar la información de deflexiones a nivel de los diferentes proyectos.
- Finalmente, para los segmentos que tuvieron deflexiones mayores de 1 mm se recabó información sobre la resistencia estructural del pavimento, en términos del espesor y el Valor Relativo de Soporte (VRS) de las distintas capas, la obtención del primero generalmente precisa de la obtención de muestras (corazones) mediante cilindros y taladros.

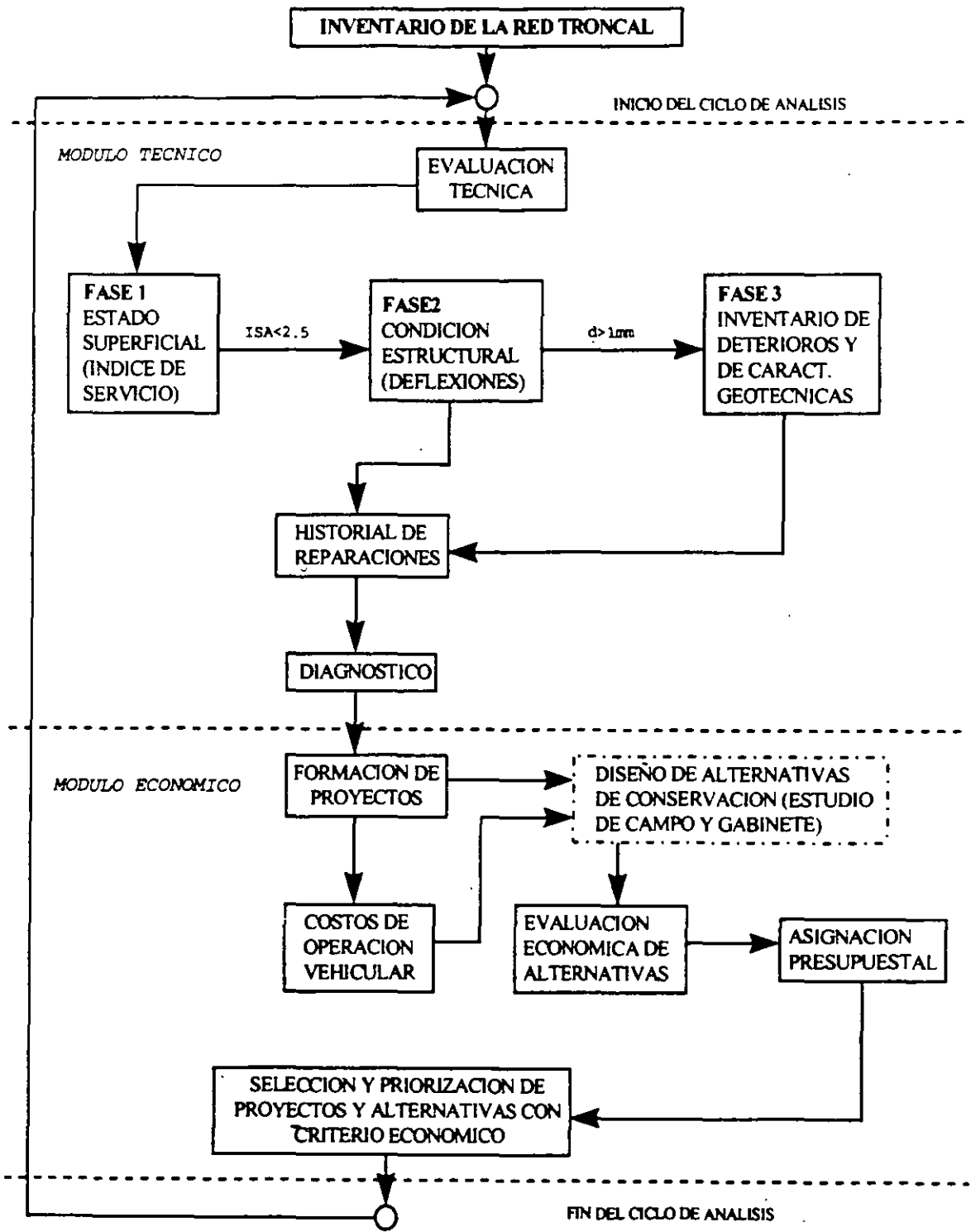
El programa piloto se llevó a cabo en los 1,166.01 km que constituyen la red federal de carreteras del Estado de Puebla, de los cuales no cumplían con las especificaciones antes mencionadas (CSA < 3.8 y deflexiones > 1 mm) 362.44 km.

### **3. Resultados.**

A partir del Módulo Técnico se obtuvo un reporte selectivo de tramos con CSA menor a 3.8 con la finalidad de considerarlos dentro de la evaluación económica. El reporte generado indicó que de los 57 tramos totales, debían descartarse 8, estableciendo un período de análisis de 15 años para todos los proyectos con una tasa anual de actualización de 12%. Los indicadores de rentabilidad económica para cada alternativa fueron el Valor Presente Neto (VPN) y la relación VPN/costo.



## SISTEMA MEXICANO DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS



**FIGURA 1.**

- Una información más exacta y accesible sobre el estado de un sistema de vialidades.
- Habilidad para evaluar con el tiempo, el comportamiento de los tratamientos seleccionados.
- Habilidad de mostrar el impacto de distintas estrategias de financiamiento.

## **2. Aplicación del SIMAP a la red carretera federal del Estado de Puebla.**

El SIMAP se define como el conjunto de actividades relacionadas con los procesos de organización, coordinación y control que afectan la funcionalidad, economía y vida útil de los pavimentos y que permiten una utilización adecuada de los recursos humanos y presupuestales disponibles. El SIMAP, para su operación, fue elaborado en dos módulos, uno técnico y otro económico; el primero permite conducir el proceso de recopilación de la información de campo requerida para la red bajo estudio, elaborar la base de datos con toda la información obtenida y generar distintos tipos de reportes a partir de dicha base de datos; el Módulo Económico permite realizar análisis de factibilidad económica para una serie de alternativas posibles de mantenimiento de los diferentes tramos, es una herramienta de cálculo computacional destinada a trabajar con los proyectos que han quedado igualados en los horizontes de calidad y tiempo al final de la etapa anterior. Las fases de éstos Módulos se muestran en la figura 1.

Los parámetros que se evaluaron fueron los siguientes:

- Calidad de rodaje mediante la calificación de servicio actual (CSA), el valor de un [REDACTED] es frecuentemente considerado como un valor de alerta, sin embargo en este estudio se fijó como límite de rechazo el valor de CSA igual a 2.8 para permitir el análisis de un mayor número de tramos. La mayoría de los segmentos en que se dividió la red se encuentran en estado "regular" (61.2%) y "bueno" (38.4%) y solamente 0.4% de los mismos se encuentran en estado "malo".
- Información de tránsito. Los datos viales permitieron identificar, dentro de cada tramo, los subtramos con diferente nivel de tránsito, encontrándose TDPA desde 17,476 para el tramo Puebla-Izucar de Matamoros, así como tramos con TDPA de 649 como mínimo.

# Resumen Ejecutivo.

---

## 1. Introducción.

Los sistemas de administración o gestión de pavimentos tienen como finalidad ayudar a elaborar programas anuales de conservación, que distribuyan a las tareas que más convenga realizar los casi siempre limitados recursos disponibles.

En México se han realizado diversos esfuerzos por elaborar sistemas de gestión de pavimentos congruentes con la realidad nacional. Dentro de éstos se cuenta el Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (SIMAP), desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte.

Las prácticas de administración o gestión de pavimentos se basan en el concepto de encontrar una combinación económica de medidas a aplicar en cualquier momento para poder obtener un nivel de servicio deseado. Los sistemas de administración de pavimentos (SAP) pueden evaluar varias estrategias, usan los efectos esperados de las medidas de mantenimiento y rehabilitación sobre el comportamiento futuro de la superficie de los caminos para identificar aquellas secciones que necesiten un tratamiento, e identificar la combinación de medidas preventivas que proporcionen una condición global deseada, considerando las restricciones impuestas.

Desde un punto de vista amplio, la administración de pavimentos cubre todas las fases de la planeación, programación, análisis, diseño, construcción e investigación de los pavimentos. Puede llegar a considerar tanto las necesidades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos existentes, como las necesidades de áreas adicionales de pavimento para aumentar la capacidad vial; no incluye mantenimiento rutinario (limpieza y reparación de taludes, señales, etc.), el cual suele enfrentarse a través de un presupuesto anual fijo reducido, que no requiere de un sistema o estrategia de gestión.

Los principales beneficios de la administración de pavimentos son:

- Uso más eficiente de los recursos disponibles.
- Una mayor habilidad para justificar y asegurar un mayor financiamiento para las actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

# Resumen Ejecutivo.

---

## 1. Introducción.

Los sistemas de administración o gestión de pavimentos tienen como finalidad ayudar a elaborar programas anuales de conservación, que distribuyan a las tareas que más convenga realizar los casi siempre limitados recursos disponibles.

En México se han realizado diversos esfuerzos por elaborar sistemas de gestión de pavimentos congruentes con la realidad nacional. Dentro de éstos se cuenta el Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (SIMAP), desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte.

Las prácticas de administración o gestión de pavimentos se basan en el concepto de encontrar una combinación económica de medidas a aplicar en cualquier momento para poder obtener un nivel de servicio deseado. Los sistemas de administración de pavimentos (SAP) pueden evaluar varias estrategias, usan los efectos esperados de las medidas de mantenimiento y rehabilitación sobre el comportamiento futuro de la superficie de los caminos para identificar aquellas secciones que necesiten un tratamiento, e identificar la combinación de medidas preventivas que proporcionen una condición global deseada, considerando las restricciones impuestas.

Desde un punto de vista amplio, la administración de pavimentos cubre todas las fases de la planeación, programación, análisis, diseño, construcción e investigación de los pavimentos. Puede llegar a considerar tanto las necesidades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos existentes, como las necesidades de áreas adicionales de pavimento para aumentar la capacidad vial; no incluye mantenimiento rutinario (limpieza y reparación de taludes, señales, etc.), el cual suele enfrentarse a través de un presupuesto anual fijo reducido, que no requiere de un sistema o estrategia de gestión.

Los principales beneficios de la administración de pavimentos son:

- Uso más eficiente de los recursos disponibles.
- Una mayor habilidad para justificar y asegurar un mayor financiamiento para las actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

## Aplicación del SIMAP a la Red Carretera Federal del Estado de Puebla.

- Una información más exacta y accesible sobre el estado de un sistema de vialidades.
- Habilidad para evaluar con el tiempo, el comportamiento de los tratamientos seleccionados.
- Habilidad de mostrar el impacto de distintas estrategias de financiamiento.

### **2. Aplicación del SIMAP a la red carretera federal del Estado de Puebla.**

El SIMAP se define como el conjunto de actividades relacionadas con los procesos de organización, coordinación y control que afectan la funcionalidad, economía y vida útil de los pavimentos y que permiten una utilización adecuada de los recursos humanos y presupuestales disponibles. El SIMAP, para su operación, fue elaborado en dos módulos, uno técnico y otro económico; el primero permite conducir el proceso de recopilación de la información de campo requerida para la red bajo estudio, elaborar la base de datos con toda la información obtenida y generar distintos tipos de reportes a partir de dicha base de datos; el Módulo Económico permite realizar análisis de factibilidad económica para una serie de alternativas posibles de mantenimiento de los diferentes tramos, es una herramienta de cálculo computacional destinada a trabajar con los proyectos que han quedado igualados en los horizontes de calidad y tiempo al final de la etapa anterior. Las fases de éstos Módulos se muestran en la figura 1.

Los parámetros que se evaluaron fueron los siguientes:

- Calidad de rodamiento mediante la calificación de servicio actual (CSA), el valor de un [REDACTED] es frecuentemente considerado como un valor de alerta, sin embargo en este estudio se fijó como límite de rechazo el valor de CSA igual a 2.8 para permitir el análisis de un mayor número de tramos. La mayoría de los segmentos en que se dividió la red se encuentran en estado "regular" (61.2%) y "bueno" (38.4%); y solamente 0.4% de los mismos se encuentran en estado "muy bueno".
- Información de tránsito. Los datos viales permitieron identificar, dentro de cada tramo, los subtramos con diferente nivel de tránsito, encontrándose TDPA desde 17,476 para el tramo Puebla-Izucar de Matamoros, así como tramos con TDPA de 649 como mínimo.

# SISTEMA MEXICANO DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS

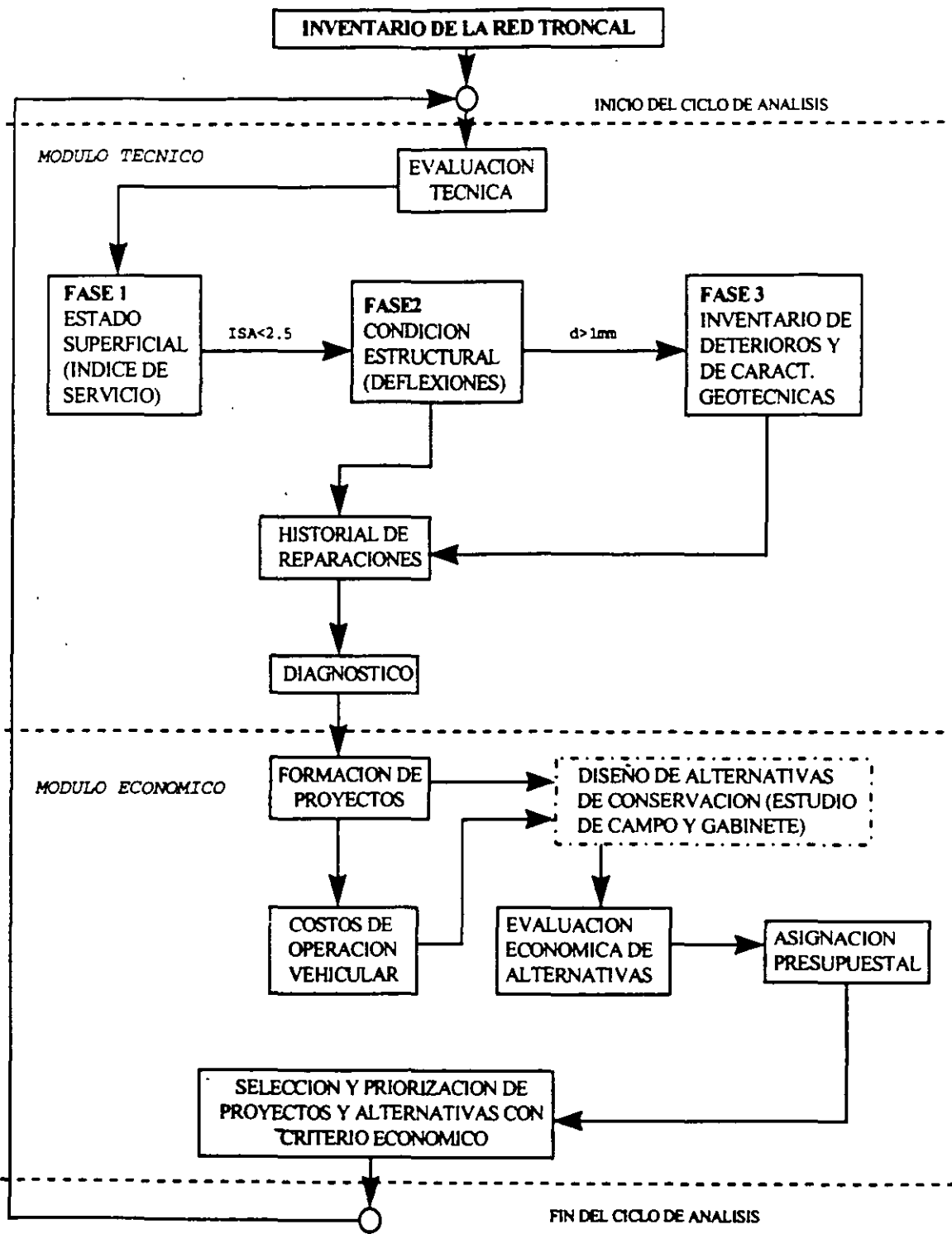


FIGURA 1.

- Inventario de deterioros. Se registraron los distintos tipos de falla (roderas, baches, grietas longitudinales, grietas transversales y otros) que muestra la superficie de rodamiento de los tramos de la red carretera, evaluando la severidad en términos de una escala compuesta de los niveles de la A (despreciable) a la E (muy grave).
- Proyectos homogéneos de conservación. Se definieron los 57 proyectos, los cuales guardaban relativa homogeneidad tanto en términos de nivel de tránsito como de estado superficial (CSA).
- Deflexiones y propiedades estructurales. En todos los segmentos de 5 km se midieron deflexiones utilizando Viga Benkelman, en los 500 m más críticos de cada segmento se tomaron 25 deflexiones para los distintos segmentos, una a cada 20 m. Los datos anteriores permitieron generar la información de deflexiones a nivel de los diferentes proyectos.
- Finalmente, para los segmentos que tuvieron deflexiones mayores de 1 mm se recabó información sobre la resistencia estructural del pavimento, en términos del espesor y el Valor Relativo de Soporte (VRS) de las distintas capas, la obtención del primero generalmente precisa de la obtención de muestras (corazones) mediante cilindros y taladros.

El programa piloto se llevó a cabo en los 1,166.01 km que constituyen la red federal de carreteras del Estado de Puebla, de los cuales no cumplían con las especificaciones antes mencionadas (CSA < 3.8 y deflexiones > 1 mm) 362.44 km.

### **3. Resultados.**

A partir del Módulo Técnico se obtuvo un reporte selectivo de tramos con CSA menor a 3.8 con la finalidad de considerarlos dentro de la evaluación económica. El reporte generado indicó que de los 57 tramos totales, debían descartarse 8, estableciendo un período de análisis de 15 años para todos los proyectos con una tasa anual de actualización de 12%. Los indicadores de rentabilidad económica para cada alternativa fueron el Valor Presente Neto (VPN) y la relación VPN/costo.

Se propusieron 2 alternativas de conservación o mantenimiento de tipo periódico o correctivo, estableciéndose para cada una de ellas, el número de acciones de que constará, la vida útil, el valor de CSA que se recuperaría, la degradación del CSA en función de la vida útil y el costo de cada acción. Cabe destacar que cada proyecto contiene de una a tres alternativas, estableciéndose para los 49 proyectos, 105 alternativas en total.

No obstante que el monto necesario para atender la totalidad de la red fue de 200.41 millones de pesos, tomándose como restricción la inversión para el Estado durante 1997, que fue de 61.446 millones de pesos, distribuidos en acciones de conservación periódica y reconstrucción.

Los resultados aparecen en la tabla 1, la cual incluye 12 proyectos. Adicionalmente se realizó otra evaluación con CSA menor a 3, obteniéndose los mismos resultados para los primeros 4 proyectos mostrados en la tabla 1.

Con los resultados anteriores concluye estrictamente la aplicación del sistema; sin embargo, con la finalidad de ampliar la longitud atendida con los recursos disponibles, se propuso:

- Que los primeros 3 proyectos de la tabla 1 representen el rubro de construcción, con una asignación de 31.475 millones de pesos, atendiéndose éstos en 2 años, por lo que en el primer año se actuaría sólo en la mitad de la longitud total de los 3 proyectos con un costo de 29.622 millones de pesos. Asimismo, en el primer año se emprenderían las acciones correspondientes a la alternativa 1 del proyecto 21 (el cual tiene una longitud de 28.3 km), con un costo total de 2.264 millones de pesos. Así, el costo total para este rubro en el primer año sería de 31.886 millones de pesos con una longitud atendida en el primer año de 94.4 km. En el mapa de la figura 2 se muestran los tres tramos que deben atenderse para reconstrucción, según resultados del SIMAP.
- Por lo que respecta al rubro de conservación periódica, al cual en 1997 se le asignaron 29.971 millones de pesos, se atenderían 2 proyectos que serían el 7 y 55, con un costo de 26.876 millones de pesos; adicionalmente se propuso atender los proyectos 18 y 27, con un costo de 3.024 millones de pesos. De esta manera la longitud total atendida en este rubro en el primer año sería de 111.20 km.



**Tabla 1. JERARQUIZACIÓN DE LOS PROYECTOS POR EL VALOR PRESENTE NETO DE LA ALTERNATIVA MAS RENTABLE (TRAMOS CON ISA MENOR O IGUAL A 3.8)**

PROYECTO No.	ALTERNATIVA OPTIMA	VPN (miles \$)	LONGITUD ACUMULADA (km)	COSTOS EN EL AÑO 1 (miles de \$)	
				PROYECTO	ACUMULADO
29	1.2	646,313.25	62.50	22,187.50	22,187.50
2	3.2	581,488.43	109.00	24,877.50	47,065.00
20	1.2	474,353.43	132.20	12,180.00	59,245.00
7	1.2	409,259.45	159.80	16,146.00	75,391.00
56	2.4	371,675.50	229.50	12,894.50	88,285.50
55	2.4	346,634.79	287.50	10,730.00	99,015.50
9	2	281,156.23	323.60	6,678.50	105,694.00
18	2	259,900.29	332.90	1,720.50	107,414.50
15	2	224,470.36	380.40	1,622.50	109,077.00
19	1.2	206,967.64	392.70	4,366.50	113,443.50
27	5	205,788.79	409.00	1,304.00	114,747.50
5	2	189,639.22	449.00	5,600.00	120,347.50
				Otros	83,729.85
				<b>Total</b>	<b>204,077.35</b>

**Nota:**

Todas las alternativas incluyen riego de sello

- (1) Recubrimiento del pavimento estabilizado con emulsión
- (2) Carpeta de concreto asfáltico
- (3) Recubrimiento del pavimento con material de banco
- (4) Renivelación de sello
- (5) Renivelación con concreto asfáltico



FIGURA 2.

#### **4. Conclusiones y recomendaciones**

Con base en la experiencia obtenida en el Estado de Puebla se demostró que el SIMAP es operable.

A partir de la aplicación del SIMAP en el Estado de Puebla se observó que con el valor de rechazo CSA menor o igual a 2.5, la longitud resultante de carreteras a estudiar era muy limitada; por esta razón, se dejó abierto este valor con el fin de que en aplicaciones posteriores del SIMAP, el usuario lo establezca conforme a la calidad de servicio de sus carreteras y a los recursos financieros posibles.

Por otra parte se recomendaron las siguientes acciones:

- Aplicar el SIMAP en las diferentes entidades federativas de la red federal y estatal de carreteras con el Índice de Servicio Actual y las deflexiones obtenidas durante el año de 1996.
- Actualizar los documentos técnicos relacionados con el sistema que contengan las modificaciones hechas al SIMAP durante el programa piloto en la red de carreteras federales del Estado de Puebla.
- Trabajar sobre la inclusión del módulo geográfico del SIMAP.
- Trabajar con la inclusión al SIMAP de los resultados obtenidos con los equipos de impacto KUAB y DYNATEST de tal manera que permita ingresar módulos elásticos o VRS y deflexiones obtenidas con estos equipos o con Viga Benkelman, como opciones.
- Medir el índice internacional de rugosidad (IIR) cada año en la red federal de carreteras, con la finalidad de tener mayor objetividad en los resultados del sistema.

# 1. Introducción.

---

## 1.1. Generalidades.

En México, la red federal de carreteras tiene una extensión aproximada de 30.000 kilómetros. Según datos de principios de 1994 referentes al estado actual de esta red principal, se estima que en términos de la calidad de servicio ofrecida a los usuarios, alrededor de 30% de ella se encuentra en buenas condiciones, 66% en estado regular mientras que el resto se encuentra en estado deficiente (Referencia 1). La considerable proporción de la red en estado regular o deficiente se debe, en buena parte, a la existencia de carreteras que fueron construidas hace muchos años para tránsitos de menor intensidad y peso que los actuales. Como consecuencia del progreso general del país, existen hoy tramos con aforos que pueden llegar a ser de 20 a 30 mil vehículos diarios, con 30 ó 40% de vehículos pesados. A la situación anterior se le une el que el nivel de asignación de recursos para conservación en los últimos años ha sido apenas suficiente para conservación rutinaria, resultando escaso para revertir la tendencia actual de la red hacia un deterioro generalizado (Referencias 2 y 3).

La situación anterior es parecida a la que sufren muchas otras redes carreteras del mundo. Por tal razón, desde la década de los 80's se han venido utilizando, cada vez con mayor frecuencia, los denominados "sistemas de administración o gestión de pavimentos". Estos tienen como finalidad ayudar a elaborar programas anuales de conservación que distribuyan a las tareas que más convenga realizar los casi siempre limitados recursos disponibles. Algunos de ellos han tenido una amplia aceptación en los países de América Latina (Referencia 4).

Diversos sistemas de administración de pavimentos (SAP) desarrollados en el mundo, a pesar de su innegable calidad, son considerados insuficientes para México. Estos SAP proceden de países con excelentes redes carreteras, construidas con buenos materiales. Por lo tanto, se parte de que en todos los casos se tiene una falla funcional, pero nunca estructural. En México, se considera que estos criterios no son aplicables en forma única, puesto que con mucha frecuencia los deterioros superficiales están ligados a fallas estructurales profundas. Es por ello que en México se han realizado diversos esfuerzos por elaborar sistemas de gestión de pavimentos congruentes con la realidad nacional. Dentro de éstos se

cuenta el Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos (SIMAP), desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte. Este sistema comprende fundamentalmente dos módulos, uno denominado Módulo Técnico, el cual permite llevar un inventario de todos los parámetros importantes para el diseño de la conservación de los distintos tramos de la red; y el otro denominado Módulo Económico, el cual permite realizar análisis de factibilidad económica para una serie de alternativas posibles de mantenimiento de los diferentes tramos.

## **1.2. Justificación.**

En este trabajo se describe un ejemplo completo de aplicación del SIMAP, al caso particular de la red de carreteras principales del Estado de Puebla.

De aquí en adelante, cuando se haga referencia al "sistema de gestión de pavimentos utilizado" pero no se indique explícitamente su nombre, deberá entenderse que se trata del SIMAP. De la misma manera, cuando se haga referencia a la "red de carreteras", deberá entenderse que se trata de la red de carreteras principales del Estado de Puebla.

Este tema fue seleccionado para elaborar el presente trabajo por la inquietud de investigar la conveniencia de emplear este tipo de tecnologías y analizar las limitantes que su aplicación pudiese tener actualmente en México, particularmente a los niveles locales (estatal y municipal).

## **1.3. Objetivos.**

Como ya se indicó, el objetivo fundamental de este estudio consiste en desarrollar un ejemplo completo de aplicación del SIMAP a la planeación de la conservación de la red carretera principal del Estado de Puebla. Esto, con el fin de:

- Explorar las posibilidades prácticas de utilización en México de estos sistemas.
- Ejemplificar su uso con un caso real.

## 1.4. Alcances.

En este trabajo se describen algunos aspectos de la elaboración del inventario de la red carretera considerada (aplicación del Módulo Técnico) así como los análisis económicos para determinar los programas de conservación correctiva y rehabilitación para el futuro inmediato (año próximo principalmente) (aplicación del Módulo Económico). No se describe con detalle, por otra parte, la recopilación de información de campo ya que ésta suele seguir métodos bien definidos que se presentan en diversas fuentes (Referencias 11 y 12).

La definición de los programas anuales de conservación se realiza a un nivel preliminar de planeación (nivel de red), en términos de los presupuestos, tramos y medidas con que deberá actuarse el año próximo. Queda fuera de los alcances de este estudio la determinación de la acción óptima definitiva a realizar en cada uno de los tramos a mejorar (nivel de proyecto). Tanto el nivel de red como el nivel de proyecto de los SAP se describirán con gran detalle en el siguiente capítulo.

Los alcances específicos de este trabajo están contenidos en los siguientes capítulos que lo constituyen:

- El presente capítulo muestra la introducción, indicando algunos aspectos de carácter general relacionados con la administración de la conservación de pavimentos y los motivos que condujeron a seleccionar este tema, así como los objetivos y alcances particulares de este trabajo.
- En el Capítulo 2 se describen los diferentes elementos que, en general, constituyen un sistema de gestión de pavimentos.
- El Capítulo 3 describe algunos aspectos de la organización de la información recopilada para la red, con fines de elaboración del inventario. Asimismo se muestran algunos análisis preliminares de dicha información.
- En el Capítulo 4 se presentan los análisis realizados con los Módulos Técnico y Económico del SIMAP. Estos culminan con la definición del programa preliminar de conservación para el futuro

inmediato (como ya se dijo, a nivel de red). Se muestran algunos aspectos de la elaboración del inventario a través del Módulo Técnico. Asimismo se muestran los análisis de factibilidad realizados para una serie de alternativas posibles de mantenimiento para los diferentes componentes de la red, definiéndose los tramos en que resultaría más conveniente la actuación inmediata y las medidas más adecuadas a efectuar en ellos; estos análisis se realizan con el Módulo Económico.

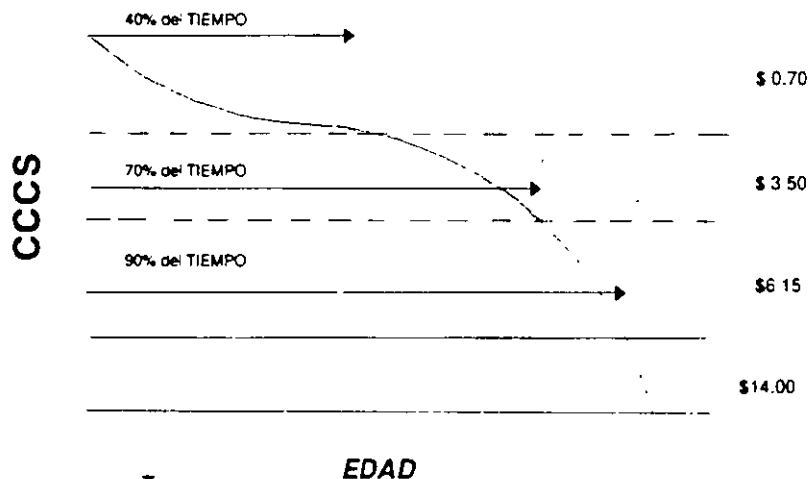
- El Capítulo 5 presenta las conclusiones y recomendaciones más relevantes derivadas de los capítulos anteriores.

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

### 2.1. Introducción.

En este capítulo se describen los principios más importantes de la gestión de pavimentos. El sistema de administración de pavimentos (SAP) que se emplea en este trabajo es congruente con los principios aquí mencionados. Sus particularidades más relevantes se destacan en el Capítulo 4, el cual detalla su aplicación específica a la red carretera del Estado de Puebla.

Todas las superficies de los caminos se deterioran con el tiempo debido al tránsito y al medio ambiente. La Figura 2.1 muestra la tasa promedio de deterioro y el cambio de los costos de reparación a medida que el pavimento se deteriora. El término CCCS (calificación compuesta de condición superficial) es una medida o índice de la condición de un pavimento (sus valores altos representan una condición mejor que sus valores bajos). Es evidente que el costo total será menor si el pavimento se repara oportunamente. La figura también indica que le costará menos a la agencia que proporciona el mantenimiento, mantener las carreteras en buen estado.



CCCS = calificación compuesta de condición superficial.

**FIGURA 2.1 Efectos del Tratamiento Oportuno Sobre los Gastos de Recuperación.**



Las prácticas de administración o gestión de pavimentos se basan en el concepto de encontrar una combinación económica de medidas a aplicar en cualquier momento para poder obtener un nivel de servicio deseado. Los SAP que pueden evaluar varias estrategias, usan los efectos esperados de las medidas de mantenimiento y rehabilitación sobre el comportamiento futuro de la superficie de los caminos para identificar aquellas secciones que necesiten un tratamiento, e identificar la combinación de medidas preventivas que proporcionen una condición global deseada, considerando las restricciones impuestas.

Un SAP es una herramienta que se usa para ayudar a tomar decisiones económicas en lo que se refiere al mantenimiento y rehabilitación de pavimentos y superficies de caminos (Referencias 13 a 16). Mucha gente piensa que un SAP es un conjunto de programas de computadora. Esto es erróneo, ya que los programas de computadora no gestionan o toman decisiones. El personal de una organización es el que administra los pavimentos y el que toma las decisiones. Los programas de computadora solamente asisten en la administración de la información y apoyan a la toma de decisiones. Los SAP proveen los instrumentos para organizar una cantidad enorme de datos que se desarrollan en una red de carreteras. Cuando el almacenamiento y los análisis de datos se automatizan, un SAP guarda los datos, los recupera y realiza cálculos múltiples y complejos en una forma rápida y eficiente.

El término gestión de pavimentos se usa para describir la administración de redes de supercarreteras, carreteras y calles con superficies pavimentadas, mientras que el término gestión de superficies de carreteras y calles, o solamente gestión de superficies, se utiliza para describir la gestión de redes de carreteras y calles con superficies pavimentadas y no pavimentadas (Referencia 17). En este estudio se hace referencia exclusivamente a superficies pavimentadas con estructuras flexibles de varias capas, de las cuales la más superficial es de concreto asfáltico.

Desde un punto de vista amplio, la administración de pavimentos cubre todas las fases de la planeación, programación, análisis, diseño, construcción e investigación de los pavimentos (Referencia 18). Puede llegar a considerar tanto las necesidades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos existentes, como las necesidades de áreas adicionales de pavimento para aumentar la capacidad

vial; no incluye generalmente el mantenimiento rutinario (limpieza y reparación de taludes, señales, etc), el cual suele enfrentarse a través de un presupuesto anual fijo reducido, que no requiere de un sistema o estrategia de gestión. Trata también sobre los requerimientos de los trabajos seleccionados y las normas a seguir en ellos. La planificación de actividades programadas de mantenimiento normalmente se desarrolla dentro de un sistema de administración de pavimentos o uno de superficie de caminos.

## **2.2. Niveles de Gestión de Pavimentos.**

La administración de pavimentos generalmente se desarrolla a dos niveles, el nivel de red y el nivel de proyecto (Referencias 13, 14 y 18). Las diferencias entre el nivel de red y el de proyecto se extienden más allá del nivel en el cual se toman las decisiones e incluyen diferencias en la cantidad y el tipo de datos que se requieren. La recolección de datos es costosa y a menudo no se sabe con exactitud que tipo ni que cantidad de ellos serán requeridos, hasta que parte de los datos hayan sido recolectados. La recolección excesiva de datos ha creado problemas en la implementación y el uso continuo de SAP en el pasado (Referencia 19). Para evitar este problema, a nivel de red normalmente se recolecta una cantidad mínima de datos (aunque para toda la red). Esto permite que el SAP sea implementado con un monto de inversión inicial bajo en la recopilación de datos; sin embargo, los datos recopilados a nivel de red no son los más adecuados para tomar la mayoría de las decisiones a nivel de proyecto. Se deben recolectar más datos de las secciones de pavimento individuales identificadas como candidatas prioritarias para mantenimiento o rehabilitación por el análisis a nivel de red (es decir, a nivel de proyecto se requiere la información de detalle necesaria para el diseño de las medidas más adecuadas, pero sólo para las secciones candidatas prioritarias). La necesidad de minimizar los costos de la recolección de datos es una razón para separar los elementos de gestión de pavimentos en elementos a nivel de proyecto y a nivel de red.

La diferencia en el nivel de decisión normalmente se encuentra en la cantidad de pavimento que se considere y también en el propósito de la decisión (Referencia 20). A nivel de red, las agencias normalmente incluyen los pavimentos de toda la red bajo su jurisdicción. Sin embargo,

las agencias pueden separar la red en subconjuntos, como caminos arteriales, las rutas de autobuses o las calles industriales. La cantidad de pavimento que se considera a nivel de proyecto normalmente consiste en un tramo o sección sencilla a gestionar, la cual a veces corresponde a una sección original de construcción, aunque las secciones pueden ser combinadas o subdivididas para propósitos de análisis.

El propósito del proceso de gestión a nivel de red normalmente se relaciona con el proceso presupuestario para identificar las necesidades de trabajo de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, la selección de secciones a repararse o mantener y la determinación de los efectos de las varias opciones sobre el comportamiento del sistema de todos los pavimentos de la red y sobre el bienestar global de la comunidad (Referencia 18). La parte que trata de la selección de secciones a financiarse en determinados períodos se denomina como selección y programación de proyectos; en algunas agencias ésta ha sido identificada con la gestión a nivel de proyecto. Sin embargo, esta parte es un elemento del proceso de administración a nivel de red y aquí será discutida como parte de la gestión a nivel de red. Los resultados principales de los análisis a nivel de red incluyen las necesidades de mantenimiento y rehabilitación, las necesidades de financiamiento, un listado priorizado de las secciones o tramos candidatos que necesitan reparación y un pronóstico de las condiciones futuras de la red para varias opciones de financiamiento.

A nivel de proyecto, el propósito es determinar la estrategia más económica posible de diseño inicial así como de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción durante el período de vida de una sección de pavimento seleccionada, dado el financiamiento disponible (Referencia 18). Los resultados principales de la administración de pavimentos a nivel de proyecto incluyen una evaluación de las causas del deterioro, identificación de las estrategias posibles de diseño, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción y la selección de la estrategia más económica a seguir durante el período de vida de la sección, dadas las restricciones impuestas. Este proceso requiere de una cantidad considerable de datos detallados para la sección considerada.

A nivel de red se analiza toda la red considerada, con el mínimo de datos de ella para generar programas de conservación preliminares (para un horizonte de tiempo dado), utilizados principalmente para la gestión de los

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

recursos. A nivel de proyecto se consideran sólo los tramos carreteros con mayor urgencia de actuación (programa del año próximo), determinándose para ellos las medidas definitivas a aplicar. No todos los datos que se necesitan para tomar las decisiones a nivel de proyecto son requeridos para tomar las decisiones a nivel de red. Generalmente las decisiones a nivel de red pueden ser tomadas con una cantidad menor de datos que aquéllos que se requieren para tomar decisiones específicas sobre una sección a nivel de proyecto. Para reducir los costos de implementar un SAP, solamente se recolecta la cantidad mínima de datos requeridos, y sólo cuando sean necesarios.

La administración de pavimentos a nivel de proyecto básicamente consiste en los análisis y diseños de ingeniería que se requieren para desarrollar la estrategia más efectiva (de mayor factibilidad económica) de diseño, mantenimiento o rehabilitación para una sección específica de pavimento. Algunos se refieren a este proceso como análisis de proyecto o diseño de proyecto, en vez de gestión de pavimentos a nivel de proyecto (Referencia 14). Las secciones que necesitan trabajos de mantenimiento y rehabilitación (e incluso reconstrucción), serán seleccionadas para reparación por el SAP a nivel de red (y posiblemente también por algún sistema de gestión de seguridad vial). Las actividades de diseño de pavimentos nuevos (por ejemplo, de ampliaciones y vías nuevas) deben de provenir de algún sistema de administración de tránsito o de otros procesos establecidos para determinar esas necesidades específicas. Debido a la necesidad de evaluar la condición de los materiales ya en su lugar, el diseño de un trabajo de rehabilitación pudiera requerir más ingeniería que el diseño de un pavimento nuevo (en el que muchos de los parámetros se asumen o se obtienen mediante pruebas de laboratorio).

El tamaño del proyecto y la importancia de la vía para la agencia determinan la cantidad de tiempo y fondos a gastarse en la evaluación a nivel de proyecto. Los pavimentos sobre vías principales con alto tránsito deben sujetarse a una mejor evaluación que aquéllos sobre caminos o vías de bajo tránsito. Todos los conceptos y los procedimientos de evaluación descritos son válidos para cualquier calle o carretera, independientemente del volumen de tránsito. Lo único que varía es la cantidad de pruebas a realizar y el tiempo que se dedique para arribar a conclusiones.

## **2.3. Descripción de los Elementos a Nivel de Red.**

Esta sección trata principalmente de los elementos a nivel de red; en ella se proporciona una descripción breve de un SAP a nivel de red. Los elementos básicos de un SAP a nivel de red son (Referencias 13 y 15):

- Un inventario.
- Evaluación de la condición.
- Determinación de las necesidades de financiamiento.
- Identificación de proyectos candidatos a financiar.
- Un método para determinar el impacto o los efectos de las decisiones de financiamiento sobre las condiciones futuras y el financiamiento futuro.
- Un proceso de retroalimentación.

Obsérvese que en esta discusión, la identificación de proyectos candidatos para financiamiento se incluyen en el análisis a nivel de red. Como ya se indicó, este elemento de programación ha sido llamado por algunas agencias como nivel de proyecto, pero es una parte del proceso a nivel de red y será incluido en este documento dentro del análisis a nivel de red.

### **2.3.1. Inventario.**

El inventario de la red vial proporciona información sobre la cantidad de pavimentos que el administrador es responsable de gestionar, información sobre la ubicación de las secciones de pavimento e información básica relacionada con las secciones de pavimentos dentro de la red (Referencias 13 a 15). Es imposible administrar una red de pavimentos como una sola unidad; una tarea importante del proceso de implementación de un SAP es la división de la red en secciones o tramos a administrar. El inventario proporciona información básica sobre la ubicación y la conectividad de cada sección de gestión dentro de la red.

Se usan dos conceptos generales para dividir la red en secciones de gestión. En el primero, la red se divide en tramos de un largo uniforme (alrededor de media milla) y si se desea, los tramos pueden ser combinados para el análisis. En el segundo concepto, se definen secciones de gestión que serán tratadas por el administrador como unidades completas y a las cuales normalmente se les aplicará el mismo tratamiento de mantenimiento. Cualquiera de los dos conceptos pueden ser utilizados y ambos tienen ventajas y desventajas.

Los datos nunca deben ser recolectados con la filosofía de que "sería bueno tener los datos" o de que "algún día podrían ser útiles". Cada tipo de datos requiere de tiempo, esfuerzo y dinero para recolectarse, guardarse, extraerse y usarse. Cualquier dato sólo debe ser recopilado cuando ese elemento sea importante para tomar decisiones de mantenimiento y rehabilitación al nivel considerado (Referencia 13). Se pueden usar diferentes tipos de datos, cantidades y niveles de exactitud para los análisis a nivel de red y a nivel de proyecto. Cualquier información que no sea vital para tomar una decisión debe evitarse, sin embargo se debe conocer cierta información básica acerca de cada sección de administración. Los elementos que generalmente se requieren para cada sección de administración incluyen: identificación, ubicación, número de carriles de tránsito, clasificación funcional, área, tipo de superficie, niveles de tránsito y fecha en la cual la superficie existente fue construida. Adicionalmente, otros datos que pudieran ser útiles son: información sobre el drenaje, información de los carriles de estacionamiento e información sobre la geografía y el medio ambiente.

### **2.3.2. Evaluación de la Condición de los Pavimentos.**

La evaluación de la condición de un pavimento empieza con la recolección de datos para determinar el tipo, la cantidad, la severidad de los deterioros superficiales, la integridad estructural, la calidad de circulación y la resistencia al deslizamiento del pavimento. Los datos sobre la condición de los pavimentos son necesarios para la evaluación y determinación de las necesidades de trabajos de mantenimiento y rehabilitación; también se usan para pronosticar el comportamiento del pavimento, establecer las estrategias de mantenimiento y rehabilitación y para ayudar a optimizar el financiamiento disponible para esos trabajos.

La condición de los pavimentos normalmente se mide utilizando los factores siguientes (Referencias 13 y 14):

- **Deterioro Superficial.** Se refiere al daño o deterioro en la superficie del pavimento. Normalmente se realizan estudios para determinar el tipo, la severidad y la cantidad de los defectos superficiales. Esta información se usa con frecuencia para determinar un índice o calificación compuesta de condición superficial (CCCS), el cual sirve para calcular la tasa de deterioro y pronosticar la condición futura (Referencia 13). El deterioro superficial y los valores de CCCS actuales o futuros se utilizan para identificar el momento oportuno para realizar los trabajos de mantenimiento y rehabilitación, así como las necesidades monetarias requeridas en el proceso de la gestión de pavimentos. El nivel de defectos superficiales es la medida más común utilizada por el personal de mantenimiento para determinar el tipo y momento oportuno del mantenimiento requerido.
  
- **Capacidad Estructural.** Se refiere a la máxima carga y el máximo número de repeticiones que un pavimento puede soportar. Normalmente se realiza un análisis estructural para determinar la capacidad de carga actual y la capacidad necesaria para soportar el tránsito proyectado. Los ensayos de deflexión no-destructivos del pavimento son un método simple y confiable para realizar esta evaluación; sin embargo, también pueden utilizarse técnicas de muestreo mediante cilindros y taladros tubulares. La evaluación estructural del pavimento es importante en la selección de los tratamientos a nivel de proyecto.
  
- **Rugosidad (Calidad de Circulación).** Es una medida de la distorsión de la superficie del pavimento o un estimado de la habilidad de éste para proporcionar un viaje confortable a los usuarios. Se evalúa mediante una calificación que trata de representar la opinión de los usuarios sobre la calidad de circulación actual que el pavimento les proporciona (Calificación de Servicio Actual, CSA) o mediante algún índice correlacionado con esa opinión, como es el Índice Internacional de Rugosidad (IIR). La rugosidad del pavimento es considerada por el público como la medida más importante, especialmente en aquellos pavimentos con elevados límites de velocidades (por arriba de los 70 kilómetros por

hora). La rugosidad es considerada muy importante por las agencias de transporte estatales, pero por lo general no es tan importante para las agencias municipales debido a las bajas velocidades en estas jurisdicciones.

- **Resistencia al Derrapamiento.** Se refiere a la habilidad del pavimento de proporcionar la fricción suficiente para evitar los problemas de seguridad asociados con los derrapamientos o deslizamientos. La resistencia al deslizamiento es más importante para los pavimentos de las vías rápidas y generalmente se le considera como una medida separada de la condición; a menudo puede utilizarse por sí misma para determinar la necesidad de realizar algún tipo de trabajo correctivo.

Los cuatro factores anteriores de condición pueden ser utilizados para determinar la condición global del pavimento e identificar el tratamiento de mantenimiento y rehabilitación económicamente más efectivo. El grado de importancia de estos factores en términos del comportamiento del pavimento y de las necesidades de mantenimiento y rehabilitación varían; es obvio que cualquier tratamiento recomendado para corregir un problema de capacidad estructural puede remediar todas las deficiencias que pudieran estar presentes, incluyendo la rugosidad. Al mismo tiempo, cualquier tratamiento seleccionado para corregir la rugosidad puede ser usado para mejorar la resistencia al deslizamiento y corregir cualquier deterioro superficial.

Hay muchos métodos que pueden usarse para recolectar cualquiera de las cuatro medidas anteriores (Referencias 21 y 22). Cada método tiene ventajas y desventajas, pero en general, aquellos procedimientos que requieren menos esfuerzos y costos son los menos exactos. Aquellos que son más exactos también son más costosos y que toman más tiempo. La agencia de transporte debe considerar cuidadosamente el tipo y el nivel de decisiones que se tomarán a partir de las medidas obtenidas, junto con los recursos disponibles, para determinar el método que deba usar. En la mayoría de las agencias estatales de transporte, las medidas del deterioro y rugosidad se recolectan a nivel de red. En las agencias locales, las medidas del deterioro superficial son las que se usan con más frecuencia. Por lo general, la mayoría de las agencias usan métodos menos exactos para los análisis a nivel de red y utilizan medidas más detalladas para los análisis a



nivel de proyecto. Los datos son normalmente recolectados para definir la condición de cada sección individual de gestión identificada en el inventario.

La información recolectada sobre la condición se utiliza de varias maneras a lo largo del SAP (Referencias 14 y 21). Algunas agencias utilizan tipos específicos de deterioros superficiales a nivel de red; otras los combinan para determinar índices de la condición, tales como el índice o la calificación de servicio presente (CSA), la calificación compuesta de condición superficial (CCCS) o el índice de la condición del camino (ICC).

En los siguientes capítulos se indican las medidas consideradas en el ejemplo presentado en este trabajo, así como los métodos utilizados para obtenerlas. También se describe el uso específico que se da a ellas en la aplicación de SAP mostrada.

### **2.3.3. Determinación de las Necesidades de Financiamiento.**

Una vez que la red de pavimentos ha sido definida y que los datos de las condiciones han sido recolectados, la condición de las secciones individuales de gestión y la condición global de la red, sin ningún mantenimiento o rehabilitación, pueden ser determinados proyectando los deterioros individuales, la CSA, la CCCS, o alguna combinación de índices, a un tiempo futuro (Referencia 15). Las secciones pavimentadas de administración se seleccionan para mantenimiento y rehabilitación durante un período de análisis, si se cumple con un criterio de decisión establecido, el cual está normalmente basado en la condición, el tipo de superficie, la clasificación funcional y el tránsito (Referencia 15). Para trabajos de mantenimiento preventivo, se utiliza un programa cronológico en el cual la condición de la sección de pavimento se proyecta para bajar hasta un cierto valor mínimo de condición establecido. Cuando las secciones de pavimentos se identifican para trabajos de mantenimiento y rehabilitación, se usa una categoría de costo a nivel de red para el tipo de pavimento y condición de que se trate, para determinar las necesidades financieras de cada sección. Estas se suman para cada año del período de análisis para determinar las necesidades presupuestarias anuales.

El propósito de la planeación presupuestaria a nivel de red es asignar un costo de reparación a cada sección de pavimento que ha alcanzado los valores mínimos de condición seleccionados; es generalmente una categoría de costo en vez de un costo específico real. Los valores mínimos de condición y las categorías de costos asociados con cada uno de ellos, deben ser seleccionados basados en un análisis de los niveles de servicio más económicos que la agencia puede proporcionar al público con las restricciones existentes. Los tratamientos correspondientes a las distintas categorías de costos deben definirse con base en análisis de costos durante la vida útil, para proporcionar la mejor condición por la mínima cantidad de dinero. Sin embargo, como éstos solamente son tratamientos a nivel de red, sólo deben proveer un costo inicial suficientemente razonable que permita identificar las secciones candidatas y la cantidad de dinero que se necesita para obtener algún objetivo definido por la agencia. En la realidad, algunas secciones candidatas requerirán más dinero de lo estimado, mientras que otras requerirán menos. El análisis a nivel de proyecto se usa para ajustar los tratamientos, porque requiere de una observación más detallada de las secciones para determinar la medida económicamente más eficiente para la sección específica de pavimento.

Los procedimientos de asignación que relacionan la condición del pavimento con la categoría de costos, generalmente usan una categoría de costo para cada nivel de condición. Los programas de SAP que utilizan técnicas completas de optimización pueden considerar muchos tratamientos específicos para cada nivel de condición; sin embargo, estos tratamientos generalmente no deben ser aplicados o usados para determinar el presupuesto para una sección de gestión, hasta que un análisis más completo sea desarrollado a nivel de proyecto, a no ser que existan datos completos a nivel de red para asignar los tratamientos.

#### **2.3.4. Priorización de Secciones Candidatas.**

Una vez que la agencia identifica las secciones de pavimento que necesitan de acciones de mantenimiento o rehabilitación y determina los fondos necesarios para mantener la red de pavimentos en la condición deseada, la agencia debe priorizarlas y asignar los fondos monetarios correspondientes (Referencia 14). En la mayoría de los casos, la cantidad de fondos disponibles es menor que la que necesita para completar todas

las reparaciones identificadas; aún cuando existen suficientes fondos, generalmente deben ser distribuidos a través de varios años para igualar la cantidad de trabajo con el personal disponible. El objetivo de priorizar es obtener la mejor condición posible en la red de pavimentos, dados los fondos a gastar.

Para esta priorización puede usarse un procedimiento sencillo basado en hacer un "ranking"; sin embargo, este tipo de procedimiento está limitado por el número de factores que pueden ser considerados (Referencia 15). Los procedimientos de "ranking" generalmente asignan las prioridades más altas a aquellas secciones en la peores condiciones, sin considerar la utilidad de los fondos a gastarse. Como se ilustró en la Figura 2.1, la efectividad económica de los distintos tratamientos de mantenimiento y rehabilitación cambia en función de la condición, así como con el tipo de pavimento, el nivel de tránsito, etc. Estos métodos de asignar un "ranking" son los menos efectivos, pero también son los más sencillos de aplicar.

Frecuentemente, los métodos de "ranking" que se usan son aquellos que se basan en la condición del pavimento, el costo a través del tiempo y la importancia del camino, en términos sencillos que puedan ser fácilmente entendidos, apoyados y explicados a los funcionarios públicos. También se han usado técnicas de optimización anual que maximizan los beneficios dado el nivel de financiamiento.

Existe un número de "herramientas de optimización" que están disponibles para determinar la "asignación óptima" de los fondos monetarios (Referencias 15, 23 y 24). Entre éstas se incluyen la programación lineal, la programación de números enteros, el análisis de decisión de Markov y la programación dinámica. Hay muchos factores que han impedido el uso verdadero de las herramientas de optimización en la administración de pavimentos. Primero, muchos de los empleados de las agencias se oponen al uso de éstas porque las técnicas que usan son complejas y dan respuestas que ellos no pueden entender rápidamente o explicar.

La mayoría de la decisiones a nivel de red se toman con base en una cantidad mínima de datos. Los métodos de "ranking" proporcionan soluciones razonablemente buenas y los métodos de optimización seleccionan las mejores; sin embargo, la información de salida proveniente de los métodos de "ranking" o de optimización a nivel de red, no se usa

directamente. Ella proporciona una lista de secciones candidatas de gestión y de categorías de costos de los tratamientos para el financiamiento disponible. Se requiere un análisis a nivel de proyecto para seleccionar el mejor trabajo a realizar para una sección específica de pavimento. Secciones adicionales de pavimento se añaden a la lista de secciones candidatas o se mueven a lo largo de los años debido a la proximidad geográfica y a la similitud de los tratamientos, para aumentar las economías de escala durante la construcción.

### **2.3.5. Determinación de los Efectos o Impactos de las Decisiones Presupuestarias.**

El objetivo de las agencias gubernamentales es proporcionar el máximo beneficio social, utilizando los fondos públicos. Sin embargo, el presupuesto es generalmente asignado por funcionarios que han sido elegidos, y quienes se someterán a reelección en el corto plazo. Estos funcionarios frecuentemente están más interesados en financiar soluciones a corto plazo, de un costo inicial menor, que soluciones a largo plazo y con costo inicial mayor, a pesar que se les muestre que las soluciones a largo plazo son más eficientes económicamente. Generalmente se requiere una cantidad considerable de justificaciones para lograr que se acepten soluciones a largo plazo. Una de las mejores maneras para justificar las peticiones de presupuestos es enseñar el impacto de distintas alternativas de financiamiento, en la salud de la red vial, en la acumulación de necesidades y en las necesidades futuras de financiamiento.

La integridad de la red de pavimentos se puede mostrar proyectando la condición promedio de los pavimentos de la red a lo largo de algún período de análisis razonable, en función de los niveles de financiamiento y las varias estrategias de financiamiento. Sin embargo, muchas de las personas que asignan los presupuestos, frecuentemente no entienden el significado de los cambios de la condición; generalmente ellos piensan en términos financieros. Muchas veces es mejor describir la calidad del servicio actual que se está proporcionando y discutir cómo el nivel de financiamiento aumentará o disminuirá esa condición; por ejemplo, se podría explicar cómo el porcentaje de materiales en condición pobre cambiará de un 5 a un 10% en los siguientes 5 años con el nivel de financiamiento actual, pero pudiera mantenerse constante a lo largo del mismo período con un aumento de un

7% en el presupuesto. También para algunas agencias gubernamentales es importante discutir la vida útil de la red existente y los cambios de la vida útil en función de las diferentes estrategias de financiamiento.

### **2.3.6. Sistemas de Retro-Alimentación.**

Muchos de los sistemas de gestión de pavimentos que actualmente se usan, fueron implementados utilizando técnicas de proyección, procesos de asignación y costos basados en información limitada. Para que un sistema sea completamente adoptado y usado, debe demostrarse que es confiable. Los procesos de retro-alimentación proporcionan información sobre la confiabilidad de los estimados pasados e información para mejorar los estimados futuros (Referencia 13). Estos procesos de retro-alimentación no son elementos del SAP, sino que consisten en un proceso manual por el cual el personal responsable en operar el SAP actualiza los algoritmos, los procesos de asignación y los costos, en una forma periódica.

## **2.4. Descripción de los Elementos a Nivel de Proyecto.**

Esta discusión se proporciona para ayudar a distinguir entre las actividades de gestión a nivel de proyecto y a nivel de red. La mayoría del personal de ingeniería y de obras públicas tienen más experiencia en las actividades a nivel de proyecto que en una gestión a nivel de red. La materia de esta sección puede enseñar cómo los dos niveles se deben de interrelacionar para desarrollar buenas prácticas de administración. Los elementos de la administración a nivel de red deben de identificar proyectos candidatos para los trabajos programados de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción. Los funcionarios de obras públicas desarrollarían una lista final que entonces se sometería a un análisis a nivel de proyecto.

La gestión de pavimentos a nivel de proyecto es el proceso de análisis y diseño para determinar los tipos y espesores de las capas de materiales que se necesitan para una estructura de pavimento para servir al público (Referencia 14). A pesar de que se pueden usar programas de computadora para diseñar el espesor de las capas de los materiales

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

específicos y para realizar análisis económicos, la mayoría de los procesos deben ser completados fuera de los programas. Un proceso completo requiere una cantidad considerable de muestreo y pruebas de materiales que tienen lugar tanto en el sitio como en laboratorios.

La gestión de pavimentos a nivel de proyecto generalmente considera diseños de pavimentos nuevos, así como trabajos programados de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción que requieren algún nivel de diseño. Las necesidades de diseños nuevos pueden ser generadas por un proceso de gestión de tránsito o por otros procesos. Las necesidades de rehabilitación, reconstrucción y mantenimiento pueden ser generadas desde un SAP o desde un proceso de gestión de seguridad vial. Generalmente, el desarrollo y diseño de los trabajos de mantenimiento es realizado por un grupo dentro de obras públicas distinto al que hace el diseño de construcciones nuevas y rehabilitaciones. El propósito de la gestión a nivel de proyecto es determinar la alternativa de diseño o tratamiento económicamente más eficiente, para una sección de pavimento que ha sido seleccionada para ser mejorada. La alternativa seleccionada debe ser diseñada y construida considerando los límites en los niveles de financiamiento y debe de cumplir con otras restricciones aplicables.

### **2.4.1. Diseños Nuevos.**

El propósito de un pavimento es proporcionar al público una superficie de rodaje que sea económica, segura y confortable. A pesar de que los pavimentos son generalmente considerados como uno de los tipos más simples de estructuras diseñadas por ingenieros, su diseño es bastante complejo. La mayoría de los pavimentos están hechos con capas de materiales; eventualmente todas las cargas son transmitidas al suelo o terreno natural. Los materiales más fuertes están generalmente ubicados cerca de la superficie para poder resistir las cargas de tránsito, estática y dinámicamente. Cada capa sucesiva distribuye la carga sobre un área más grande. Las capas más fuertes proporcionan una distribución mayor, lo cual hace que las cargas sean distribuidas sobre una área más grande que la que se tendría con el mismo espesor de un material más débil. Esta distribución reduce las deflexiones unitarias y los esfuerzos de compresión verticales en las capas subsecuentes inducidos por las cargas. Estos esfuerzos y deflexiones, si llegan a ser excesivos, pueden causar

deflexiones permanentes en la estructura del pavimento causando hundimientos o deformaciones. Los materiales también deben tener la estabilidad adecuada para resistir las fuerzas cortantes producidas por las cargas de las ruedas, sin que exhiban además cualquier otro tipo de deformaciones. Los materiales deben tener la capacidad de resistir las cargas del tránsito sin que desarrollen deflexiones unitarias de tensión excesivas en las capas confinadas, las cuales suelen causar agrietamientos tipo "piel de cocodrilo".

Tanto el espesor como la rigidez de las capas afectan la distribución de las cargas y la resistencia a la fatiga de las capas del pavimento. Estas propiedades son generalmente consideradas en el proceso del diseño del pavimento en la caracterización de los materiales. La estabilidad de los materiales para resistir las deformaciones generalmente no se considera en forma directa en el diseño del pavimento porque la mayoría de los procedimientos de diseño asumen que las especificaciones de los materiales controlan adecuadamente este factor.

Muchos de los pavimentos actuales nunca fueron diseñados. Muchos de ellos fueron construidos utilizando espesores uniformes que fueron seleccionados con base en la experiencia. Algunas agencias tienen catálogos o una lista con dos o tres tipos de diseño, a partir de la cual se seleccionan la composición del pavimento y el espesor de las capas. Evidentemente estos métodos no consideran todos los factores principales que afectan el comportamiento del pavimento, y por lo general, ocasionan la utilización ineficiente de los fondos públicos destinados a construcción de pavimentos, rehabilitación y mantenimiento. La experiencia adquirida en el diseño de pavimentos pasados se pierde cuando el ingeniero encargado del diseño se va de la agencia. Asimismo, aún cuando se cuenta con la presencia de un ingeniero con experiencia, las experiencias del pasado pueden no ser aplicables a los programas actuales. El aumento en los límites de carga en los caminos, la frecuencia de las cargas, la presión y el tipo de las llantas tienen un efecto combinado que causan circunstancias que los ingenieros con experiencia nunca habían tratado previamente. Un procedimiento racional de diseño obliga al diseñador a considerar cada uno de los factores físicos que afectan el comportamiento. Este proceso conduce a realizar diseños mejores en relación con los diseños uniformes que no consideran la importancia de todas las variables de diseño (aún cuando el valor de muchas de ellas sea asumido).

Existen muchos procedimientos para diseñar pavimentos que las agencias locales pueden utilizar (Referencias 25 a 29). En los Estados Unidos (EUA), algunos de los departamentos estatales de transporte publican sus procedimientos propios para uso de las agencias locales. Todos los procedimientos de diseño deben considerar muchos factores básicos que se sabe afectan el comportamiento de los pavimentos. Estos incluyen:

- El apoyo proporcionado por el suelo in situ (subrasante).
- Las cargas de tránsito esperadas (primordialmente de camiones y otros vehículos pesados).
- Factores ambientales (principalmente el impacto de los cambios en los niveles de humedad y de los ciclos de hielo y deshielo).
- El drenaje.
- Los materiales disponibles.
- La capacitación o habilidades de las fuerzas laborales de construcción.
- Costos.

#### **2.4.2. Desarrollo de los Tratamientos de Mantenimiento, Rehabilitación y Reconstrucción.**

Al igual que la construcción inicial de un pavimento, los trabajos de rehabilitación y reconstrucción son actividades costosas. Se necesita un análisis del pavimento existente para determinar las causas del deterioro y poder seleccionar el tratamiento económicamente más eficiente, que corrija el problema que creó la necesidad de reparación, en vez de tratar simplemente de remediar los síntomas del problema (en otras palabras, atacar el problema por sus causas y no sólo por sus efectos). Esto puede ser planeado como una serie de pasos para determinar las causas del deterioro e identificar las restricciones relevantes. Las respuestas a un conjunto de preguntas pueden utilizarse para identificar los tratamientos



factibles. Una evaluación a base de preguntas y respuestas a nivel de proyecto, debe incluir las siguientes preguntas (Referencia 25):

1. ¿Es el pavimento estructuralmente adecuado para el tránsito futuro?
2. ¿Es el pavimento funcionalmente adecuado?
3. ¿Es la tasa de deterioro anormal?
4. ¿Son los materiales del pavimento durables?
5. ¿Es el drenaje adecuado?
6. ¿Han sido inadecuados los trabajos previos de mantenimiento?
7. ¿Varía la condición substancialmente a lo largo del tramo (sección) o entre los carriles?
8. ¿Requiere el medio ambiente de una consideración especial?
9. ¿Cuáles son las opciones disponibles para el control del tránsito?
10. ¿Cuáles son los factores geométricos que afectarán al diseño?
11. ¿Cuál es la condición de los acotamientos?

Las preguntas 1 a 6 esencialmente tratan la causa del deterioro. Muchas veces la respuesta a la pregunta 1 puede ser contestada realizando un diseño de reencarpetado; si el análisis indica que no se necesita el reencarpetado, el pavimento puede ser considerado estructuralmente adecuado. La pregunta 7 ayuda a determinar si se debe realizar un cambio en el tratamiento a lo largo de la sección analizada. Las preguntas 8 a 11 identifican las restricciones especiales que deben ser consideradas.

Una de las dificultades asociadas con este proceso es decidir cuáles y cuántos datos deben ser recolectados. Es difícil saber cuántos datos son necesarios hasta que algún otro tipo de información esté disponible. Se recomienda una serie de pasos para la recolección de datos a nivel de proyecto, incluyendo:

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

- Recolección de datos de oficina.
- Primer estudio de campo.
- Primera evaluación de datos y determinación de datos adicionales.
- Segundo estudio de campo.
- Realización de pruebas de laboratorio.
- Segunda evaluación de datos.
- Compilación final de datos de campo y de oficina.

Cada uno de estos pasos lleva a la determinación de los datos adicionales necesarios para el análisis. Si las necesidades de reparación han sido definidas desde un sistema de gestión a nivel de red, los datos de ese sistema deben servir como un punto de partida.

El tamaño del tramo y su importancia para la agencia determina la cantidad de tiempo y los fondos que serán gastados en la evaluación a nivel de proyecto. Los pavimentos de las carreteras principales con altos tránsitos deben ser sujetos a una evaluación más completa y a un mayor número de pruebas que aquéllos que se encuentren en la vías de bajo tránsito. Los conceptos y las preguntas indicadas anteriormente son válidos para cualquier carretera con cualquier volumen de tránsito; sólo la cantidad de las pruebas a realizar y el tiempo dedicado a obtener una conclusión deben variar.

Existe un gran número de alternativas de trabajos de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción para ambos tipos de pavimentos, rígidos y flexibles; el reciclaje ha aumentado el número de opciones (Referencias 25 y 30). Los trabajos de sellado de superficie, como sellos con grava o con ligantes, en combinación con preparaciones localizadas, son a menudo utilizadas como tratamientos de mantenimiento preventivo para pavimentos flexibles; también son utilizados como tratamiento de rehabilitación de pavimentos flexibles con volúmenes bajos de tránsito, cuando se requieren mejoras estructurales. El reencarpertado con concreto asfáltico es el tipo de

más común de rehabilitación estructural que se aplica a ambos pavimentos (Referencia 30). Sin embargo, muchos de los reencarpados actualmente en sitio, nunca fueron diseñados. Algunas agencias usan un espesor uniforme sin considerar la suficiencia estructural del pavimento. Los reencarpados han llegado a ser más versátiles cuando se combinan con geotextiles y con reciclajes. Otro tipo de trabajos de rehabilitación y reconstrucción para pavimentos flexibles incluyen:

- Reciclaje en frío en sitio, seguido por la colocación de una nueva superficie.
- Reciclaje en caliente en sitio, seguido por un reencarpado.
- Reconstrucción y estabilización de los materiales del cimiento, seguido por la colocación de una nueva superficie.
- Extracción y reemplazamiento del pavimento.
- Reciclaje del pavimento en toda su profundidad.
- Reencarpado de concreto de cemento Portland.

Otros tipos de rehabilitación aplicados a pavimentos rígidos incluyen:

- Una serie de tratamientos de mantenimiento como la reparación del espesor total del pavimento, el pulido de la superficie y el sellado de las juntas.
- El rompimiento del pavimento rígido original y la colocación del reencarpado de concreto asfáltico.
- Reencarpado de concreto de cemento Portland.

Los procedimientos para diseños nuevos son generalmente usados en el diseño de los trabajos de rehabilitación. Cuando las capas confinadas existentes de un pavimento se quitan y reemplazan o se trabajan completamente (como lo que se hace en el reciclado en frío en el lugar).

los procedimientos para diseños nuevos pueden usarse, aplicando las propiedades adecuadas de los materiales, del material existente y del material a trabajar. Cuando una parte de las capas confinadas existentes se deja en el lugar, un procedimiento de diseño de reencarpetado debe usarse para considerar el daño o deterioro que se ha desarrollado en el material confinado existente durante el tiempo que ha estado en servicio.

### **2.4.3. Selección de la Mejor Estrategia.**

Los procedimientos de análisis y diseño discutidos anteriormente definen una serie de alternativas. Es muy raro que exista una sola alternativa o un conjunto de materiales y espesores de las capas que sea inmediatamente obvio que representan la mejor solución. La durabilidad de los materiales y la efectividad económica de cada combinación se deben considerar.

Debido a la gran extensión de las áreas cubiertas por los pavimentos, éstos deben ser construidos con materiales baratos. Esto lleva a utilizar materiales localmente disponibles, algunos de los cuales pudieran necesitar mejoras a través de estabilizaciones químicas. Las cargas de tránsito son difíciles de predecir. Asimismo, los materiales de los pavimentos, especialmente aquéllos en la capa superficial, están expuestos al medio ambiente. Estos materiales están sujetos a cambios de humedad y temperatura. La resistencia o rigidez de los materiales usados cambian con la temperatura y las condiciones de humedad. Algunos de los materiales también experimentan cambios a largo plazo debido a los efectos del medio ambiente y muchos tienen rigideces que cambian con los niveles de esfuerzo inducidos por las cargas.

El proceso a utilizar en la selección de la combinación de tratamientos, los materiales, los espesores para un nuevo diseño, el mantenimiento, la rehabilitación, o la reconstrucción, es un paso integral del diseño del proyecto (Referencia 30). El proceso debe incluir la realización de un diseño preliminar de espesores utilizando todos los materiales disponibles y tratamientos que son considerados factibles, dadas las circunstancias. El diseñador, entonces, debe tratar de identificar la combinación de tratamientos de materiales y espesores que dan el menor costo durante el período analizado, proporcionando al mismo tiempo la condición deseada. Sin embargo, existen muchos factores que son difíciles de incluir en el

análisis económico que pueden tener un impacto directo en el tipo de pavimento seleccionado. Los pavimentos rígidos que han sido diseñados y construidos en forma apropiada, generalmente duran más hasta el momento de la primera rehabilitación que los pavimentos flexibles que fueron adecuadamente diseñados y construidos. Los pavimentos de concreto de cemento Portland tienen generalmente un costo inicial muy alto, pero los pavimentos de concreto asfáltico necesitan rehabilitaciones más frecuentes. En muchos casos, la diferencia de costos entre estas alternativas, cuando se considera un período de análisis a largo plazo, será pequeña.

Los pavimentos se pueden mantener en servicio más allá de la vida útil original de diseño cuando se aplican tratamientos de mantenimiento y rehabilitación. Los trabajos futuros de mantenimiento y rehabilitación deben ser considerados en el diseño de un nuevo pavimento y de una rehabilitación. Para el diseño de una nueva construcción o rehabilitación, deben analizarse estrategias en vez de considerar tratamientos individuales. Las estrategias generalmente consisten en una secuencia de tratamientos; por ejemplo, para un diseño nuevo dos estrategias podrían ser las siguientes:

1. Construir una superficie de concreto asfáltico, seguida por un reencarpetado a los 15 años, un recubrimiento asfáltico de gravilla a los 22 años y una reconstrucción y un reencarpetado a los 30 años.
2. Construir una superficie de concreto de cemento Portland, realizando un resellado de las juntas a los 8 años y a los 16 años, seguido por una restauración del pavimento a los 24 años y un reencarpetado de concreto asfáltico a los 30 años.

Los conceptos referentes a determinar el costo total actualizado de los pavimentos durante su vida útil deben utilizarse para determinar la diferencia de costo de las distintas estrategias. Los costos deben incluir aquéllos necesarios para el control del tránsito y los relacionados con el impacto de las operaciones de mantenimiento y rehabilitación en los usuarios.

Para cada sección seleccionada a nivel de red, debe determinarse la estrategia de menor costo total actualizado, considerando los conceptos antes indicados.

## **2.5. Relación entre los Elementos a Nivel de Red y a Nivel de Proyecto.**

Los elementos a nivel de red en un sistema de gestión deben identificar y priorizar las secciones que necesitan trabajo en cada uno de los años del período de análisis, deben identificar las necesidades financieras y mostrar el impacto de las diferentes estrategias de financiamiento. Las agencias de transporte deben evitar durante el análisis a nivel de red, dar a conocer la relación existente entre el financiamiento y las secciones específicas de pavimento en que se actuará para así evitar restricciones de financiamiento innecesarias en la parte temprana del análisis a nivel de proyecto. La lista priorizada de secciones en que debe actuarse cada año es el punto de partida del análisis a nivel de proyecto.

Para las secciones en que deba actuarse en un año determinado, a nivel de proyecto deben recolectarse datos adicionales, determinarse la causa de los deterioros e identificarse los tratamientos factibles. El análisis a este nivel debe determinar estimados de costos más exactos para cada alternativa y seleccionar la solución más eficiente económicamente, dadas las restricciones impuestas. En este momento, se debe de determinar el costo de reparar cada sección.

Cuando las agencias obtienen gran experiencia con los análisis a nivel de red, se ha observado que los análisis a nivel de proyecto en poco mejoran los resultados obtenidos a partir de los primeros (Referencia 20).

## **2.6. Importancia de los Sistemas de Gestión de Pavimentos.**

Por muchos años, las agencias o departamentos de transporte de los distintos países del mundo han utilizado diversos métodos para administrar los fondos disponibles. Las construcciones de las carreteras nuevas son las que mejor fueron administradas por grupos de planeación en las agencias de mayor tamaño, para decidir cuáles y dónde serían construidas. Los trabajos de mantenimiento y rehabilitación generalmente fueron administrados con métodos menos formales. En muchos casos, especialmente en las agencias de menor tamaño, el criterio de

administración fue el de atender las secciones carreteras más deterioradas, generalmente con recursos insuficientes para la adecuada reparación de todas ellas; a este sistema generalmente se le ha conocido como de emergencia o de reacción ante situaciones de crisis). En los últimos 20 a 30 años, los sistemas de gestión de pavimentos han sido desarrollados en el mundo para ayudar en la planeación del mantenimiento y rehabilitación (Referencia 18). Los SAP son necesarios para evitar respuestas de crisis en los departamentos de obras públicas. Estas metodologías se basan en la aplicación de la teoría de sistemas y de conceptos básicos de administración para la gestión de la infraestructura; proporcionan una manera estructurada y documentada para obtener el máximo rendimiento del dinero disponible para mejorar la infraestructura.

## **2.7. Beneficios de la Administración de Pavimentos.**

Existen diversos beneficios derivados de tener un proceso estructurado de administración de los pavimentos, los cuales son muy obvios; sin embargo, pocos beneficios monetarios han sido documentados. Los beneficios que han sido identificados incluyen:

- Uso más eficiente de los recursos disponibles.
- Una mayor habilidad para justificar y asegurar un mayor financiamiento para las actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

Algunos otros beneficios están relacionados con los siguientes aspectos:

- Una información más exacta y accesible sobre el estado de un sistema de vialidades.
- Habilidad de evaluar con el tiempo el comportamiento de los tratamientos seleccionados.
- Determinación de necesidades que pueden ser apoyadas.

## 2. Elementos que Constituyen un Sistema de Administración de Pavimentos.

- Habilidad de mostrar el impacto de distintas estrategias de financiamiento.
- Selección de estrategias más efectivas de mantenimiento y rehabilitación.
- Mejoras de comunicación entre los distintos grupos que trabajan con los pavimentos dentro de la organización y con el público.
- Habilidad de responder preguntas sobre los pavimentos hechas por administradores, políticos y por el público.
- Una mejor coordinación de los trabajos con las agencias de servicio público.
- Una mayor credibilidad con los políticos y el público, en lo relacionado con la administración.
- El desarrollo de un sentimiento de satisfacción a partir del convencimiento de que la agencia está realizando el mejor trabajo con el financiamiento disponible.



## **3. Información de Campo de la Red de Carreteras Federales de Puebla.**

---

### **3.1. Datos Generales.**

La Unidad General de Servicios Técnicos en el Estado de Puebla se encargó de recopilar la información de campo requerida para la realización de los análisis presentados en este estudio.

A pesar de que en este estudio se recomienda enfáticamente utilizar sistemas de posicionamiento global ("Global Positioning Systems" o GPS) (Referencia 31), o un sistema de referencias en el terreno basado en GPS, para el levantamiento de los inventarios (calidad de rodamiento, estado superficial, deflexiones, etc), dichos sistemas no fueron empleados en este caso por no contar la Unidad mencionada con ellos; cabe destacar que su utilización reditúa en precisión de la información adquirida, fundamentalmente en lo referente a la identificación (por coordenadas) de los sitios específicos que se evalúan.

En Puebla, la red carretera federal en cuestión tiene una extensión aproximada total de 1,166 km. Esta considera únicamente las carreteras federales principales libres (en que no se cobra cuota): no incluye carreteras federales de cuota bajo la jurisdicción de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), ni carreteras estatales, ni carreteras federales revestidas o en terracería, ni brechas.

La Figura 3.1 presenta los tramos carreteros considerados; la Tabla 3.1 muestra una nomenclatura utilizada para identificarlos, así como algunas características importantes de los mismos. En el restó de este capítulo se describirán los diferentes tipos de información de campo recopilados para ellos. A partir de esta información podrán definirse los subtramos o proyectos homogéneos de conservación de la red. Los tramos en la Tabla 3.1 están definidos por sus sitios de inicio y terminación, los cuales también representan la dirección en la que se registró la información para cada uno de ellos.

3. Información de Campo de la Red de Carreteras Federales de Puebla.

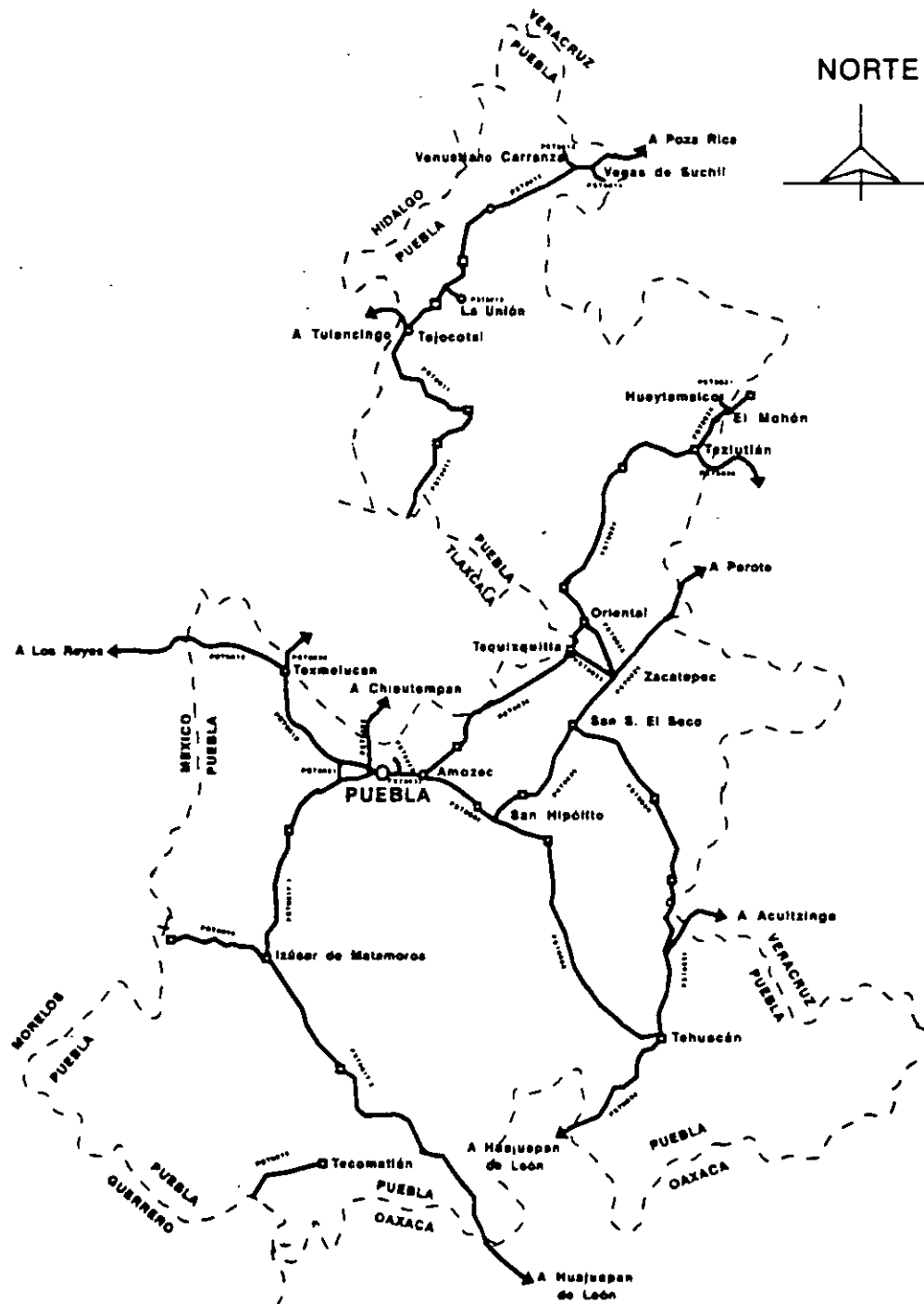


FIGURA 3.1. Tramos Carreteros Considerados.

3. Información de Campo de la Red de Carreteras Federales de Puebla.

Tabla 3.1. RELACION DE TRAMOS CARRETEROS CONSIDERADOS.

No.	CODIGO	CARRETERA		TRAMO		RUTA (MEX)	LONGITUD (KM)
		INICIA	TERMINA	INICIA	TERMINA		
1	PST0010	México	Puebla (libre)	L.E. Méx / Pue	Puebla	150	65.00
2	PST0011	Apizaco	Tejocotal	L.E. Tlax / Pue	L.E. Pue / Hgo	119	75.50
3	PST0012	Tulancingo	Tuxpan	L.E. Hgo / Pue	L.E. Pue / Ver	130	103.60
4	PST0013	Entr.Tulancingo/ Tuxpan	La Union	Entr.Tulancingo/ Tuxpan	La Unión	-	11.80
5	PST0014	Entr.Tulancingo/ Tuxpan	Vegas de Suchil	Entr.Tulancingo/ Tuxpan	Vegas de Suchil	-	4.80
6	PST0015	Entr.Tulancingo/ Tuxpan	Venustiano Carranza	Entr.Tulancingo/ Tuxpan	Venustiano Carranza	-	4.50
7	PST0017.1	Puebla	Izúcar de Matamoros	Puebla	Izúcar de Matamoros	190	67.00
8	PST0017.2	Izúcar de Matamoros	L.E. Puebla / Oaxaca	Izúcar de Matamoros	L.E. Puebla/ Oaxaca	190	133.46
9	PST0018	Santa Bárbara	Izúcar de Matamoros	L.E. Morelos/ Puebla	Izúcar de Matamoros	160	30.50
10	PST0019	Tecomatlán	Tulancingo	Tecomatlán	L.E. Pue / Gro	92	19.14
11	PST0020.1	Amozoc	Teziutlán	Amozoc	L.E. Pue / Tlax	129	53.21
12	PST0020.2	Amozoc	Teziutlán	L.E. Tlax / Pue	Teziutlán	129	103.10
13	PST0021	Ramal El Mohón	Hueytamalco	Ramal El Mohón	Hueytamalco	-	7.00
14	PST0022	San Hipólito	Oriental	Zacatepec	Oriental	140	16.00
15	PST0023	Los Reyes	Zacatepec	El Carmen	Zacatepec	136	10.00
16	PST0024	Teziutlán	Nautla	Teziutlán	L.E. Pue/Ver	129	20.00
17	PST0026	Teziutlán	Perote	Teziutlan	Perote	-	11.30
18	PST0027	San Hipólito	Xalapa	Zacatepec	L.E. Pue / Ver	140	28.30
19	PST0028	Puebla	Tlaxcala	Puebla	L.E. Pue / Tlax	119	9.30
20	PST0029	Puebla	Sta Ana Chiaute/ Tlaxcala	Puebla	L.E. Pue / Tlax	-	4.80
21	PST0030	San Martín Texmelucan	Tlaxcala	San Martín Texmelucan	L.E. Pue / Tlax	117	2.90
22	PST0031	México	Puebla	Cholula	Zacatepec	-	7.20
23	PST0032	Puebla	Tehuacán	Puebla	Tehuacan	150	119.00
24	PST0033	Tehuacán	Huajuapán de Leon	Tehuacán	L.E. Pue / Oax	125	55.70
25	PST0034	Tehuacán	Córdoba	Tehuacán	L.E. Pue / Ver	150	26.60
26	PST0035	San Hipólito	Xalapa	San Hipólito	Zacatepec	140	54.40
27	PST0036.1	San Salvador El seco	Azumbilla	San Salvador El seco	Cruce Aut. Pue/ Córdoba	144	46.00
28	PST0036.2	San Salvador El seco	Azumbilla	Cruce Aut. Pue/ Cordoba	Azumbilla	28	28.02
29	PST0037	México	Puebla(libre)	Cholulz	Puebla	-	3.7
31	PST0038	Otros ramales, - pasos, accesos y gasas	-	-	-	-	44.15

## **3.2. Calidad de Rodamiento.**

Este parámetro fue evaluado para cada segmento de la red mediante la calificación de servicio actual (CSA), la cual se refiere al confort que siente el usuario al transitarlos (desde el punto de vista de las rugosidades de sus superficies de rodamiento). El procedimiento empleado en su determinación consistió en hacer recorrer cada segmento por un vehículo con 4 evaluadores, los cuales, después del recorrido, asignaron independientemente a éste una calificación entre 0 y 5; en esta escala, 5 representa una condición de superficie idealmente perfecta y 0 exactamente lo contrario; 2.5 es frecuentemente considerado como un valor (o umbral) de alerta y 2 como la calificación mínima permisible en carreteras de importancia convencional (es decir, fuera de autopistas, donde suelen usarse mayores valores mínimos de CSA). La calificación de cada segmento es el promedio aritmético de los valores asignados por cada uno de los evaluadores (Referencia 4).

En el caso particular que se aborda en este trabajo, la calidad de cada tramo fue evaluada subdividiendo éste en segmentos de 5 km y obteniendo la CSA promedio de cada segmento según el procedimiento antes indicado. En el Anexo A se reportan los valores de CSA obtenidos para los diferentes segmentos de cada tramo estudiado.

La Tabla 3.2 muestra las distribuciones de frecuencias (absoluta y relativa) del estado en que se encuentran actualmente los 264 segmentos en que se dividió la red. Como puede observarse, no se presentan segmentos en los estados "muy pobre" o "pobre"; la mayoría de los ellos se encuentran en estado "regular" (61.2%) y "bueno" (38.4%) y solamente 0.4% de los mismos se encuentra en estado "muy bueno".

Tabla 3.2. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE LA CALIFICACION DEL SERVICIO ACTUAL (CSA).

RANGO DE CSA	CALIFICACION	No. DE SEGMENTO DE 5 KM	%
0 < CSA <= 1	MP	0	0
1 < CSA <= 2	P	0	0
<del>2 &lt; CSA &lt;= 3</del>	R	162	61.2
3 < CSA <= 4	B	101	38.4
4 < CSA <= 5	MB	1	0.4
<b>TOTAL</b>		<b>264</b>	<b>100</b>

MP = Muy Pobre; P = Pobre; R = Regular; B = Bueno; MB = Muy Bueno.

El mapa en la Figura 3.2 permite diferenciar los segmentos que se encuentran en estado "regular", de aquéllos que se encuentran en estado "bueno"; también permite identificar los subtramos con diferente nivel de CSA dentro de cada tramo. La Tabla 3.3, por su parte, identifica cada subtramo, la carretera a la que pertenece, los kilometrajes entre los que se encuentra comprendido, así como la media y la desviación estándar del CSA de sus segmentos componentes; estos dos últimos valores permitieron realizar pruebas estadísticas para comprobar que los subtramos definidos dentro de cada tramo, realmente tienen diferentes niveles de CSA.

### **3.3. Información de Tránsito.**

La información sobre el tránsito actual que circula por los distintos componentes de la red considerada (intensidad y composición) se obtuvo a partir de las siguientes dos fuentes:

- Los datos viales publicados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en su versión más reciente disponible (1996) (Referencia 32).
- Los resultados del Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan por las Carreteras Federales, realizado por la SCT a través del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) y publicados por este último (Referencias 33 a 36).

Los datos viales permitieron identificar, dentro de cada tramo, los subtramos con diferente nivel de tránsito. La Tabla 3.4 identifica cada subtramo, la carretera a la que pertenece, los kilometrajes entre los que se encuentra comprendido, así como su tránsito promedio diario anual (TPDA) y el número de los diferentes tipos de vehículos en que este último se reparte. El reparto vehicular se presenta en términos del número de unidades dentro de las siguientes siete categorías: automóviles (A), autobuses (B) y los cinco tipos de vehículos de carga más comunes en los flujos carreteros (C2, C3, T3-S2, T3-S3 y T3-S2-R4) (Referencias 33 a 35).

3. Información de Campo de la Red de Carreteras Federales de Puebla.

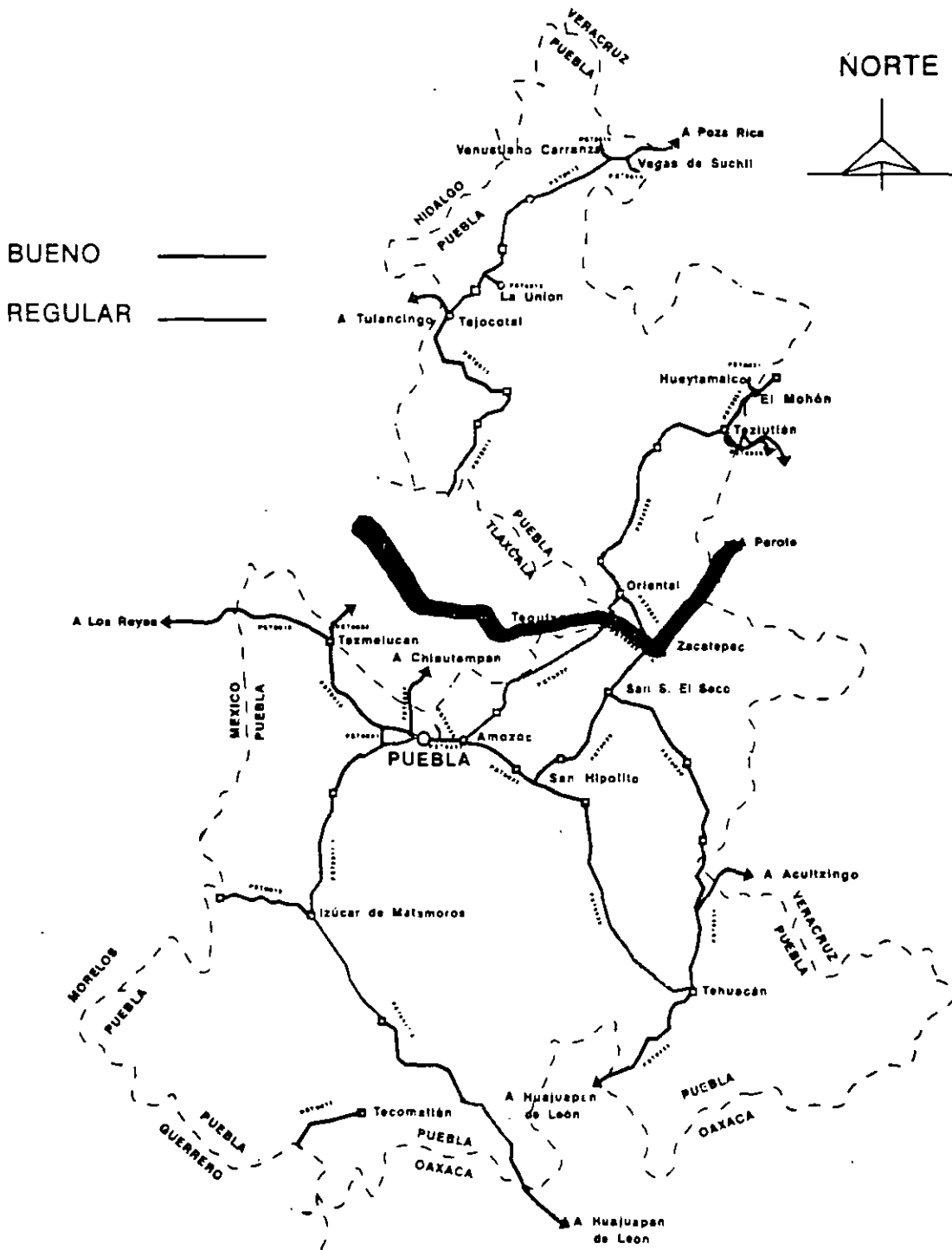


FIGURA 3.2. Calidad de Rodamiento de los Segmentos Considerados.

3.3. VALORES DE LA MEDIA Y DESVIACION STANDAR

LA CALIFICACION DE SERVICIO ACTUAL (CSA).

CODIGO	CARRETERA		TRAMO		RUTA (MEX)	KILOMETRO		CSA	
	INICIA	TERMINA	INICIA	TERMINA		MEDIA	STD		
PST0010	México	Puebla(libre)	L.E Mex/Pue	Puebla	150	45+000	110+000	2.846	0.071
PST0011	Apizaco	Tejocotal	L E Tlax/Pue	L.E Pue/Hgo	119	35+000	110+500	3.408	0.451
PST0012	Tulancingo	Tuxpan	L.E. Hgo/Pue	L.E Pue/Ver	130	83+000	186+600	3.857	0.075
PST0013	Entr.Tulancingo/Tuxpan	La Unión	Entr.Tulancingo/Tuxpan	La Unión	-	0+000	11+800	3.437	0.009
PST0014	Entr.Tulancingo/Tuxpan	Vegas de Suchil	Entr.Tulancingo/Tuxpan	Vegas de Suchil	-	0+000	4+800	2.200	0.000
PST0015	Entr.Tulancingo/Tuxpan	Venustiano Carranza	Entr.Tulancingo/Tuxpan	Venustiano Carranza	-	0+000	4+500	2.180	0.000
PST0017.1	Puebla	Izúcar de Matamoros	Puebla	Izúcar de Matamoros	190	0+000	67+000	3.533	0.452
PST0017.2	Izúcar de Matamoros	L.E Puebla/Oaxaca	Izúcar de Matamoros	L.E Puebla/Oaxaca	190	67+000	200+460	2.804	0.146
PST0018	Santa Bárbara	Izúcar de Matamoros	L.E Morelos/Puebla	Izúcar de Matamoros	160	103+000	133+500	3.203	0.165
PST0019	Tecomatlán	Tulancingo	Tecomatlán	L.E Pue/Gro	92	23+500	42+640	2.903	0.033
PST0020.1	Amozoc	Teziutlán	Amozoc	L E Pue/Tlax	129	0+000	56+000	3.330	0.030
PST0020.2	Amozoc	Teziutlán	L E Tlax/Pue	Teziutlán	129	64+500	156+310	3.001	0.182
PST0021	Ramal El Mohón	Hueytamalco	Ramal El Mohón	Hueytamalco	-	0+000	7+000	2.950	0.050
PST0022	San Hipólito	Oriental	Zacatepec	Oriental	140	0+000	16+000	3.008	0.038
PST0023	Los Reyes	Zacatepec	El Carmen	Zacatepec	136	0+000	10+000	2.965	0.015
PST0024	Teziutlán	Nautla	Teziutlán	L.E Pue/Ver	129	0+000	20+000	2.766	0.021
PST0026	Teziutlán	Perote	Teziutlán	Perote	-	0+000	11+300	3.430	0.041
PST0027	San Hipólito	Xalapa	Zacatepec	L.E Pue/Ver	140	55+000	83+300	3.682	0.038
PST0028	Puebla	Tlaxcala	Puebla	L.E Pue/Tlax	119	2+500	11+800	2.775	0.275
PST0029	Puebla	Sta Ana Chiaute/Tlax	Puebla	L.E Pue/Tlax	-	0+000	4+800	3.480	0.000
PST0030	San Martin Texmelucan	Tlaxcala	San M. Texmelucan	L.E Pue/Tlax	117	0+000	2+900	2.730	0.000
PST0031	México	Puebla	Cholula	Zacatepec	-	0+000	7+200	2.740	0.010
PST0032	Puebla	Tehuacán	Puebla	Tehuacán	150	0+000	119+000	2.703	0.136
PST0033	Tehuacán	Huajuapán de León	Tehuacán	L.E Pue/Oax	125	0+000	55+700	2.483	0.182
PST0034	Tehuacán	Córdoba	Tehuacán	L.E Pue/Ver	150	0+000	26+600	2.507	0.162
PST0035	San Hipólito	Xalapa	San Hipólito	Zacatepec	140	0+000	54+400	2.665	0.119
PST0036.1	San Salvador El seco	Azumbilla	San Salvador El seco	Cru/Aut. Pue/Córdoba	144	0+000	46+000	2.547	0.196
PST0036.2	San Salvador El seco	Azumbilla	Cru/Aut Pue/Córdoba	Azumbilla	28	46+000	74+020	2.586	0.230
PST0037	México	Puebla (libre)	Cholula	Puebla	-	109+700	113+400	2.800	0.000
PST0038	Otros ramales y pasos	-	-	-	-	-	-	3.220	0.650

3. Información de Campo de la Red de Carreteras Federales de Puebla



Tabla 3.4. COMPOSICION VEHICULAR DE LOS TRAMOS CONSIDERADOS.

No.	CODIGO	CARRETERA		KILOMETRO		TDPA	A	B	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4
1.1	PST0010	México	Puebla (Libre)	45+000	71+160	2810	1938	169	485	77	69	72	0
1.2	PST0010	México	Puebla (Libre)	71+160	99+100	9932	6853	596	1710	273	245	255	0
1.3	PST0010	México	Puebla (Libre)	99+100	110+000	8370	6445	502	980	157	140	146	0
2.0	PST0011	Apizaco	Tejocotal	35+000	110+500	3334	2466	2000	113	500	39	17	0
3.1	PST0012	Tulancingo	Tuxpan	83+000	118+700	5189	3684	207	759	229	85	225	0
3.2	PST0012	Tulancingo	Tuxpan	118+700	186+600	4041	2304	404	781	235	87	231	0
4.0	PST0013	Ent Tulancingo/Tuxpan	La Unión	0+000	11+800	649	454	42	71	31	26	25	0
5.0	PST0014	Ent Tulancingo/Tuxpan	Vegas de Suchil	0+000	4+800	649	454	42	71	31	26	25	0
6.0	PST0015	Ent Tulancingo/Tuxpan	Venustiano Carranza	0+000	4+500	649	454	42	71	31	26	25	0
7.1	PST0017.1	Puebla											
7.2	PST0017.1	Puebla	Izúcar de Matamoros	10+000	29+880	11025	8267	441	895	421	527	456	18
7.3	PST0017.1	Puebla	Izúcar de Matamoros	29+880	67+000	8935	6254	358	1617	307	154	226	21
8.1	PST0017.2	Izúcar de Matamoros	L.E Pue/Oaxaca	67+000	113+114	2983	1880	283	421	234	120	91	0
8.2	PST0017.2	Izúcar de Matamoros	L.E Pue/Oaxaca	113+114	200+460	2569	1618	204	326	157	134	129	0
9.0	PST0018	Santa Bárbara	Izúcar de Matamoros	103+000	133+500	3920	2784	157	513	184	145	138	0
10.0	PST0019	Tecomatlán	Tulcingo	23+500	42+640	840	614	34	90	39	30	30	2
11.1	PST0020.1	Amozoc	Teziutlán	0+000	56+000	4076	2282	285	710	307	236	236	19
11.2	PST0020.2	Amozoc	Teziutlán	64+500	166+500	3183	2387	285	168	93	141	109	0
12.0	PST0021	Ramal El Mohón	Hueytamalco	0+000	7+000	649	454	42	71	31	26	25	0
13.0	PST0022	San Hipólito	Oriental	0+000	16+000	1525	1143	137	81	45	67	53	0
14.0	PST0023	Los Reyes	Zacatepec	0+000	10+000	6047	3931	302	852	369	284	284	24
15.0	PST0024	Teziutlán	Nautla	0+000	20+000	3293	2404	330	264	114	88	88	6
16.0	PST0026	Teziutlán	Perote	0+000	11+300	3262	2382	327	262	113	87	87	6
17.0	PST0027	San Hipólito	Xalapa	55+000	83+300	3771	2301	188	679	190	216	197	0
18.0	PST0028	Puebla	Tlaxcala	2+500	11+800	14966	44594	599	944	684	652	472	32
19.0	PST0029	Puebla	Sta Ana Chiautempan	0+000	4+800	5035	3575	403	497	215	166	166	13
20.0	PST0030	San Martín Texmelucan	Tlaxcala	0+000	2+900	10022	7716	200	1005	545	272	210	73
21.0	PST0031	México	Puebla	0+000	7+200	4800	3072	432	609	264	203	203	18
22.1	PST0032	Puebla	Tehuacán	0+000	18+165	13133	9049	945	982	609	774	733	41
22.2	PST0032	Puebla	Tehuacán	18+165	58+584	10459	7739	419	900	643	304	374	82
22.3	PST0032	Puebla	Tehuacán	58+584	99+064	10544	7064	1370	821	682	276	332	0
22.4	PST0032	Puebla	Tehuacán	99+064	119+000	6897	4620	897	537	446	181	217	0
23.0	PST0033	Tehuacán	Huajuapán de León	0+000	55+700	1411	764	196	211	92	71	71	6
24.0	PST0034	Tehuacán	Córdoba	0+000	26+600	3446	1999	310	534	232	179	178	14
25.1	PST0035	San Hipólito	Xalapa	0+000	7+800	5960	2563	536	1585	698	187	272	119
25.2	PST0035	San Hipólito	Xalapa	7+800	54+400	5188	2282	1185	569	312	469	370	0
26.1	PST0036.1	Salvador El Seco	Azumbilla	0+000	46+000	2475	1263	197	477	206	159	159	13
26.2	PST0036.2	Salvador El Seco	Azumbilla	46+000	74+020	2125	1085	170	410	177	137	137	11
27.1	PST0037.1	México	Puebla (Libre)	109+700	113+400	12919	9761	962	1511	245	220	210	10
28.0	PST0038	Otros ramales y pasos				649	454	42	71	31	26	25	0

La Tabla 3.5 muestra los pesos promedio asumidos para los distintos tipos de vehículos considerados. Para los vehículos de carga, la tabla presenta el peso bruto promedio para las siguientes tres condiciones de ocupación de los mismos: vacíos, cargados sin sobrecarga y sobrecargados. La tabla también indica el porcentaje de cada tipo asumido dentro de cada una de estas condiciones. Todas las cifras en la Tabla 3.5 provienen de las Referencias 33 a 35. El mapa en la Figura 3.3 ilustra los subtramos con diferente nivel de tránsito identificados dentro de cada tramo.

### **3.4. Inventario de Deterioros.**

Este se refiere al registro de los distintos tipos de falla que muestra la superficie de rodamiento de los tramos de la red carretera. El levantamiento de esta información requiere que los tramos sean recorridos a pie, de tal manera que pueda irse llenando un formato como el que se muestra en la Figura 3.4. En éste se registra la extensión y severidad de las fallas detectadas en cada segmento de los distintos tramos. En el caso específico de la red carretera del Estado de Puebla, se llenó uno de estos formatos por cada segmento de 5 kilómetros de cada tramo.

En el Anexo B se reporta la información de este inventario; en este anexo, el valor que caracteriza la extensión de cada tipo de falla es el porcentaje en que ésta se presenta en relación con la superficie total del segmento; la severidad se evalúa en términos de una escala compuesta de los siguientes niveles: despreciable (A), de consideración (B), media (C), grave (D) y muy grave (E). Adicionalmente, para cada segmento, el Anexo B muestra un índice denominado calificación compuesta de condición superficial (CCCS), el cual se calcula, restando de 100, los diferentes valores de deducción mostrados en la Tabla 3.6, correspondientes a la extensión y severidad de los distintos tipos de falla presentes en cada segmento. Como es evidente a partir de su definición y de los valores en la Tabla 3.6, este índice puede tener valores entre 100 y 0 para cualquier segmento, donde 100 es representativo de una condición superficial perfecta y 0 de una superficie totalmente fallada. Esta calificación se presenta con el propósito de mostrar un valor global indicativo de la extensión y severidad con que los distintos tipos de fallas ocurren en cada segmento; su cálculo sigue procedimientos bastante estandarizados (Referencia 4).

**Tabla 3.5. PESO PROMEDIO CONSIDERADO PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE VEHICULOS Y PORCENTAJE DENTRO DE CADA CONDICION.**

TIPO DE VEHICULO	PESO BRUTO PROMEDIO (TON)	(%)
Automóvil ( A )	1.0	-
Autobús ( B )	12.0	-
Camión 2 ejes ( C2 )		
- Vacío	4.0	47.0
- Cargado sin Sobrecarga	9.0	50.0
- Sobrecargado	20.0	3.0
Camión 3 ejes ( C3 )		
- Vacío	9.0	40.0
- Cargado sin Sobrecarga	19.0	39.0
- Sobrecargado	31.4	21.0
Tractocamión c/Semiremolque (T3-S2)		
- Vacío	17.0	32.0
- Cargado sin Sobrecarga	32.0	49.0
- Sobrecargado	52.7	19.0
Tractocamión c/Semiremolque (T3-S3)		
- Vacío	19.0	35.0
- Cargado s/Sobrecarga	34.0	17.0
- Sobrecargado	62.8	48.0
Tractocamión c/Semiremolque y Remolque ( T3-S2-R4 )		
- Vacío	27.0	33.0
- Cargado s/Sobrecarga	48.0	20.0
- Sobrecargado	80.0	47.0

3. Información de Campo de la Red de Carreteras Federales de Puebla.

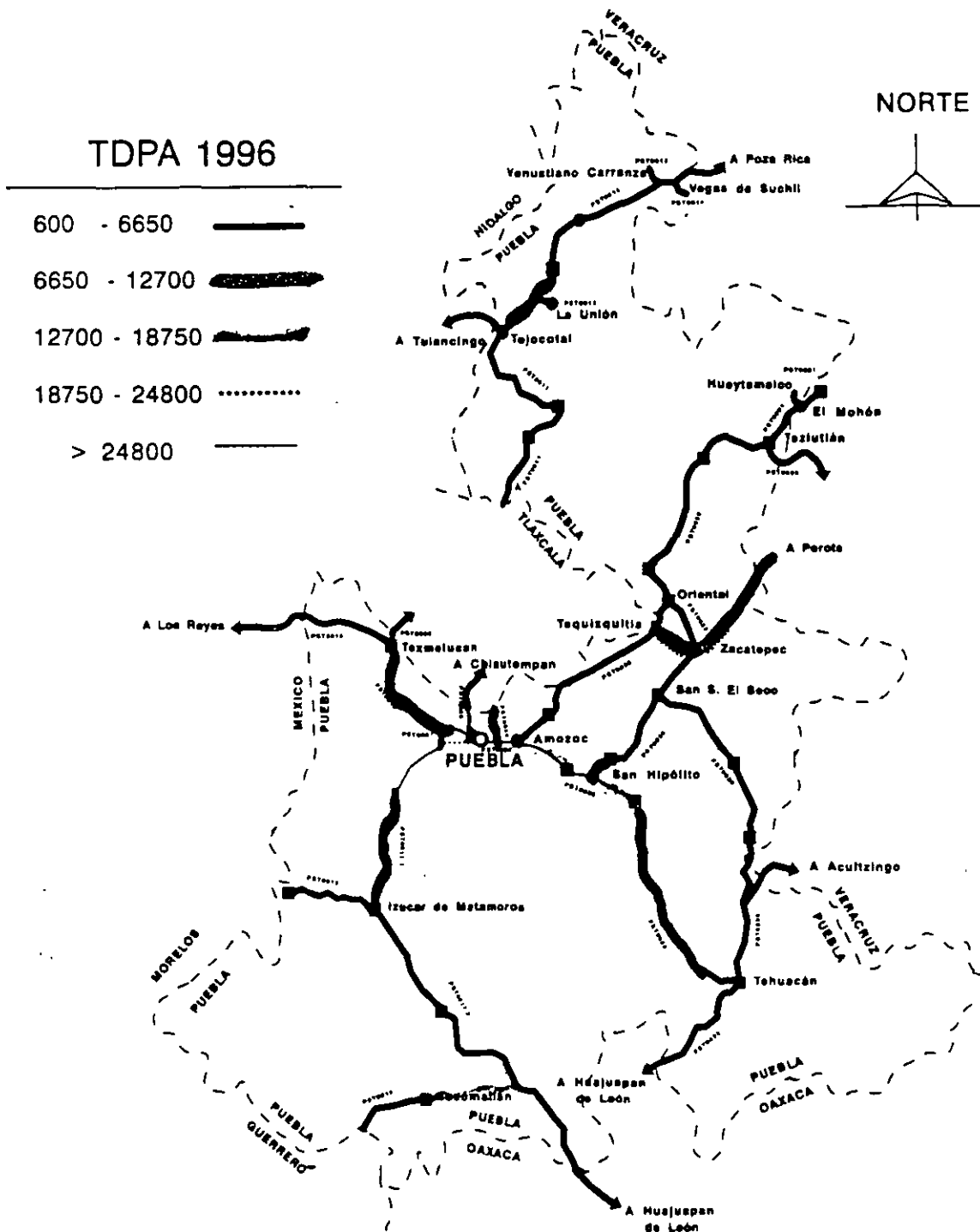


FIGURA 3.3. Niveles de Tránsito de los Tramos Considerados.

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE INVENTARIO DE DETERIOROS (INVEDET)			
FECHA: _____ / _____ / _____		NOMENCLATURA(COOR. GEO.ORIG-DEST.): _____	
ORIGEN CARRETERA: _____		DESTINO DE LA CARRETERA: _____	
ORIGEN TRAMO: _____	_____	DESTINO TRAMO: _____	_____
SUBTRAMO INICIAL: _____	_____	SUBTRAMO FINAL: _____	_____
FALLA O DETERIORO	% LONGITUD	GRAVEDAD	
Rodera	_____	Profundidad (mm):	_____
Baches	_____		_____
Grietas Longitudinales	_____	Abertura (mm):	_____
Grietas Transversales	_____	Abertura (mm):	_____
Desprendimientos	_____		_____
Asfalto Aflorado	_____		_____
Grietas Piel de Cocodrilo	_____		_____
Depresiones o Hundimientos	_____	Profundidad (mm):	_____
Otros	_____		_____
ORIGEN DE LOS DATOS: _____			

**FIGURA 3.4. Formato de Inventario de Deterioros.**

**Tabla 3.6. VALORES DE DEDUCCION CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS NIVELES DE EXTENSION Y SEVERIDAD DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FALLA.**

TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	EXTENSION (%)			
		E<25	25<=E<50	50<=E<75	75<=E<100
RODERAS	--	4	7	11	14
BACHES	A-B	1	2	4	5
	C	2	4	5	6
	D-E	4	5	6	9
GRIETAS LONGITUDINALES	A-B	0	1	2	4
	C	2	4	4	5
	D-E	4	5	5	6
GRIETAS TRANSVERSALES	A-B	0	1	2	4
	C	2	4	4	5
	D-E	4	5	5	6
DESPRENDIMIENTOS	A-B	4	6	8	10
	C	5	7	11	14
	D-E	12	15		
ASFALTO AFLORADO	A-B	0	0	0	1
	C	1	1	2	2
	D-E	2	4	5	6
GRIETAS PIEL DE COCODRILO	A-B	4	5	6	7
	C	6	8	9	12
	D-E	9	12	15	18
PULIDO SUPERFICIAL	A-B	0	0	0	1
	C	1	1	2	2
	D-E	2	4	5	6
DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS	A-B	1	2	5	7
	C	2	4	7	9
	D-E	6	7	9	12
DRENAJE	A	0			
	B	4			
	C	6			

Notas:

A = Despreciable; B = Consideración; C = Media; D = Grave; y E = Muy Grave

La Tabla 3.7 muestra las distribuciones de frecuencias (absoluta y relativa) de la CCCS de los 264 segmentos en que se dividió la red. La información en esta tabla confirma el hecho ya observado en los análisis de CSA, de que la mayor parte de la red federal del Estado de Puebla se encuentra en estado regular o bueno.

La Figura 3.5 ilustra el nivel de correlación existente entre los valores de CCCS y CSA de los 264 segmentos analizados. Con base en esta figura, puede señalarse lo siguiente:

- Existe una relación directa entre los dos parámetros anteriores (en general a valores altos de CCCS también corresponden valores altos de CSA y viceversa).
- La correlación entre ambos parámetros no es muy buena. Este comportamiento, bastante usual por otra parte, explica el caso de carreteras que teniendo igual CSA, unas presentan un mayor nivel de fallas en su superficie (CCCS) que otras; o el de carreteras que teniendo igual CCCS, muestran diferentes niveles de rugosidad en sus superficies (CSA).

Lo primero de alguna manera implica que si en la identificación de proyectos homogéneos de conservación se toma en cuenta a la CSA, ya no es estrictamente necesario considerar a la CCCS de los segmentos con ese mismo fin. Lo segundo indica la importancia de este inventario, tanto con el fin de efectuar una evaluación suficiente de la red como para establecer relaciones causa-efecto de los deterioros e identificar sus posibles soluciones.

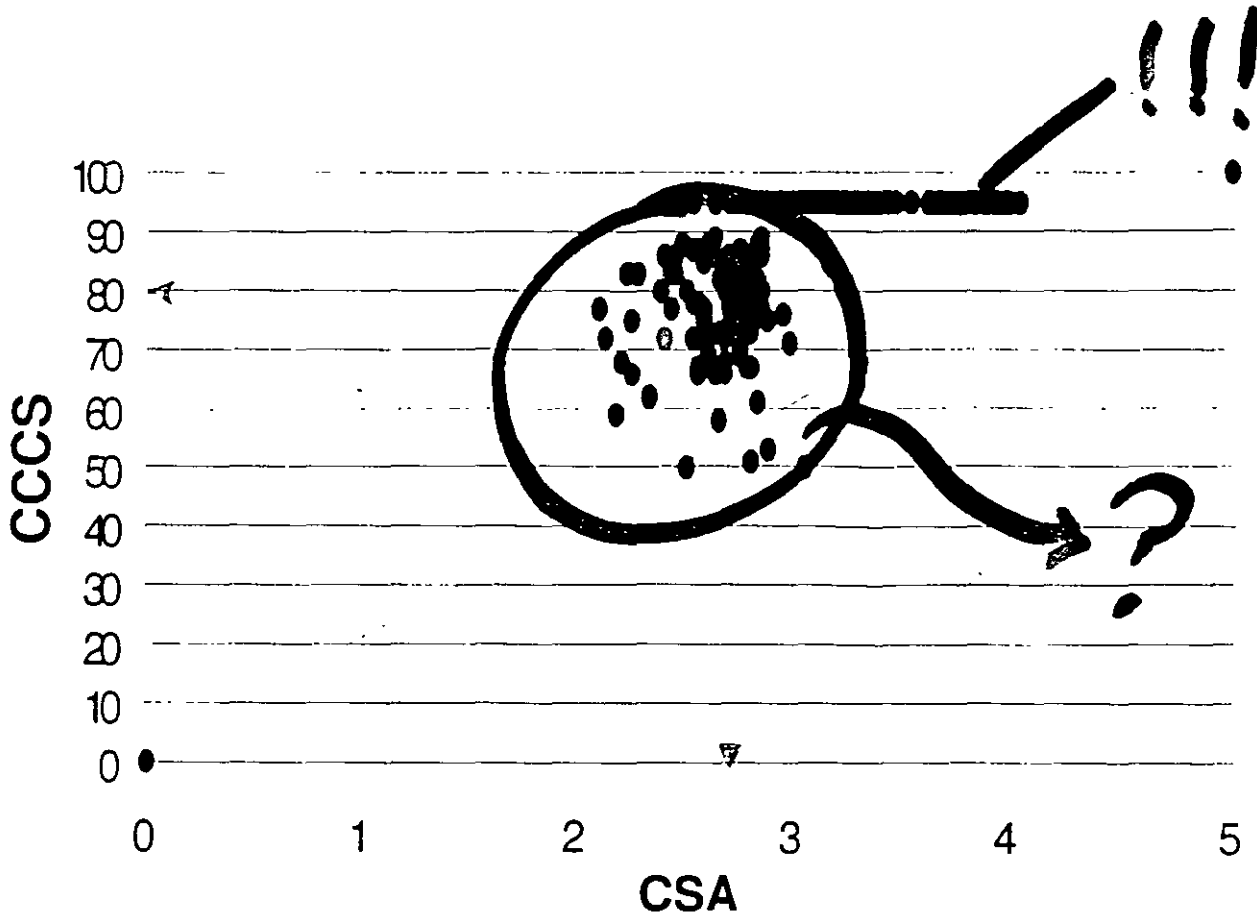
Cabe destacar que el sistema de administración de pavimentos empleado en este estudio, usa los valores específicos de extensión y severidad de los distintos tipos de fallas detectados. La finalidad de presentar este análisis según la CCCS de los segmentos, es sólo la de contribuir a mostrar un diagnóstico más completo sobre el estado de la red.

**Tabla 3.7. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA LA CALIFICACION COMPUESTA DE CONDICION SUPERFICIAL (CCCS).**

<b>RANGO</b>	<b>FRECUENCIA (fr)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
0 < CCCS <= 10	0	0
10 < CCCS <= 20	0	0
20 < CCCS <= 30	0	0
30 < CCCS <= 40	0	0
40 < CCCS <= 50	2	0.8
50 < CCCS <= 60	4	1.7
60 < CCCS <= 70	17	6.3
70 < CCCS <= 80	54	20.3
80 < CCCS <= 90	42	16.0
90 < CCCS <= 100	145	54.9
<b>TOTAL</b>	<b>264</b>	<b>100</b>



3. Información de Campo de la Red de Carreteras Federales de Puebla.



CCCS = Calificación compuesta de condición superficial.  
CSA = Calificación de servicio actual.

FIGURA 3.5. Correlación entre CCCS y CSA.

### **3.5. Proyectos Homogéneos de Conservación.**

La información antes mostrada permitió definir los 57 proyectos de conservación indicados en la Tabla 3.8; éstos guardan relativa homogeneidad tanto en términos de nivel de tránsito como de estado superficial (CSA o CCCS). Dicha tabla identifica los diferentes proyectos de acuerdo con la nomenclatura dada a los tramos en las Tablas 3.1, 3.3 y 3.4 (Código Tramo), así como según una nomenclatura dada a los proyectos con propósitos de análisis y manejo de la información de éstos (Código Proyecto); como los análisis y resultados de este trabajo se reportarán referidos a los proyectos, esta última nomenclatura será la que se utilizará de aquí en adelante. También se muestra el kilometraje que cada proyecto ocupa dentro del tramo respectivo. Se presenta el nivel de tránsito (TDPA) que de aquí en adelante se asumirá para cada proyecto, así como su CSA promedio (obtenido a partir del CSA de sus segmentos componentes).

La Tabla 3.9, por su parte, muestra la extensión y severidad promedio de los distintos tipos de falla en cada proyecto, así como la media de la CCCS de sus segmentos componentes.

### **3.6. Deflexiones y Propiedades Estructurales.**

En todos los segmentos de 5 km de la red se midieron deflexiones utilizando Viga Benkelman. En los 500 m más críticos de cada segmento se tomaron 25 deflexiones, una cada 20 metros. El Anexo C reporta la información de deflexiones para los distintos segmentos. Este anexo presenta, para cada segmento, la temperatura promedio en la carpeta al momento de medir las deflexiones, el valor promedio de las 25 deflexiones de cada segmento, un factor de corrección para ajustar éstas a una temperatura de referencia de 21°C (y que de esa manera puedan ser comparables y utilizables) y las correspondientes temperaturas corregidas. La Referencia 27 describe en detalle el procedimiento para corregir las deflexiones por temperatura. Los datos anteriores permitieron generar la información de deflexiones a nivel de los diferentes proyectos. Esta información se reporta en la Tabla 3.10.

Tabla 3.8. RELACION DE PROYECTOS EN LOS TRAMOS CONSIDERADOS.

PROY	CODIGO TRAMO	CODIGO PROYECTO	CARRETERA		KILOMETRO		TDPA	CSA
1	PST0035	PUE0001	Puebla	Xalapa	0+000	8+500	5960	2.45
2	PST0035	PUE0002	Puebla	Xalapa	8+500	55+000	5188	2.73
3	PST0029	PUE0003	Puebla	Xalapa	55+000	83+300	3718	2.45
4	PST0018	PUE0004	Sta. Bárbara	I. de Matamoros	103+200	134+500	3920	3.24
5	PST0011	PUE0005	Apizaco	Huahuchinango	34+800	110+460	3334	3.44
6	PST0010	PUE0006	México	Puebla (Libre)	45+450	71+000	2810	2.87
7	PST0010	PUE0007	México	Puebla (Libre)	74+300	101+900	9932	2.87
8	PST0010	PUE0008	México	Puebla (Libre)	103+600	109+700	8370	2.80
9	PST0012	PUE0009	Pachuca	Tuxpan	82+900	119+000	5189	2.80
10	PST0012	PUE0010	Pachuca	Tuxpan	119+000	186+600	4041	2.80
11	PST0023	PUE0011	México	Zacatepec	177+900	187+900	6047	2.95
12	PST0017.1	PUE0012	Puebla	Huajuapán de L.	4+000	12+100	17476	2.95
13	PST0017.1	PUE0013	Puebla	Huajuapán de L.	12+100	26+500	11025	3.20
14	PST0017.1	PUE0014	Puebla	Huajuapán de L.	26+500	67+500	8935	2.95
15	PST0017.2	PUE0015	Puebla	Huajuapán de L.	67+500	150+000	2983	2.73
16	PST0017.2	PUE0016	Puebla	Huajuapán de L.	150+000	200+460	2569	2.91
17	PST0032	PUE0017	Sn. Martín	Tlaxcala (Libre)	0+000	2+900	10022	2.70
18	PST0028	PUE0018	Texmelucan	Tlaxcala	2+500	11+800	14966	2.60
19	PST0032	PUE0019	Puebla	Tehuacán	4+700	17+000	13133	2.63
20	PST0032	PUE0020	Puebla	Tehuacán	17+000	40+200	10459	2.62
21	PST0027	PUE0021	Puebla	Xalapa	55+000	83+300	3823	2.70
22	PST0038	PUE0022	Puebla	Cuerpo Izq. 2	0+000	0+900	7145	2.10
23	PST0030	PUE0023	Puebla.	Tlaxcala	0+000	0+900	7145	2.10
24	PST0031	PUE0024	Cuerpo "A"	Sta Ana	0+000	4+800	4965	2.60
25	PST0032	PUE0027	Puebla.	Chiautempan	0+000	4+800	5105	2.60
26	PST0032	PUE0029	Cuerpo "B"	Chiautempan	0+000	4+800	5105	2.60
27	PST0032	PUE0030	Puebla	Tehuacán	40+200	56+500	10544	2.60
28	PST0038	PUE0031	Tehuacán	Tehuacán	57+000	119+500	6897	2.81
29	PST0037	PUE0032	México	Tehuacán	57+000	119+500	6897	2.81
30	PST0033	PUE0033	México	Puebla (Libre)	0+000	7+200	4800	2.75
31	PST0038	PUE0034	México	Puebla (Libre)	0+000	1+100	501	2.80
32	PST0038	PUE0035	México	Puebla (Libre)	109+700	113+400	12919	2.80
33	PST0034	PUE0036	Tehuacán	Huajuapán de L.	4+900	57+600	1411	2.48
34	PST0034	PUE0037	Puebla	Huajuapán de L.	4+900	57+600	1411	2.48
35	PST0036	PUE0038	Puebla	Xalapa	0+000	3+450	10301	2.80
36	PST0036	PUE0039	Puebla	Xalapa	0+000	2+700	500	2.80
37	PST0034	PUE0036	Tehuacán	Córdoba	0+000	20+510	3917	2.42
38	PST0034	PUE0037	Tehuacán	Córdoba	20+510	26+600	1859	2.60
39	PST0036	PUE0038	Sn. Salvador el Seco	Azumbilla	0+000	45+940	2475	2.57
40	PST0036	PUE0039	Sn. Salvador el Seco	Azumbilla	45+940	74+020	2125	2.60

(CONTINUACION)

Tabla 3.8. RELACION DE PROYECTOS EN LOS TRAMOS CONSIDERADOS.

PROY	CODIGO TRAMO	CODIGO PROYECTO	CARRETERA		KILOMETRO		TDPA	CSA
37	PST0038	PUE0040	Sn. Salvador	Azumbilla	0+000	1+800	2320	2.50
38	PST0038	PUE0041	el Seco	Túxpan	0+000	1+500	2195	2.90
39	PST0013	PUE0042	Pachuca	Tuxpan	0+000	11+800	649	3.43
40	PST0015	PUE0043	Pachuca	Tuxpan	0+000	4+500	649	2.20
41	PST0014	PUE0044	Pachuca	Tuxpan	0+000	4+800	649	2.20
42	PST0024	PUE0045	Teziutlán	Nautla	0+100	20+300	3293	2.82
43	PST0021	PUE0046	Teziutlán	Nautla	0+000	7+000	649	2.95
44	PST0026	PUE0047	Teziutlán	Perote	0+600	11+300	3262	3.43
45	PST0022	PUE0048	Puebla	Xalapa	0+000	16+000	1525	3.00
46	PST0019	PUE0049	Tecomatlán	Tulancingo	23+500	42+640	840	2.91
47	PST0038	PUE0050	Puebla	Huajuapán de León	0+000	1+200	3571	<del>2.88</del>
48	PST0038	PUE0051	Puebla	Huajuapán de León	0+000	2+700	3250	4.10
49	PST0038	PUE0052	Puebla	Huajuapán de León	0+000	1+300	450	2.90
50	PST0038	PUE0053	Puebla	Huajuapán de León	0+000	0+200	1500	<del>1.18</del>
51	PST0038	PUE0054	Puebla	Huajuapán de León	0+000	0+200	3345	<del>1.99</del>
52	PST0020	PUE0055	Puebla	Teziutlán	0+000	58+000	4076	3.33
53	PST0020	PUE0056	Puebla	Teziutlán	58+000	127+700	2955	3.12
54	PST0020	PUE0057	Puebla	Teziutlán	128+970	157+800	3735	2.9
55	PST0038	PUE0058	Puebla	Teziutlán	0+000	5+500	1000	2.6
56	PST0038	PUE0059	Puebla	Teziutlán	0+000	0+400	2650	3.4
57	PST0037	PUE0060	México	Puebla (Libre)	109+700	113+400	12919	2.8

**Tabla 3.9. PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FALLAS DE LOS PROYECTOS CONSIDERADOS.**

PRO- YECTO	E_R (%)	S_R	E_B (%)	S_B	E_GL (%)	S_GL	E_GT (%)	S_GT	E_D (%)	S_D	E_AA (%)	S_AA	E_PC (%)	S_PC	E_PS (%)	S_PS	E_HS (%)	S_HS	CCCS_C
1	90	B	05	B	0	-	0	-	2	B	1	B	95	D	90	B	0	-	
2	48	A	033	C	0	-	11	B	11	B	223	B	223	B	356	B	0	-	82
3	083	A	0	-	0	-	0	-	333	A	833	A	75	A	10	A	833	A	86
4	29	A	29	A	57	A	46	A	5	A	93	A	172	A	143	A	36	B	85
5	6	A	0	-	0	-	19	A	06	A	128	A	0	-	03	A	0	-	86
6	38	D	13	B	02	D	42	B	72	D	158	C	53	C	12	C	52	C	73
7	45	A	02	A	1	B	08	C	13.3	B	0	-	4	C	128	A	21	C	81
8	25	C	5	C	0	-	12.5	B	115	B	1	B	25	D	85	C	0	-	79
9	38	A	0	-	13	A	63	A	10.6	A	44	A	0	-	7.5	A	13	A	86
10	68	A	19	A	09	A	38	A	21	A	10	A	25	A	47	A	7.4	A	86
11	75	B	0	-	0	-	0	-	14	B	245	B	30	B	14	C	0	-	76
12	0	-	0	-	0	-	5	A	75	A	5	A	5	A	0	-	0	-	90
13	5	D	67	B	3.3	C	33	A	167	C	0	-	283	E	5	A	0	-	83
14	14	A	03	B	03	C	33	C	11	B	47	A	4	D	66	A	0.1	A	82
15	15	B	45	C	38	C	2.5	C	113	C	27	A	12.7	C	52	A	3.5	B	76
16	07	C	02	C	08	B	0	-	5	B	102	B	58	A	1.4	B	2.5	A	85
17	90	B	0	-	0	-	0	-	0	-	60	B	0	-	0	-	0	-	77
18	60	B	20	B	10	C	35	C	0	-	25	B	10	C	0	-	15	C	68
19	58.3	C	0	-	13.3	C	10	C	33	B	0	-	20	D	0	-	67	D	70
20	68	A	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	15	D	0	-	2	C	76
21	08	A	08	A	17	A	7.5	A	17	A	5	A	92	A	17	A	2.5	A	86
22	30	D	10	A	0	-	10	D	10	A	30	C	50	E	0	-	0	-	78
23	0	-	10	A	0	-	0	-	0	-	5	A	0	-	0	-	0	-	90
24	0	-	10	A	0	-	0	-	0	-	5	A	0	-	0	-	0	-	90
25	81.3	C	0	-	7.5	B	7.5	B	75	B	5	D	12.5	C	0	-	2.5	C	74
26	20	B	0	-	0.8	B	15	B	15	B	0	-	42	D	0.8	A	3.8	B	86
27	5	A	0	-	0	-	0	-	80	B	0	-	0	-	0	-	0	-	74
28	0	-	10	A	10	E	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	86
29	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	86
30	0	-	25.4	A	37.9	B	1.9	A	34.6	B	0.9	B	6	B	9.5	A	18.6	A	82

## 3.9. PROMEDIO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FALLAS DE LOS PROYECTOS CONSIDERADOS.

PRO- YECTO	E_R (%)	S_R	E_B (%)	S_B	E_GL (%)	S_GL	E_GT (%)	S_GT	E_D (%)	S_D	E_AA (%)	S_AA	E_PC (%)	S_PC	E_PS (%)	S_PS	E_HS (%)	S_HS	CCCS_C
31	80	C	10	A	0	-	0	-	10	B	0	-	80	C	0	-	0	-	73
32	0	-	10	B	10	B	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	90
33	5	A	2	A	32	A	2	A	48	C	30	B	60	B	40	B	17	A	82
34	0	-	0	-	0	-	0	-	72.5	A	80	B	0	-	60	-	0	-	81
35	0	-	1	A	3.7	A	0	A	0	A	45	A	3.3	C	22.5	A	5	A	86
36	0	-	0	-	2.5	A	0	B	12.5	A	55	B	25	B	1.7	A	0	-	86
37	0	-	20	B	20	C	0	C	20.2	B	15	C	44	-	0	-	20	C	84
38	0	-	0	-	0	-	0	-	80	C	0	-	0	-	0	-	10	B	80
39	13.3	A	0	-	0	-	0	-	60	A	0	-	10	A	3.3	A	0	-	78
40	0	-	60	E	0	-	0	-	3.3	D	0	-	13.3	D	0	-	70	D	72
41	0	-	0	-	80	D	0	-	30	E	0	-	0	-	0	-	0	-	76
42	77	B	4	C	0	-	20	-	15	C	62	C	0	C	16	C	0	-	73
43	0	-	6	A	0	-	16.7	-	45.8	A	10	A	12.5	A	5	A	1.5	A	88
44	0	-	0	-	0	-	1	-	43.1	-	6.7	A	6	A	1.7	A	0	-	88
45	2.5	A	12.5	A	8.3	A	8.8	A	5	A	4.3	A	5	A	0	-	6.2	A	82
46	0	-	0	-	0	-	0	-	22.5	C	5	A	0	-	0	-	0	-	85
47	0	-	10	A	10	B	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	90
48	0	-	0	-	0	-	0	-	10	A	0	-	0	-	0	-	0	-	90
49	0	-	10	B	10	B	0	-	10	B	0	-	0	-	0	-	0	-	86
50	0	-	0	-	0	-	0	-	10	B	0	-	0	-	0	-	0	-	90
51	0	-	0	-	0	-	0	-	5	A	0	-	0	-	0	-	0	-	90
52	4.6	A	2.5	A	5	A	3.8	A	4.6	A	5.8	A	5	A	10.5	A	7	A	86
53	0	-	1.4	A	2.8	A	0	-	1.2	A	9.6	A	21.4	A	8.6	A	9.9	A	90
54	8.3	A	8.3	A	5.8	A	0	-	8.3	A	2.5	A	31.7	A	8.3	A	22.5	A	86
55	10	A	10	A	0	-	0	-	6.5	A	20	B	40.5	C	0	-	5	A	86
56	0	-	10	A	0	-	0	-	4	A	10	A	0	-	7	A	0	-	90
57	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	90

**Nota:** E\_R = Extensión por Roderas; S\_R = Severidad por Roderas; E\_B = Extensión por Baches; S\_B = Severidad por Baches; E\_GL = Extensión por Grietas Longitudinales; S\_GL = Severidad por Grietas Longitudinales; E\_GT = Extensión por Grietas Transversales; S\_GT = Severidad por Grietas Transversales; E\_D = Extensión por Desprendimiento; S\_D = Severidad por Desprendimiento; E\_AA = Extensión por Asfalto Allorado; S\_AA = Severidad por Asfalto Allorado; E\_PC = Extensión por Piel de Cocodrilo; S\_PC = Severidad por Piel de Cocodrilo; E\_PS = Extensión por Pulido Superficial; S\_PS = Severidad por Pulido Superficial; E\_HS = Extensión por Hundimiento Superficial; S\_HS = Severidad por Hundimiento Superficial; CCCS\_C = Calif. Compuesta de Condición Superficial por Segmento Componente

**Tabla 3.10. INFORMACION SOBRE DEFLEXIONES PARA LOS PROYECTOS CONSIDERADOS.**

PRO- YECTO	CARRETERA		TEMP (°C)	FACT_ TEMP	DFLX_MED (pulg x10 <sup>-3</sup> )	D_M_C (pulg x10 <sup>-3</sup> )
1	Puebla	Xalapa	40.7	0.7936	59.72	47.40
2	Puebla	Xalapa	34.4	0.8090	45.69	36.96
3	Puebla	Xalapa Cuerpo Der.1	36.8	0.8442	22.10	18.66
4	Santa Bárbara	I. de Matamoros	38.3	0.8158	24.00	19.58
5	Apizaco	Huahuchinango	25.1	0.9289	55.91	51.93
6	México	Puebla (Libre)	22.3	0.9800	36.33	35.61
7	México	Puebla (Libre)	28.5	0.8820	25.53	22.52
8	México	Puebla (Libre)	39	0.7740	19.61	15.18
9	Pachuca	Tuxpan	25.1	0.9600	28.43	27.30
10	Pachuca	Tuxpan	41.5	0.7270	21.17	15.39
11	México	Zacatepec	29.2	0.8726	37.63	32.83
12	Puebla	Huajuapán de L.	32	0.8734	24.13	21.07
13	Puebla	Huajuapán de L.	37	0.8521	29.89	25.47
14	Puebla	Huajuapán de L.	44.4	0.7787	24.41	19.01
15	Puebla	Huajuapán de L.	45.1	0.7100	25.63	18.20
16	Puebla	Huajuapán de L.	30	0.8755	21.22	18.58
17	Sn. Martín Texmelucan	Tlaxcala (Libre)	28	0.8995	48.64	43.75
18	Puebla	Tlaxcala	24	0.9401	40.11	37.70
19	Puebla	Tehuacán	29	0.9025	15.28	13.79
20	Puebla	Tehuacán	33.2	0.8625	35.26	30.42
21	Puebla	Xalapa Cuerpo Izq. 2	33.1	0.8801	24.71	21.75
22	Puebla	Tlaxcala	22	0.9886	53.52	52.91
23	Puebla. Cuerpo "A"	Sta. Ana Chiautempan	31	0.7081	38.72	27.42
24	Puebla Cuerpo "B"	Sta. Ana Chiautempan	31	0.7081	39.02	27.63
25	Puebla	Tehuacán	35	0.8360	25.88	21.63
26	Tehuacán	Tehuacán	34.5	0.8440	21.23	17.92
27	México	Puebla (Libre)	39	0.7551	35.60	26.88
28	México	Puebla (Libre)	34	0.8050	44.40	35.74
29	México	Puebla (Libre)	40	0.8058	36.18	29.15
30	Tehuacán	Huajuapán de L.	27.4	0.9497	23.62	22.43

Nota.

TEMP = Temperatura en °C; FACT\_TEMP = Factor de Ajuste de Temperatura;  
DFLX\_MED = Deflexión Media; y D\_M\_C = Deflexión Media Corregida.

(CONTINUACION)

Tabla 3.10. INFORMACION SOBRE DEFLEXIONES PARA LOS PROYECTOS CONSIDERADOS.

PRO- YECTO	CARRETERA		TEMP (°C)	FACT_ TEMP	DFLX_MED (pulg x10 <sup>-3</sup> )	D_M_C (pulg x10 <sup>-3</sup> )
31	Puebla	Xalapa	40	0.7940	50.89	40.41
32	Puebla	Xalapa	42	0.8159	36.05	29.41
33	Tehuacán	Córdoba	35.8	0.8220	43.07	35.41
34	Tehuacán	Córdoba	38	0.8497	50370	43.08
35	Sn. Salvador el Seco	Azumbilla	29.9	0.8988	39.53	35.53
36	Sn. Salvador el Seco	Azumbilla	32.7	0.8876	24.80	22.01
37	Sn. Salvador el Seco	Azumbilla	22	0.9899	36.18	35.81
38	Pachuca	Tuxpan	20	1.0190	22.42	22.85
39	Pachuca	Tuxpan	29.3	0.8784	40.07	35.19
40	Pachuca	Tuxpan	39	0.7906	27.52	21.76
41	Pachuca	Tuxpan	34	0.8230	32.84	27.03
42	Teziutlán	Nautla	33	0.8430	53.70	45.27
43	Teziutlán	Nautla	34.8	0.8492	70.91	60.22
44	Teziutlán	Perote	22.3	0.9798	10.26	98.23
45	Puebla	Xalapa	25	0.9521	52.29	49.78
46	Tecomatlán	Tuacingo	35	0.8220	17.10	14.06
47	Puebla	Huajuapán de L.	37	0.8000	42.43	33.95
48	Puebla	Huajuapán de L.	35	0.8040	41.33	33.23
49	Puebla	Huajuapán de L.	35	0.8190	23.44	19.20
50	Puebla	Huajuapán de L.	34	0.8690	15.33	13.32
51	Puebla	Huajuapán de L.	36	0.8430	26.37	22.23
52	Puebla	Teziutlán	27.5	0.9110	38.59	35.16
53	Puebla	Teziutlán	20.2	1.0200	69.86	71.26
54	Puebla	Teziutlán	20.3	1.0200	105.81	107.92
55	Puebla	Teziutlán	34	0.8450	59.69	50.44
56	Puebla	Teziutlán	28	0.9081	33.48	30.41
57	México	Puebla (Libre)	40	0.5691	21.90	12.46

Nota:

TEMP = Temperatura en °C; FACT\_TEMP = Factor de Ajuste de Temperatura;  
DFLX\_MED = Deflexión Media; y D\_M\_C = Deflexión Media Corregida.



Finalmente, para cada proyecto se obtuvo información sobre la resistencia estructural del pavimento existente, en términos del espesor y el CBR de las distintas capas (Referencia 37). Esta permitió establecer cinco secciones representativas de los 42 proyectos, las cuales se ilustran en la Tabla 3.11. La misma tabla indica los proyectos que son caracterizados por cada una de dichas secciones. Cabe aclarar que, de toda esta información, el HDM sólo requiere el espesor de la capa superficial y el CBR de la subrasante. La obtención del primero generalmente precisa de la obtención de muestras (corazones) mediante cilindros y taladros. El segundo puede determinarse a partir de las deflexiones, según indican las Referencia 38 y 39.

**Tabla 3.11 INFORMACION DEL ESPESOR Y VRS DE LAS DISTINTAS CAPAS PARA LOS PROYECTOS CONSIDERADOS.**

PROY.	CAR-PETA	ESPESOR (CM)			VRS (%)			
		BASE	SUB-BASE	SUB-RASANTE	BASE	SUB-BASE	SUB-RASANTE	TERRA-PLEN
1	9.3	13.2	14.0	23.0	(1)	(1)	39.5	(1)
2	7.4	9.9	11.4	31.2	56.1	(1)	52.5	7.4
3	7.9	16.9	16.3	26.9	70.0	70.0	36.8	(1)
4	15.2	16.8	16.9	13.7	(1)	(1)	44.4	(1)
5	14.2	14.5	14.3	18.6	16.8	58.3	21.4	(1)
6	17.9	17.3	0	28.2	33.3	0	13.3	5.3
7	17.6	10.8	0	26.8	(1)	0	65.3	27.7
8	9.0	12.3	4.5	30.0	(1)	(1)	21.3	28.3
9	██████	16.4	15.5	14.8	96.1	(1)	16.6	(1)
10	██████	19.6	16.5	16.0	48.9	(1)	43.8	(1)
11	9.4	17.4	15.5	41.2	(1)	(1)	42.5	26.5
12	11.2	32.5	10.0	22.2	82.5	91.0	27.0	(1)
13	8.0	22.7	12.2	19.2	(1)	30.3	27.0	(1)
14	13.0	18.9	(1)	30.0	(1)	86.6	25.6	(1)
15	6.9	14.9	1.2	23.3	51.5	47.1	46.0	1.1
16	5.2	17.3	3.5	14.9	76.5	56.7	42.3	4.0
17	7.1	15.1	12.0	28.6	44.0	34.0	27.0	27.0
18	17.4	13.8	5.3	33.5	41.0	(1)	43.0	34.5
19	██████	16.0	0	30.0	(1)	0	45.0	(1)
20	24.7	14.9	0	30.0	(1)	0	76.4	57.0
21	10.0	25.0	(1)	30.0	66.2	66.2	36.7	(1)
22	5.0	20.0	0	30.0	70.0	0	18.0	(1)
23	5.0	0	0	30.0	(1)	(1)	32.0	(1)
24	5.0	(1)	(1)	30.0	92.0	90.0	32.0	(1)
25	██████	14.9	2.5	22.5	93.0	(1)	15.0	(1)
26	██████	15.8	1.2	30.0	54.0	(1)	24.3	3.5
27	15.9	11.1	14.1	16.3	(1)	94.5	81.0	68.0
28	4.0	10.0	0	30.0	45.0	0	10.0	(1)
29	10.0	20.0	0	15.0	(1)	0	85.0	(1)
30	4.3	19.0	14.9	25.2	(1)	(1)	61.9	4.4
31	7.0	12.0	0	30.0	85.0	0	18.0	(1)
32	2.0	20.0	0	30.0	80.0	0	25.0	(1)
33	2.3	10.2	22.4	22.9	(1)	(1)	22.4	(1)
34	17.0	23.5	0	29.0	(1)	0	28.5	(1)
35	7.4	25.9	17.3	22.9	9.5	6.7	54.3	(1)
36	11.5	29.6	21.9	21.1	73.5	82.0	72.3	39.6

NOTA:

(1) No se registró el valor de este parámetro.

(CONTINUACION)

Tabla 3.11 INFORMACION DEL ESPESOR Y VRS DE LAS DISTINTAS CAPAS PARA LOS PROYECTOS CONSIDERADOS.

PROY.	CAR-PETA	ESPESOR (CM)			VRS (%)			
		BASE	SUB-BASE	SUB-RASANTE	BASE	SUB-BASE	SUB-RASANTE	TERRA-PLEN
37	2.0	15.0	0	30.0	80.0	0	22.0	(1)
38	5.0	15.0	0	30.0	95.0	0	20.0	(1)
39	5.0	14.0	0	30.0	(1)	0	66.0	(1)
40	2.7	11.5	(1)	17.0	83.0	26.0	46.0	(1)
41	9.7	11.2	(1)	14.0	48.0	64.0	24.0	(1)
42	10.6	16.8	0	30.0	38.8	0	51.6	(1)
43	4.0	15.5	0	30.0	(1)	0	73.0	(1)
44	8.7	16.7	0	30.0	96.0	0	50.0	(1)
45	5.3	16.3	(1)	30.0	76.7	1.0	32.8	29.4
46	2.0	10.0	5.0	30.0	(1)	(1)	75.5	(1)
47	4.0	8.0	13.0	30.0	80.0	(1)	30.0	(1)
48	4.0	10.0	10.0	40.0	95.0	(1)	30.0	16.0
49	2.0	15.0	0	30.0	90.0	0	20.0	(1)
50	5.0	30.0	0	30.0	(1)	0	30.0	(1)
51	5.0	20.0	25.0	30.0	(1)	90.0	30.0	(1)
52	2.0	25.0	15.0	30.0	79.8	77.2	45.5	(1)
53	2.4	11.5	5.2	30.0	98.0	51.2	35.1	(1)
54	6.4	14.2	2.5	30.0	(1)	(1)	27.0	(1)
55	5.0	15.0	0	30.0	77.5	0	13.5	(1)
56	2.0	15.0	0	30.0	79.0	0	43.0	(1)
57	10.0	2.0	0	15.0	(1)	0	85.0	(1)

NOTA:

(1) No se registró el valor de este parámetro.

## **4. Aplicación del SIMAP.**

---

### **4.1. Descripción del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP).**

El SIMAP se define como el conjunto de actividades relacionadas con los procesos de organización, coordinación y control que afectan la funcionalidad, economía y vida útil de los pavimentos y que permiten una utilización adecuada de los recursos humanos y presupuestales disponibles. El SIMAP, para su operación, fue elaborado en dos módulos, uno técnico y otro económico.

#### **4.1.1. Módulo Técnico.**

El Módulo Técnico del SIMAP permite conducir el proceso de recopilación de la información de campo requerida para la red bajo estudio, elaborar la base de datos con toda la información obtenida y generar distintos tipos de reportes a partir de dicha base de datos. Las bases conceptuales del Módulo Técnico del SIMAP son:

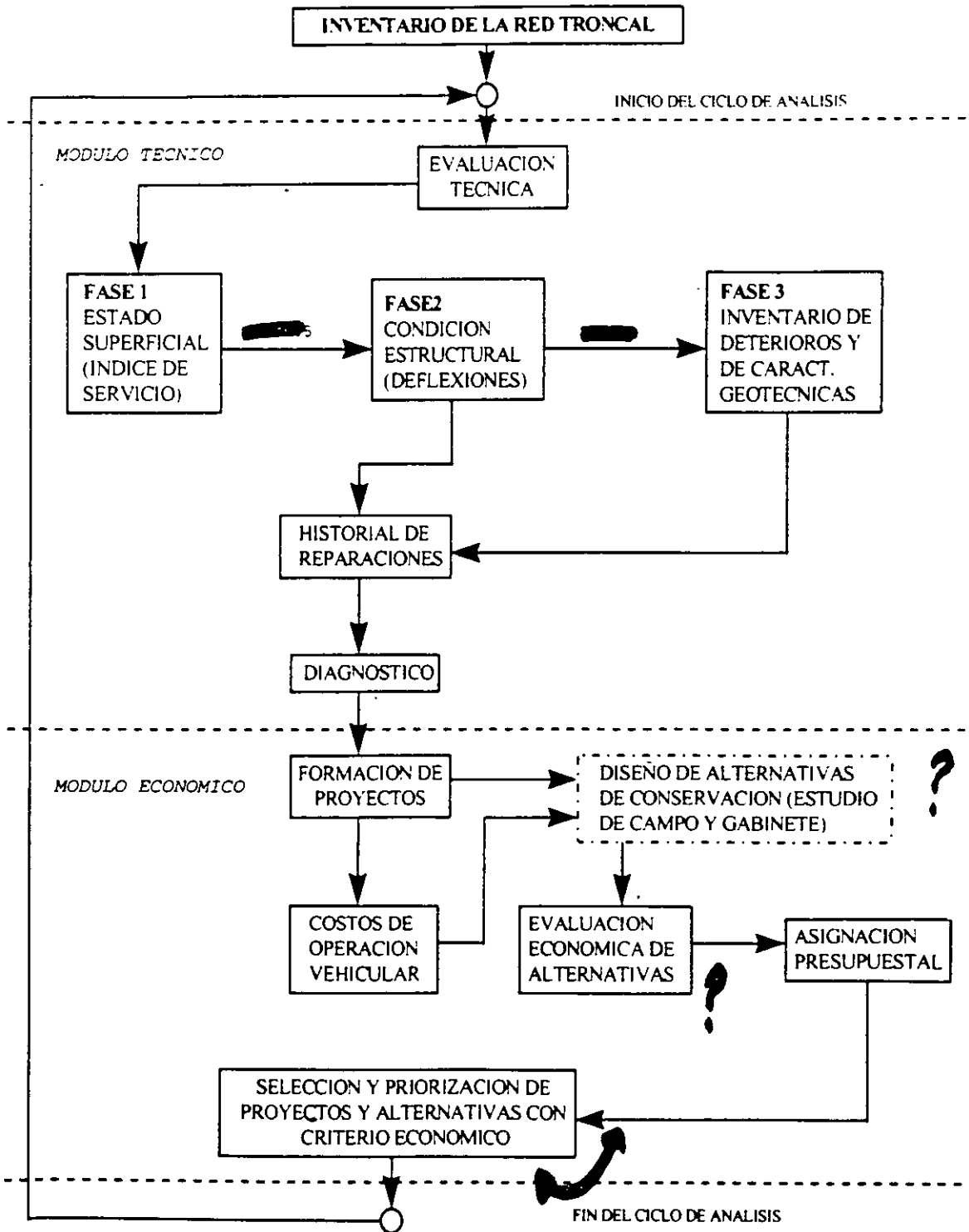
- Se acepta el tipo de correlación entre la evolución del estado superficial del pavimento y su condición general, de manera que, cuanto más pobre sea la calidad superficial y más rápidamente se deteriore, peor debe ser la condición estructural.
- Se acepta que la deficiencia estructural puede correlacionarse con alguna medida hecha desde la superficie del pavimento. La deflexión o cedencia del pavimento bajo una carga patrón preestablecida, parece ser el concepto que mejor sirve para estos fines. Esta es una conclusión de carácter cuantitativo y se acepta que la magnitud de la deflexión mide el efecto estructural, aunque no lo analice ni lo localice.
- Cuando las deflexiones muestren deficiencia estructural en el pavimento, sólo la exploración directa permitirá el diagnóstico y la ubicación precisa de dichos daños estructurales.

La aplicación de este módulo se ha concebido a través de las siguientes etapas:

- El primer paso es una prospección del estado superficial de la red. Por ejemplo, el sistema considera que un [REDACTED] a la carretera hasta el año siguiente sin acciones especiales de mantenimiento.
- El segundo paso es realizar la medición de deflexiones en los tramos de carreteras en que se haya demostrado la necesidad. Actualmente se está considerando que un valor estadístico de la deflexión superior a un milímetro indica que ese tramo debe ser estudiado en la tercera etapa del sistema. No cabe duda que puede suceder que la longitud de caminos, que de acuerdo con lo anterior requiera ser analizada en la tercera etapa, puede resultar mayor que la disponibilidad de recursos. Cuando ello es así, son otras consideraciones tales como la importancia social, el volumen de tránsito y otra de carácter económico, las que llevan a seleccionar el conjunto de caminos a evaluar.
- En la última etapa de aplicación de este módulo debe hacerse un análisis cuidadoso de los caminos o tramos sobre los que habrá de ejercerse acción de mantenimiento especial. Esto debe hacerse por procedimientos convencionales que incluyan exploración de campo y trabajo de laboratorio, a fin de conocer el comportamiento estructural al detalle y sus fallas así como definir las alternativas de refuerzo y reconstrucción. En esta etapa, todos estos caminos o tramos se dividen en segmentos homogéneos en términos de calidad superficial y resistencia estructural, los cuales podrán recibir en toda su longitud el mismo tratamiento. En este trabajo, a estos segmentos homogéneos se les denomina proyectos. Esta etapa concluye con la realización de un análisis que permite generar el refuerzo estructural requerido en cada proyecto, en términos de espesor de grava equivalente, para mantener un nivel de servicio adecuado durante los próximos tres años.

Las fases de este módulo se ilustran en la Figura 4.1.

## SISTEMA MEXICANO DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS



**FIGURA 4.1 Módulos del SIMAP.**

#### 4.1.2. Módulo Económico.

El Módulo Técnico antes descrito se complementa con el Módulo Económico. Este es fundamentalmente una herramienta de cálculo computacional destinada a trabajar con los proyectos que han quedado igualados en los horizontes de calidad y tiempo al final de la etapa anterior.

Este programa computacional permite, para cada uno de los proyectos, obtener un abanico de variantes tanto para el nivel de calidad deseado como para su evolución en el tiempo; es decir, ahora a cada uno de los proyectos que serán sujetos de acciones especiales de mantenimiento, puede asignársele diferentes índices de servicio (representativos de distintos niveles de calidad) teniendo además para cada caso diferentes horizontes temporales y también para cada caso el costo para alcanzar esos diferentes niveles de calidad y mantener su evolución por arriba del mínimo permisible.

Esta información permite asignar acciones de conservación a cada camino o tramo, según su importancia relativa dentro de la red, conociendo el costo de cada una de las acciones.

Operativamente, el "software" realizado en este momento permite introducir en el análisis hasta cinco alternativas diferentes de mejoramiento para cada tramo.

Este módulo permite lo siguiente:

- Estimar en términos del índice de servicio actual la evolución temporal de los deterioros actuales, en el caso de no corregirlos por una acción de conservación.
- Correspondientemente, permite calcular el aumento de los costos de operación vehicular si se efectuasen o no las acciones de conservación, en relación con su profundidad y calidad.
- Estimar los ahorros en costos de operación vehicular imputables a la carretera, en cada horizonte de calidad de los diversos tramos o

caminos, llevados a diferentes estados por acciones de conservación cada vez más ambiciosas y manejar los costos de estas acciones.

- Comparar las acciones con sus resultados de un modo que orienta realmente la elección de alternativas. Desde luego, para la elección de una alternativa concreta, tendrá preferencia la carretera más importante. De esta manera el criterio que defina la importancia de la carretera pasa a ser vital en la estrategia general.

Las fases de este módulo también se muestran en la Figura 4.1.

La conceptualización del SIMAP así como los fundamentos para su aplicación, están contenidos en las Referencias 5, 7, 10 y 40.

## **4.2 Programa Piloto en Puebla.**

Como ya se indicó, el desarrollo del programa piloto en el Estado de Puebla se llevó a cabo en los [REDACTED] que constituyen la red federal del Estado. A continuación se describe brevemente el procedimiento seguido en la aplicación de cada uno de los módulos.

### **4.2.1. Módulo Técnico.**

Primeramente se obtuvo el inventario de la red, la cual fue dividida en tramos homogéneos en función del TDPA e importancia de la misma, asignándole un código a cada uno, de tal manera que para el caso de Puebla las carreteras que constituyen la red se dividieron en [REDACTED]. A continuación se muestran los pasos seguidos en los diferentes subsistemas en que se divide este módulo.

#### **A. DATOS GENERALES (subsistema [REDACTED]).**

Se obtuvieron y almacenaron en los archivos del Módulo Técnico del SIMAP los siguientes datos generales:

- TDPA, clasificación vehicular, número de carriles.



- Tasa de crecimiento anual, porcentaje de accidentes.
- Peso promedio, carga por eje  
(datos obtenidos a partir de las Referencias 33 a 35).
- Temperatura ambiente promedio.

## B. ESTADO SUPERFICIAL ( [REDACTED] )

Para la evaluación del estado superficial, todos los tramos fueron divididos en segmentos de 5 km. En este caso se realizaron las siguientes actividades:

- La calificación o índice de [REDACTED] obtuvo mediante el método [REDACTED], a través del empleo de 4 observadores. Esta información se determinó en campo en subtramos de 1 km [REDACTED].
- Para el caso piloto, si se adopta el valor prefijado de [REDACTED] nivel de rechazo, se obtiene una longitud de 68.41 km que pasaría a la siguiente etapa. En razón de lo anterior, se fijó como límite de rechazo el valor de [REDACTED], para permitir el análisis de un mayor número de tramos.



## C. CAPACIDAD ESTRUCTURAL ( [REDACTED] )

De acuerdo con lo estipulado para el Módulo Técnico, se debe evaluar en esta etapa la capacidad estructural de los tramos que registraron un ISA igual o menor a 3.8 (prefijado), por lo que al aplicar el reporte selectivo resultaron eliminados 8 tramos, los cuales representan una longitud de 75 km, que deben dejarse sin acción de mantenimiento alguno, por lo menos hasta el siguiente año; destacando que, como programa piloto, se decidió evaluar toda la red. Para la obtención de los datos de este subsistema se realizaron las siguientes actividades:

- La medición de la recuperación de la deflexión del pavimento con Viga Benkelman en tramos de prueba de 500 m con lecturas cada 20 m, por cada segmento de 5 km o fracción, registrando la temperatura superficial de la carpeta y si la evaluación se realizó en períodos críticos [REDACTED].

- Igualmente se determinó el valor relativo de soporte (VRS) de cada una de las capas del pavimento, subrasante y terracería o terreno natural. También se utilizó información existente en archivos.
- Se determinó el tipo de suelo de soporte (terreno natural) así como características especiales del mismo.

#### **D. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS (SISTEMA CARRETERO).**

Previo a la obtención de los datos necesarios de esta fase, se realizó un reporte selectivo, tal y como lo estipula el Módulo Técnico, con el fin de determinar la fracción de la red para la que se obtendrá este tipo de información. Se estableció como condicionante en dicha selección una deflexión mayor a 0.5 mm y un 0.5 menor o igual a 0.5 obteniéndose una longitud de 362.44 km que debe ser estudiada en esta etapa; sin embargo, para el caso piloto se estudió toda la red, determinándose:

- Espesores de cada una de las capas del pavimento y de la subrasante.
- Evaluación del drenaje superficial (tipo y estado).
- Alturas de cortes y/o terraplenes máximas.
- Pendientes predominantes tanto longitudinal como transversal.
- Precipitación pluvial media anual.
- Tipo de terreno (topografía).
- Temperaturas ambiente mínima, máxima y promedio anual.

#### **E. INVENTARIO DE DETERIOROS (SISTEMA CARRETERO).**

Se recorrió a pie toda la red, levantándose información sobre los siguientes defectos y su gravedad:

- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| ◆ Roderas                | ◆ Asfalto aflorado     |
| ◆ Bacñes                 | ◆ Piel de Cocodrilo    |
| ◆ Grietas longitudinales | ◆ Pulido de superficie |
| ◆ Grietas transversales  | ◆ Hundimientos         |
| ◆ Desprendimientos       | ◆ Hombros caídos       |
| ▶ Otros                  | • OTROS                |

#### **F. HISTORIAL DE REPARACIONES:** [REDACTED]

Se recabó y almacenó en los archivos del Módulo Técnico el historial de reparaciones, con la mayor cantidad de datos posible.

#### **G. ACLARACION.**

Conviene destacar que toda la información descrita se registró para segmentos [REDACTED] con excepción de los Datos Generales, completando de esta manera la información necesaria para los diferentes subsistemas del Módulo Técnico.

#### **4.2.2. Módulo Económico.**

Para la información de proyectos, entendiendo como proyecto el agrupamiento de uno o más segmentos de un tramo susceptibles de recibir la misma acción de mantenimiento, y tomando en cuenta lo descrito por el sistema, a partir del Módulo Técnico se obtuvo un reporte selectivo de tramos con ISA menor a 3.8 con la finalidad de considerarlos dentro de la evaluación económica. El reporte generado indicó que de los 57 tramos totales, deben descartarse 8. En virtud de lo anterior se consideraron para la evaluación económica 49 proyectos en un solo bloque, tomando en cuenta que el sistema opera con bloques de 50 proyectos.

En el menú DATOS DEL CAMINO, se establecieron los valores medios de ISA, deflexión y VRS representativos de cada proyecto.

Los datos de TRANSITO provenientes del Módulo Técnico, aparecen distribuidos en 4 tipos de vehículos representativos del tránsito en las carreteras nacionales.

En el menú PERIODO-TASA se estableció un período de análisis de 15 años para todos los proyectos y una tasa anual de actualización de [REDACTED].

En el menú de ALTERNATIVAS, se propusieron las alternativas de conservación o mantenimiento de tipo periódico o correctivo, estableciéndose para cada una de ellas el número de acciones de que constará, la vida útil, el valor de ISA que se recuperaría, la degradación del ISA en función de la vida útil y el costo de cada acción. Cabe destacar que cada proyecto contiene de una a tres alternativas, estableciéndose para los 49 proyectos 105 alternativas en total. La Tabla 4.1 describe las alternativas consideradas para cada proyecto.

## **4.3 Resultados.**

### **4.3.1. Módulo Técnico.**

Este módulo permite obtener el diagnóstico de la red, mediante reportes selectivos; de hecho, todos los elementos de análisis sobre la condición de la red mostrados en el Capítulo 3, fueron obtenidos a partir de estos reportes. También a partir de ellos se seleccionaron los proyectos a considerar para los análisis con el Módulo Económico.

### **4.3.2. Módulo Económico.**

En este módulo la unidad de trabajo es el proyecto, que se define como un conjunto de segmentos de un mismo subtramo con características homogéneas de tránsito, estado superficial, geotécnicas y de geometría, que requieren una misma acción de conservación.

Con la información del Módulo Técnico, se formaron 49 proyectos con sus respectivas alternativas de conservación.

Los indicadores de rentabilidad económica obtenidos para cada alternativa de cada proyecto fueron el Valor Presente Neto (VPN) y la relación  $VPN/Cost_0$ ; el primero es indicativo del ahorro en costo de operación vehicular de la alternativa considerada (en relación con una alternativa hipotética de actuación nula) y el segundo de su relación beneficio/costo (Referencia 7).

**Tabla 4.1. DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS PARA CADA PROYECTO.**

PROY.	CODIGO	ALTER-NATIVA	DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA	AÑOS DE EJECUCION
1	PUE0005	1	Carpeta de Concreto Asf. de 3.5 cm. Riego de Sello	1,8,15 1,4,8,11,15
		2	Carp. Asf. de mezcla en frio c/6 años Riego de sello c/3	1,7,13 1,4,7,10,13
		3	Renivelación con Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3	1,4,7,10,13
2	PUE0023	1	Carp. de Concreto Asfáltico de 5cm. c/10 Riego de sello c/3	1,11 1,4,7,11,14
		2	Renivelación con C.A. c/5 años Riego de sello c/3	1,6,11 1,4,6,9,11,14
		3	Riego de sello c/2	1,3,5,7,9,11,13,15
3	PUEBLA24	1	Carpeta de C.A. de 5cm. c/10 años Riego de sello c/3	1,11 1,4,7,11,15
		2	Renivelaciones con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/3	1,6,11 1,4,6,9,11,14
		3	Riego de sello c/2	1,3,5,7,9,11,13,15
4	PUEBLA08	1	Carpeta de Concreto Asf. de 3.5cm c/6 Riego de sello c/3	1,7,13 1,4,7,10,13
		2	Carpeta Asf. de mezcla en frio de 5cm c/6 Riego de sello c/3	1,7,13 1,4,7,10,13
		3	Renivelación con C:A: c/3 años Riego de sello c/3	1,4,7,10,13
5	PUEBLA06	1	Recup. de Pav. 20cm y estab.c/Emulsión Carpeta de Concreto Asf. de 5cm. c/8 Riego de sello c/3	1 1,9 1,4,7,9,12,13
		2	Carpeta de Concreto Asf. de 7cm c/12 Riego de sello c/3	1,12 1,4,7,10,12,15
		3	Renivelación con Concreto Asf. c/3 años	1,4,7,10,13
6	PUEBLA30	1	Carpeta Asf. con mezcla en frio c/9 años Riego de sello c/3	1,10 1,4,7,10,13
		2	Renivelación de Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3	1,4,7,10,13
7	PUEBLA07	1	Recup. de Pav. 20cm. estab. c/emul. c/15 Carpeta de C.A. de 7cm c/8 años Riego de sello c/3	1 1,9 1,4,7,9,12,15
		2	Carpeta de C.A. de 7cm c/7 años Riego de sello c/3	1,8,15 1,4,8,11,15
		3	Renivelación con Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3	1,4,7,10,13

(CONTINUACION)

Tabla 4.1. DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS PARA CADA PROYECTO.

PROY.	CODIGO	ALTER-NATIVA	DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA	AÑOS DE EJECUCION
8	PUEBLA17	1	Recup. de Pav. 10cm estab. c/emul. c/20 Carp. Asf. con mezcla en frio de 5cm c/8 Riego de sello c/3	1 1,9 1,4,7,9,12,15
		2	Carp. Asf. con mezcla en frio de 7cm. c/9 Riego de sello c/3	1,10 1,4,7,10,13
		3	Renivelación de Concreto Asfáltico c/4 Riego de sello c/4	1,5,9,13
9	PUEBLA11	1	Carpeta de C.A. de 5cm c/6 años Riego de sello c/3	1,7,13 1,4,7,10,13
		2	Renivelaciones de Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3	1,4,7,10,13
10	PUEBLA09	1	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm. c/9 Riego de sello c/3	1,10 1,4,7,10,13
		2	Carp. Asf. con mezcla en frio de 5cm. c/6 Carpeta de Concreto Asf. de 7cm. c/6 Riego de sello c/3	1 10 1,4,7,10,13
		3	Renivelación de Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3	1,4,7,10,13
11	PUEBLA16	1	Carp. Asf. con mezcla en frio de 5cm. c/12 Riego de sello c/3	1,3 1,4,7,10,13
		2	Carpeta de Concreto Asf. de 3.5cm c/9 Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4	1 13 5,9,13
12	PUEBLA15	1	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/9 Riego de sello c/3	7 1,4,7,10,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3	7,13 1,4,7,10,13
13	PUEBLA02	1	Rec. de Pav. 30cm est. c/cem. port. c/18 Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/9 años Riego de sello c/3	1 1,10 1,4,7,10,13
		2	Rec. Pav.15cm Agreg.10cm mat de banco Carpeta de Concreto Asf. de 5cm. c/9 Riego de sello c/3	1 1,10 1,4,7,10,13
		3	Carpeta de ConcretoAsf. de 7cm c/9 años Riego de sello c/3	1,10 1,4,7,10,13
14	PUEBLA01	1	Recup. de Pav. 15cm estab. c/emul. c/15 Carpeta Asf con mezcla en frio de 5cm. c/8 Riego de sello c/3	1 9 4,7,12
		2	Recup. de Pav. 10cm estab. c/emul.c/12 Carpeta Asf. con mezcla en frio de 5cm c/8 Riego de sello c/3	1,13 1,9 1,4,7,9,13
		3	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/9 Riego de sello c/3	1,10 1,4,7,10,13

## (CONTINUACION)

Tabla 4.1. DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS PARA CADA PROYECTO.

PROY.	CODIGO	ALTER-NATIVA	DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA	AÑOS DE EJECUCION
15	PUEBLA20	1	Recup. del Pav. 20cm estab. c/emul. c/15 Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/8 Riego de sello c/3	1 1,9 1,4,7,9,12
		2	Recup. del Pav. 10cm estab. c/emul. c/13 Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/8 años Riego de sello c/3	1,14 1,9 1,4,7,9,10,14
		3	Carpeta de Concreto Asf. de 7cm c/9 Riego de sello c/3	1,9 1,4,7,9,12
16	PUEBLA19	1	Rec. del Pav. 10cm estab. c/emul. c/15 Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/9 años Riego de sello c/3	1 1,10 1,4,7,10,13
		2	Carpeta de Concreto Asf. de 7cm c/10 Riego de sello c/3	1,11 1,4,7,10,13
		3	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4	1,5,9,13
17	PUEBLA27	1	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/8 Riego de sello c/4	1 9 1,5,9,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3	1,4,7,10,13
18	PUEBLA29	1	Rec. del Pav. 10cm estab. c/emul. c/15 Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/9 Riego de sello c/3	1 1,10 1,4,7,10,13
		2	Carpeta de Concreto Asf. de 7cm c/8 Riego de sello c/4	1,9 1,5,9,13
		3	Renivelación con Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3	1,4,7,10,13
19	PUEBLA22	1	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/15 Riego de sello c/3	1 1,4,7,10,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/3	1,6,11
20	PUEBLA18	1	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/15 Riego de sello c/4	1 1,5,9,13
21		1	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4	1,5,9,13
		2	Riego de sello c/3	1,4,7,10,13
22	PUEBLA52	1	Renivelación con Concreto Asf. c/8 años Riego de sello c/4	1,9 1,5,9,13

(CONTINUACION)

Tabla 4.1. DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS PARA CADA PROYECTO.

PROY.	CODIGO	ALTER-NATIVA	DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA	AÑOS DE EJECUCION
23	PUEBLA34	1	Carpeta Asf. con mezcla en frio de 5cm c/8 Riego de sello c/4	1,9 1.5.9.13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4	1.5.9.13
24	PUEBLA35	1	Carp. Asf. con mezcla en frio de 5cm c/10 Riego de sello c/5	1,11 1.6.11
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/5 años	1,6.11
25	PUEBLA03	1	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4	1,5.9.13
26	PUEBLA21	1	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4	1.5.9.13
27	PUEBLA40	1	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/5	1,6.11
		2	Riego de sello c/4	1.5.9.13
28	PUE0041	1	Carp. Asf. con mezcla en frio de 5cm c/15 Riego de sello c/4	1 1.5.9.13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4	1.5.9.13
29	PUEBLA32	1	Carpeta de Concreto Asf. de 3.5cm c/6 Riego de sello c/3	1,7.13 1.4.7.10.13
		2	Carp. Asf. con mezcla en frio de 5cm c/6 Riego de sello c/3	1,7.13 1.4.7.10.13
		3	Renivelación con Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3 años	1,4.7.10.13
30	PUEBLA60	1	Carpeta de Concreto Asf. de 3.5cm c/6 Riego de sello c/3	1,7.13 1.4.7.10.13
		2	Carp. Asf. con mezcla en frio de 5cm c/6 Riego de sello c/3	1,7.13 1.4.7.10.13
		3	Renivelación con Concreto Asf. c/3 años Riego de sello c/3 años	1,4.7.10.13
31	PUEBLA33	1	Carpeta de Concreto Asf. de 3 5cm c/10 Riego de sello c/5 años	1,11 1.6.11
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/6 años Riego de sello c/4 años	1,7.13 1.5.9.13
		3	Riego de sello c/3 años	1,4.7.10.13
32	PUEBLA36	1	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/10 años Riego de sello c/4 años	1,11 1.5.9.13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/5 años	1,6.11



## (CONTINUACION)

Tabla 4.1. DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS PARA CADA PROYECTO.

PROY.	CODIGO	ALTER-NATIVA	DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA	AÑOS DE EJECUCION
33	PUEBLA37	1	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/10 años Riego de sello c/4 años	1,11 1,5,9,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/5 años	1,6,11
34	PUEBLA38	1	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4 años	1,5,9,13
35	PUEBLA39	1	Recup. del Pav. 10cm estab. c/emul. c/15 Riego de sello c/4 años	1 1,5,9,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/5 años	1,6,11
36	PUEBLA43	1	Renivelación con mezcla en frío y carpeta de 5cm también en frío Riego de sello c/4 años	1,15 1,5,9,13,15
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4 años	1,5,9,13
37	PUEBLA44	1	Carp. Asf. con mezcla en frío de 5cm c/15 Riego de sello c/4 años	1 1,5,9,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4 años	1,5,9,13
38	PUEBLA45	1	Carp. Asf. con mezcla en frío de 5cm c/10 Riego de sello c/5 años	1,11 1,6,11
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/5 años	1,6,11
39	PUEBLA46	1	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/5 años	1,6,11
40	PUEBLA47	1	Recup. del Pav. 10cm estab. c/emul. c/18 Carp. Asf. con mezcla en frío de 5cm c/10 Riego de sello c/5 años	1 1,11 1,6,11
		2	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/10 años Riego de sello c/5 años	1,11 1,6,11
		3	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/5 años	1,6,11
41	PUEBLA48	1	Renivelación con Concreto Asf. c/8 años Riego de sello c/4 años	1,9 1,5,9,35
42	PUEBLA49	1	Renivelación con Concreto Asf. c/10 años Riego de sello c/5 años	1,11 1,6,11
43	PUEBLA55	1	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/15 años Renivelación con Concreto Asf. c/6 años Riego de sello c/3 años	1 1,7,13 1,4,7,10,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4 años	1,5,9,13

(CONTINUACION)

**Tabla 4.1. DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS PARA CADA PROYECTO.**

PROY.	CODIGO	ALTER-NATIVA	DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA	AÑOS DE EJECUCION
44	PUEBLA56	1	Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/15 años Renivelación con Concreto Asf. c/6 años Riego de sello c/3 años	1 1,7,13 1,4,7,10,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4 años	1,5,9,13
45	PUEBLA57	1	Recup. del Pav. 20cm estab. c/emul. c/20 Carpeta de Concreto Asf. de 5cm c/12 años Riego de sello c/4 años	1 1,13 1,5,9,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4 años	1,5,9,13
46	PUEBLA58	1	Renivelación con Concreto Asf. c/8 años Riego de sello c/4 años	1,9 1,5,9,13
		2	Riego de sello c/5 años	1,5,11
47	PUEBLA59	1	Carp. Asf. con mezcla en frío de 5cm c/15 Riego de sello c/3 años	1 1,4,7,10,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/5 años Riego de sello c/5 años	1,6,11
48	PUEBLA31	1	Riego de sello c/4 años	1,5,9,13
49	PUEBLA42	1	Carp. Asf. con mezcla en frío c/12 años Riego de sello c/3 años	1,13 1,4,7,10,13
		2	Renivelación con Concreto Asf. c/4 años Riego de sello c/4 años	1,5,9,13

La Tabla 4.2 muestra, para cada proyecto y alternativa de conservación, el valor presente neto obtenido en la evaluación económica durante el período de análisis. La Tabla 4.3 muestra los resultados de la evaluación económica de los proyectos jerarquizados en función del Valor Presente Neto. En las columnas 1 y 2 de dicha tabla se muestran el proyecto y su alternativa óptima; en la tercera, el valor presente neto en miles de pesos (de mediados de 1996); en la cuarta, la longitud acumulada en km; en la quinta y la sexta, el costo en el primer año por proyecto y acumulado (también en miles de pesos de 1996).

El monto necesario para atender la totalidad de la red es de \$200.41 millones de pesos, sobrepasando al monto de inversión autorizado; por lo tanto, se tomó como restricción la inversión de 1997 que es de \$61.446 millones de pesos, distribuidos en conservación periódica y reconstrucción.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.3, se observa que con estos recursos podrían atenderse los primeros tres proyectos con una longitud de 132.2 km y un monto de 59.245 millones de pesos; con los 2.2 millones restantes, se podría atender otro proyecto, por ejemplo, el PUE0021.

Conviene destacar que la evaluación presentada en la Tabla 4.3 fue realizada con los tramos con [REDACTED]. Sin embargo, se realizó otra evaluación con tramos con [REDACTED], cuyos resultados aparecen en la Tabla 4.4, la cual incluye 31 proyectos. Puede observarse que en ambas jerarquizaciones los primeros 4 proyectos son los mismos, por lo que siguen prevaleciendo los resultados en la Tabla 4.3. ?

Con los resultados anteriores concluye estrictamente la aplicación del sistema; sin embargo, con la finalidad de ampliar la longitud atendida con los recursos disponibles, se propone:

- Que los primeros 3 proyectos en la Tabla 4.3 representen el rubro de construcción, el cual tiene una asignación de 31.475 millones de pesos, atendándose éstos en 2 años, por lo que en el primer año se actuaría en una longitud de 66.1 km con un costo de 29.622 millones de pesos. Asimismo, en el primer año se emprenderían las acciones correspondientes a la alternativa 1 del proyecto PUE0021 (el cual tiene una longitud de 28.3 km), con un costo de 2.264 millones de pesos. Así, el costo total para este rubro en el primer año sería de 31.886 millones de pesos.

**Tabla 4.2. RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA DE LOS PROYECTOS.**

PROYECTO	ALTERNATIVA	AHORRO TOTAL (VPN) (miles de \$)
PUE0005	ALTER01	189,639.217
	ALTER02	182,646.193
	ALTER03	166,656.629
PUE0023	ALTER01	42,428.871
	ALTER02	35,190.284
	ALTER03	33,450.362
PUE0024	ALTER01	38,971.012
	ALTER02	32,484.569
	ALTER03	30,929.179
PUE0008	ALTER01	42,801.425
	ALTER02	37,340.707
	ALTER03	32,334.884
PUE0006	ALTER01	106,242.969
	ALTER02	100,747.849
	ALTER03	85,431.893
PUE0030	ALTER01	33,480.302
	ALTER02	30,044.206
PUE0007	ALTER01	409,259.447
	ALTER02	385,576.874
	ALTER03	339,156.465
PUE0017	ALTER01	45,408.502
	ALTER02	40,707.678
	ALTER03	35,508.902
PUE0011	ALTER01	123,910.588
	ALTER02	103,690.354
PUE0009	ALTER01	281,156.233
	ALTER02	258,555.173
	ALTER03	227,810.222
PUE0016	ALTER01	186,347.513
	ALTER02	188,225.207
PUE0015	ALTER01	224,470.359
	ALTER02	215,311.985
PUE0002	ALTER01	578,800.611
	ALTER02	581,488.431
	ALTER03	565,267.118

(CONTINUACION)

Tabla 4.2. RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA DE LOS PROYECTOS.

PROYECTO	ALTERNATIVA	AHORRO TOTAL (VPN) (miles de \$)
PUE0001	ALTER01	92.036.427
	ALTER02	86.281.064
	ALTER03	91.441.879
PUE0020	ALTER01	474.353.431
	ALTER02	434.801.764
	ALTER03	457.931.475
PUE0019	ALTER01	206.967.636
	ALTER02	202.105.569
	ALTER03	153.413.398
PUE0027	ALTER01	204.806.788
	ALTER02	205.788.789
PUE0029	ALTER01	646.313.255
	ALTER02	630.843.864
	ALTER03	542.158.137
PUE0022	ALTER01	9.111.279
	ALTER02	7.758.515
PUE0018	ALTER01	259.900.288
PUE0004	ALTER01	157.236.469
	ALTER02	131.265.266
PUE0052	ALTER01	645.368
PUE0034	ALTER01	56.144.756
	ALTER02	48.351.735
PUE0035	ALTER01	678.936
	ALTER02	571.000
PUE0003	ALTER01	153.809.576
PUE0021	ALTER01	175.950.769
PUE0040	ALTER01	7.350.742
	ALTER02	6.299.470
PUE0041	ALTER01	5.658.670
	ALTER02	5.371.563
PUE0032	ALTER01	56.011.565
	ALTER02	49.133.147
	ALTER03	43.535.363

(CONTINUACION)

Tabla 4.2. RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA DE LOS PROYECTOS.

PROYECTO	ALTERNATIVA	AHORRO TOTAL (VPN) (miles de \$)
PUE0060	ALTER01	48,154.508
	ALTER02	41,471.943
	ALTER03	35,272.271
PUE0033	ALTER01	85,240.395
	ALTER02	78,681.201
	ALTER03	58,556.683
PUE0036	ALTER01	119,429.330
	ALTER02	95,188.497
PUE0037	ALTER01	20,453.583
	ALTER02	16,278.822
PUE0038	ALTER01	46,225.528
PUE0039	ALTER01	117,005.165
	ALTER02	103,095.999
PUE0043	ALTER01	3,230.079
	ALTER02	3,151.312
PUE0044	ALTER01	3,768.843
	ALTER02	3,493.251
	ALTER03	81,849.685
PUE0045	ALTER01	94,683.800
	ALTER02	81,849.685
PUE0046	ALTER01	5,888.699
PUE0047	ALTER01	53,461.295
	ALTER02	53,344.775
	ALTER03	46,907.028
PUE0048	ALTER01	48,816.213
PUE0049	ALTER01	11,181.174
PUE0055	ALTER01	346,634.790
	ALTER02	308,253.940
PUE0056	ALTER01	371,675.505
	ALTER02	330,517.658
PUE0057	ALTER01	166,009.557
	ALTER02	149,515.478

(CONTINUACION)

Tabla 4.2. RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA DE LOS PROYECTOS.

PROYECTO	ALTERNATIVA	AHORRO TOTAL (VPN) (miles de \$)
PUE0058	ALTER01	6,255.789
	ALTER02	5,670.333
PUE0059	ALTER01	1,576.588
	ALTER02	1,439.088
PUE0031	ALTER01	878.851
PUE0042	ALTER01	10,937.504
	ALTER02	10,270.535

**Tabla 4.3. JERARQUIZACION DE LOS PROYECTOS POR EL VALOR PRESENTE NETO DE LA ALTERNATIVA MAS RENTABLE (TRAMOS CON ISA MENOR O IGUAL A 3.8).**

PRO- YECTO	ALTERNATIVA OPTIMA	VPN (miles \$)	LONGITUD ACUMULADA (KM)	COSTOS EN EL AÑO 1 (miles de \$)	
				PROYECTO	ACUMULADO
PUEBLA29	ALTER01	646,313.25	62.50	22,187.50	22,187.50
PUEBLA02	ALTER02	581,488.43	109.00	24,877.50	47,065.00
PUEBLA20	ALTER01	474,353.43	132.20	12,180.00	59,245.00
PUEBLA07	ALTER01	409,259.45	159.80	16,146.00	75,391.00
PUEBLA56	ALTER01	371,675.50	229.50	12,894.50	88,285.50
PUEBLA55	ALTER01	346,634.79	287.50	10,730.00	99,015.50
PUEBLA09	ALTER01	281,156.23	323.60	6,678.50	105,694.00
<del>PUEBLA10</del>	ALTER01	259,900.29	<del>339.00</del>	<del>7,720.00</del>	107,414.50
PUEBLA15	ALTER01	224,470.36	380.40	1,662.50	109,077.00
PUEBLA19	ALTER01	206,967.64	392.70	<del>1,662.50</del>	113,443.50
<del>PUEBLA17</del>	ALTER02	205,788.79	<del>400.00</del>	<del>1,662.50</del>	114,747.50
PUEBLA05	ALTER01	189,639.22	449.00	5,600.00	120,347.50
PUEBLA16	ALTER02	188,225.21	499.46	7,064.40	127,411.90
PUEBLA21	ALTER01	175,950.77	527.76	2,264.00	129,675.90
PUEBLA57	ALTER01	166,009.56	556.69	13,117.65	142,793.55
PUEBLA04	ALTER01	157,236.47	587.89	2,504.00	145,297.55
PUEBLA03	ALTER01	153,809.58	616.19	2,264.00	147,561.55
PUEBLA11	ALTER01	123,910.59	626.19	1,850.00	149,411.55
PUEBLA36	ALTER01	119,429.33	646.70	3,794.35	153,205.90
PUEBLA39	ALTER01	117,005.17	674.78	5,756.40	158,962.30
PUEBLA06	ALTER01	106,242.97	700.33	13,413.75	172,376.05
PUEBLA45	ALTER01	94,683.80	720.53	2,323.00	174,699.05
PUEBLA01	ALTER01	92,036.43	729.03	3,867.50	178,566.55
PUEBLA33	ALTER01	84,250.39	781.73	7,378.00	185,944.55
PUEBLA34	ALTER01	56,144.76	785.18	396.75	186,341.30
PUEBLA32	ALTER01	56,011.56	788.88	518.00	186,859.30



(CONTINUACION)

Tabla 4.3. JERARQUIZACION DE LOS PROYECTOS POR EL VALOR PRESENTE NETO DE LA ALTERNATIVA MAS RENTABLE (TRAMOS CON ~~TRAMOS~~)

PRO- YECTO	ALTERNATIVA OPTIMA	VPN (miles \$)	LONGITUD ACUMULADA (KM)	COSTOS EN EL AÑO 1 (miles de \$)	
				PROYECTO	ACUMULADO
PUEBLA48	ALTER01	48,816.21	815.98	1,312.00	191,220.80
PUEBLA60	ALTER01	48,354.51	819.68	518.00	191,738.80
PUEBLA38	ALTER01	46,225.53	830.62	875.20	192,614.00
PUEBLA17	ALTER01	45,408.50	833.52	826.50	193,440.50
PUEBLA08	ALTER01	42,801.43	839.62	854.00	194,294.50
PUEBLA23	ALTER01	42,428.87	844.42	888.00	195,182.50
PUEBLA24	ALTER01	38,971.01	849.22	888.00	196,070.50
PUEBLA30	ALTER01	33,480.30	856.42	828.00	196,898.50
PUEBLA37	ALTER01	20,453.58	862.51	1,126.65	198,025.15
PUEBLA49	ALTER01	11,181.17	881.65	1,531.20	199,556.35
PUEBLA42	ALTER01	10,937.50	893.45	1,357.00	200,913.35
PUEBLA22	ALTER01	9,111.28	894.35	166.50	201,079.85
PUEBLA40	ALTER01	7,550.74	896.15	144.00	201,232.85
PUEBLA58	ALTER01	6,255.79	901.65	440.00	201,663.85
PUEBLA46	ALTER01	5,888.70	908.65	560.00	202,223.85
PUEBLA41	ALTER01	5,658.67	910.15	172.50	202,396.35
PUEBLA44	ALTER01	3,768.84	914.95	552.00	202,948.35
PUEBLA43	ALTER01	3,230.08	919.45	630.00	203,578.35
PUEBLA59	ALTER01	1,576.59	919.85	46.00	203,624.35
PUEBLA31	ALTER01	878.85	920.95	38.50	203,662.85
PUEBLA35	ALTER01	678.94	923.65	310.50	203,973.35
PUEBLA52	ALTER01	645.37	924.95	104.00	204,077.35

**Tabla 4.4. JERARQUIZACION DE LOS PROYECTOS POR EL VALOR PRESENTE NETO DE LA ALTERNATIVA MAS RENTABLE (TRAMOS CON ~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~).**

PRO- YECTO	ALTERNATIVA OPTIMA	VPN (miles \$)	LONGITUD ACUMULADA (KM)	COSTOS EN EL AÑO 1 (miles de \$)	
				PROYECTO	ACUMULADO
PUEBLA29	ALTER01	646313.25	62.50	22,187.50	22,187.50
PUEBLA02	ALTER02	581488.43	109.00	24,877.50	47,065.00
PUEBLA20	ALTER01	474353.43	132.20	12,180.00	59,245.00
PUEBLA07	ALTER01	409259.45	159.80	16,146.00	75,391.00
PUEBLA18	ALTER01	259900.29	169.10	1,720.50	77,111.50
PUEBLA15	ALTER01	224470.36	216.60	1,662.50	78,774.00
PUEBLA19	ALTER01	206967.64	228.90	4,366.50	83,140.50
PUEBLA27	ALTER02	205788.79	245.20	1,304.00	84,444.50
PUEBLA57	ALTER01	166009.56	274.03	13,117.65	97,562.15
PUEBLA36	ALTER01	119429.33	294.54	3,794.35	101,356.50
PUEBLA39	ALTER01	117005.17	322.62	5,756.40	107,112.90
PUEBLA06	ALTER01	106242.97	348.17	13,413.75	120,526.65
PUEBLA45	ALTER01	94683.80	368.37	2,323.00	122,849.65
PUEBLA01	ALTER01	92036.43	376.87	3,867.50	126,717.15
PUEBLA33	ALTER01	84250.39	429.57	7,378.00	134,095.15
PUEBLA34	ALTER01	56144.76	433.02	396.75	134,491.90
PUEBLA32	ALTER01	56011.56	436.72	518.00	135,009.90
PUEBLA60	ALTER01	48154.51	440.42	518.00	135,527.90
PUEBLA38	ALTER01	46225.53	451.36	875.20	136,403.10
PUEBLA17	ALTER01	45408.50	454.26	826.50	137,229.60
PUEBLA08	ALTER01	42801.43	460.36	854.00	138,083.60
PUEBLA30	ALTER01	33480.30	467.56	828.00	138,911.60
PUEBLA37	ALTER01	20453.58	473.65	1,126.65	140,038.25
PUEBLA22	ALTER01	9111.28	474.55	166.50	140,204.75
PUEBLA40	ALTER01	7350.74	476.35	144.00	140,348.75
PUEBLA58	ALTER01	6255.79	481.85	440.00	140,788.75
PUEBLA41	ALTER01	5658.67	483.35	172.50	140,961.25
PUEBLA44	ALTER01	3768.84	488.15	552.00	141,513.25
PUEBLA43	ALTER01	3230.08	492.65	630.00	142,143.25
PUEBLA35	ALTER01	678.94	495.35	310.50	142,453.75
PUEBLA52	ALTER01	645.37	496.65	104.00	142,557.75

- Por lo que respecta al rubro de conservación periódica, al cual en 1997 se le asignaron 29.971 millones de pesos, se atenderían 2 proyectos que serían PUE0007 y PUE0055, con un costo de 26.876 millones de pesos; adicionalmente se propone atender los proyectos PUE0018 y PUE0027, con un costo de [REDACTED] millones de pesos. De esta manera, la longitud total atendida en este rubro en el primer año sería de 111.20 km.
- La longitud total a conservar en ambos rubros sería de 205.6 km.

En el mapa en la Figura 4.2 se muestran los tres tramos de carreteras que deben atenderse para reconstrucción, obtenidos de los resultados del SIMAP.



## **5. Conclusiones y Recomendaciones.**

---

### **5.1. Conclusiones.**

Con base en la experiencia obtenida en Puebla se demuestra que el SIMAP es operable.

Para la aplicación del SIMAP se requiere de personal capacitado en el funcionamiento del sistema y con experiencia en las áreas de geotecnia y conservación de carreteras: equipo para determinar valor relativo de soporte en el lugar, equipo para medir deflexiones con Viga Benkelman, rugosímetro para medir el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) o una brigada de 4 personas para determinar la Calificación de Servicio Actual (CSA), 2 ingenieros para levantamiento de daños y características geotécnicas y, finalmente, una computadora IBM o superior dotada de un coprocesador matemático que permita realizar el almacenamiento y análisis de la información.

A partir de la aplicación del SIMAP en el Estado de Puebla se observó que con el valor de rechazo ISA menor o igual a 0.5, la longitud resultante de carreteras a estudiar era muy limitada; por esta razón, se dejó de aplicar el sistema de estudio de carreteras y a los recursos financieros disponibles.

### **5.2. Recomendaciones.**

En la evaluación económica realizada, con un solo bloque de proyectos fue suficiente para analizar los 49 proyectos del caso de Puebla. Sin embargo, el sistema no tiene restricción en cuanto al número de bloques. Por lo que su aplicación a una red de mayor escala es factible. Sin embargo, sería deseable adaptar el sistema para que cada uno de los bloques del módulo económico admita un número suficiente de proyectos, de tal manera que pueda llegar a evaluarse en un solo bloque toda la red de la Entidad Federativa con mayor longitud de carreteras.

Sería recomendable emprender las siguientes acciones:

Aplicación del SIMAP a la Red Carretera Federal del Estado de Puebla.

- Realizar cursos regionales para la capacitación del personal que quisiese aplicar el SIMAP en la red de su competencia.
- Aplicar el SIMAP en las diferentes entidades federativas de la red federal y estatal de carreteras con el Índice de Servicio Actual y las deflexiones obtenidas durante el año de 1996.
- Actualizar los documentos técnicos relacionados con el sistema que contengan las modificaciones hechas al SIMAP durante el programa piloto en la red de carreteras federales del Estado de Puebla.
- Trabajar sobre la inclusión del módulo geográfico del SIMAP.
- Trabajar sobre la inclusión al SIMAP de los resultados obtenidos con los equipos de impacto KUAB y DYNATEST, de tal manera que permita ingresar módulos elásticos o VRS y deflexiones obtenidas con estos equipos o con Viga Benkelman, como opciones.
- Medir el índice de rugosidad internacional (IRI) cada año en la red federal de carreteras, con la finalidad de tener mayor objetividad en los resultados del Sistema. ?

## Referencias.

---

1. Rico R., Alfonso y Mendoza D., Alberto. *"Una Estrategia para la Conservación de la Red de Carreteras"*. Documento Técnico No. 11; Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México. 1995.
2. Rico R., Alfonso; Mendoza D., Alberto y Mayoral G., Emilio. *"Financial Mechanisms for Road Maintenance in Developing Nations"*. Transportation Research Record, No.1509; National Academy Press. Washington D.C., E.U.A.; pág. 81. 1995.
3. Arredondo O., Ricardo. *"La Importancia Económica de las Principales Carreteras como Criterio para Jerarquizar su Conservación"*. Tesis. para optar por el grado de Maestro en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro. México: 1993.
4. THAWAAT, Watanatada. et al. *"HDM-PC The Highway Design and Maintenance Standards Model. User's Manual for HDM-III Model"*. World Bank, Washington, D. C., E U A.; 1987.
5. Rico R., Alfonso. et al. *"Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos (SIMAP).. Primera Fase"*. Documento Técnico Núm. 3. Instituto Mexicano del Transporte Querétaro, México. 1993.
6. Backoff P., Miguel A. y García C. Gabriela; *"Módulo Geográfico del Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos (SIMAP)"*. Revista Investigación No. 5; Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México; pp 39-49. 1993
7. Solorio M., Ricardo y Aguerrebere S. Roberto. *"Módulo Económico del Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos (SIMAP)"*. Documento Técnico Núm. 9; Instituto Mexicano del Transporte; Querétaro. México. 1993.
8. Aguerrebere S., Roberto y Durán - Gandhi. *"Módulo Económico del Sistema Mexicano para la Administración de la Sección Estructural de las Carreteras, Bases Conceptuales"*. Publicación Técnica en Edición. Instituto Mexicano del Transporte Querétaro, México; 1994.

9. Rico R., Alfonso y Tellez G., Rodolfo. "*Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP). Manual del Usuario*". Documento Técnico Núm. 5; Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 1990.
10. Rico R., Alfonso y Tellez G., Rodolfo. "*Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP), Manual Operativo de Campo*". Documento Técnico Núm. 4; Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 1990.
11. Federal Highway Administration. "*Rehabilitation Guidelines for Low-Volume Roads Executive Summary*". Report No. FHWA/ts-87-225; E.U.A., 1987.
12. Instituto Mexicano del Transporte (IMT). "*Seminario Binacional sobre Administración de la Conservación*"; Memorias del Seminario. IMT, Querétaro. México; 1995.
13. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). "*Guidelines for Pavement Management Systems*". Washington. D.C., E.U.A.; 1990.
14. Paterson D., E. "*Pavement Management Practices*". Organization for Economic Cooperation and Development; Paris, Francia, 1987.
15. Federal Highway Administration. "*An Advanced Course in Pavement Management Systems*". Washington. D.C., E.U.A., 1991.
16. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). "*Pavement Management Systems*". OECD. París, Francia. 1987.
17. Association Society of Civil Engineers (ASCE), "*Local Low Volume Roads and Streets*". Federal Highway Administration, Washington, D.C., E.U.A., 1992.
18. Haas, Ralph; Hudson, Ronald. and Zaniezski, John. "*Modern Pavement Management*". Robert E. Krieger Publishing Co., Malabar, Florida, E.U.A., 1994.



19. Wells W., M.; Shain, R. E. Smith, and M. I. Darter. *"Implementing Pavement Management Systems, Do's and Dont's at the City/Country Level"*. Proceedings. North American Pavement Management Conference. Ontario Ministry of Transportation and Communication. Toronto, Canada. 1992.
20. Smith, R. E. and K. M. Fallaha, *"Developing an Interface Between Network and Project Level Pms for Local Agencies"*. Transportation Research Board Meeting. Washington, D.C., E.U.A., 1992.
21. Hicks, R. G. and J. P. Mahoney. *"Collection and Use of Pavement Condition Data"*. NCHRP Synthesis 76. Transportation Research Board. Washington, D.C., E.U.A., 1981.
22. Epps, J. A. and C. L Monismith. *"Equipment for Obtaining Pavement Condition and Traffic Loading Data"*. NCHRP Synthesis 126: Transportation Research Board. Washington, D.C., E.U.A., 1986.
23. Lytton, R. L. *"From Ranking to True Optimization"*. Proceeding, North American Pavement Management Conferences: Ontario Ministry of Communcation, Toronto, Canada 1985.
24. Liebman, J. S. *"Optimization Tools for Pavement Management"*. Proceeding North American Pavement Management Conferences Ontario Ministry of Communication. Toronto, Canada, 1985.
25. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). *"Guide for Design of Pavement Structures"*. AASHTO, Washington, D.C., E.U.A., 1985.
26. National Stone Association. *"Flexible Pavement Design Guide for Roads and Streets"*. Fourth Edition: National Stone Association, Washington, D.C. (E.U.A.) 1985.
27. The Asphalt Institute. *"Thickness Design-Asphalt Pavements for Highways and Streets"*. Manual Series No.1; The Asphalt Institute, Lexington, K Y., E.U.A., 1991.

28. Packard, R. G. *"Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements"*. EB109.01P; Portland Cement Association, Skokie, IL.. E.U.A., 1984.
29. American Concrete Pavement Association. *"Municipal Concrete Pavement Manual"*. Guide Specifications and Design Standards; ACPA, Arlington Heights, IL., E.U.A., 1986.
30. Eres Consultans, Inc. *"Techniques for Pavemnet Rehabilitation"*. Participant Manual. National Highway Institute; Federal Highway Administration, Washington, D.C., E.U.A., 1987.
31. Mler B. Francisco. *"Utilización del Sistema de Posicionamiento Global por Satélite para Inventario"*. 2do. Simposium sobre Informática y Carreteras. Asociación de Carreteras Técnicas, Madrid. España. 1991.
32. Dirección General de Servicios Técnicos. *"Datos Viales. 1996"*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Ciudad 'de México. México; 1997.
33. Mendoza D. Alberto y Reyes G. Gabriel. *"Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan Sobre las Carreteras Nacionales: Impactos Económicos de la Reglamentación de Control de Pesos de 1993"*. Publicación Técnica No 51. Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro. México.1994.
34. Castillo S. María. Mendoza D. Alberto y Gutiérrez H. José L. *"Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan sobre las Carreteras Nacionales: Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 1992 y 1993"*. Documento Técnico No. 17; Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro: México. 1995.
35. Mendoza D. Alberto y Gutiérrez H. José L. *"Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan Sobre las Carreteras Nacionales: Análisis Económicos de los Efectos del Peso de los Vehículos de Carga Autorizados en la Red Nacional de Carreteras"*. Publicación Técnica No. 52; Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro. México. 1994.

36. Rico R. Alfonso, Mendoza D. Alberto, Mayoral G. Emilio y Durán H. Gandhi: *"Análisis Económico del Comportamiento de Secciones Estructurales de Carreteras en Diversas Circunstancias"*. Publicación Técnica No. 61. Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México. 1995.
37. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *"Información sobre la Estructura del Pavimento de los Distintos Tramos de la Red Carretera Federal en el Estado de Puebla"*. Centro SCT del Estado de Puebla. Puebla. México. 1996.
38. Hoffman M.S. and Thompson M.R. *"Mechanistic Interpretation of Nondestructive Pavement Testing Deflections"*. Transportation Engineering Serie No. 32. Illinois Cooperative Highway and Transportation Research. Serie No. 190. University Illinois at Urbana-Champaign. Illinois. E.U.A., 1981.
39. Udin, W. *"Pavement Evaluation Based on Dynamic Deflection"*, PDDD-1. Versión 1.1. Owner's guide. Silver Spring. Maryland. USA. 1995.
40. Rico R. Alfonso, Tellez G. Rodolfo; Orozco M. Juan. *"Módulo Técnico del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP versión 2.0). Manual del Usuario"*. Documento Técnico Núm. 15; Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 1995.

---

# **A N E X O A**

**Calificación del Servicio Actual  
en los Tramos Considerados**

**CARRETERA: MEXICO - PUEBLA (LIBRE)**  
**TRAMO: L.E. MEX/PUEBLA-PUEBLA**

CODIGO	CSA
PST0010045.00	2.85
PST0010050.00	2.85
PST0010055.00	2.83
PST0010060.00	2.93
PST0010065.00	2.88
PST0010070.00	2.75
PST0010075.00	2.90
PST0010080.00	2.93
PST0010085.00	2.85
PST0010090.00	2.85
PST0010095.00	2.75
PST0010100.00	2.70
PST0010105.00	2.93

**CARRETERA: APIZACO - TEJOCOTAL**  
**TRAMO: L.E TLAX/PUEBLA - L.E PUE/HIDALGO**

CODIGO	CSA
PST0011035.00	<del>2.85</del>
PST0011040.00	<del>2.85</del>
PST0011045.00	<del>2.85</del>
PST0011050.00	<del>2.75</del>
PST0011055.00	<del>2.75</del>
PST0011060.00	<del>2.75</del>
PST0011065.00	<del>2.75</del>
PST0011070.00	<del>2.88</del>
PST0011075.00	<del>2.85</del>
PST0011080.00	3.30
PST0011085.00	2.85
PST0011090.00	2.98
PST0011095.00	2.98
PST0011100.00	2.78
PST0011105.00	2.78
PST0011110.00	2.78

**CARRETERA: TULANCINGO - TUXPAN**  
**TRAMO: L.E HIDALGO/PUEBLA - L.E PUEBLA/VERACRUZ**

CODIGO	CSA
PST0012083.00	<del>4.88</del>
PST0012088.00	<del>3.88</del>
PST0012093.00	<del>3.85</del>
PST0012098.00	<del>2.88</del>
PST0012103.00	<del>2.88</del>
PST0012108.00	<del>2.88</del>
PST0012113.00	<del>2.88</del>
PST0012118.00	<del>2.78</del>
PST0012123.00	<del>2.88</del>
PST0012128.00	<del>2.88</del>
PST0012133.00	<del>2.88</del>
PST0012138.00	<del>2.88</del>
PST0012143.00	<del>2.77</del>
PST0012148.00	<del>2.88</del>
PST0012153.00	<del>2.88</del>
PST0012158.00	<del>2.88</del>
PST0012163.00	<del>2.85</del>
PST0012168.00	<del>2.85</del>
PST0012173.00	<del>2.88</del>
PST0012178.00	<del>2.88</del>
PST0012183.00	<del>3.88</del>

**CARRETERA: ENTR.TULANCINGO/TUXPAN - LA UNION**  
**TRAMOP: ENTR.TULANCINGO/TUXPAN - LA UNION**

CODIGO	CSA
PST0013000.00	<del>8.48</del>
PST0013005.00	<del>8.48</del>
PST0013010.00	<del>8.48</del>

**CARRETERA: ENTR.TULANCINGO/TUXPAN - VEGAS DE SUCHIL**  
**TRAMO: ENTR.TULANCINGO/TUXPAN - VEGAS DE SUCHIL**

CODIGO	CSA
PST0014000.00	2.20

**CARRETERA: ENTR.TULANCINGO/TUXPAN - VENUSTIANO CARRANZA**  
**TRAMO: ENTR.TULANCINGO/TUXPAN - VENUSTIANO CARRANZA**

CODIGO	CSA
PST0015000.00	2.18

**CARRETERA: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS**  
**TRAMO: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS**

CODIGO	CSA
PST0017000.00	<del>4.85</del>
PST0017005.00	<del>2.85</del>
PST0017010.00	<del>4.89</del>
PST0017015.00	2.80
PST0017020.00	2.75
PST0017025.00	3.08
PST0017030.00	<del>3.85</del>
PST0017035.00	<del>3.89</del>
PST0017040.00	<del>3.89</del>
PST0017045.00	<del>3.89</del>
PST0017050.00	<del>3.85</del>
PST0017055.00	<del>3.89</del>
PST0017060.00	<del>3.89</del>
PST0017065.00	2.80

**CARRETERA: IZUCAR DE MATAMOROS - L.E PUEBLA/OAXACA**  
**TRAMO: IZUCAR DE MATAMOROS - L.E PUEBLA/OAXACA**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0017070.00	2.68
PST0017075.00	2.70
PST0017080.00	2.70
PST0017085.00	2.73
PST0017090.00	2.68
PST0017095.00	2.70
PST0017100.00	2.53
PST0017105.00	2.55
PST0017110.00	2.60
PST0017115.00	2.70
PST0017120.00	2.83
PST0017125.00	2.90
PST0017130.00	2.85
PST0017135.00	2.83
PST0017140.00	2.85
PST0017145.00	2.80
PST0017150.00	2.70
PST0017155.00	2.90
PST0017160.00	3.08
PST0017165.00	3.08
PST0017170.00	3.03
PST0017175.00	3.03
PST0017180.00	2.95
PST0017185.00	2.88
PST0017190.00	2.80
PST0017195.00	2.83
PST0017200.00	2.80



**CARRETERA: SANTA BARBARA - IZUCAR DE MATAMOROS**  
**TRAMO: L.E MORELOS/PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0018103.00	3.25
PST0018108.00	3.30
PST0018113.00	3.38
PST0018118.00	3.13
PST0018123.00	3.40
PST0018128.00	3.03
PST0018133.00	2.93

**CARRETERA: TECOMATLAN - TULANCINGO**  
**TRAMO: TECOMATLAN - L.E PUEBLA/GUERRERO**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0019023.50	2.93
PST0019028.50	2.90
PST0019033.50	2.85
PST0019038.50	2.93

**CARRETERA: AMOZOC - TEZIUTLAN**  
**TRAMO: AMOZOC - L.E PUEBLA/TLAXCALA**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0020000.00	3.35
PST0020005.00	3.35
PST0020010.00	3.33
PST0020015.00	3.28
PST0020020.00	3.40
PST0020025.00	3.33
PST0020030.00	3.35
PST0020035.00	3.33
PST0020040.00	3.30
PST0020045.00	3.33
PST0020050.00	3.33
PST0020055.00	3.28

**CARRETERA: AMOZOC - TEZIUTLAN**  
**TRAMO: L.E TLAXCALA/PUEBLA - TEZIUTLAN**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0020060.00	3.33
PST0020065.00	3.40
PST0020070.00	3.20
PST0020075.00	3.15
PST0020080.00	3.18
PST0020085.00	3.23
PST0020090.00	3.13
PST0020095.00	2.93
PST0020100.00	2.90
PST0020105.00	3.05
PST0020110.00	3.15
PST0020115.00	2.88
PST0020120.00	2.93
PST0020125.00	3.00
PST0020130.00	2.85
PST0020135.00	3.10
PST0020140.00	3.05
PST0020145.00	2.65
PST0020150.00	2.88
PST0020155.00	2.80
PST0020160.00	2.83
PST0020165.00	2.73

**CARRETERA: RAMAL EL MOHON - HUEYTAMALCO**  
**TRAMO: RAMAL EL MOHON - HUEYTAMALCO**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0021000.00	2.90
PST0021005.00	3.00

**CARRETERA: SAN HIPOLITO - ORIENTAL**  
**TRAMO: ZACATEPEC - ORIENTAL**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0022000.00	2.95
PST0022005.00	3.03
PST0022010.00	3.00
PST0022015.00	3.05

**CARRETERA: LOS REYES - ZACATEPEC**  
**TRAMO: EL CARMEN - ZACATEPEC**

CODIGO	CSA
PST0023000.00	2.98
PST0023005.00	2.95

**CARRETERA: TEZIUTLAN - NAUTLA**  
**TRAMO: TEZIUTLAN - L.E PUEBLA/VERACRUZ**

CODIGO	CSA
PST0024000.00	2.75
PST0024005.00	2.78
PST0024010.00	2.80
PST0024015.00	2.75
PST0024020.00	2.75

**CARRETERA: TEZIUTLAN - PEROTE**  
**TRAMO: TEZIUTLAN - PEROTE**

CODIGO	CSA
PST0026000.00	3.43
PST0026005.00	3.38
PST0026010.00	3.48

**CARRETERA: SAN HIPOLITO - XALAPA**  
**TRAMO: ZACATEPEC - L.E PUEBLA/VERACRUZ**

CODIGO	CSA
PST0027055.00	<del>2.98</del>
PST0027060.00	<del>2.78</del>
PST0027065.00	<del>2.80</del>
PST0027070.00	<del>2.75</del>
PST0027075.00	<del>2.75</del>
PST0027080.00	<del>2.75</del>

**CARRETERA: PUEBLA - TLAXCALA  
TRAMO: PUEBLA - L.E PUEBLA/TLAXCALA**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0028002.50	2.50
PST0028007.50	3.05

**CARRETERA: PUEBLA - SANTA ANA CHIAUNTEMPAN/TLAXCALA  
TRAMO: PUEBLA - L.E PUEBLA/TLAXCALA**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0029000.00	2.46

**CARRETERA: SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA  
TRAMO: SAN MARTIN TEXMELUCAN - L.E PUEBLA/TLAXCALA**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0030000.00	2.73

**CARRETERA: MEXICO - PUEBLA  
TRAMO: CHOLULA - ACATEPEC**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0031000.00	2.75
PST0031005.00	2.73

**CARRETERA: PUEBLA - TEHUACAN**  
**TRAMO: PUEBLA - TEHUACAN**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0032000.00	2.53
PST0032005.00	2.60
PST0032010.00	2.68
PST0032015.00	2.68
PST0032020.00	2.63
PST0032025.00	2.55
PST0032030.00	2.53
PST0032035.00	2.58
PST0032040.00	2.55
PST0032045.00	2.55
PST0032050.00	2.63
PST0032055.00	2.58
PST0032060.00	2.75
PST0032065.00	2.75
PST0032070.00	2.68
PST0032075.00	2.73
PST0032080.00	2.78
PST0032085.00	2.80
PST0032090.00	2.88
PST0032095.00	2.73
PST0032100.00	2.85
PST0032105.00	2.85
PST0032110.00	3.03
PST0032115.00	2.95

**CARRETERA: TEHUACAN - HUAJUAPAN DE LEON**  
**TRAMO: TEHUACAN - L.E PUEBLA/OAXACA**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0033000.00	2.63
PST0033005.00	2.78
PST0033010.00	2.65
PST0033015.00	2.60
PST0033020.00	2.58
PST0033025.00	2.45
PST0033030.00	2.43
PST0033035.00	2.55
PST0033040.00	2.48
PST0033045.00	2.28
PST0033050.00	2.13
PST0033055.00	2.23

**CARRETERA: TEHUACAN-CORDOBA  
TRAMO: TEHUACAN - L.E PUEBLA/VERACRUZ+B433**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0034000.00	2.73
PST0034005.00	2.43
PST0034010.00	2.25
PST0034015.00	2.40
PST0034020.00	2.60
PST0034025.00	2.63

**CARRETERA: SAN HIPOLITO -XALAPA  
TRAMO: SAN HIPOLITO -ZACATEPEC**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0035000.00	2.33
PST0035005.00	2.58
PST0035010.00	2.75
PST0035015.00	2.70
PST0035020.00	2.65
PST0035025.00	2.80
PST0035030.00	2.70
PST0035035.00	2.68
PST0035040.00	2.70
PST0035045.00	2.75
PST0035050.00	2.68

**CARRETERA: SAN SALVADOR EL SECO-AZUMBILLA  
TRAMO: SAN SALVADOR EL SECO-CRUCES AUTOP. PUEBLA/CORDOBA**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0036000.00	2.45
PST0036005.00	2.58
PST0036010.00	2.63
PST0036015.00	2.83
PST0036020.00	2.75
PST0036025.00	2.70
PST0036030.00	2.50
PST0036035.00	2.10
PST0036040.00	2.40
PST0036045.00	2.53

**CARRETERA: SAN SALVADOR EL SECO - AZUMBILLA  
TRAMO:CRUCE AUTOPISTA PUEBLA/CORDOBA-AZUMBILLA**

<b>CODIGO</b>	<b>CSA</b>
PST0036050.00	2.25
PST0036055.00	2.38
PST0036060.00	2.70
PST0036065.00	2.75
PST0036070.00	2.85

---

## **ANEXO B**

### **Inventario de Deterioros**

CARRETERA: MEXICO - PUEBLA (LIBRE).  
 TRAMO: LIMITE DE ESTADOS MEXICO / PUEBLA - PUEBLA.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-	ASFALTO	PIEL DE	PULIDO DE	DEPRESIONES									
	PST	CSA	PROFUN-	SEVE-	SEVE-	ABER-	SEVE-	ABER-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	ABER-	SEVE-							
0010	(%)	DIDAD	RIDAD	(%)	RIDAD	(%)	TURA	RIDAD	(%)	TURA	RIDAD	(%)	RIDAD	(%)	RIDAD	(%)	TURA	RIDAD					
045 00	2 85	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
050 00	2 85	0	0	2	B	1	0	B	0	0	35	D	D	6	B	12	B	1	0	B			
055 00	2 85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
060 00	2 93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
065 00	2 88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
070 00	2 75	3	30	D	1	C	0	0	0	0	5	C	12	C	3	C	13	C	4	0	C		
075 00	2 90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
080 00	2 93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
085 00	2 85	3	10	B	1	D	3	10	B	1	10	C	13	C	1	12	C	5	C	0	0		
090 00	2 85	0	20	C	0	A	0	0	0	0	4	B	5	B	2	B	9	B	4	0	C		
095 00	2 75	4	20	C	1	B	1	10	B	1	10	B	10	B	0	9	E	14	C	4	0	C	
100 00	2 70	2	10	B	0	0	0	0	0	2	20	C	20	B	C	8	2	D	16	C	7	0	B
105 00	2 93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CARRETERA: APIZACO TEJOCOTAL  
 TRAMO: LIMITE DE ESTADOS TLAXCALA / PUEBLA - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / HIDALGO.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-	ASFALTO	PIEL DE	PULIDO DE	DEPRESIONES								
	PST	CSA	PROFUN-	SEVE-	SEVE-	ABER-	SEVE-	ABER-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	ABER-	SEVE-						
0011	(%)	DIDAD	RIDAD	(%)	RIDAD	(%)	TURA	RIDAD	(%)	TURA	RIDAD	(%)	RIDAD	(%)	RIDAD	(%)	TURA	RIDAD				
035 00	3 93	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
040 00	3 93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
045 00	3 90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
050 00	3 78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
055 00	3 75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
060 00	3 73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
065 00	3 73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
070 00	3 68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
075 00	3 65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
080 00	3 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
085 00	2 85	57	19	B	8	C	0	0	0	0	5	C	14	B	5	B	0	0	10	25	0	B
090 00	2 98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
095 00	2 98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100 00	2 78	54	19	B	8	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	65	0	C
105 00	2 78	40	16	A	7	C	0	0	0	0	5	C	0	0	0	0	0	0	6	64	0	C
110 00	2 78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Aplicación del SIMAP a la Red Carretera Federal del Estado de Puebla.

CARRETERA: TULANCINGO - TUXPAN.

TRAMO: LIMITE DE ESTADOS HIDALGO / PUEBLA -LIMITE DE ESTADOS PUEBLA /VERACRUZ.

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-	ASFALTO	PIEL DE	PULIDO DE	DEPRESIONES	
	PST	CSA	PROFUN-	SEVE-	SEVE-	ABER-	SEVE-	ABER-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	ABER-	SEVE-
0012	CSA	(%)	DIDAD	RIDAD (%)	RIDAD (%)	TURA	RIDAD (%)	TURA	RIDAD (%)	RIDAD (%)	RIDAD (%)	RIDAD (%)	RIDAD (%)	RIDAD (%)	TURA	RIDAD (%)
080 00	4 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
088 00	3 99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
093 00	3 95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
098 00	3 93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103 00	3 85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108 00	3 83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113 00	3 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118 00	3 78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123 00	3 76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128 00	3 74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
133 00	3 72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
138 00	3 70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143 00	3 68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
148 00	3 66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
153 00	3 64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158 00	3 62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
163 00	3 60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168 00	3 58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173 00	3 56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
178 00	3 54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
183 00	3 52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
188 00	3 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
193 00	3 48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
198 00	3 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
203 00	3 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CARRETERA ENTRONQUE TULANCINGO - TUXPAN - LA UNION.

TRAMO ENTRONQUE TULANCINGO / TUXPAN - LA UNION

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-	ASFALTO	PIEL DE	PULIDO DE	DEPRESIONES	
	PST	CSA	PROFUN-	SEVE-	SEVE-	ABER-	SEVE-	ABER-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	SEVE-	ABER-	SEVE-
0013	CSA	(%)	DIDAD	RIDAD (%)	RIDAD (%)	TURA	RIDAD (%)	TURA	RIDAD (%)	RIDAD (%)	RIDAD (%)	RIDAD (%)	RIDAD (%)	RIDAD (%)	TURA	RIDAD (%)
001 00	3 43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
005 00	3 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
009 00	3 43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CARRETERA: ENTRONQUE TULANCINGO / TUXPAN - VEGAS DE SUCHIL.  
 TRAMO: ENTRONQUE TULANCINGO / TUXPAN - VEGAS DE SUCHIL.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES			
	PST	CSA (%)	PROFUN-DIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	ABER-TURA (%)	SEVE-RIDAD (%)	ABER-TURA (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	ABER-TURA (%)	SEVE-RIDAD (%)	
000.00	0.20	C	C		6	D	3E	12	D	0	C		95	E	0	C		C		0	C

CARRETERA: ENTRONQUE TULANCINGO / TUXPAN - VENUSTIANO CARRANZA.  
 TRAMO: ENTRONQUE TULANCINGO / TUXPAN - VENUSTIANO CARRANZA.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES					
	PST	CSA (%)	PROFUN-DIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	ABER-TURA (%)	SEVE-RIDAD (%)	ABER-TURA (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	ABER-TURA (%)	SEVE-RIDAD (%)			
000.00	2.1E	17	42	C	49	C	30	5	C	0	0		66	C	C		11	D	0		68	4E	D

CARRETERA: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS.  
 TRAMO: PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES					
	PST	CSA (%)	PROFUN-DIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	ABER-TURA (%)	SEVE-RIDAD (%)	ABER-TURA (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	SEVE-RIDAD (%)	ABER-TURA (%)	SEVE-RIDAD (%)			
000.00	4.05	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0			
005.00	3.95	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0			
010.00	4.00	0	0		0	C		0	0		0	0		0		0		0	0				
015.00	2.80	35	2	C	3	A	1E	1	C	B	1	C	10	C	0		50	D	0	C	0		
020.00	2.75	9	2	A	10	B		0		9	2	C	21	B	1	B	53	C	0		9	0	C
025.00	3.08	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0		0	
030.00	3.65	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0		0	
035.00	3.75	0	0		0		0	C		0	C		0		0		0		0	0		0	
040.00	3.80	0	0		0		0	0		0	C		0		0		0		0	0		0	
045.00	3.80	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0		0	
050.00	3.85	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0		0	
055.00	3.63	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0		0	
060.00	3.55	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0		0	
065.00	2.80	3	3	B	3	B	3	0	C	15	2	C	10	B	0		26	D	0		0	0	

*Aplicación del SIMAP a la Red Carretera Federal del Estado de Puebla.*

CARRETERA: IZUCAR DE MATAMOROS - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / OAXACA.  
 TRAMO: IZUCAR DE MATAMOROS - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / OAXACA.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-	ASFALTO	PIEL DE	PULIDO DE	DEPRESIONES									
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)							
07000	268	3	C	2	B	1	0	B	0	0	1	B	1	A	47	C	23	C	12	4	C		
07500	270	5	3	B	7	C	11	2	B	4	2	B	12	C	4	B	23	C	16	B	30	0	B
08000	270	0	0		2	A	1	3	A	1	3	A	0		8	A	2	A	8	B	1	0	B
08500	273	2	2	B	2	B	5	2	B	1	1	B	23	C	1	B	15	B	3	B	1	0	B
09000	268	1	2	B	2	B	4	2	B	0	0		13	C	1	A	7	A	2	A	0	0	
09500	270	0	0		1	A	1	4	B	0	0		1	A	5	A	0	3	A	0	0	0	
10000	253	0	0		8	C	1	1	C	1	4	C	3	C	0		1	D	0		3	0	C
10500	255	2	3	B	2	C	9	5	C	5	3	C	8	C	0		20	C	0		0	0	
11000	260	3	3	C	7	D	6	3	D	5	3	C	1	C	0		8	D	1	C	2	0	C
11500	270	2	0		0		8	10	D	9	10	C	18	D	2		7	D	4	B	3	0	B
12000	283	1	20	B	14	E	10	20	D	6	20	E	22	D	2	C	35	E	0		0	0	
12500	290	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0		0	0	
13000	285	2	20	C	4	C	2	20	C	0	0		15	C	3	C	7	D	0		0	0	
13500	283	0	0		2	C	0	0		0	0		16	C	5	B	8	B	9	A	2	0	A
14000	285	0	0		0		0	0		0	0		1	B	10	A	11	C	15	B	1	0	A
14500	280	0	0		0		3	2	C	1	1	C	34	C	1	B	7	B	7	B	1	0	B
15000	270	0	0		1	B	1	0	B	0	0		6	B	0		0		3	B	0	0	
15500	290	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0		0	0	
16000	308	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0		0	0	
16500	308	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0		0	0	
17000	303	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0		0	0	
17500	303	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0		0	0	
18000	295	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0		0	0	
18500	288	3	2	C	1	D	2	2	C	0	0		20	D	10	C	0		0		0	0	
19000	280	1	2	C		D	1	2	C	0	0		7	C	5	B	0		1	A	1	0	A
19500	293	1	5	B	0		1	3	C	1	0	B	1	A	30	B	2	B	1	C	2	0	C
20000	280	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0		0	0	

CARRETERA: SANTA BARBARA - IZUCAR DE MATAMOROS.  
 TRAMO: LIMITE DE ESTADOS MORELOS / PUEBLA - IZUCAR DE MATAMOROS.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-	ASFALTO	PIEL DE	PULIDO DE	DEPRESIONES								
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)							
10300	325	0	0		0		0	0		0		0		0		0		0		0	0	
10800	330	0	0		0		0	0		0		0		0		0		0		0	0	
11300	338	0	0		0		0	0		0		0		0		0		0		0	0	
11800	313	0	0		0		0	0		0		0		0		0		0		0	0	
12300	340	0	0		0		0	0		0		0		0		0		0		0	0	
12800	303	0	0		0		0	0		0		0		0		0		0		0	0	
13300	293	0	0		0		0	0		0		0		0		0		0		0	0	

CARRETERA - TECOMATLAN - TULANCINGO.  
TRAMO TECOMATLAN - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / GUERRERO.

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES	
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	
0019	CSA	(%)																		
022 50	293	C	C	C	C	C	C	0	0	0	0	0	0	C	C	C	0	0	0	0
028 50	290	C	C	C	C	0	0	0	0	0	0	0	0	C	C	C	0	0	0	0
033 50	288	C	C	C	C	C	C	0	0	49	C	5	B	0	0	0	0	0	0	0
038 50	295	C	C	C	C	C	C	0	0	C	0	0	C	C	C	C	0	0	0	0

CARRETERA: AMOZOC - TEZUITLAN.  
TRAMO LIMITE DE ESTADOS TLAXCALA / PUEBLA - TEZUITLAN

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES	
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	
060 00	333	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	0
065 00	340	0	0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
070 00	320	0	C	0	C	C	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
075 00	315	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
080 00	318	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
085 00	323	0	0	0	0	C	C	0	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090 00	313	C	0	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
095 00	293	C	0	0	0	C	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	C	0	0	0
100 00	290	C	C	0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105 00	305	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110 00	315	0	0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115 00	288	0	0	0	0	C	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120 00	293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125 00	300	0	0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130 00	285	C	0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
135 00	310	0	0	0	0	C	C	0	0	0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	C
140 00	305	0	0	0	0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
145 00	265	80	20	C	1	C	0	0	0	0	2	C	C	C	80	D	70	C	0	0
150 00	288	80	13	B	1	C	0	0	1	0	D	3	D	0	C	65	D	60	C	0
155 00	280	85	10	B	2	C	0	0	1	10	D	7	D	0	C	93	D	35	C	0
160 00	283	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165 00	273	0	0	0	0	C	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Aplicación del SIMAP a la Red Carretera Federal del Estado de Puebla.

CARRETERA: RAMAL EL MOHON HUEYTAMALCO.  
TRAMO: RAMAL EL MOHON - HUEYTAMALCO.

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPRENDIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES	
	PST	CSA	PROFUNDIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)
000 00	2 90	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0
005 00	3 00	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0

CARRETERA: SAN HIPOLITO - ORIENTAL  
TRAMO: ZACATEPEC - EL CARMEN.

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPRENDIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES	
	PST	CSA	PROFUNDIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)
000 00	2 95	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0
005 00	3 03	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0
010 00	3 00	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0
015 00	3 05	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0

CARRETERA: LOS REYES - ZACATEPEC.  
TRAMO: EL CARMEN - ZACATEPEC.

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPRENDIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES			
	PST	CSA	PROFUNDIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)		
000 00	2 98	80	5	B	0		0	0		0	0		30	C	35	B	50	B	25	C	0	0

CARRETERA: TEZUITLAN - NAUTLA.  
TRAMO: TEZUITLAN - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / VERACRUZ.

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPRENDIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES			
	PST	CSA	PROFUNDIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	SEVERIDAD (%)	ABERTURA (%)	SEVERIDAD (%)		
000 00	2 75	80	15	B	1	C	0	0		0	0		2	C	5	C	15	C	25	C	0	0
005 00	2 78	75	15	B	1	C	0	0		0	0		30	C	1	C	40	C	20	C	0	0
010 00	2 80	65	20	C	2	C	0	0		0	0		16	C	5	C	15	C	15	C	0	0
015 00	2 75	80	15	B	1	C	0	0		0	0		20	C	4	C	35	C	20	C	0	0
020 00	2 75	0	0		0		0	0		0	0		0		0		0		0	0	0	0

CARRETERA: TEZUITLAN - PEROTE.  
TRAMO: TEZUITLAN - PEROTE.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES	
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	
000 00	343	C	C	C	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	C	
005 00	336	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	C	
010 00	346	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	0	

CARRETERA: SAN HIPOLITO - XALAPA.  
TRAMO: ZACATEPEC - ORIENTAL.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES	
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	
055 00	363	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
060 00	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
065 00	363	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
070 00	370	C	C	C	C	0	0	0	0	0	0	C	0	0	0	0	0	C	
075 06	373	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
080 00	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C	

CARRETERA: PUEBLA - TLAXCALA.  
TRAMO: PUEBLA - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / TLAXCALA.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES				
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)				
002 50	250	55	24	B	30	C	32	16	C	30	15	D	53	C	26	B	43	D	0	30	50	C
007 50	305	55	24	B	30	C	32	16	C	30	15	D	53	C	26	B	43	D	0	30	50	C

CARRETERA: PUEBLA - SANTA ANA CHIAUTEMPAN / TLAXCALA.  
TRAMO: PUEBLA - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / TLAXCALA.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES			
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)			
000 00	348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Aplicación del SIMAP a la Red Carretera Federal del Estado de Puebla.

CARRETERA: PUEBLA - SAN MARTIN TEXMELUCAN - TLAXCALA.  
 TRAMO: SAN MARTIN TEXMELUCAN - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / TLAXCALA.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-	ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES	
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)
00000	0.72	20	20	B	0	0	0	0	0	0	60	B	0	0	0	0	0	0

CARRETERA: MEXICO - PUEBLA.  
 TRAMO: CHOLULA - ACATEPEC.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-	ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES		
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	
00000	2.75	10	15	A	0	7	20	A	0	0	85	B	0	15	C	0	10	52	B
00000	0.73	0	0	0	0	0	0	0	0	68	A	0	0	0	0	0	5	30	D

CARRETERA: PUEBLA - TEHUACAN.  
 TRAMO: PUEBLA - TEHUACAN.

CODIGO	RODERAS		BACHES			GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN-	ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES				
	PST	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)			
30000	2.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
30500	2.60	52	4	B	0	27	10	C	13	10	B	0	0	12	C	0	2	80	C		
31000	2.68	36	24	B	0	17	12	C	22	12	C	20	C	20	D	0	13	50	D		
31500	2.68	53	21	B	0	70	10	B	70	10	B	10	C	0	21	D	0	11	58	D	
32000	2.63	79	24	B	0	0	0	0	0	0	6	C	0	12	D	0	5	65	D		
32500	2.55	54	24	B	5	0	0	0	0	0	10	B	0	17	D	0	7	58	D		
33000	2.53	57	24	C	0	0	0	0	0	0	11	C	0	12	D	0	8	40	C		
33500	2.58	50	29	C	0	10	10	B	10	10	B	7	C	0	15	D	0	7	40	C	
34000	2.55	76	30	B	0	40	5	C	40	5	C	6	C	11	C	10	C	0	11	39	C
34500	2.58	53	31	C	0	10	9	C	10	9	C	0	0	10	B	13	D	0	10	30	C
35000	2.65	95	37	D	0	12	10	C	12	10	C	27	B	15	C	11	C	0	10	57	C
35500	2.58	63	40	C	5	15	10	B	15	10	B	15	A	10	C	16	C	0	3	45	C
36000	2.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36500	2.75	0	0	0	0	13	5	B	13	5	B	10	C	0	12	C	0	0	0	0	0
37000	2.68	27	13	B	0	10	10	B	17	9	B	7	B	0	9	C	0	5	50	C	
37500	2.73	30	21	C	0	0	0	0	0	0	0	0	15	C	10	C	0	10	30	C	
38000	2.78	14	21	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	C	0	5	30	B	0	
38500	2.80	17	16	B	0	7	10	B	15	10	B	17	B	5	B	10	C	0	5	30	C
39000	2.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39500	2.73	46	19	B	0	10	10	B	10	10	B	0	0	5	C	0	15	35	C	0	
10000	2.85	23	22	B	0	0	0	0	0	0	10	B	0	0	0	0	5	30	B	0	
10500	2.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11000	3.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11500	2.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CARRETERA: TEHUACAN - HUAJUAPAN DE LEON  
 TRAMO: TEHUACAN - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / OAXACA.

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES				
	PST	CSA (%)	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)			
0000	0.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0010	2.78	4	0	A	2	E	4	2	B	0	0	61	B	0		B	33	B	6	30	A		
0100	2.68	1	0	A			5	2	A	1	1	A	50	A	9	A	0	6	A	8	20	E	
0150	2.60	0	0		E	B	11	3	A	3	3	B	44	A	3	B		B	17	A	10	20	A
0200	2.58	1	50	A	20	A	32	3	A	1	1	A	15	A	0		11	A	2	A	6	10	B
0250	2.45	0	0		54	B	61	5	B	11	2	A	32	B	3	A	15	B	2	A	5	0	A
0300	2.40	0	0		47	C	57	5	B	1	3	A	30	B	1	A	11	A	2	A	13	20	B
0350	2.55	0	0		19	B	49	4	B	3	2	A	25	A	0		0	0			13	20	E
0400	2.48	0	0		21	A	69	4	B	15	2	B	22	A	1	B	4	B	16	A	18	30	E
0450	2.28	0	0		26	A	59	5	B	14	3	C	28	A	5	B	3	B	10	A	2	20	A
0500	2.13	1	20	A	35	C	39	5	C	0	0		74	C	0		7	A	6	A	7	250	A
0550	0.23		20	A	4	C	24	0	B	0	0		16	E	7	C	0	2	C	11	600	E	

CARRETERA: TEHUACAN - CORDOBA  
 TRAMO: TEHUACAN - LIMITE DE ESTADOS PUEBLA / VERACRUZ

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES				
	PST	CSA (%)	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA (%)	SEVE- RIDAD (%)			
0000	2.73	36	3	B	0		32	1	A	0		51	B	0		43	B	88	B	17	40	A	
0050	2.43	36	2	B	17	B	19	1	B	0	0	4	B	13	B	66	C	32	C	4	50	B	
0100	2.25	19	2	A	13	B	9	1	C	4	1	B	75	C	1	A	76	C	13	B	5	2	B
0150	2.40	16	0	A	6	B	9	1	B	2	1	A	70	C	20	C	51	C	22	C	4	0	A
0200	2.60	0	0		3	A	3	1	A	0	0		70	B	23	A	11	B	43	B	1	0	A
0250	2.62	0	0		0		20	0	A	0	0		7	B	80	B	0	38	B	6	0	A	



Aplicación del SIMAP a la Red Carretera Federal del Estado de Puebla.

CARRETERA: SAN HIPOLITO - XALAPA.  
TRAMO: SAN HIPOLITO - ZACATEPEC.

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES		
	PST 0035	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	
000 00	2.33	90	7	A	1	B	0	0	0	0	3	B	1	B	95	D	90	B	0	0	
005 00	2.58	90	5	A	0		0	0	0	0	1	A	40	B	4	B	70	B	0	0	
010 00	2.75	75	4	B	0		0	0	0	0	1	B	15	B	25	B	80	B	0	0	
015 00	2.70	50	5	A	0		0	0	0	0	1	B	20	B	60	B	40	B	0	0	
020 00	2.65	75	15	B	1	C	0	0	0	0	1	B	30	B	60	B	35	C	0	0	
025 00	2.80	60	18	B	0		0	0	0	0	0		60	C	5	B	60	C	0	0	
030 00	2.70	70	15	B	1	C	0	0	0	0	2	B	10	B	40	C	40	C	0	0	
035 00	2.68	80	20	B	1	B	0	0	7	1	B	1	C	30	C	20	B	60	C	0	0
040 00	2.70	80	15	B	0		0	0	8	1	B	1	B	45	B	35	B	55	C	0	0
045 00	2.75	80	15	B	0		0	0	0	0	1	B	40	B	35	B	50	C	0	0	
050 00	2.68	70	13	B	0		0	0	0	0	2	C	30	B	40	C	50	C	0	0	

CARRETERA: SAN SALVADOR EL SECO - AZUMBILLA.  
TRAMO: SAN SALVADOR EL SECO - CRUCE AUTOPISTA PUEBLA / CORDOBA.

CODIGO	RODERAS		BACHES				GRIETAS LONGITUDINALES		GRIETAS TRANSVERSALES		DESPREN- DIMIENTO		ASFALTO AFLORADO		PIEL DE COCODRILO		PULIDO DE SUPERFICIE		DEPRESIONES				
	PST 0036	CSA	PROFUN- DIDAD (%)	SEVE- RIDAD	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	SEVE- RIDAD (%)	ABER- TURA	SEVE- RIDAD (%)			
000 00	2.45	0	0		1	B	0	0	0	0	54	A	47	B	0		12	B	1	5	B		
005 00	2.58	0	0		4	A	0	0	0	0	58	A	66	B	0		10	A	11	5	B		
010 00	2.63	0	0		7	A	0	0	0	0	55	A	52	B	4	A	5	A	0	0			
015 00	2.83	0	0		10	A	0	0	0	0	44	A	61	B	0		8	A	8	3	A		
020 00	2.75	0	0		0		0	0	0	0	77	A	59	A	0		0		7	0	A		
025 00	2.70	0	0		5	A	0	0	0	0	57	A	64	A	0	A	0		3	1	A		
030 00	2.50	0	0		6	A	9	1	C	0	70	B	32	A	31	C	0		0	0			
035 00	2.10	5	2	A	30	A	41	1	B	12	0	B	33	B	10	A	61	C	16	B	18	5	B
040 00	2.40	0	0		18	A	2	1	A	0	0		63	A	0		21	A	1	B	2	3	A
045 00	2.53	0	0		2	A	33	0	A	4	1	A	47	B	1	A	17	B	2	A	0	0	
050 00	2.25	0	0		21	A	36	1	B	0	0		86	C	0		33	C	17	A	0	0	
055 00	2.38	0	0		24	A	5	1	B	0	0		88	B	11	C	49	A	12		0	0	
060 00	2.70	0	0		0		1	1	A	0	0		85	A	10	A	3	A	5	A	8	2	A
065 00	2.75	0	0		0		1	1	A	0	0		80	A	45	A	0		14	A	0	0	
070 00	2.95	0	0		0		0	0	0	0	0		71	B	35	A	0		0	0	0	0	

---

## **A N E X O C**

### **Información de Deflexiones por Proyecto**

### PROYECTO 1

CODIGO PUE0001	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	55	61	62	41	45	51	72	45	36	41	82	62	57	50	93	82	79	92	56	73	63	49	50	82	90	40.7
005.00	51	56	75	39	51	57	69	50	41	34	70	68	69	55	101	75	90	85	68	68	57	53	54	76	92	40.7

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 2

CODIGO PUE0002	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
008.50	60	39	47	39	37	36	56	80	78	54	24	31	29	31	18	19	19	37	40	39	70	59	40	82	49	43.3
013.50	67	50	35	29	27	32	39	27	26	31	36	52	19	16	24	30	35	33	53	49	21	53	63	77	72	35.3
018.50	54	75	31	44	64	59	26	59	41	36	49	21	62	74	87	121	87	102	67	45	69	63	31	16	24	31
023.50	54	65	31	44	64	59	26	59	41	36	49	71	62	74	87	121	87	102	67	45	69	63	31	16	24	21.7
028.50	55	20	46	40	51	41	54	40	48	50	46	53	22	65	58	63	55	62	62	52	56	54	42	57	50	28
033.50	44	42	51	45	40	32	39	48	36	58	66	77	68	66	59	34	41	38	36	37	35	44	47	41	43	31.3
038.50	47	45	43	63	50	46	51	52	39	52	58	56	54	54	30	46	47	52	36	54	48	50	45	51	52	34.3
043.50	47	38	49	34	40	35	37	40	29	37	42	33	35	38	44	22	23	26	26	14	34	33	40	32	31	36
048.50	29	30	21	43	36	31	31	37	42	42	39	46	31	35	24	22	36	32	38	35	27	37	44	41	25	41.3
053.50	29	30	21	43	36	31	31	37	42	42	39	46	31	35	24	22	36	32	38	35	27	37	44	41	25	41.3

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 3

CODIGO PUE0003	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
055.00	16	17	31	30	32	37	42	27	19	32	32	47	35	34	52	22	34	25	27	34	41	32	45	27	32	43
060.00	34	26	35	27	62	48	34	31	30	28	43	30	41	43	25	15	17	14	11	16	17	17	20	18	16	41.7
065.00	17	16	22	20	25	20	12	16	15	16	15	14	34	19	24	16	15	16	21	16	18	23	13	29	21	32
070.00	28	23	26	31	27	17	22	29	17	25	24	32	23	35	15	17	31	29	9	26	25	33	17	19	26	36
075.00	11	16	16	19	17	12	10	8	19	11	24	24	19	16	24	22	24	20	16	14	22	20	16	19	27	34.3
080.00	21	8	14	18	11	10	22	26	18	11	8	16	12	16	29	9	13	15	25	19	20	27	17	11	19	34

**Nota**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 4

CODIGO PUE0004	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
103.20	18	31	5	7	37	33	30	39	38	44	14	53	26	42	25	10	10	29	34	22	46	56	34	46	45	40
108.20	33	30	42	21	37	34	56	29	14	16	44	61	14	45	26	31	71	29	11	14	31	23	32	5	36	32
113.20	19	8	29	23	14	38	8	19	16	7	18	27	10	22	43	53	51	26	20	19	4	36	8	22	55	35
118.20	29	118	10	22	27	14	33	13	28	9	16	13	19	14	24	13	46	30	23	31	14	12	26	13	36	37
123.20	8	18	15	20	31	20	38	8	6	9	10	8	9	6	11	13	10	8	26	17	8	6	13	16	19	40
128.20	31	20	38	16	30	18	22	19	20	22	23	32	41	21	30	22	39	35	27	16	19	26	28	4	17	42
133.20	31	20	38	16	30	18	22	19	20	22	23	32	41	21	30	22	39	35	27	16	19	26	28	4	17	42

**Nota**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

PROYECTO 5

CODIGO PUE0005	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
034.80	16	35	65	61	95	70	95	85	95	90	1	0	10	40	70	45	70	66	87	70	102	130	126	90	75	85
039.80	42	45	92	51	75	69	68	80	82	66	63	52	2	56	68	65	62	60	61	46	63	70	95	55	60	80
044.80	50	50	44	60	45	42	35	20	20	12	8	14	2	22	45	14	12	8	25	10	18	11	90	22	18	37
049.80	58	68	27	35	21	0	25	22	20	12	20	0	0	16	18	19	26	16	18	28	29	28	28	28	28	28
054.80	66	0	60	77	65	72	65	66	60	59	2	40	87	25	56	25	56	18	13	6	18	40	40	40	40	40
059.80	41	39	48	62	40	72	75	29	29	60	4	58	65	37	46	37	46	45	46	60	32	52	52	52	52	52
064.80	37	25	55	20	40	76	31	39	39	39	8	75	56	42	39	42	39	49	44	50	36	40	40	40	40	40
069.80	70	44	30	6	120	45	60	5	5	5	1	43	60	74	75	74	75	61	33	26	0	10	10	10	10	10
074.80	55	37	48	4	48	18	23	0	0	0	4	63	13	18	26	18	26	0	36	15	25	0	0	0	0	0
079.80	30	14	30	3	45	36	41	5	5	5	4	29	24	0	30	0	30	44	33	58	49	0	0	0	0	0
084.80	20	32	40	3	26	31	33	3	3	3	8	30	44	36	63	36	63	29	35	70	18	16	16	16	16	16
089.80	49	54	47	4	44	51	40	6	6	6	7	42	35	65	60	65	60	70	69	47	56	10	10	10	10	10
094.80	55	30	50	5	50	35	62	6	6	6	60	20	40	30	15	30	15	36	65	40	26	110	110	110	110	110
099.80	37	32	36	5	30	27	38	4	4	4	57	57	44	43	62	43	62	57	0	59	46	110	110	110	110	110
104.80	37	32	36	5	30	27	38	4	4	4	57	57	44	43	62	43	62	57	0	59	46	110	110	110	110	110
109.80	55	55	61	5	60	60	59	4	4	4	66	50	50	52	65	52	65	63	56	68	46	110	110	110	110	110

SOLO TRASNSTO LOCAL  
 CALLE CERRADA

CAMINO CERRADO  
 POR OBRAS

DPI-8 SENALES DECISIVAS

DPI-8 SENALES PREVIAS

Nota:  
D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 6

CODIGO PUE0006	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
045 45	22	23	24	16	21	22	26	62	68	38	49	52	104	61	51	43	29	44	25	39	28	47	40	43	33	15
050 45	99	80	70	63	40	51	40	42	40	36	48	36	42	58	66	46	76	82	75	50	74	38	56	66	58	18
055 45	34	28	20	18	18	16	18	20	22	22	18	18	12	32	18	19	38	20	44	20	26	18	40	26	44	24
060 45	42	16	32	14	30	42	28	32	30	24	40	16	28	34	46	24	20	18	20	34	24	22	24	30	30	28
065 45	18	20	20	8	10	8	12	12	10	6	12	10	18	20	20	22	12	10	10	8	10	24	8	14	20	23
070 45	16	6	12	6	8	14	14	12	10	10	6	8	4	20	12	6	12	6	10	8	6	8	10	8	12	26

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 7

CODIGO PUE0007	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
074 30	15	13	9	26	13	29	15	43	33	36	29	16	25	30	19	36	12	21	18	16	21	23	16	10	13	20
079 30	68	116	56	32	106	9	26	28	34	14	68	18	50	26	35	68	69	36	35	49	30	41	27	37	31	25
084 30	16	38	16	29	9	24	9	46	22	21	21	16	22	16	12	21	5	16	6	10	8	8	8	30	9	28
089 30	25	17	34	27	20	12	31	18	23	17	16	15	28	22	18	35	27	42	27	16	16	27	43	29	47	31
094 30	22	28	26	28	34	38	39	18	23	38	37	24	36	25	16	13	18	7	7	7	13	20	10	14	15	35
099 30	10	23	6	8	5	5	5	6	6	6	5	6	11	7	3	6	7	4	5	6	13	6	12	12	15	32

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 8

CODIGO PUE0008	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
103.60	18	16	11	13	20	16	16	19	25	21	19	22	33	20	22	17	19	17	32	27	32	29	21	25	27	39
108.60	18	16	11	13	20	16	16	19	25	21	22	22	33	20	22	21	17	19	17	32	27	32	12	12	15	39

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 9

CODIGO PUE0009	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
082.90	27	50	40	20	62	52	40	30	46	40	35	42	45	35	10	48	38	33	16	42	40	46	35	30	25	28
087.90	30	38	18	62	42	48	25	50	40	28	35	40	35	32	36	30	42	25	20	40	40	30	20	50	25	25
092.90	35	45	35	30	27	24	50	30	35	36	32	25	50	32	25	15	30	42	26	25	15	23	20	28	25	25
097.90	40	45	30	45	25	25	25	44	10	36	45	35	35	30	20	25	34	37	35	35	25	30	10	35	48	24
102.90	24	10	20	5	15	5	10	10	5	5	6	5	10	5	10	4	3	5	20	12	0	6	6	5	20	24
107.90	25	30	35	5	40	25	25	30	20	20	25	15	10	25	15	20	10	25	10	25	15	10	10	5	20	23
112.90	5	15	20	25	30	20	20	25	15	15	15	30	30	15	20	8	23	20	20	30	20	10	10	10	33	24
117.90	12	7	5	10	20	5	15	10	10	10	22	20	32	15	32	18	16	30	32	10	30	9	15	19	10	28

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 10

CODIGO PUE0010	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
119 00	18	34	10	15	10	10	15	20	13	13	25	15	10	14	26	25	22	18	15	15	12	25	20	30	22	35
124 00	15	20	12	19	14	30	30	40	29	28	15	10	25	10	15	10	15	16	13	20	15	8	16	8	45	38
129 00	16	17	32	15	15	13	15	20	30	12	8	8	25	5	10	18	10	10	35	8	20	8	8	25	15	42
134 00	20	5	20	15	20	20	20	20	20	20	10	25	10	20	10	10	25	23	15	10	25	15	10	14	10	43
139 00	21	19	26	22	38	22	30	27	33	17	24	24	8	16	20	16	22	10	6	10	24	6	10	20	18	43
144 00	10	10	10	5	8	7	5	13	2	9	2	4	6	3	10	22	8	12	22	24	30	5	5	33	15	44
149 00	25	8	28	29	30	16	26	8	2	28	36	17	30	22	17	18	15	10	10	11	17	10	45	0	35	45
154 00	15	20	13	26	5	10	14	11	27	16	6	39	13	14	18	18	32	15	14	16	20	18	10	12	5	45
159 00	8	9	25	20	14	17	8	10	18	26	8	32	21	25	24	15	17	14	26	40	60	26	37	22	37	45
164 00	20	20	16	25	18	27	10	13	8	17	23	14	24	26	24	24	13	10	30	11	15	24	24	33	48	45
169 00	20	25	10	17	23	27	34	42	48	31	29	31	40	13	32	25	23	21	52	33	33	29	19	26	16	45
174 00	36	37	61	28	69	25	65	28	20	30	55	44	22	48	30	62	25	20	30	40	21	38	20	25	50	37
179 00	36	37	61	28	69	25	65	28	20	30	55	44	22	48	30	62	25	20	30	40	21	38	20	25	30	37
184.00	36	37	61	28	69	25	65	28	20	30	55	44	22	48	30	62	25	20	30	40	21	38	20	25	30	37

**Nota**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 11

CODIGO PUE0011	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
177 90	37	38	32	48	42	33	34	43	30	46	40	25	30	45	36	46	36	38	33	37	29	30	44	27	33	27.7
182 90	22	36	35	15	32	33	38	24	43	36	34	27	20	27	36	28	42	41	44	42	49	30	36	35	39	30.7

**Nota**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada



## PROYECTO 12

CODIGO PUE0012	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
004.00	33	28	19	26	44	23	34	26	38	25	30	27	35	22	3	14	17	21	23	8	25	28	29	8	26	37
009.00	28	21	31	21	26	25	23	14	33	15	28	26	34	27	12	19	8	11	14	20	29	17	21	19	33	27

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

## PROYECTO 13

CODIGO PUE0013	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
012.10	5	11	25	11	26	14	21	20	27	17	43	23	38	24	22	18	28	19	34	24	32	18	30	15	35	37
017.10	21	13	31	33	29	27	30	43	41	35	49	22	48	21	45	26	36	32	40	36	39	40	40	37	53	37
022.10	21	13	31	33	29	27	30	43	41	35	49	22	48	21	45	26	36	32	40	36	39	40	40	37	53	37

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 14

CODIGO PUE0014	D01 D02 D03 D04 D05					D06 D07 D08 D09 D10					D11 D12 D13 D14 D15					D16 D17 D18 D19 D20					D21 D22 D23 D24 D25					TEMP. C. A.
	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	
026 50	41	40	35	33	46	30	45	23	22	28	36	36	26	30	34	34	39	36	112	41	55	41	41	60	40	46
031 50	32	12	23	22	38	26	36	22	37	30	48	25	42	34	37	26	30	27	33	31	46	16	48	34	45	47
036 50	51	34	52	44	43	29	46	37	39	40	29	38	32	30	40	35	45	33	37	31	50	47	41	36	43	45
041 50	24	24	22	20	29	25	14	16	27	13	24	22	29	21	32	25	32	23	30	21	15	9	16	19	11	44
046 50	31	20	29	33	27	30	30	27	31	31	31	30	25	29	39	28	8	36	37	30	37	33	37	36	12	48
051 50	19	18	33	20	26	21	30	20	25	13	35	22	35	22	26	20	26	25	29	27	26	17	29	17	31	40
056 50	23	31	22	18	19	58	18	12	16	18	15	22	22	36	19	23	26	21	18	9	17	17	20	18	29	44
061.50	24	20	22	19	14	17	20	16	22	20	20	22	12	9	20	8	22	10	20	27	23	14	26	16	14	43
066 50	24	20	22	19	14	17	20	16	22	20	20	22	12	9	20	8	22	10	20	27	23	14	26	16	14	43

Nota:

D = Detlexión, en milésimas de pulgada.

## PROYECTO 15

CODIGO PUE0015	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
067.50	29	26	33	32	29	24	37	13	40	43	34	32	42	34	40	35	27	25	37	35	43	34	37	32	11	45
072.50	29	38	62	47	75	54	73	13	89	40	67	7	66	51	106	29	64	50	33	9	47	57	47	58	88	44
077.50	41	16	26	23	28	4	36	12	45	36	30	28	39	48	43	18	13	14	50	31	25	50	56	61	45	44
082.50	23	26	33	18	39	25	33	26	34	31	32	27	24	13	22	12	16	21	10	21	16	11	19	14	11	44
087.50	24	30	22	27	27	30	22	43	29	25	46	40	23	41	30	43	77	35	33	46	28	19	41	42	28	45
092.50	31	51	27	38	39	20	37	61	57	51	59	46	34	35	48	23	23	42	13	34	11	18	18	18	33	48
097.50	24	28	41	43	45	38	25	37	26	43	59	53	35	31	47	27	42	35	23	32	20	12	14	19	16	51
102.50	29	48	32	11	30	16	21	42	42	36	52	23	34	31	40	49	58	34	23	31	26	22	45	42	48	53
107.50	14	27	27	27	18	31	12	5	25	31	16	10	58	40	33	25	54	8	7	4	27	26	41	16	18	50
112.50	13	8	4	22	13	9	49	24	14	30	14	19	25	8	25	23	30	39	21	25	25	16	15	22	25	47
117.50	13	8	4	22	13	9	49	24	14	30	14	19	25	8	25	23	30	39	21	25	25	16	15	22	25	47
122.50	14	19	23	18	14	21	41	12	75	28	27	65	25	21	36	24	24	19	27	22	21	10	34	15	21	42
127.50	14	19	23	18	14	21	41	12	75	28	27	65	25	21	36	24	24	19	27	22	21	10	34	15	21	42
132.50	34	29	22	27	16	32	20	23	16	23	27	17	28	22	20	18	28	32	19	23	31	33	21	33	8	42
137.50	24	16	11	78	15	12	14	10	15	49	29	23	23	29	35	19	26	16	14	31	26	9	29	4	20	42
142.50	15	11	13	7	9	13	10	13	15	26	15	9	27	15	15	10	23	21	16	9	20	5	31	19	40	40
147.50	36	39	17	13	40	13	56	32	59	22	25	18	59	55	97	10	33	16	18	23	21	36	10	17	40	40

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 16

CODIGO PUE0016	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
150.00	13	9	6	12	18	18	9	35	40	19	29	32	34	30	28	22	28	19	16	9	6	5	15	9	15	40
155.00	17	23	26	12	25	22	26	17	19	25	23	29	17	30	16	14	34	11	17	7	15	16	11	15	30	35
160.00	26	15	21	11	22	15	23	10	20	25	28	12	22	16	30	18	41	29	18	18	38	20	24	18	18	32
165.00	7	11	25	20	11	19	21	21	25	8	18	11	13	13	17	14	22	36	30	52	56	24	26	22	49	32
170.00	23	20	14	23	12	11	10	29	11	17	15	17	17	9	14	26	17	15	22	22	13	13	19	11	13	31
175.00	30	23	6	10	21	20	15	9	45	19	22	25	22	21	15	29	35	25	41	28	19	22	22	19	7	30
180.00	44	15	8	16	17	8	24	30	5	16	4	6	14	8	17	21	11	22	20	28	16	24	8	23	27	30
185.00	7	22	23	24	17	27	26	4	6	12	16	15	6	7	15	25	9	25	6	19	8	6	24	6	15	27
190.00	8	5	13	7	3	3	13	8	8	6	3	9	5	8	14	5	6	8	18	7	8	4	13	12	8	27
195.00	47	22	35	22	18	21	41	19	37	28	30	35	18	26	32	24	30	39	32	33	30	29	22	22	7	23
200.00	47	22	35	22	18	21	41	19	37	28	30	35	18	26	32	24	30	39	32	33	30	29	22	22	7	23

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 17

CODIGO PUE0017	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	35	43	46	43	54	51	56	49	46	46	45	26	50	55	49	42	43	33	37	40	50	40	45	42	51	28

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

## PROYECTO 18

CODIGO PUE0018	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
002.50	29	33	46	46	47	41	31	28	51	34	55	21	23	21	20	36	44	42	43	51	46	35	38	23	45	27
007.50	32	13	22	24	44	17	41	40	40	27	24	20	20	27	40	30	29	37	36	47	45	48	47	26	21	21

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

## PROYECTO 19

CODIGO PUE0019	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
004.70	24	21	8	5	9	12	8	38	12	4	6	9	11	7	8	9	17	13	26	23	23	22	21	9	11	29
009.70	24	21	8	5	9	12	8	38	12	4	6	9	11	7	8	9	17	13	26	23	23	22	21	9	11	29
014.70	24	21	8	5	9	12	8	38	12	4	6	9	11	7	8	9	17	13	26	23	23	22	21	9	11	29

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 20

CODIGO PUE0020	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
017 00	40	61	42	53	54	62	40	33	42	56	49	38	43	50	39	43	36	39	38	41	40	43	11	35	36	30
022 00	29	27	19	30	37	49	49	37	37	40	24	20	35	35	16	33	41	44	56	43	39	35	36	32	44	33
027 00	18	24	48	20	57	22	40	19	45	25	32	19	14	19	23	42	28	31	38	27	38	36	39	30	34	34
032.00	18	24	48	20	57	22	40	19	45	25	32	19	14	19	23	42	28	31	38	27	38	36	39	30	34	34
037.00	29	25	23	28	20	31	24	30	17	16	13	23	29	22	54	45	52	55	34	47	25	10	48	70	77	35

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 21

CODIGO PUE0021	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
055 00	41	29	19	13	17	25	19	12	11	11	16	23	11	24	13	25	8	46	21	22	10	39	17	44	17	37
060.00	21	13	11	13	19	29	15	23	15	33	25	27	19	36	17	26	18	32	17	19	10	19	11	17	17	35
065 00	27	19	38	27	23	25	27	24	39	25	30	19	12	20	12	15	16	18	19	18	22	16	19	13	28	34.3
070 00	27	25	20	25	24	28	29	30	30	38	37	44	33	22	28	23	21	27	45	25	21	29	29	35	29	29
075 00	32	20	36	28	34	24	14	36	24	26	27	27	27	27	21	25	25	25	18	24	34	22	31	28	29	28.3
080 00	32	32	38	24	32	16	29	33	32	30	38	28	35	34	50	34	30	17	20	24	31	27	29	28	30	35

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 22

CODIGO PUE0022	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	56	54	49	43	47	62	32	65	48	56	43	51	45	39	28	46	27	18	44	66	44	44	31	36	37	22

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 23

CODIGO PUE0023	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	34	8	17	43	46	45	44	31	32	40	42	33	38	27	26	28	34	44	39	33	46	38	37	61	62	31

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 24

CODIGO PUE0024	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	34	32	17	43	46	45	44	31	32	40	42	33	38	27	26	28	34	44	39	33	46	38	37	61	45	31

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 25

CODIGO PUE0027	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
040 20	40	15	33	30	33	30	25	17	32	37	22	18	26	22	25	29	26	24	26	24	26	21	37	27	25	35
045 20	40	15	33	30	33	30	25	17	32	37	22	18	26	22	25	29	26	24	26	24	26	21	37	27	25	35
050.20	24	28	18	19	18	24	27	21	16	16	16	17	26	21	26	32	33	35	28	33	21	35	43	31	27	35
055 20	24	28	18	19	18	24	27	21	16	16	16	17	26	21	26	32	33	35	28	33	21	35	43	31	27	35

**Nota**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 26

CODIGO PUE0029	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
057.00	6	6	18	10	4	4	3	8	3	10	10	6	6	5	2	4	6	16	17	5	7	5	15	13	20	29
062 00	11	16	14	29	14	22	9	10	23	8	20	20	17	21	18	23	6	25	7	22	6	14	6	12	11	28
067 00	12	34	27	16	21	18	16	13	18	16	19	20	22	33	15	49	50	50	52	60	18	17	23	18	48	31
072 00	12	27	37	15	20	29	12	33	24	45	35	23	20	27	42	27	11	27	23	26	26	14	55	21	9	26
077 00	16	7	12	7	10	12	10	12	12	15	22	27	10	10	7	14	20	11	9	13	13	14	24	15	16	33
082.00	28	21	16	10	20	19	12	10	14	15	15	23	17	14	29	25	30	26	29	36	29	20	23	13	11	33
087 00	22	26	26	19	23	33	29	28	24	30	37	25	42	39	54	35	47	40	39	45	42	33	28	28	43	35
092 00	21	19	24	26	35	10	27	26	27	10	28	14	26	21	27	19	31	19	15	19	21	25	17	15	12	38
097 00	23	10	17	15	15	17	21	19	18	17	18	18	17	22	19	19	20	19	17	20	18	19	18	17	21	38
102 00	16	20	17	21	13	23	12	19	16	34	18	25	20	19	21	21	17	25	10	18	19	21	22	18	29	40
107.00	22	29	21	21	28	25	28	24	23	27	21	26	22	25	22	24	23	29	15	20	20	21	16	21	19	38
112 00	19	20	19	27	24	24	24	30	19	25	22	25	32	32	27	26	31	24	28	20	29	27	28	24	23	40
117 00	19	20	19	27	24	24	24	30	19	25	22	25	32	32	27	26	31	24	28	20	29	27	28	24	23	40

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.



### PROYECTO 27

CODIGO PUE0030	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	58	71	42	46	49	60	56	50	41	55	68	31	38	56	51	20	57	38	34	37	54	63	76	56	60	40
005 00	13	21	12	25	11	39	40	59	52	30	12	12	55	26	32	21	44	10	12	8	16	7	26	24	11	38

**Nota**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 28

CODIGO PUE0031	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000 00	10	20	19	18	21	45	15	45	81	59	54	56	79	52	60	65	48	46	47	39	38	50	40	47	52	34

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 29

CODIGO PUE0032	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
109.70	51	33	42	30	48	46	52	50	60	34	38	36	30	32	20	32	42	0	36	34	34	42	22	38	44	40

**Nota**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

## PROYECTO 30

CODIGO PUE0033	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
004.90	18	20	18	26	16	24	20	25	20	27	18	23	19	30	12	31	20	25	26	26	25	16	24	19	25	28
009.90	12	15	8	17	10	15	18	9	11	9	11	13	16	20	15	21	20	22	20	18	17	25	21	30	35	28
014.90	21	25	24	16	25	10	27	18	24	22	32	28	27	18	22	26	28	16	22	20	25	14	26	18	28	30
019.90	11	13	10	13	15	9	32	34	33	17	19	20	21	17	10	18	15	9	9	23	37	31	24	25	15	31
024.90	12	15	17	13	11	16	20	13	10	16	21	32	26	25	22	15	21	14	11	18	23	30	19	26	18	33
029.90	16	25	25	21	18	19	17	16	18	15	23	18	23	16	18	25	21	26	19	15	19	21	25	18	22	21
034.90	14	14	15	12	10	17	18	16	21	23	16	15	14	21	16	17	17	16	21	27	27	31	14	30	16	21
039.90	14	20	25	35	32	41	37	38	35	37	33	18	19	29	28	28	27	28	30	31	41	25	31	38	31	24
044.90														21	25	34	34	35	29	18	23	15	40	32	39	26
049.90														18	20	40	31	43	32	48	31	29	44	28	48	30
054.90														18	20	40	31	43	32	48	31	29	44	28	48	30

Nota:

D = Delle

CODIGO PUE0034
000.00

Nota:

D = Delle

## TO 31

3	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
	26	66	29	59	45	54	37	54	34	54	58	61	40

### PROYECTO 32

CODIGO PUE0035	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000 00	70	44	44	21	31	21	28	24	26	40	42	30	73	28	28	15	20	35	33	25	74	35	73	62	59	42

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 33

CODIGO PUE0036	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000 00	45	30	28	30	30	45	40	30	10	19	15	28	32	28	10	15	32	35	40	40	46	39	40	43	54	32
005 00	20	46	30	40	44	38	36	54	30	38	40	50	48	38	46	52	40	48	52	60	40	46	50	46	42	35
010 00	36	43	63	47	42	65	36	40	39	47	60	32	45	32	42	56	40	50	40	48	32	36	32	47	52	36
015 00	39	42	18	54	75	56	58	62	71	62	44	56	34	60	38	62	52	68	50	54	40	54	36	40	34	38
020 00	39	42	18	54	75	56	58	62	71	62	44	56	34	60	38	62	52	68	50	54	40	54	36	40	34	38

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 34

CODIGO PUE0037	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
020.51	37	35	21	53	66	49	47	49	18	76	52	71	82	78	26	69	66	58	70	32	34	41	52	72	69	38
025.51	37	35	21	53	66	49	47	49	18	76	52	71	82	78	26	69	66	58	70	32	34	41	52	72	69	38

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 35

CODIGO PUE0038	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	10	42	24	34	60	36	14	8	8	27	22	36	7	7	35	38	38	30	10	12	45	37	29	38	31	21
005.00	34	36	45	45	35	38	20	42	20	40	28	20	38	39	21	36	42	45	42	45	38	39	40	38	38	23
010.00	30	30	40	44	11	7	28	31	46	43	41	28	38	39	42	44	41	34	35	38	43	42	36	16	35	24
015.00	36	40	41	42	35	45	36	17	35	40	35	35	34	34	47	44	42	42	39	34	16	24	41	46	20	30
020.00	38	45	41	44	38	46	42	41	43	41	0	39	33	41	40	44	44	41	40	41	18	32	40	42	28	32
025.00	38	45	41	44	38	46	42	41	43	41	39	33	41	40	44	44	44	41	40	41	18	32	40	42	28	32
030.00	49	41	70	48	51	59	64	70	44	57	53	44	53	66	56	68	40	76	75	85	52	70	48	55	55	32
035.00	24	25	35	30	26	36	46	37	28	31	32	30	30	32	30	37	45	48	50	46	48	49	48	60	70	35
040.00	32	34	50	38	44	38	40	24	38	40	42	40	42	46	36	38	38	50	40	38	50	28	24	34	34	34
045.00	18	16	16	14	12	22	26	24	28	26	22	30	28	28	26	30	26	28	30	22	23	20	12	24	26	33

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 36

CODIGO PUE0039	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
045.94	18	16	16	14	12	22	26	24	28	26	22	30	28	28	26	30	26	28	30	22	23	20	12	24	26	33
050.94	28	24	36	22	32	28	32	20	28	30	32	24	30	26	26	28	26	24	22	18	22	12	24	22	26	31
055.94	18	22	14	16	21	13	14	16	8	16	14	17	28	17	37	19	15	25	35	25	24	29	29	28	10	30
060.94	36	34	23	22	27	40	34	18	28	35	22	24	19	16	23	29	15	22	14	14	37	25	29	28	17	30
065.94	16	16	30	16	28	20	40	28	26	26	32	22	18	16	18	38	34	28	38	28	30	24	38	26	30	35
070.94	18	28	22	36	34	35	29	11	40	22	29	28	27	30	24	18	22	32	21	19	23	16	21	8	23	37

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 37

CODIGO PUE0040	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	28	24	32	23	30	26	34	28	38	26	40	27	36	22	34	26	40	25	38	26	32	26	34	24	32	22

Nota:

D - Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 38

CODIGO PUE0041	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.	
000.00	19	16	21	17	17	16	19	17	20	15	19	18	16	19	15	21	17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	20

Nota:

D - Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 39

CODIGO PUE0042	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	70	30	45	15	75	42	110	35	45	35	50	60	50	20	15	25	105	30	40	10	15	15	30	30	40	28
005.00	10	65	45	70	55	65	75	35	80	15	10	7	20	7	40	20	45	20	15	30	15	30	15	30	68	30
010.00	10	65	45	70	55	65	75	35	80	15	10	7	20	7	40	20	45	20	15	30	15	30	15	30	68	30

Nota:

D - Deflexión, en milésimas de pulgada.

## PROYECTO 40

CODIGO PUE0043	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	91	6	41	40	27	34	8	14	5	15	37	18	42	6	42	21	35	34	34	10	38	22	40	42	24	39

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

## PROYECTO 41

CODIGO PUE0044	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	28	48	37	40	33	48	24	48	48	6	27	25	34	30	14	52	41	40	35	50	24	20	24	28	14	34

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

## PROYECTO 42

CODIGO PUE0045	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.10	94	137	125	116	60	76	68	110	78	44	87	46	66	51	107	43	24	47	46	113	48	64	60	79	58	29
005.10	54	63	65	59	50	47	127	65	29	36	66	67	49	66	45	53	75	64	52	75	46	69	53	36	45	32
010.10	58	52	45	24	63	25	59	41	44	102	46	50	60	46	19	25	62	25	70	32	69	25	72	42	33	32
015.10	42	22	51	27	33	91	13	95	52	32	30	56	25	36	26	30	47	26	34	62	47	42	54	42	10	36
020.10	42	22	51	27	33	91	13	95	52	32	30	56	25	36	26	30	47	26	34	62	47	42	54	42	10	36

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 43

CODIGO PUE0046	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	77	73	55	82	56	132	49	44	46	77	32	44	49	49	54	66	45	16	23	22	53	73	32	75	56	34
005.00	19	150	48	103	85	137	150	95	46	150	105	73	97	43	44	112	116	77	105	88	53	150	45	73	28	35.5

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 44

CODIGO PUE0047	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.60	65	89	78	71	78	83	94	62	94	48	112	67	46	95	68	80	81	92	108	119	59	50	83	72	89	15
005.60	136	85	150	91	109	83	96	91	109	98	119	104	65	98	44	66	88	74	150	66	102	92	138	106	84	16
010.60	77	73	55	82	56	132	49	44	46	77	32	44	49	49	54	66	45	16	23	22	53	73	32	76	56	36

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 45

CODIGO PUE0048	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	43	24	50	63	88	34	69	64	43	60	60	64	41	78	68	61	36	38	64	55	40	36	38	67	45	25
005.00	44	34	36	49	39	56	60	56	68	54	49	39	39	55	35	40	30	54	40	30	44	40	35	41	42	23
010.00	48	28	45	48	41	44	53	37	51	42	31	37	52	36	32	36	38	34	40	59	52	38	42	54	41	26
015.00	48	28	45	48	41	44	53	37	51	42	31	37	52	36	32	36	38	34	40	59	52	38	42	54	61	26

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 46

CODIGO PUE0049	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
023 50	3	26	21	13	13	26	25	24	27	11	25	13	18	13	21	15	23	22	28	11	23	16	27	28	27	34
028 50	19	18	24	17	20	18	16	14	17	17	14	23	11	14	15	18	11	24	19	21	21	16	21	12	15	35
033 50	27	14	12	13	11	12	14	10	24	23	5	9	23	16	19	23	29	14	16	17	23	15	21	21	21	35
038 50	28	25	2	7	7	7	17	28	18	26	13	27	11	12	9	5	11	26	5	17	8	22	6	12	8	36

**Nota**

D = Delexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 47

CODIGO PUE0050	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000 00	44	42	42	17	29	10	31	61	65	60	15	58	51	51	50	16	37	57	53	38	59	38	61	28	82	37

**Nota**

D = Delexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 48

CODIGO PUE0051	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000 00	61	40	46	27	33	19	63	45	33	43	40	53	49	49	44	48	51	46	37	39	38	28	33	25	52	35

**Nota**

D = Delexión, en milésimas de pulgada



### PROYECTO 49

CODIGO PUE0052	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	32	14	26	17	22	18	28	20	26	16	18	24	28	26	34	22	36	28	18	24	22	20	24	22	26	35

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 50

CODIGO PUE0053	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	17	15	14	24	19	11	15	17	14	12	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 51

CODIGO PUE0054	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000.00	36	42	19	13	36	15	40	35	25	20	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 52

CODIGO PUE0055																					TEMP. C. A.					
	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20		D21	D22	D23	D24	D25
000.00	36	37	34	25	34	22	33	31	51	51	38	30	40	34	42	30	34	18	38	42	33	32	25	37	24	35
005.00	27	32	26	36	30	31	33	28	31	29	35	33	28	25	27	30	21	30	31	26	9	23	27	10	30	26
010.00	35	35	31	26	35	33	20	30	25	33	36	39	36	44	32	24	34	35	21	26	24	29	34	30	20	25
015.00	51	52	32	48	48	34	47	38	44	37	39	38	41	38	20	44	42	26	36	31	24	33	32	37	35	23
020.00	39	27	30	35	34	18	27	23	30	46	19	41	21	28	17	25	31	36	33	32	29	30	32	29	28	21
025.00	43	50	51	54	31	51	41	52	48	49	21	33	32	39	36	43	41	40	47	47	49	41	41	57	55	24
030.00	42	49	62	49	46	41	42	33	48	37	37	32	44	41	46	32	43	41	53	41	54	47	52	30	39	28
035.00	31	30	27	17	33	32	28	45	33	23	25	33	24	49	8	37	46	31	20	31	30	62	28	43	27	28
040.00	32	43	24	36	35	46	30	34	34	47	29	36	31	40	31	45	30	48	29	38	30	38	33	37	35	28
045.00	31	36	34	32	36	40	29	33	24	33	26	36	8	36	29	32	38	34	32	39	32	34	23	20	34	28
050.00	27	22	14	21	26	30	35	38	47	49	49	47	54	52	53	43	46	32	34	26	37	38	42	30	46	30
055.00	25	22	13	22	20	27	38	19	38	28	36	53	40	40	42	32	39	35	33	42	32	28	34	39	37	24

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

## PROYECTO 53

CODIGO PUE0056	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
058.00	44	45	45	29	52	43	52	56	34	32	36	27	33	33	32	23	25	27	20	23	16	15	21	21	24	24
063.00	62	62	53	50	59	46	70	66	56	44	44	55	58	39	63	48	54	51	71	61	57	33	32	53	51	23
068.00	35	53	45	47	37	69	57	28	55	39	41	61	27	35	50	31	51	36	42	41	56	30	55	47	34	23
073.00	33	26	33	42	39	43	43	41	34	36	34	38	39	48	54	57	38	36	34	37	46	27	66	48	60	20
078.00	41	62	60	62	51	42	56	10	20	62	53	57	64	47	37	42	47	75	41	39	57	60	64	42	50	24
083.00	61	44	55	39	68	57	60	62	63	38	48	58	26	44	50	41	51	63	75	56	59	51	68	57	80	20
088.00	34	30	58	58	43	68	35	33	48	40	7	73	45	17	64	51	28	28	44	41	36	21	29	63	51	20
093.00	67	85	38	57	52	42	44	48	71	24	48	52	63	12	69	45	95	89	50	82	60	48	67	59	54	20
098.00	60	85	63	81	78	85	65	118	86	99	73	66	80	71	49	24	56	95	94	86	81	53	80	108	42	18
103.00	60	85	63	81	78	85	65	118	86	99	73	66	80	71	49	24	56	95	94	86	81	53	80	108	42	18
108.00	22	19	26	10	52	43	26	53	41	77	55	79	44	58	63	83	41	22	46	56	53	30	59	13	55	18
113.00	62	47	134	127	141	104	148	53	85	68	110	46	92	73	28	38	64	38	73	56	78	24	91	85	58	18
118.00	83	83	70	81	97	124	107	101	54	71	73	96	36	64	43	86	53	89	40	90	84	72	71	98	95	18
123.00	76	53	52	59	54	84	36	58	30	26	44	54	48	65	41	42	91	48	17	34	57	42	53	27	80	19

Nota:

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 54

CODIGO PUE0057	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
128 97	105	75	124	103	66	74	77	61	47	72	113	61	116	143	91	150	129	96	64	11	105	115	150	101	100	22
133 97	51	60	47	65	50	81	84	135	82	74	54	58	59	61	118	90	114	52	150	54	31	25	36	58	33	20
138 97	66	58	67	56	94	82	93	72	67	54	47	45	77	70	52	55	61	68	68	54	63	61	63	76	81	22
143 97	136	70	150	78	145	62	150	70	150	69	150	114	131	114	78	112	116	95	65	87	70	102	66	34	129	20
148 97	145	142	150	150	150	150	131	135	78	150	111	150	114	78	110	139	150	31	55	96	82	58	56	61	42	22
153 97	92	51	66	44	74	56	82	30	92	36	27	35	52	50	131	67	78	66	120	64	62	87	150	100	63	16

**Nota**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada

### PROYECTO 55

CODIGO PUE0058	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	TEMP. C. A.
000 00	43	44	46	59	62	51	60	69	73	70	67	62	73	77	74	63	52	32	72	15	56	61	60	65	68	34
005 00	43	44	46	59	62	51	60	69	73	70	67	62	73	77	74	63	70	52	32	72	45	56	61	60	59	34

**Nota**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.

### PROYECTO 56

CODIGO	D01 D02 D03 D04 D05					D06 D07 D08 D09 D10					D11 D12 D13 D14 D15					D16 D17 D18 D19 D20					D21 D22 D23 D24 D25					TEMP. C. A.
PUE0059	32	27	29	23	35	31	39	22	13	21	33	30	43	30	39	33	39	28	36	28	38	26	39	29	26	28

**Nota:**

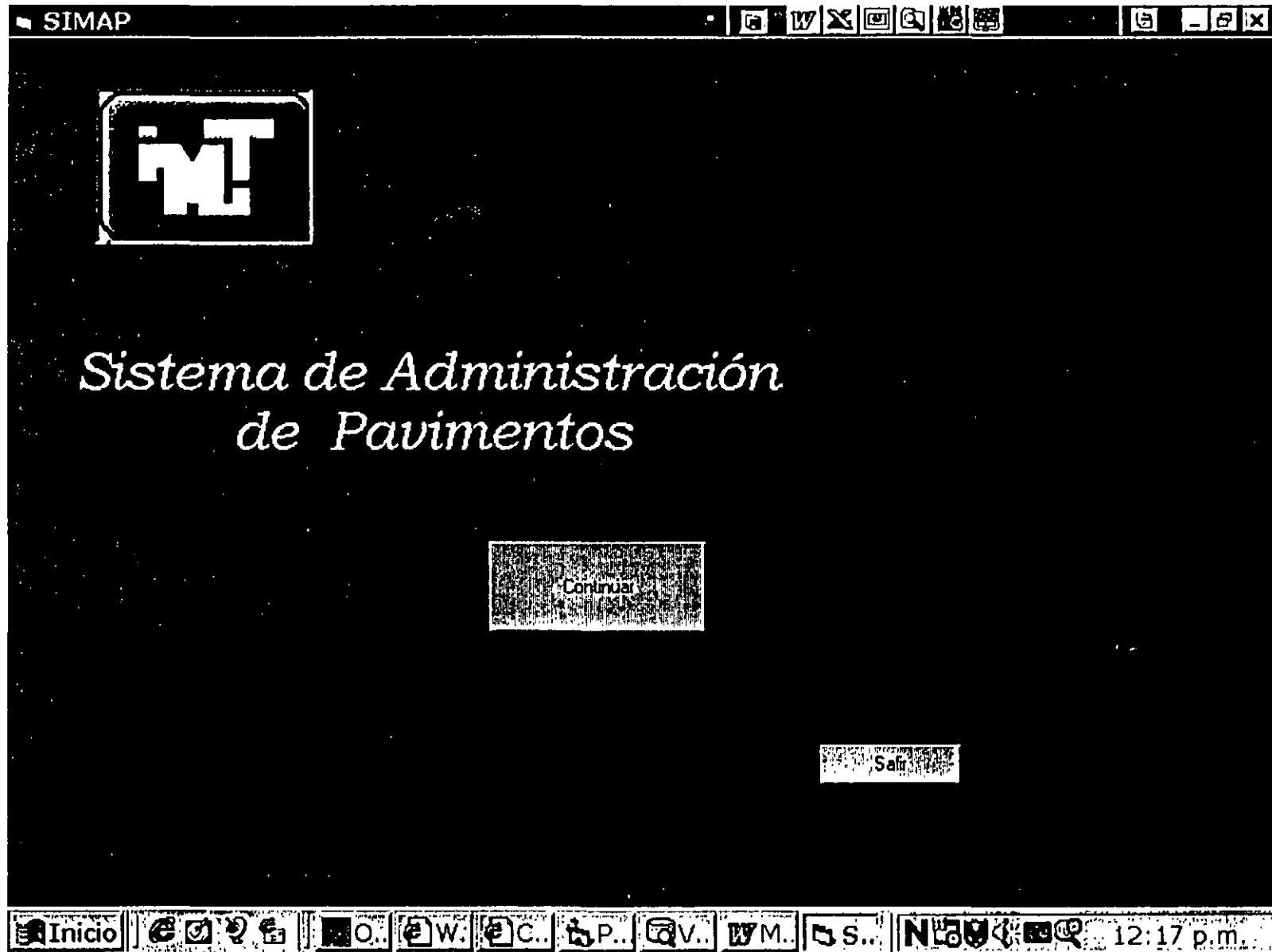
D = Deflexión, en milésimas de pulgada

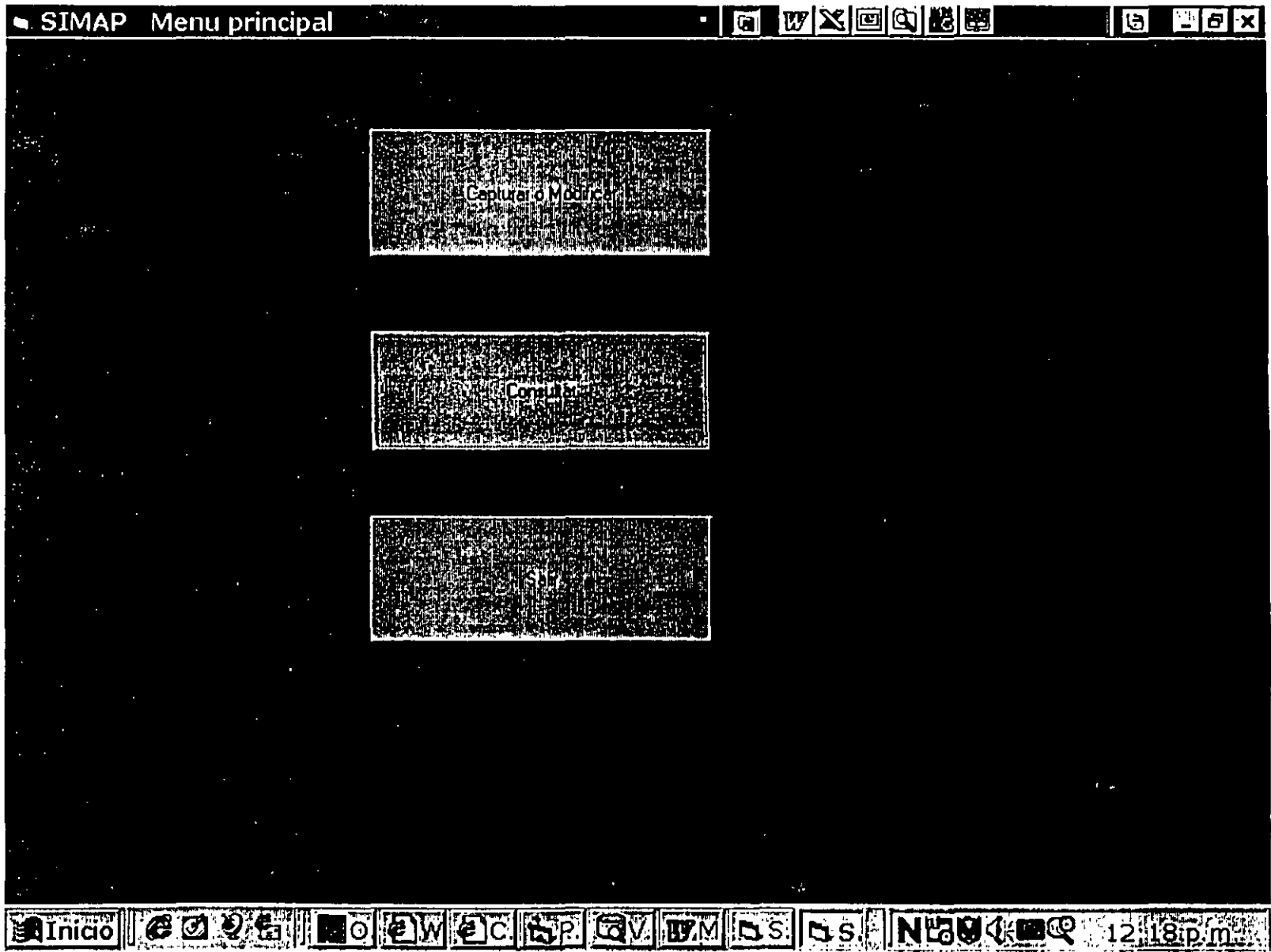
### PROYECTO 57

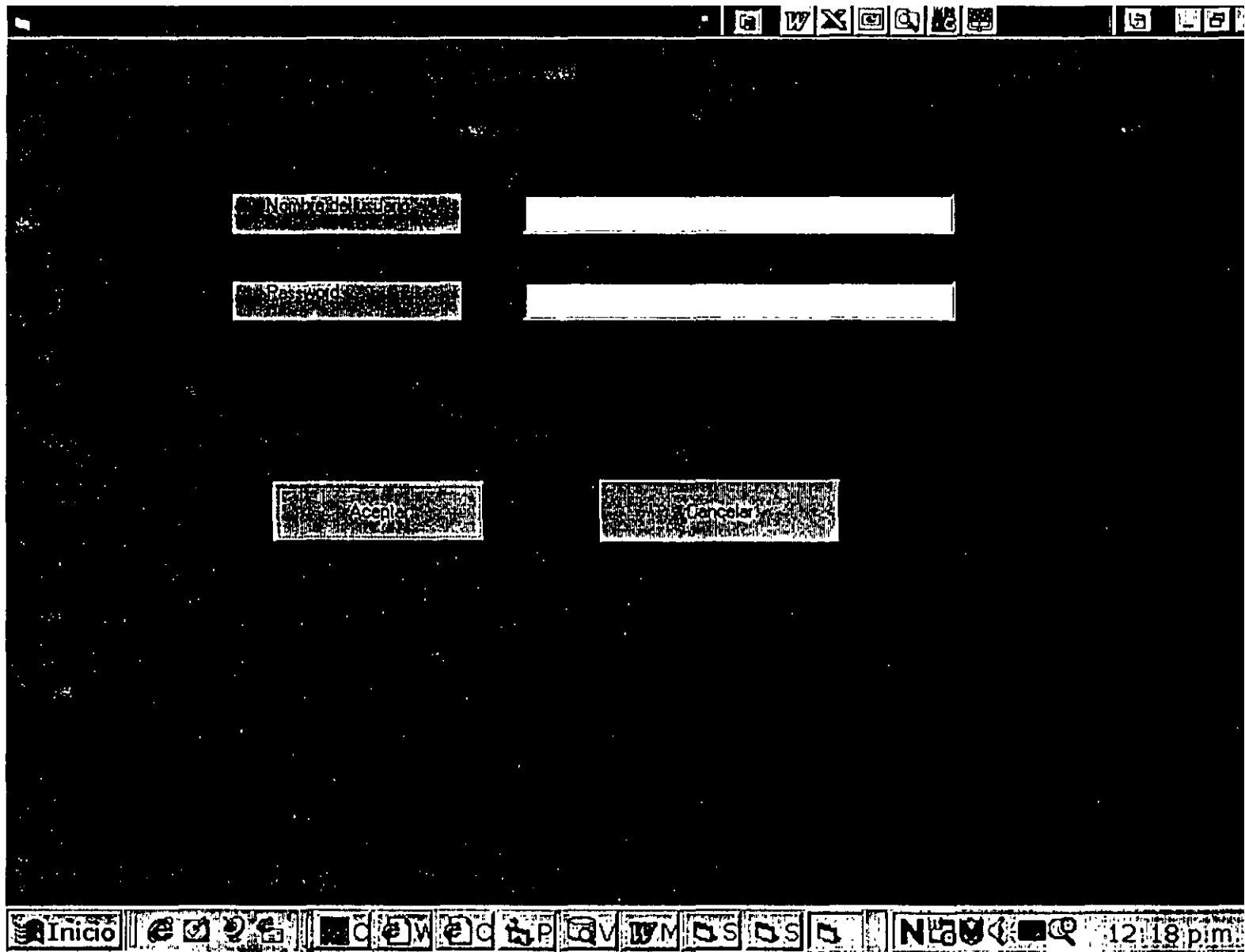
CODIGO	D01 D02 D03 D04 D05					D06 D07 D08 D09 D10					D11 D12 D13 D14 D15					D16 D17 D18 D19 D20					D21 D22 D23 D24 D25					TEMP. C. A.
PUE0060	16	14	20	20	18	20	28	4	22	18	22	26	28	28	38	26	12	22	18	58	28	48	20	26	4	40

**Nota:**

D = Deflexión, en milésimas de pulgada.









**Datos Generales**

Fecha: Jueves 10 Febrero 2000

	Clave	Origen	Destino		
Carretera:	00423	Querétaro	Irapuato (cuota)	Actualizar	Borrar
Tramo:	30001	Querétaro	Lim Edos. Term. Qro Ppia Gto	Actualizar	Borrar
Subtramo:	31001	0	8.97	Actualizar	Borrar

Coordenadas del subtramo:

Latitud: 12° 12' 12" Longitud: 12° 12' 12" Altitud: 12 msnm

Actualizar Borrar

Condiciones de Tránsito Condiciones Ambientales Condiciones Geométricas Sección Estructural IRI Cerrado

Inicio 09:33 a.m.

Origen:  Destino:  Fecha:

/  /

Subtramo:  -  Km   23 ° 23 ' 23 "  23 ° 23 ' 23 "  23 msnm

del

Tasa de Crecimiento de Tránsito Anual:  % No. Carriles:

Accidentes anuales:  % Sentido del subtramo:

Peso Promedio:  Ton. Registro del T.D.P.A. en los años:

Temperatura:  °C

T.D.P.A.

Vehículo	Composición Vehicular	Carga legal por eje							Carga Real por eje	Núm. de Llantas	TIPO DE CAMINO		
		0%	20%	40%	60%	80%	100%	120%			A4 y A6 B4 y B2	C	D
<input type="text" value="B3"/>	<input type="text" value="4 8"/>	<input type="text" value="5 5"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="4 5"/>	<input type="text" value="1 2"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="2 7"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="1 2"/>	<input type="text" value="1 0"/>	<input type="text" value="2 6.00"/>	<input type="text" value="2 3.00"/>	<input type="text" value="2 0.50"/>
<input type="text" value="C2"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="4 5"/>	<input type="text" value="1 2"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="2 7"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="1 1"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="1 7.50"/>	<input type="text" value="1 5.50"/>	<input type="text" value="1 4.00"/>
<input type="text" value="C3"/>	<input type="text" value="1 0"/>	<input type="text" value="2 0"/>	<input type="text" value="2 5"/>	<input type="text" value="1 2"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="2 7"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="1 1"/>	<input type="text" value="1 0"/>	<input type="text" value="2 6.00"/>	<input type="text" value="2 3.00"/>	<input type="text" value="2 0.50"/>
<input type="text" value="TSS2"/>	<input type="text" value="5 9"/>	<input type="text" value="1 0"/>	<input type="text" value="2 0"/>	<input type="text" value="1 5"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="3 5"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="1 3"/>	<input type="text" value="1 8"/>	<input type="text" value="4 4.00"/>	<input type="text" value="3 9.00"/>	<input type="text" value="N A"/>
<input type="text" value="TSS3"/>	<input type="text" value="4 0 2"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="1 5"/>	<input type="text" value="3 5"/>	<input type="text" value="1 2"/>	<input type="text" value="1 7"/>	<input type="text" value="1 4"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="1 3"/>	<input type="text" value="2 2"/>	<input type="text" value="4 8.50"/>	<input type="text" value="4 3.00"/>	<input type="text" value="N A"/>
<input type="text" value="TSS2R4"/>	<input type="text" value="0 8"/>	<input type="text" value="2 4"/>	<input type="text" value="3 7"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="1 5"/>	<input type="text" value="1 4"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="1 2"/>	<input type="text" value="3 4"/>	<input type="text" value="6 6.50"/>	<input type="text" value="5 8.00"/>	<input type="text" value="N A"/>

No Autorizado

Inicio

Condiciones Ambientales

Origen	Destino	Fecha
Carretera Querétaro	Irapuato (cuota)	Jueves 10 Febrero 2000
Limite Querétaro	Lim. Edos. Term. Oro. Ppia. Gto.	
Sobre elevación 0	Km 8.97	Altura 12 * 12 ' 12 " 12 * 12 ' 12 " 12 metro
Operador	Ma. Guadalupe Jimenez del Insitituto Mexicano del Transporte	

Temperatura Máxima: 35 °C  
Temperatura Mínima: 6 °C  
Temperatura Promedio: 18 °C

Datos capturados en los años:  
Precipitación promedio anual: 124 mm  
08/02/00

Introducir Datos    Modificar    Eliminar    Cancelar    Cerrar

### Condiciones Geométricas

Origen	Destino	Fecha	Jueves 10 Febrero 2000
<b>Carrétera</b> Jalpan de Serra	/ Río Verde		
<b>Tramo</b> Jalpan de Serra	/ T. Izq. Conca		
<b>Sobramo</b> 0	35.01 Km	<b>Coord. Latitud</b> 34 ° 34 ' 34 "	<b>Coord. Longitud</b> 34 ° 34 ' 34 " <b>Altura</b> 34 m:mm
<b>Orden de los Datos</b> María Ariadna Sánchez Loo	del Instituto Mexicano del Transporte		

Condiciones Geométricas

Año del dato a modificar: 09/02/00

Topografía [A-C]: **C Balcón**

Pendientes:

Longitudinal: **47** %

Transversal: **47** %

Alturas de sección de:

Corte: **47** m

Terraplen: **47** m

Tipo de drenaje [A-C]: **C. No cuenta con drenaje** Estado: **3 Deteriorado o inservible**

**Introducir Datos** **Modificar** **Actualizar** **Cancelar** **Cerrar**

Inicio 09:38 a.m.

### Datos Geotécnicos

Origen	Destino	Fecha: Jueves 10 Febrero 2000
<b>Carpeta:</b> Jalpan de Serra	/ Río Verde	
<b>Tanda:</b> T. Izq. Conca	/ Jalpan de Serra	
<b>Sobramos:</b> 0	- 35.01 Km	<b>Coord. Longitud:</b> 34 ° 34 ' 34 " <b>Coord. Latitud:</b> 34 ° 34 ' 34 " <b>Altitud:</b> 34 msnm
<b>Origen de los Datos:</b>	María Ariadna Sánchez Loo	del Instituto Mexicano del Transporte

### Pavimento de Concreto Asfáltico

Espesores					
1. Sobre Carpeta:	<input type="text" value="25.35"/>	cm			
2. Carpeta Asfáltica:	<input type="text" value="10.35"/>	cm			
3. Base:	<input type="text" value="17.35"/>	cm	VRS	<input type="text" value="5.35"/>	
4. Sub-Base:	<input type="text" value="23.35"/>	cm		<input type="text" value="4.35"/>	
5. Sub-Rasante:	<input type="text" value="30.35"/>	cm		<input type="text" value="3.35"/>	
6. Terreno Natural:	<input type="text" value="15.35"/>	cm		<input type="text" value="2.35"/>	

Datos geotécnicos en los años:

¿Agregar otra capa?

Capa:  Espesor:  cm 
 Posición:  -  VRS:

Inicio
09:42 a.m.

**Evaluación Superficial. IRI**

Origen: Jalpan de Serra / Destino: Río Verde  
 Fecha: Jueves 10 Febrero 2000

Carretera: Jalpan de Serra / T. Izq. Conca

Subtramo: 0 - 35.01 Km  
 USI: 34 \* 34 \* 34 " LPS: 34 \* 34 \* 34 " ANA: 34 monm-

Operador: María Ariadna Sánchez Loo del Instituto Mexicano del Transporte

### Evaluación Superficial. IRI con Mays Ride Meter

Velocidad del proyecto:  Km/hr

IRI prom =

Año del IRI a modificar:

Segmento	IRI	Tiempo (Min)
Segmento 01 : 00.00 — 01.00	03.60	25.00
Segmento 02 : 01.00 — 02.00	04.50	26.00
Segmento 03 : 02.00 — 03.00	05.80	26.00
Segmento 04 : 03.00 — 04.00	03.50	21.00
Segmento 05 : 04.00 — 05.00	03.00	24.00
Segmento 06 : 05.00 — 06.00	02.69	24.00
Segmento 07 : 06.00 — 07.00	02.70	21.00
Segmento 08 : 07.00 — 08.00	03.80	26.00
Segmento 09 : 08.00 — 09.00	04.00	21.00
Segmento 10 : 09.00 — 10.00	03.50	20.00
Segmento 11 : 10.00 — 11.00	03.40	21.00
Segmento 12 : 11.00 — 12.00	03.30	21.00
Segmento 13 : 12.00 — 13.00	05.00	27.00
Segmento 14 : 13.00 — 14.00	03.80	21.00
Segmento 15 : 14.00 — 15.00	02.10	24.00
Segmento 16 : 15.00 — 16.00	02.70	18.00

Inicio 10:15 a.m.

**Evaluación Superficial. IRI**

Origen:  Destino:  Fecha:

Querétaro /

0 - 8.97 Km   12 \* 12 \* 12 "  12 \* 12 \* 12 "  12 m:rm

Ma. Guadalupe

**Captura Datos**

IRI del segmento:

Velocidad del proyecto:

IRI prom =

Año del IRI a modificar:

10:39 a.m.

**Evaluación Superficial, IRI**

Origen: Querétaro      Destino: Irapuato (cuota)      Fecha: Jueves 10 Febrero 2000

Carretera: Querétaro      /      Lim. Edos. Term. Qro. Ppia. Gto.

Subtramo: 0 - 8.97 Km      Coord. Latitud: 12 ° 12 ' 12 "      Longitud: 12 ° 12 ' 12 "      Altitud: 12 msnm

Origen de los datos: Ma. Guadalupe

**Captura Datos**

Temperatura ambiente del segmento (°C):

OK

Cancelar

Velocidad del proyecto: 24

Introducir Velocidad

IRI prom =

Calcula IRI promedio

Año del IRI a modificar:

Introducir Año

Introducir Datos

Modificar

Cancelar

Continuar Evaluación seg.

Tablas de resultados

Cerrar

Inicio

10:40 a.m.



**Evaluación Superficial, IRI**

Origen:  Jalten de Sara / Destino:  Fecha:

Tramo:  / Arroyo Seco

Subtramo:  -  Km. Coord.  " Longitud:  " ALTUD:  metro

Origen de los datos:  del

### Evaluación Superficial. IRI con Mays Ride Meter

Velocidad del proyecter:

IRI prom =

Año del IRI a modificar:

10:41 a.m.

**Origen:**  **Destino:**  **Fecha:**

**Carrera:**  **Tramo:**

**Subtramo:**  **Coord:**  **Latitud:**  **Longitud:**  **Altitud:**

**Origen de los datos:**

Segmento	Temp	Condición	IFI
Segmento 02 : 01.00 --- 02.00	21.00	(Seco )	08.50
Segmento 09 : 08.00 --- 09.00	24.00	(Humedo)	05.60
Segmento 10 : 09.00 --- 10.00	24.00	(Humedo)	07.60
Segmento 12 : 11.00 --- 12.00	25.00	(Seco )	09.00
Segmento 13 : 12.00 --- 13.00	26.00	(Seco )	08.70
Segmento 14 : 13.00 --- 14.00	20.00	(Seco )	09.60
Segmento 16 : 15.00 --- 16.00	21.00	(Humedo)	06.00
Segmento 17 : 16.00 --- 17.00	20.00	(Humedo)	08.00
Segmento 18 : 17.00 --- 18.00	24.00	(Humedo)	08.60
Segmento 19 : 18.00 --- 19.00	24.00	(Humedo)	08.70
Segmento 23 : 22.00 --- 23.00	24.00	(Humedo)	08.90
Segmento 27 : 26.00 --- 27.00	20.00	(Seco )	08.60
Segmento 30 : 29.00 --- 30.00	24.00	(Seco )	08.20
Segmento 34 : 33.00 --- 34.00	21.00	(Humedo)	05.20
Segmento 35 : 34.00 --- 35.01	21.00	(Seco )	08.10

Segmento	Temp	Condición	IFI
Segmento 01 : 00.00 --- 01.00	24.00	(Seco )	08.00
Segmento 03 : 02.00 --- 03.00	21.00	(Seco )	08.00
Segmento 04 : 03.00 --- 04.00	21.00	(Seco )	07.90
Segmento 05 : 04.00 --- 05.00	24.00	(Seco )	07.50
Segmento 06 : 05.00 --- 06.00	24.00	(Humedo)	05.00
Segmento 07 : 06.00 --- 07.00	23.00	(Humedo)	04.50
Segmento 08 : 07.00 --- 08.00	21.00	(Humedo)	03.50
Segmento 11 : 10.00 --- 11.00	21.00	(Seco )	07.60
Segmento 15 : 14.00 --- 15.00	21.00	(Humedo)	03.50
Segmento 20 : 19.00 --- 20.00	20.00	(Seco )	04.30
Segmento 21 : 20.00 --- 21.00	21.00	(Seco )	03.50
Segmento 22 : 21.00 --- 22.00	18.00	(Seco )	03.50
Segmento 24 : 23.00 --- 24.00	21.00	(Seco )	07.60
Segmento 25 : 24.00 --- 25.00	26.00	(Humedo)	04.20
Segmento 26 : 25.00 --- 26.00	21.00	(Humedo)	04.50
Segmento 28 : 27.00 --- 28.00	19.00	(Humedo)	04.60
Segmento 29 : 28.00 --- 29.00	18.00	(Humedo)	02.10

[Imprimir](#)

[Regresar](#)

**Evaluación Superficial. IFI**

Fecha: Jueves 10 Febrero 2000

Origen:  / Destino:

Tramos:  /

Subtramos:  -  Km  "  "  msnm

Orden de los datos:  del

Segmento	Tiempo	Condición	IFI
Segmento 01 : 35.01 ---			
Segmento 02 : 36.01 ---			
Segmento 03 : 37.01 ---			
Segmento 04 : 38.01 ---			
Segmento 05 : 39.01 ---			
Segmento 06 : 40.01 ---			
Segmento 07 : 41.01 ---			
Segmento 08 : 42.01 ---			
Segmento 09 : 43.01 ---			
Segmento 10 : 44.01 ---			
Segmento 11 : 45.01 --- 46.01	23.00	(Humedo)	04.70
Segmento 12 : 46.01 --- 47.01	21.00	(Seco)	04.80
Segmento 13 : 47.01 --- 48.01	21.00	(Humedo)	03.50
Segmento 14 : 48.01 --- 48.60	17.00	(Seco)	08.90

Año del IFI a modificar:

**Selección**

? Seleccione ya el año del IFI a modificar.

En Seco IFI prom:    
 En Humedo IFI prom:

Inicio 10:44 a.m.

**Evaluación Superficial. IFI**

Fecha: Jueves 10 Febrero 2000

Origen: Jalpan de Serra / Destino: Rio Verde

Carrilera: T.I.ZO. Conca / Arroyo Seco

Subtramo: 35.01 - 48.6 Km

Origen de los datos: María Ariadna Sánchez

Año del IFI a modificar:

Visualiza Notificación

**Captura Datos**

8.7

Introducir Datos

Modificar

Cancelar

Tabla de Resultados

Capacidad Estructural

Centrar

En Seco [IF] prom

En Húmedo [IF] prom

Inicio 10:41 a.m.

### Evaluación Superficial. IFI

Fecha: Jueves 10 Febrero 2000

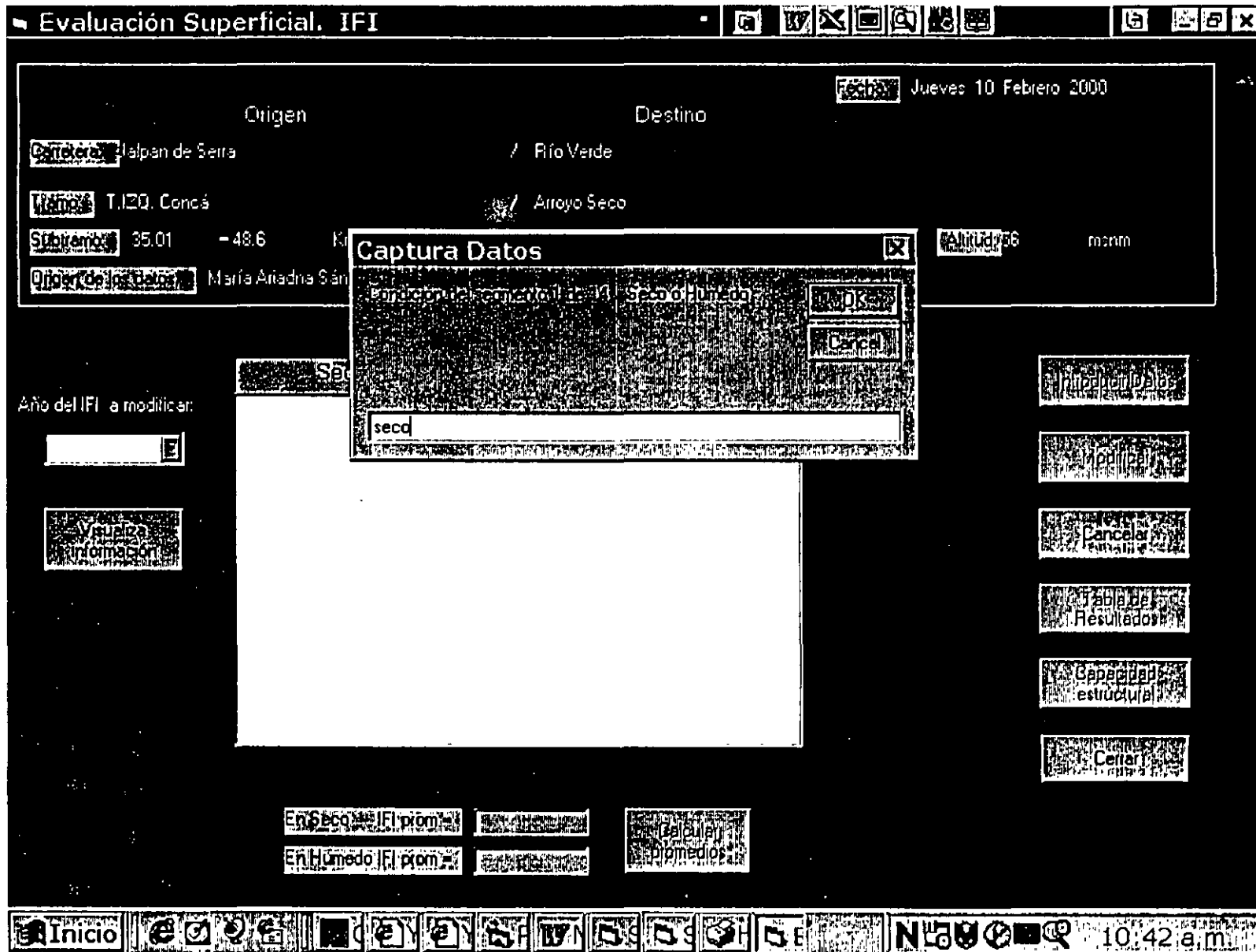
<b>Origen</b>	<b>Destino</b>
<b>Carretera:</b> Jalpan de Serra	/ Río Verde
<b>Término:</b> Jalpan de Serra	/ T. Izq. Conca
<b>Subtramo:</b> 0 - 35.01 Km	<b>Coord:</b> <input type="text" value="84"/> ° <input type="text" value="34"/> ' <input type="text" value="34"/> " <b>Longitud:</b> <input type="text" value="84"/> ' <input type="text" value="34"/> ' <input type="text" value="34"/> " <b>Altud:</b> <input type="text" value="84"/> msnm
<b>Operador de los datos:</b> María Ariadna Sánchez Loo del Instituto Mexicano del Transporte	

Segmento	Temp.	Condición	IFI
Segmento 01 : 00.00 --- 01.00	24.00	(Seco )	08.00
Segmento 02 : 01.00 --- 02.00	21.00	(Seco )	08.50
Segmento 03 : 00.00 --- 01.00	21.00	(Seco )	08.00
Segmento 04 : 01.00 --- 02.00	21.00	(Seco )	07.90
Segmento 05 : 02.00 --- 03.00	24.00	(Seco )	07.50
Segmento 06 : 03.00 --- 04.00	24.00	(Humedo)	05.00
Segmento 07 : 04.00 --- 05.00	23.00	(Humedo)	04.50
Segmento 08 : 05.00 --- 06.00	21.00	(Humedo)	03.50
Segmento 09 : 06.00 --- 07.00	24.00	(Humedo)	05.60
Segmento 10 : 07.00 --- 08.00	24.00	(Humedo)	07.60
Segmento 11 : 08.00 --- 09.00	21.00	(Seco )	07.60
Segmento 12 : 09.00 --- 10.00	25.00	(Seco )	09.00
Segmento 13 : 10.00 --- 11.00	26.00	(Seco )	08.70
Segmento 14 : 11.00 --- 12.00	20.00	(Seco )	09.60
Segmento 15 : 12.00 --- 13.00	21.00	(Humedo)	03.50
Segmento 16 : 13.00 --- 14.00	21.00	(Humedo)	06.00
Segmento 17 : 14.00 --- 15.00	20.00	(Humedo)	08.00

Año del IFI a modificar:

10:16 a.m.



Evaluación Superficial. IFI

Fecha Jueves 10 Febrero 2000

**Origen**  
 / **Destino**

/ **Arroyo Seco**

8501 -48.6

María Ariadna Sánchez

38

**Captura Datos**

Temperatura ambiente del segmento del

27

**Año del IFI a modificar:**

10:42 a.m.

Carretera:

Tramo:

Subtramo:

Cóord. Latitud:

Longitud:

Altitud:

Origen de los datos:

Segmento	No.	Temperatura	Vel.	IRI
04.00--05.00	05	24.00	80.00	03.00
05.00--06.00	06	24.00	80.00	02.69
06.00--07.00	07	21.00	80.00	02.70
10.00--11.00	11	21.00	80.00	03.40
11.00--12.00	12	21.00	80.00	03.30
14.00--15.00	15	24.00	80.00	02.10
15.00--16.00	16	18.00	80.00	02.70
16.00--17.00	17	29.00	80.00	02.80
19.00--20.00	20	20.00	80.00	03.40
24.00--25.00	25	20.00	80.00	03.40
25.00--26.00	26	20.00	80.00	03.20
26.00--27.00	27	21.00	80.00	03.40
27.00--28.00	28	22.00	80.00	03.10
29.00--30.00	30	20.00	80.00	02.50
30.00--31.00	31	20.00	80.00	02.90
31.00--32.00	32	20.00	80.00	02.40
32.00--33.00	33	20.00	80.00	02.60
33.00--34.00	34	20.00	80.00	02.40

Segmento	No.	Temperatura	Vel.	IRI
00.00--01.00	01	25.00	80.00	03.60
01.00--02.00	02	26.00	80.00	04.50
02.00--03.00	03	26.00	80.00	05.80
03.00--04.00	04	21.00	80.00	03.50
07.00--08.00	08	26.00	80.00	03.80
08.00--09.00	09	21.00	80.00	04.00
09.00--10.00	10	20.00	80.00	03.50
12.00--13.00	13	27.00	80.00	05.00
13.00--14.00	14	21.00	80.00	03.80
17.00--18.00	18	20.00	80.00	03.50
18.00--19.00	19	20.00	80.00	03.60
20.00--21.00	21	21.00	80.00	04.60
21.00--22.00	22	22.00	80.00	04.50
22.00--23.00	23	21.00	80.00	04.80
23.00--24.00	24	20.00	80.00	03.50
28.00--29.00	29	22.00	80.00	03.80
34.00--35.01	35	20.00	80.00	03.50

Imprimir

Regresar



**Evaluación Superficial IFI**

Fecha: Jueves 10 Febrero 2000

Origen: Toluca / Destino: Rito Verde

Origen: T.I.ZO. Conca / Destino: Arroyo Seco

Segmento: 35.01 - 48.6 Km. Condición: Seco / Año: '88 '88 " Condición: '88 '88 " Anillo: mm

Quiérmelo: María Ariadna Sánchez Loo del Instituto Mexicano del Transporte

Segmento	Tempo	Condición
Segmento 01 : 35.01 ---		
Segmento 02 : 36.01 ---		
Segmento 03 : 37.01 ---		
Segmento 04 : 38.01 ---		
Segmento 05 : 39.01 ---		
Segmento 06 : 40.01 ---		
Segmento 07 : 41.01 ---		
Segmento 08 : 42.01 ---		
Segmento 09 : 43.01 ---		
Segmento 10 : 44.01 ---		
Segmento 11 : 45.01 --- 46.01 : 23.00 (Humedo) 04.70		
Segmento 12 : 46.01 --- 47.01 : 21.00 (Seco) 04.80		
Segmento 13 : 47.01 --- 48.01 : 21.00 (Humedo) 03.50		
Segmento 14 : 48.01 --- 48.60 : 17.00 (Seco) 08.90		

Año del IFI a modificar: [ ]

Visualiza Información

En Seco IFI prom: 07.80

En Humedo IFI prom: 07.80

Calcular promedios

Introducir Datos

Modificar

Cancelar

Tabla de Resultados

Capacidad estructural

Cerrar

Inicio 10:44 a.m.

**Capacidad Estructural** Viernes 11. Febrero 2000

---

Origen:  Destino:    
  / Lim. Edos. Term. Oro. Fpia. Gto.   
 Subtramos:   Km    m/mm   
 Operador:  del

### Lecturas de Deflexión

<input type="text" value="7.3678"/>	<input type="text" value="18.045"/>	<input type="text" value="10.165"/>	<input type="text" value="26.949"/>	<input type="text" value="10.165"/>
<input type="text" value="5.8312"/>	<input type="text" value="1.500"/>	<input type="text" value="0.668"/>	<input type="text" value="7.966"/>	<input type="text" value="5.7918"/>
<input type="text" value="6.6586"/>	<input type="text" value="2.966"/>	<input type="text" value="2.647"/>	<input type="text" value="14.538"/>	<input type="text" value="29.195"/>
<input type="text" value="10.165"/>	<input type="text" value="0.086"/>	<input type="text" value="33.568"/>		
<input type="text" value="14.499"/>				

¿ Unidad de los datos ?   
  Pulgadas   
  Milímetros

¿ Unidad de los datos ?

Temp. Carpeta Asfáltica:  °C   
 ¿ Período Crítico ?

Reg. de Lecturas en los años:

---

Inicio 01:46 p.m.

### Capacidad Estructural

Origen:  Destino:  Fecha:

/   
 /

Km    "    "  mm

del

### Lecturas de Deflexión

<input type="text" value="7.3678"/>	<input type="text" value="18.045"/>	<input type="text" value="10.165"/>	<input type="text" value="26.949"/>	<input type="text" value="10.165"/>
<input type="text" value="5.8312"/>	<input type="text" value="14.538"/>	<input type="text" value="6.2646"/>	<input type="text" value="29.668"/>	<input type="text" value="5.7918"/>
<input type="text" value="6.6586"/>	<input type="text" value="23.127"/>	<input type="text" value="14.065"/>	<input type="text" value="17.966"/>	<input type="text" value="14.538"/>
<input type="text" value="10.165"/>	<input type="text" value="9.2984"/>	<input type="text" value="19.148"/>	<input type="text" value="12.647"/>	<input type="text" value="29.195"/>
<input type="text" value="14.499"/>	<input type="text" value="21.551"/>	<input type="text" value="13.829"/>	<input type="text" value="31.086"/>	<input type="text" value="33.568"/>

¿Unidad de los datos?  Pulgadas  Milímetros

CBR Terreno Natural:  % CBR Terraplen:  % Temp. Carpeta Asfáltica:  °C

CBR Base:  % CBR Sub-Base:  % ¿Período Crítico?

Reg. de Lecturas en los años:

Inicio            01:39 p.m.

**Capacidad Estructural**

Origen: Querétaro      Destino: / Inapuesto (suota)      Fecha: Viernes 11 Febrero 2000

Origen: Querétaro      / Lim. Edos. Terr. Gra. Fpia. Gta.

Sistema: 0 - 8.87      Km: 12 ° 12 ' 12 "      12 ° 12 ' 12 "      Altitud: 12 msnm

Quiero De: Ma. Guadalupe Jimenez      del Instituto Mexicano del Transporte

### Lecturas de Deflexión

7.3678	18.045	10.165	26.949	10.165
5.8312				5.7918
6.6586				14.538
10.165				29.195
14.499				33.568

**Selección**

¿Selecciono la fecha de las lecturas a modificar?

¿Unidad de los datos?  Pulgadas  Milímetros

Temp. Capeta Asfáltica: 15 °C

¿Período Crítico?

Reg. de Lecturas en los sitios: 11/02/00

Inicio | 01:46 p.m.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**TEMA**

**INFRAESTRUCTURA ACARGO DEL ORGANIMOCAMINOS Y  
PUENTES FEDERALES**

**EXPOSITOR: ING. LEONARDO CESAR LUIS SIBAJA  
PALACIO DE MINERIA  
JULIO 2000**

## **INFRAESTRUCTURA A CARGO DEL ORGANISMO CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS.**

### **MISION DEL ORGANISMO.**

Es un Organismo público descentralizado que tiene como propósito la explotación, operación, conservación, expansión, modernización y construcción de caminos y puentes de peaje de altas especificaciones que faciliten el desplazamiento de personas y bienes, con seguridad, rapidez y economía, a través de la prestación de servicios carreteros de alta calidad, buscando la satisfacción de sus clientes y usuarios, e incorporando la tecnología de punta disponible más adecuada, dentro de un marco laboral que coadyuve a la dignificación del servicios público.

### **ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL.**

En 1949 nace la empresa "Compañía Constructora del Sur" (empresa subsidiaria de Nacional Financiera) encargada junto con el Gobierno Federal, de construir los primeros caminos de cuota que marcarían la pauta para la modernización carretera del país: La autopista México-Cuernavaca con un desarrollo de 62 kilómetros y la vía corta Amacuzac-Iguala con una longitud de 51 kilómetros. Una vez concluidas estas obras en 1952, le fue encomendada su administración y operación.

En 1956, la compañía cambió su denominación a "Caminos Federales de Ingresos". Dos años más tarde, el 31 de julio de 1958, por Decreto Presidencial se creó el Organismo Descentralizado del mismo nombre, al que se le asignaron entre otras, las funciones de administración de los caminos México-Cuernavaca, Cuernavaca-Amacuzac y Amacuzac-Iguala, las obras en proyecto del camino México-Querétaro y el puente sobre el río Sinaloa, además de todos aquéllos que se construyeran con base a una inversión recuperable mediante el cobro de cuotas a los usuarios.

La responsabilidad de administrar el puente sobre el río Sinaloa, originó para el Organismo una nueva asignación de funciones: los puentes de cuota. Esto determinó que el Decreto del 3 de junio de 1959, modificara su denominación a "Caminos y Puentes Federales de Ingresos". Desde ese momento, las carreteras y los puentes de cuota formaron parte de un proyecto integral y de una misma y unificada responsabilidad operativa.

El crecimiento dinámico de las obras a su cargo, construidas en solo cinco años, le generó nuevas funciones e hizo necesario un documento jurídico que regulara sus atribuciones y precisara sus objetivos. Así, el 29 de junio de 1963, se publicó el decreto por el que se crea "Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos" y entre sus funciones ampliadas, se determinó que debería "Administrar servicios conexos a estas vías de comunicación y los transbordadores que adquiriera en el futuro para el servicio marítimo y fluvial, así como establecer y administrar plantas elaboradoras de productos para pavimentación".

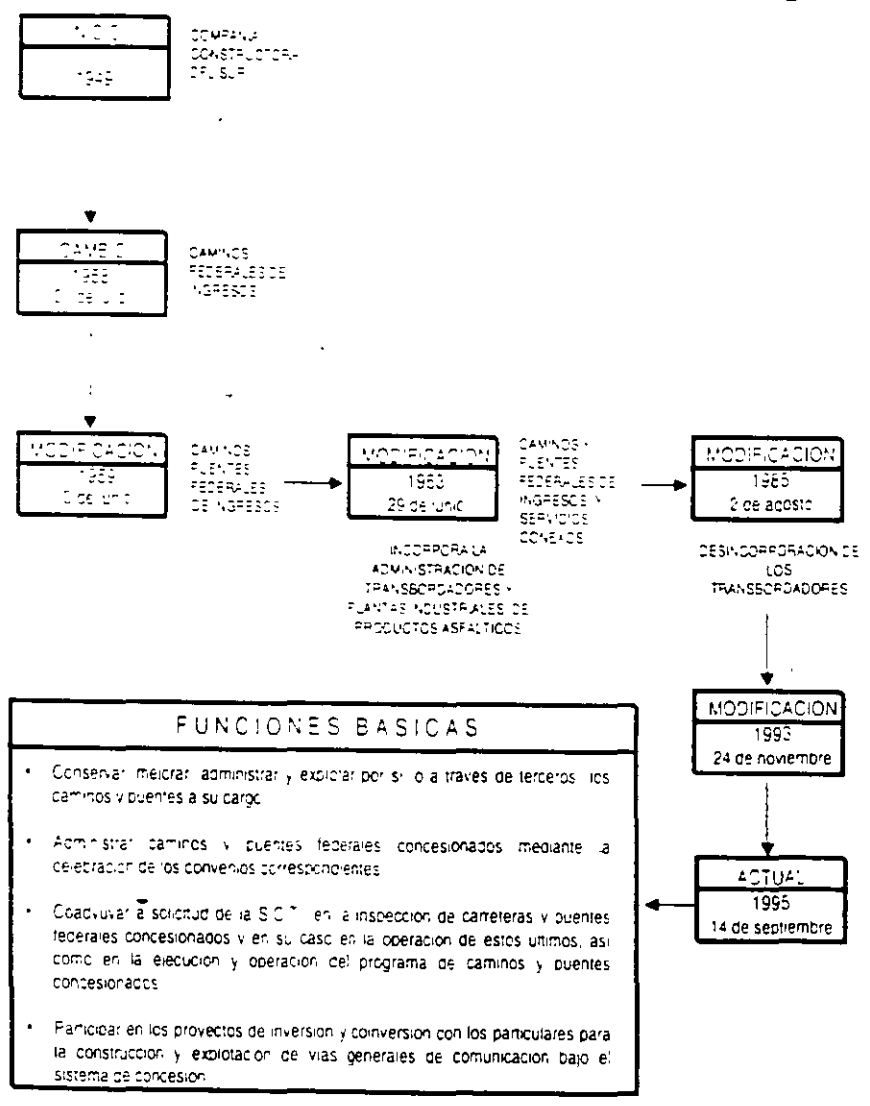
Con ello, en 1960 se inició el servicio de transbordadores entre Zacatal y ciudad del Carmen, contándose para 1979 con una flota de 11 transbordadores que cubrían 9 rutas.

El mantenimiento, rehabilitación y conservación de carreteras y puentes de cuota se complementó en 1964 con la inauguración en Irapuato, Gto., de una planta industrial dedicada a la producción y venta de emulsiones asfálticas, aditivos y pinturas. Con la finalidad de ampliar la cobertura de estos servicios, en 1971 se puso en operación otra planta productora de emulsiones asfálticas en Chontalpa, Tab., encargada de surtir este importante insumo al sures de la República.

Tras la desincorporación de los transbordadores, que desde el macizo continental daban servicio a la península de Baja California, el 2 de agosto de 1985 el Organismo reestructuró su organización y funcionamiento por Decreto Presidencial; ordenamiento que dadas las nuevas responsabilidades que se le

encomendaron con motivo de la puesta en marcha del Programa Nacional de Autopistas Concesionadas, se derogó por el que se publicó el 24 de noviembre de 1993, mismo que se vio reformado el 14 de septiembre de 1995, atendiendo a que el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 establece la necesidad de crear mecanismo de interlocución gubernamental permanente en el marco de la concertación de las acciones que lleve a cabo la Entidad, dando participación a las distintas organizaciones sociales cuyas actividades involucran las comunicaciones y los transportes.

## Antecedentes y Marco Legal





## INFRAESTRUCTURA A CARGO DEL ORGANISMO.

Actualmente el Organismo opera 58 autopista y 39 puentes con una longitud de 6317.0 Km de autopistas y 18.3 Km de puentes.

### PARTICIPACION DEL ORGANISMO EN LA RED NACIONAL DE AUTOPISTAS DE CUOTA.

Concepto:	INFRAESTRUCTURA EN OPERACION			
	Número de obras		Longitud	
	Autopista No.	Puentes No.	Autopista Km.	Puentes Km.
Red propia	13	29	1,230.9	9.6
Red contratada	9	6	579.0	1.1
Red con Inversión Financiera	7	0	609.0	0.0
Red FARAC	29	4	3,798.1	7.6
Total	58	39	6,217.0	18.3

Las autopistas de cuota operadas por el Organismo se clasifican en cuatro redes que son:

#### RED PROPIA.

Red de autopistas y puentes cuyo patrimonio esta a cargo del Organismo.

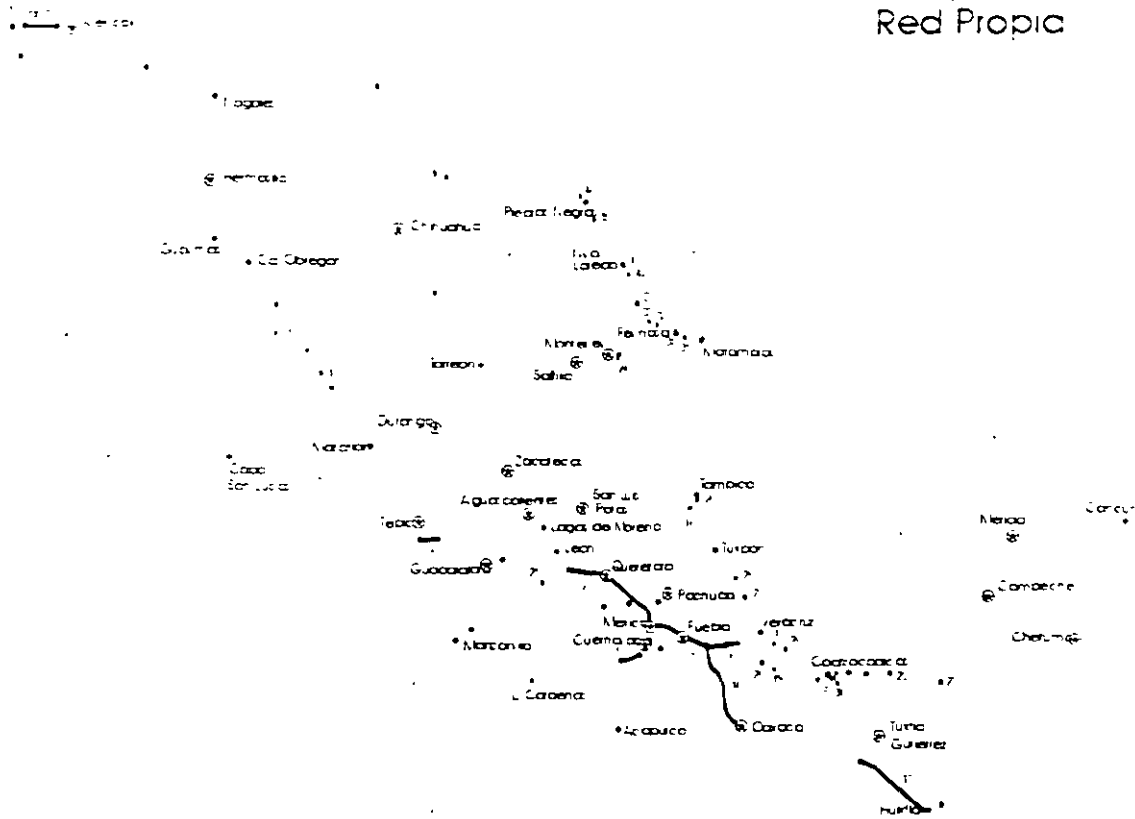
Esta formada por-13 autopistas con longitud de 1230.889 Km 17 puentes nacionales con longitud de 7,943 Km y 12 puentes internacionales con longitud de 1.656 Km.

La red propia la explota, opera, conserva y administra bajo su responsabilidad, incluidos los derechos de vía.

### RED PROPIA

Nº	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
<b>ICAMINOS</b>				<b>1,230.889</b>
1	México - Querétaro	A	Nov 01 1958	175.454
2	Querétaro - Irapuato	A	Feb 12 1962	103.750
3	México - Puebla	A	May 05 1962	110.910
4	Puebla - Acatzingo	A	Mar 29 1966	42.270
5	Acatzingo - Ciudad Mendoza	A	Mar 29 1966	92.950
6	Orizaba - Córdoba	A	Dic 29 1969	30.675
7	Tehuacan - Oaxaca	CD	Nov 29 1994	243.000
8	Tijuana - Ensenada	A	Abr 25 1967	89.540
9	Cnaballila - Compostela	CD	Ago 17 1973	35.500
10	Rancho Viejo - Taxco	CD	Jul 14 1996	8.340
11	Amaga - Huixtla	CD	Dic 20 1996	209.000
12	Cosoleacaque - Nuevo Teapa	A	Oct 17 1984	34.000
13	La Rumorosa - Tecate	A	Dic 17 1998	55.500
<b>PUENTES NACIONALES</b>				<b>7.943</b>
14	Alvarado	PN	Nov 13 1964	0.530
15	Papaloapan	PN	May 15 1966	0.288
16	Caracol	PN	May 15 1966	0.164
17	Nauta	PN	Abr 01 1967	0.214
18	Usumacinta	PN	May 16 1968	0.347
19	Cadereyta	PN	Oct 25 1968	0.179
20	La Piedad	PN	Abr 17 1969	0.092
21	Tecolutla	PN	Abr 28 1969	0.368
22	San Juan	PN	Jul 04 1972	0.175
23	Tlacotalpan	PN	Oct 12 1976	0.597
24	Cuitacan	PNCA	Sep 21 1962	0.433
25	Sinaloa	PNCA	Sep 01 1960	0.327
26	Panuco	PNCA	Sep 23 1961	0.179
27	Coatzacoalcos	PNCA	Mar 18 1962	0.985
28	Gnjalva	PNCA	Dic 20 1967	0.254
29	Tampico	PNCA	Nov 21 1988	1.543
30	Dovalí Jaime	PNCA	Ago 31 1984	1.268
<b>PUENTES INTERNACIONALES</b>				<b>1.656</b>
31	Matamoros	PI	Jun 16 1964	0.155
32	Camargo	PI	Ago 12 1966	0.116
33	Miguel Aleman	PI	Jun 01 1967	0.155
34	Reynosa	PI	Jun 01 1967	0.112
35	Las Flores	PI	Mar 16 1971	0.083
36	Ojinaga	PI	Mar 12 1973	0.121
37	Paso del Norte	PI	Ago 14 1973	0.216
38	Rodolfo Robles	PI	May 31 1975	0.189
39	Piedras Negras	PI	Nov 13 1975	0.113
40	Ciudad Acuña	PI	Mar 25 1979	0.129
41	Laredo	PI	Oct 11 1979	0.108
42	Juarez-Lincoln	PI	Oct 11 1979	0.159

## Capufe Red Propia



### RED CONTRATADA.

Red concesionada por el Gobierno Federal a terceros, cuya operación y en su caso mantenimiento fue contratado con el Organismo, lo cual genera honorarios y/o contraprestaciones para el Organismo.

Formada por 9 autopistas con longitud de 579.033 Km, 2 puentes nacionales con longitud de 0.527 Km y 4 puentes internacionales con longitud de 0.577 Km.

El Organismo operará y conservará por contrato la red contratada concesionada a terceros y celebrará en su oportunidad convenios que integren una o varias modalidades de servicio, tales como operación, administración, conservación, supervisión, servicios técnicos (informáticos) y de administración de tráfico, entre otros.

Nº	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
CAMINOS				579 033
1	México - Cuernavaca	A	Nov 30 1950	81 540
2	La Fiera - Cuautla	CC	Jun 18 1953	34 185
3	Puerto de Ixtaquigua	CC	Nov 30 1954	80 678
4	Zacapanco - Rancho Viejo	CC	Abr 25 1955	17 300
5	México - Izavaca	A	Nov 11 1954	45 550
6	Toluca - Ara - Co - ma	A	Ene 05 1955	145 000
7	Puerto San Blas	CC	Jun 08 1955	21 500
8	Atzacmulco - Maravato	CC	Nov 02 1955	84 350
9	Cuicatlan - Las Brisas	A	Ene 01 1951	125 600
PUENTES NACIONALES				0 527
10	Tlaxcar	PN	Mar 01 1961	0 457
11	San Mateo	PN	Dic 01 1960	0 070
PUENTES INTERNACIONALES				0 577
12	Lore Comercio	PI	Nov 01 1991	0 140
13	Zaragoza - Ysleta	PI	Nov 01 1990	0 155
14	Solidaridad - Colombia	PI	Ago 31 1991	0 180
15	Piedras Negras II	PI	Sep 30 1995	0 102

Tlaxcar  
San Mateo

Red Contratada



### RED CON INVERSION FINANCIERA.

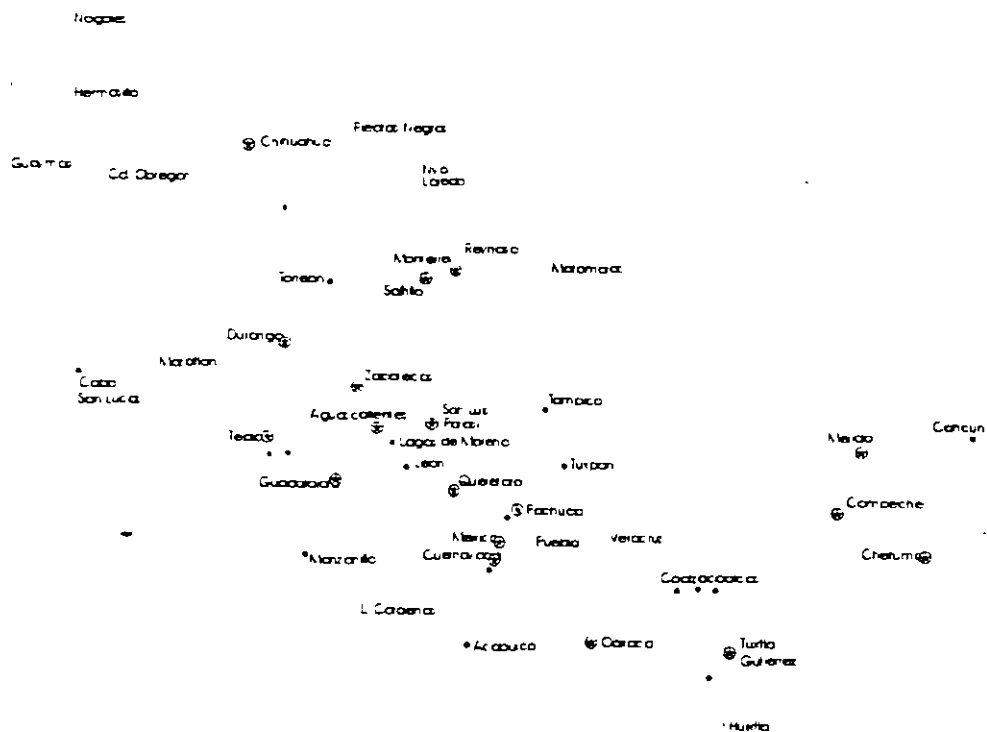
Obras concesionadas por el Gobierno Federal a terceros en los que el Organismo realizo aportaciones con recursos propios y transferencias financieras del

Gobierno Federal. El seguimiento de las inversiones financieras implica gastos administrativos para el Organismo.

Las inversiones financieras fueron aportaciones líquidas que sirvieron para la construcción y financiamiento de siete proyectos carreteros concesionados a particulares, con una longitud de 609.0 Km.

RED CON INVERSION FINANCIERA				
	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
	<b>CAMINOS</b>			<b>609.000</b>
1	Tecate - Tijuana	A	Nov 28, 1989	42 000
2	San Martin Texmelucan -Tlaxcala	A	Mar 15, 1989	25.500
3	Gomez Palacio - Cuernavaca - Yerbanis	A	Jul 18, 1990	116 700
4	Durango - Yerbanis	A	Abr 24, 1992	105.300
5	Libramiento Oriente de San Luis Potosi	A	Jul 15, 1990	33 700
6	Mexida - Cancun	A	Dic 05, 1990	250 000
7	Esperanza - Ciudad Mendoza	A	Oct 20, 1992	35 800

### Red Con Inversión Financiera

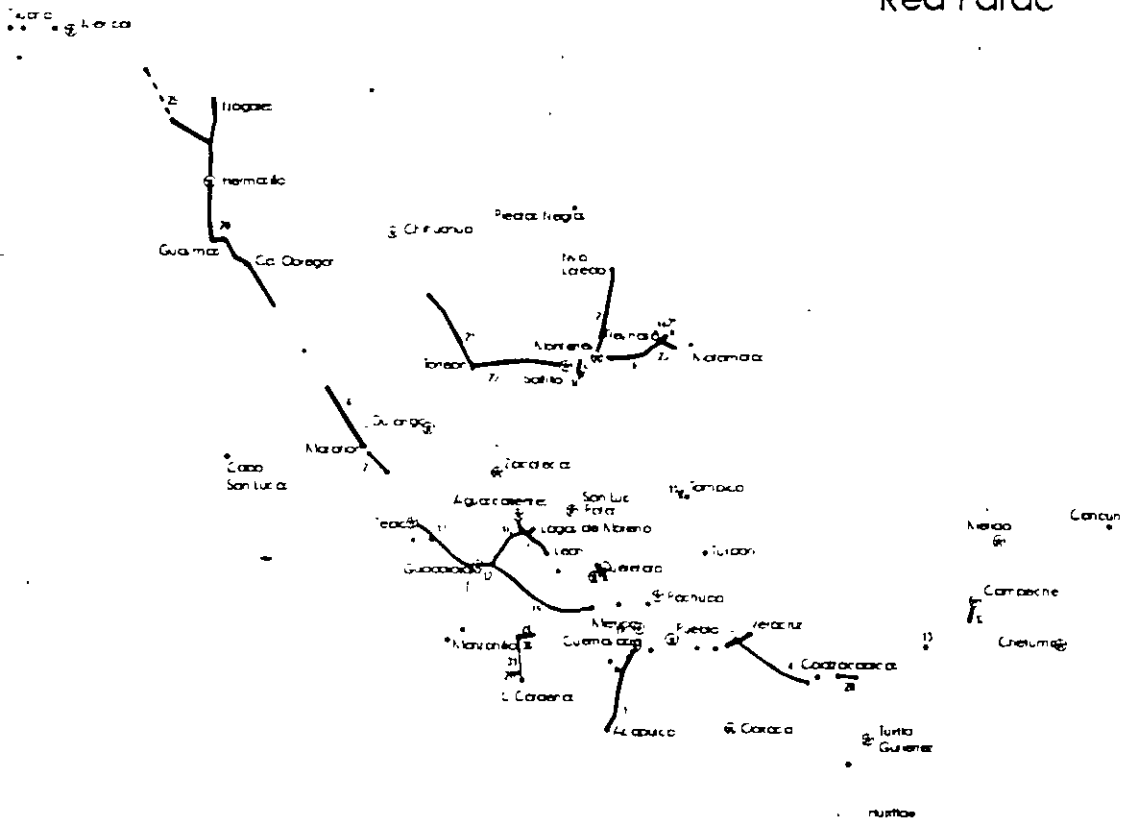


## RED FARAC.

El 14 de agosto de 1998 el Organismo por instrucciones del ejecutivo Federal asumió la responsabilidad contractual de operar y mantener 23 concesiones carreteras rescatadas (incluidos los servicios conexos) de conformidad con las condiciones y reglas impuestas en el Marco Institucional acordado por la Comisión Intersecretarial de Gasto Financiamiento (CIGF) y el contrato de prestación de servicios suscrito con BANOBRAS, S.N.C.

Con el mismo esquema se han incorporado los tramos: PATZCUARO-URUAPAN y ESCUINAPA-EL ROSARIO y los puentes IGNACIO CHAVEZ e IGNACIO ZARAGOZA, y se irán incorporando los tramos que están en proceso de construcción.

Formada por 29 autopistas con una longitud de 3,798.121 Km, 2 puentes nacionales con longitud de 4.161 Km y 2 puentes internacionales con longitud de 3.439 Km.

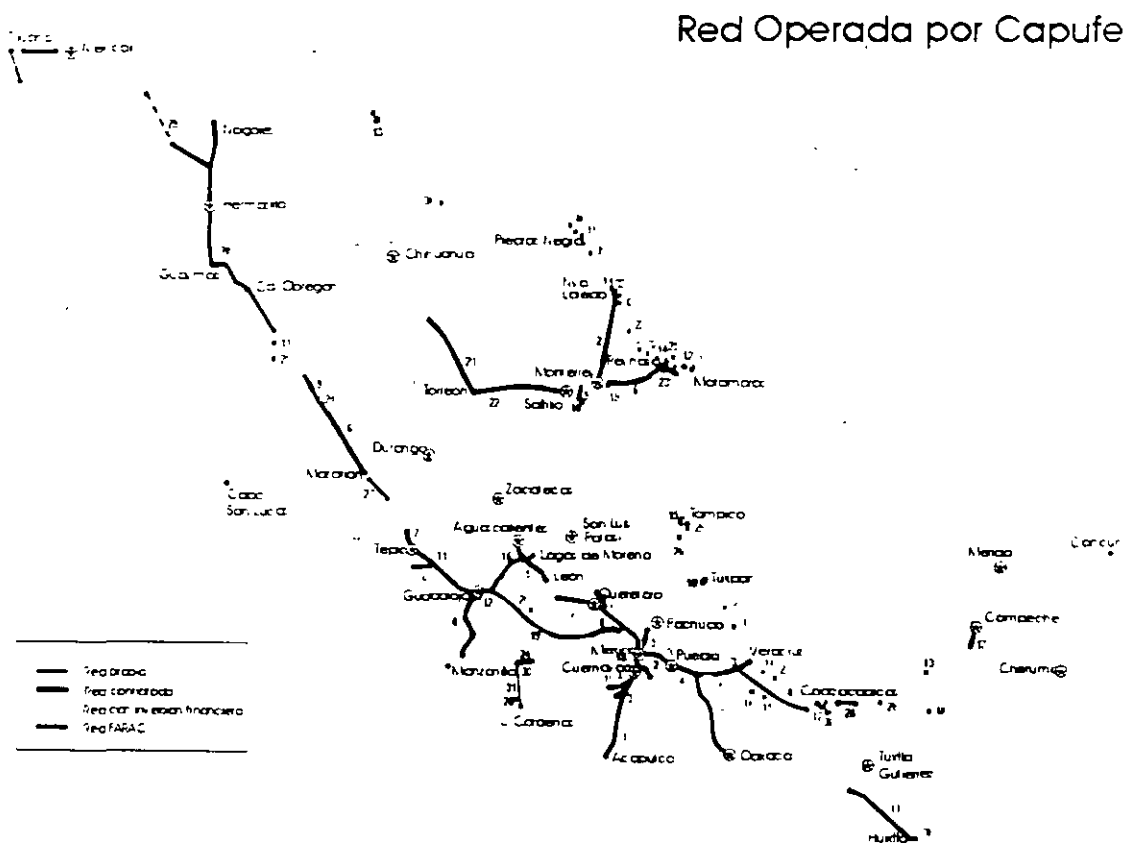


**REDFARAC**

No.	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
<b>CAMINOS</b>				<b>3.798.121</b>
1	Cuemavaca - Acapulco	A	Nov 22, 1990	262.780
2	Monterrey - Nuevo Laredo	A	Jul 31, 1991	171.000
3	Cordoba - Veracruz	A	Jun 11, 1992	98.000
4	La Tinaja - Cosoloacaque	A	Oct 20, 1993	228.000
5	Leon - Lagos - Aguascalientes	A	Oct 11, 1992	108.150
6	Mazatlán - Culiacán	A	Oct 01, 1992	205.000
7	Libramiento Noreste de Querétaro	A	Mar 13, 1992	37.500
8	Cadereyta - Reynosa	A	Abr 01, 1994	174.715
9	Libramiento Oriente de Saltillo	A	May 01, 1994	22.000
10	La Carbonera - Puerto México	A	May 01, 1994	34.200
11	Guadalajara - Tepic	A	Feb 25, 1991	194.000
12	Guadalajara - Zapotlanejo	A	Ago 01, 1994	26.000
15	Libramiento Poniente de Tampico	A	Ago 03, 1991	14.480
16	Zapotlanejo - Lagos de Moreno	A	May 01, 1991	152.000
17	Champotón - Campeche	A	Ene 13, 1993	56.000
18	Chamapa - Lechería	A	Oct 30, 1994	27.346
19	Maravatio - Zapotlanejo	A	Oct 01, 1993	309.700
20	Estación Don - Nogales	A	Oct 21, 1992	468.500
21	Gómez Palacio - Corralitos	A	Nov 08, 1994	183.820
22	Torreón - Saltillo	A	Ago 01, 1994	233.200
23	Reynosa - Matamoros	A	Abr 30, 1999	42.000
24	Pátzcuaro - Uruapan	CD	Sep 17, 1998	56.500
27	Escuinapa-Rosario	A	Ene 13, 2000	37.230
28	Aguadulce - Cárdenas	A	En construcción	83.000
29	Santa Ana - Caborca - Sonoyta	A	En construcción	254.000
30	Uruapan - Nueva Italia	CD	Jun 21, 2000	50.000
31	Nueva Italia-Lázaro Cárdenas	CD	En construcción	210.000
32	Libramiento de Toluca	A	En construcción	30.000
33	Reynosa-Matamoros	A	En construcción	29.000
<b>PUENTES NACIONALES</b>				<b>4.161</b>
13	El Zacatal - Ciudad del Carmen	PN	Nov 24, 1994	3.861
26	Ignacio Chávez	PN	Dic 28, 1999	0.300
<b>PUENTES INTERNACIONALES</b>				<b>3.439</b>
14	Nuevo Amanecer/Reynosa - Pharr	PI	Ene 09, 1995	2.629
25	Ignacio Zaragoza	PI	Abr 30, 1999	0.810

## VISION DEL ORGANISMO.

Ser una institución modelo en la explotación, operación, conservación, expansión, modernización y construcción de autopistas y puentes de altas especificaciones, que estimule el desarrollo nacional sobre bases sanas y sostenibles y contribuya al logro de una mayor justicia social con la superación de rezagos, la corrección de imperfecciones en el mercado y el impulso al empleo.





## **CALIFICACION DEL ESTADO FISICO EN CAMINOS DE CUOTA**

### **INTRODUCCIÓN.**

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene Normas para calificar el estado físico de un camino, las cuales establecen la metodología para calificar los distintos elementos de un camino, como parte de un sistema de supervisión que en un momento dado permita conocer el estado físico del camino y sus condiciones de conservación, así como la variación de estos conceptos a través del tiempo, mediante comparación de visitas sucesivas.

Las calificaciones de los elementos, después de ser debidamente procesadas, dan por resultado la "Calificación Ponderada del Estado Físico de un Camino", cuyo valor toma en cuenta la importancia relativa de los distintos elementos que lo integran.

El Organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos elaboró basándose en las Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes un Manual para Calificar las Condiciones de Servicio en Caminos de Cuota.

### **COMPARATIVA DE METODOS.**

A continuación se presenta la comparativa de métodos del Organismo y de la SCT.

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

<b>METODO C.P.F.I.S.C.</b>	<b>METODO S.C.T.</b>
<p>1. El levantamiento de deterioro se realiza en secciones de 1 km. reflejándose esto en --- una mayor precisión.</p> <p>2. El recorrido para evaluar se hace a una ---- velocidad menor a 10 km/hr.</p> <p>3. Se detiene el recorrido en cada estructura, -- obra de drenaje, y/o zonas donde existan --- daños de consideración que requieran ins--- peccionarse con mayor detalle.</p> <p>4. Para evaluar las condiciones del riego de --- sello y determinar la existencia de ondulaciones y corrugaciones se realiza el recorrido a una velocidad no menor de 60 km/hr. apro--ximadamente.</p>	<p>1. El levantamiento de deterioro, se realiza en --- secciones de 10 km. comentario: Podría ocasionar que no se definan con precisión las áreas afectadas.</p> <p>2. La velocidad media aconsejable en el recorrido para calificar, dependerá de la topografía de la zona, pero no deberá exceder de los 60 km/hr.</p> <p>3. El calificador deberá detener su recorrido por lo menos dos veces por sección, para revisar, las obras de drenaje y para apreciar con detalle el estado de los demás elementos del camino.</p> <p>4. Las condiciones del riego de sello y la existen--cia de ondulaciones y corrimientos se determi--na al mismo tiempo que se evalúan los demás elementos en la sección de 10 km..</p>

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

<b>METODO C.P.F.I.S.C.</b>	<b>METODO S.C.T.</b>
<p>5. Además de la inspección diurna se realiza -- un recorrido nocturno para calificar la visibi-- lidad y reflexión de las señales, rayas, viale-- tas, defensa, barrera central, indicadores de alineamiento y malla antideslumbrante.</p> <p>6. En esta metodología se evalúan las condicio-- nes físicas y de servicio de la :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Faja separadora (barrera, camellón, etc.)</li> <li>b) Defensa lateral.</li> <li>c) Malla antirreflejante.</li> </ul> <p>7. Se evalúan las condiciones de servicio de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Torres s.o.s.</li> <li>b) Caseta de cobro.</li> <li>c) Pozos de agua.</li> <li>d) Paraderos.</li> <li>e) Miradores.</li> </ul>	<p>5. Se debe calificar solamente durante el día y --- cuando exista luz natural.</p> <p>comentario:</p> <p style="padding-left: 40px;">Es muy importante que el señala--- miento, barrera central, defensa lateral y malla- antideslumbrante se evalúen en condiciones -- más desfavorables que el usuario pudiera expe- rimentar.</p> <p>6. No se consideran en este método.</p> <p>7. No se consideran en este método.</p>

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

<b>METODO C.P.F.I.S.C.</b>	<b>METODO S.C.T.</b>
<p>8. Debido a que la seguridad es un servicio --- que se proporciona al usuario del camino es indispensable valorar el ancho mínimo del -- acotamiento y sancionar los caminos que no cumplan con este servicio.</p> <p>9. Se revisa que los daños en las estructuras -- no presenten un peligro potencial para el --- usuario, además se sanciona:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) La falta de acotamiento en los pasos inferiores y superiores.</li> <li>b) El gálibo vertical insuficiente.</li> <li>c) La falta de parapeto.</li> <li>d) Las malas condiciones de conservación.</li> </ul> <p>10. El deterioro en la corona se califica de --- acuerdo con el área afectada y la magnitud del daño. Ejemplo: Roderas de 2 cm. en el 30% de la sección.</p>	<p>8. No debe influir en la calificación el proyecto ---- geométrico. Comentario: Es indispensable que exista seguridad para el vehículo que necesite estacionarse así como para los usuarios que transiten sobre la calzada.</p> <p>9. El evaluador únicamente se limita a reportar las condiciones particulares que afecten la fluidez del tránsito. Comentario: Por lo tanto, la falta de parapeto en un puente, no influye en la calificación del camino, por mencionar un ejemplo.</p> <p>10. Los deterioros en la corona únicamente se --- califican de acuerdo con el área afectada sin - considerar de que magnitud son los daños.</p>

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

METODO C.P.F.I.S.C.	METODO S.C.T.
<p>Grietas de 1 cm. en el 70 % de la sección.</p> <p>11. La vegetación crecida se clasifica en tres -- rangos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) De 20 a 40 cm. de altura.</li> <li>b) De 40 a 80 cm. de altura.</li> <li>c) Más de 80 cm. de altura.</li> </ul> <p>12. Se presenta una clasificación de deterioros más comunes para orientar al evaluador en la asignación de calificaciones</p> <p>13. Cuenta con varios formatos de calculo para asentar detalladamente el daño existente, - lo que sirve para comparar periódicamente los defectos cada vez que se realicen las - evaluaciones.</p>	<p>11. Se permite vegetación hasta 40 cm. de altura en una faja de 5.00 m. colindante al hombro - del camino. Además se permite que la vegetación este --- crecida hasta 1.50 m. en el resto del derecho de vía.</p> <p>12. No se presenta clasificación de deterioro ya -- que únicamente se cuantifican áreas afecta--- das.</p> <p>13. únicamente cuenta con un formato de calculo por lo cual no se pueden comparar periódica- mente los daños existentes en cada elemento. Para fines de comparación se emplea solo los valores obtenidos en la calificación.</p>

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA  
COMPARATIVA DE METODOS**

<b>ZONA DEL CAMINO</b>	<b>CALIFICACIÓN C.P.F.I.S.C.</b>	<b>CALIFICACION S.C.T.</b>
I. CORONA	35	40
II. DRENAJE	15	24
III. ZONAS LATERALES D. VÍA	10	16
IV. SEÑALAMIENTO	15	20
V. OBRAS DIVERSAS	5	NO EXISTE
VI. SERVICIOS	10	NO EXISTE
VII. ESTRUCTURAS	10	NO EXISTE
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

OBRAS DIVERSAS: FAJA SEPARADORA CENTRAL, DEFENSA LATERAL Y MALLA.

SERVICIOS: CASETAS DE PEAJE, POZOS DE AGUA, PARADERO O MIRADOR, TORRES DE AUXILIO S.O.S.

ESTRUCTURAS: PASOS INFERIORES, PASOS SUPERIORES, PUENTES CARRETEROS, PASOS PEATONALES, MUROS DE CONTENCIÓN, TECHUMBRES Y EDIFICACIÓN.

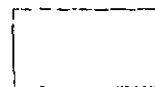
**RANGOS DE CALIFICACION DE CONDICIONES  
DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA**

**CALIFICACION**

**CONDICIONES**

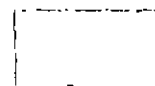
De 0 hasta 100

Muy Malo



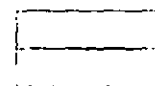
Mayor de 100 hasta 200

Malo



Mayor de 200 hasta 300

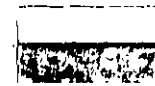
Regular



Hasta 250

Mayor de 300 hasta 400

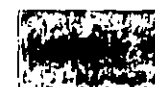
Bueno



Hasta 350

Mayor de 400 hasta 500

Muy Bueno



**ZONAS DE UN CAMINO DE CUOTA.**





## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

**CORONA:** La corona esta definida por la calzada y los acotamientos.

- 1) Calzada - parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.
- 2) Acotamientos - faja contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera.

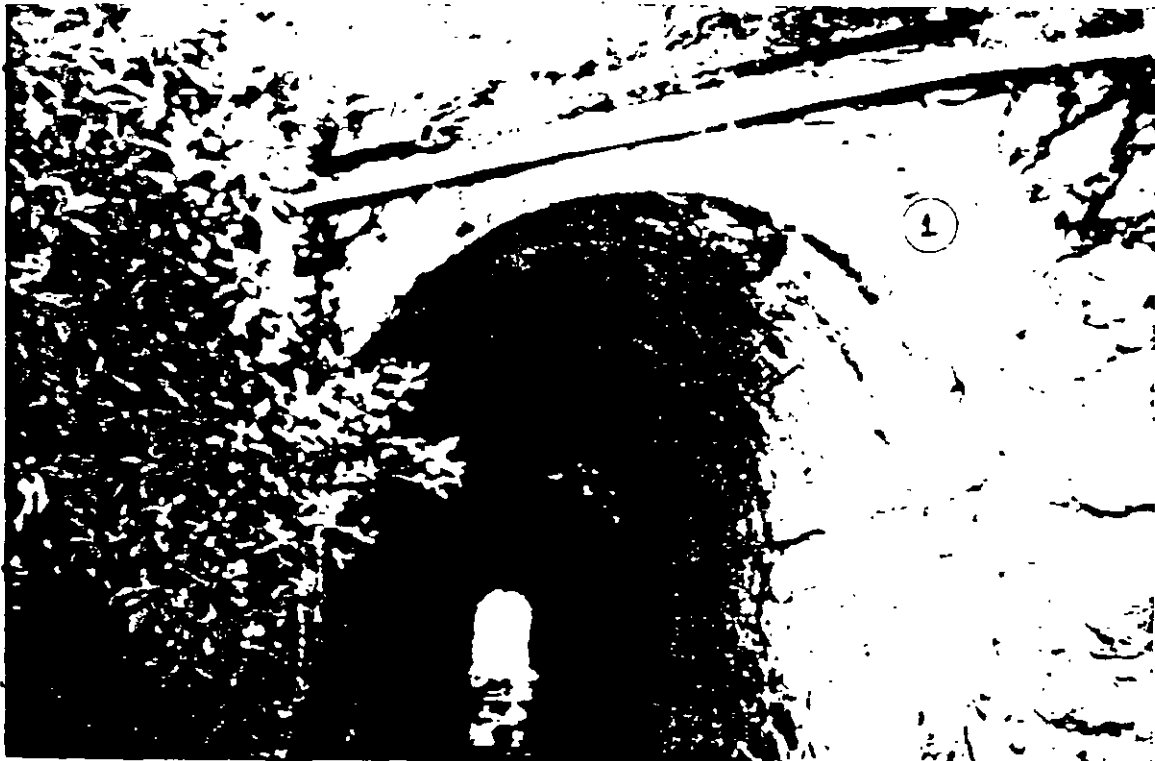




## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

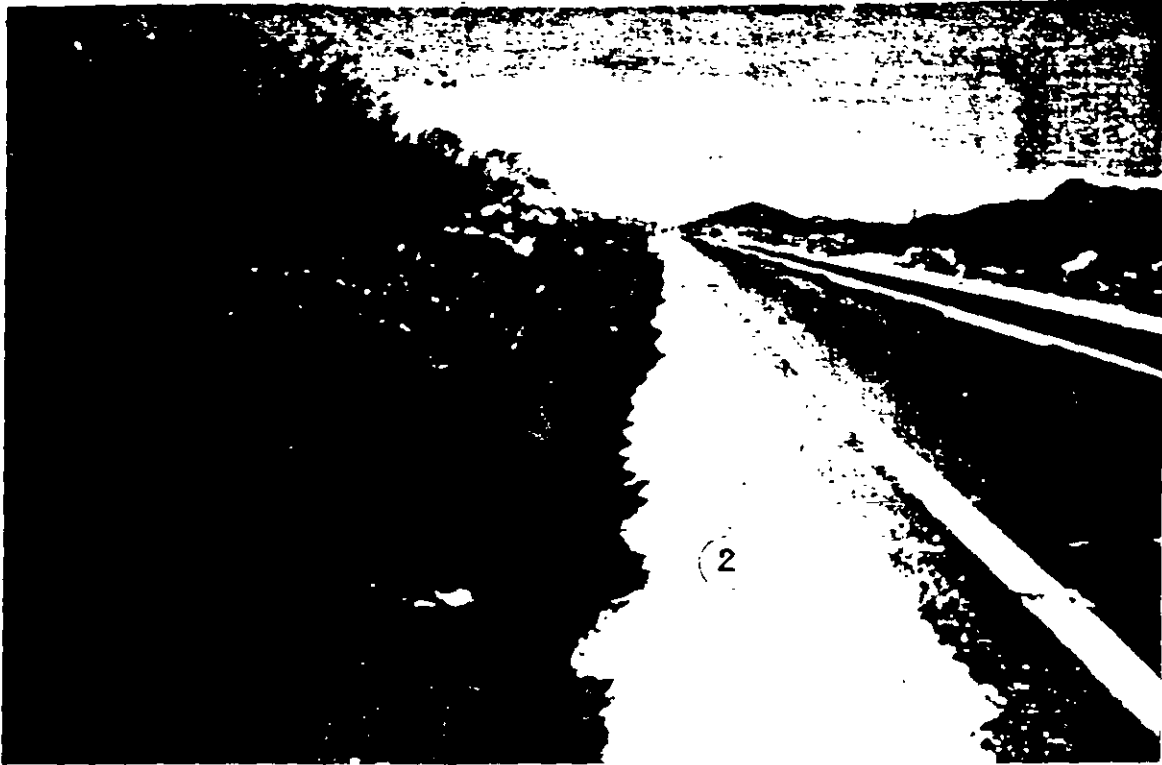
**DRENAJE:** Entre las obras de drenaje comprende: alcantarillas y canalizaciones, cunetas y contracunetas; sobre elevación y bombeo, bordillo y lavaderos.

- 1) **Alcantarillas y Canalizaciones** - Canal donde se desalojan las aguas provenientes de la corona.
- 2) **Cunetas** - Canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona, contiguo a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y/o el talud.
- 3) **Contracunetas** - Canal que se ubica arriba de la línea de ceros de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno -- natural.
- 4) **Sobre elevación y bombeo** - Pendiente transversal descendente de la corona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.
- 5) **Bordillo** - Elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes para evitar que el agua erosione el talud del terraplen.
- 6) **Lavadero** - Obra complementaria de drenaje, que se construye para desalojar las aguas de la superficie de la carretera y evitar su erosión.





**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**





**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

---





## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

---

**ZONAS LATERALES DEL DERECHO DE VIA:** Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la secretaría, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares





## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

---

**SEÑALAMIENTO:** Herramienta útil para el usuario, que nos indica signos y reglamentos a seguir.

- 1) Señalamiento vertical - Tableros, indicador de alineamiento e indicador de kilometraje.
- 2) Señalamiento horizontal - Rayas centrales y laterales, vialetas.





## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

### OBRAS DIVERSAS:

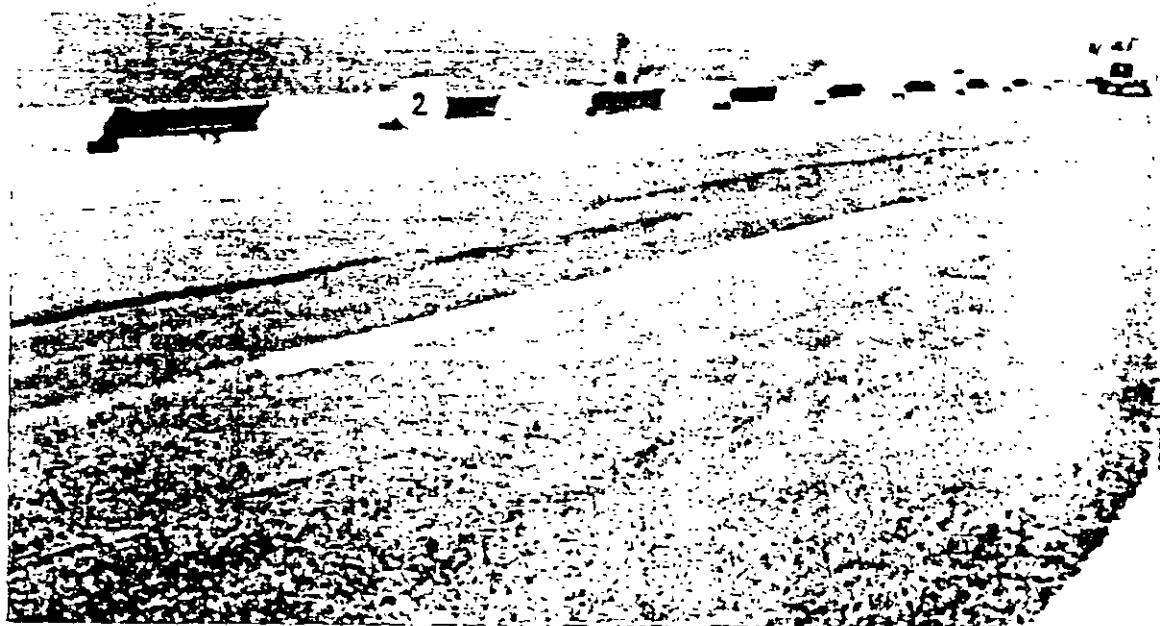
- 1) **Faja separadora central** - Es la zona que se dispone para precaver que los vehículos que circulan en un sentido invadan los carriles de sentido contrario
- 2) **Defensa lateral** - Dispositivo de seguridad que se emplea para evitar, en lo posible, que los vehículos salgan de la carretera.
- 3) **Malla antideslumbrante** - Malla localizada en la parte superior de la barrera central o faja separadora, con el fin de evitar reflejos o deslumbramientos.





**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

---







## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

**SERVICIOS:** Entre otros se encuentran: las casetas de peaje, los pozos de agua, los paraderos y las torres de auxilio vial.





## CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

---

### ESTRUCTURAS:

- 1) Paso inferior
- 2) Paso superior
- 3) Puentes carreteros
- 4) Pasos peatonales
- 5) Muro de contención





**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

---

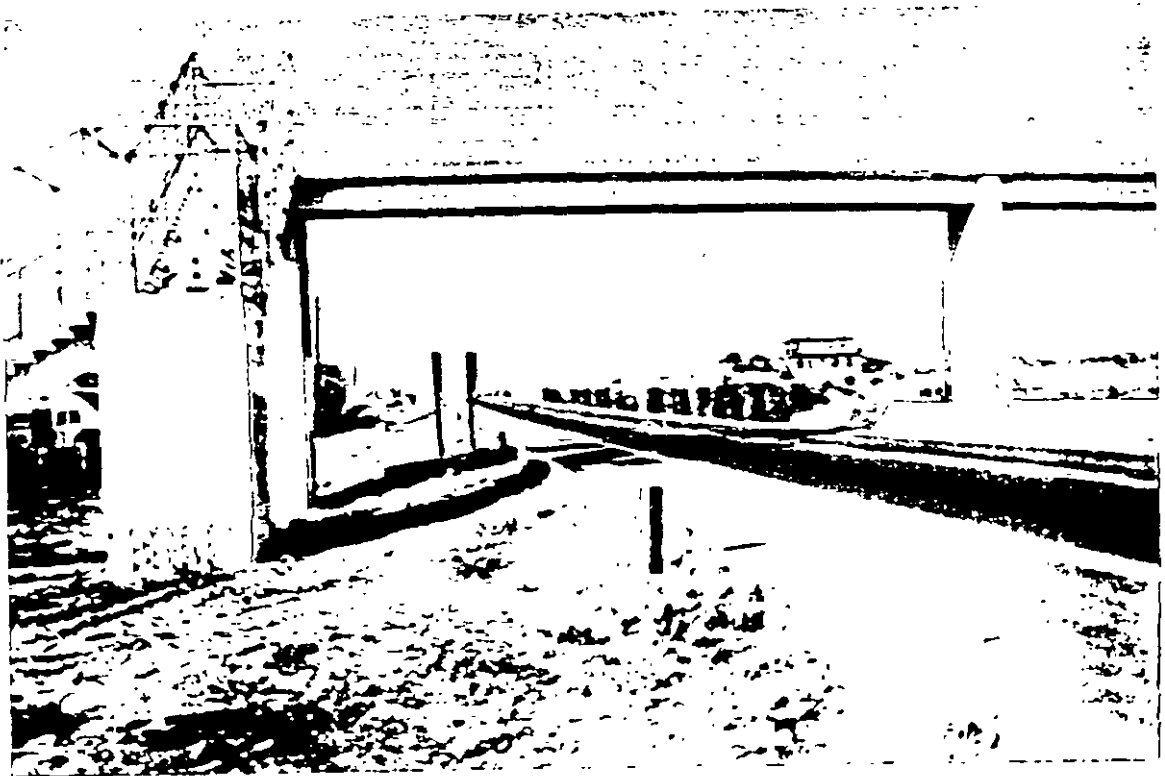


30



**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES  
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

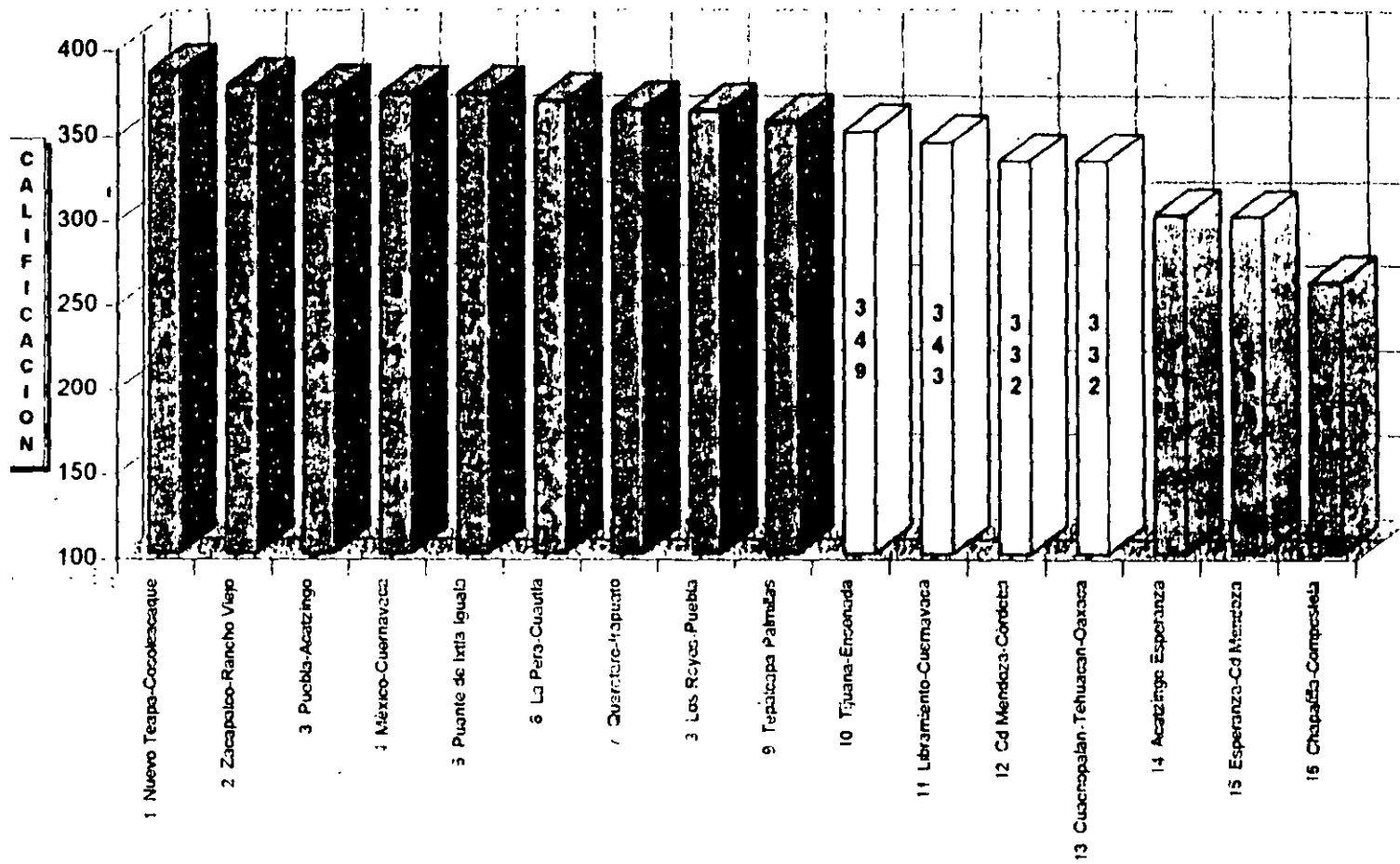
---



27

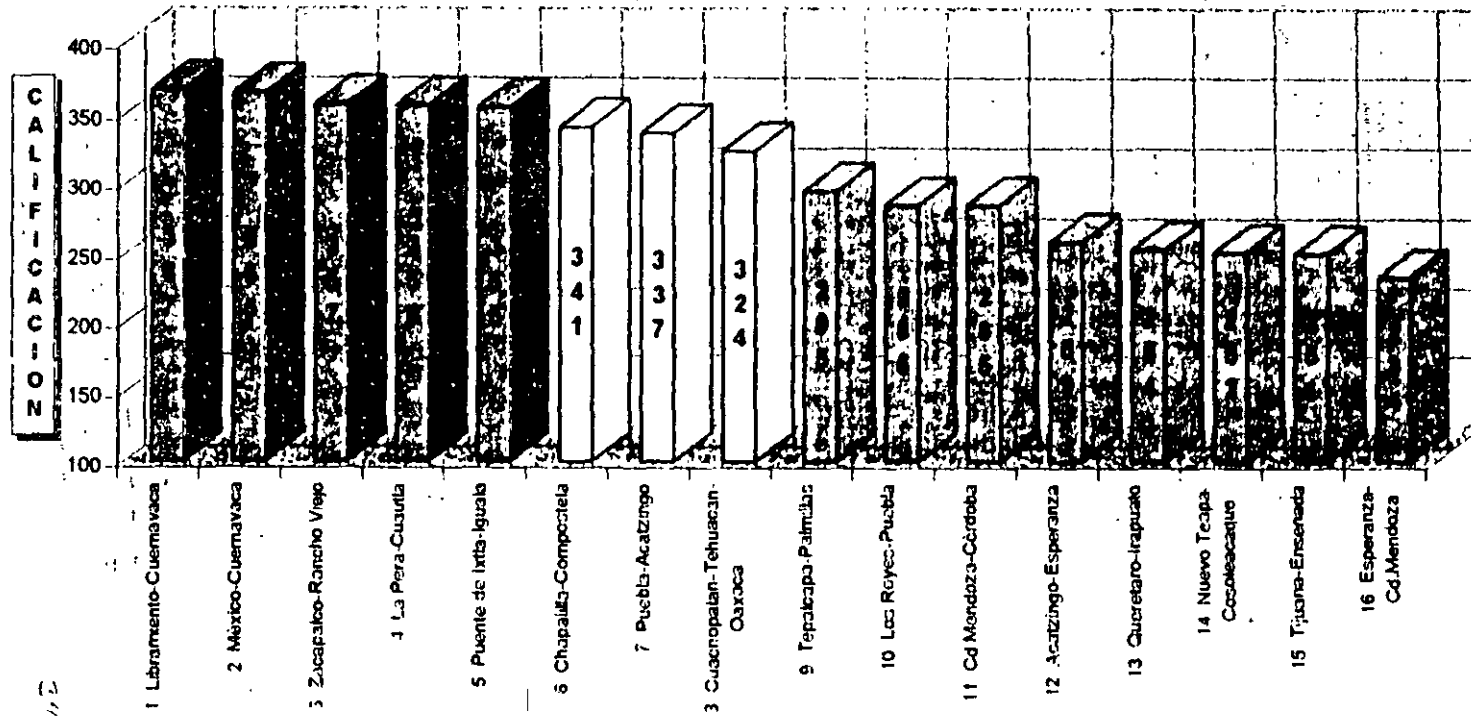
**RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CALIFICACION DE LAS  
CONDICIONES DE SERVICIO.**

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**



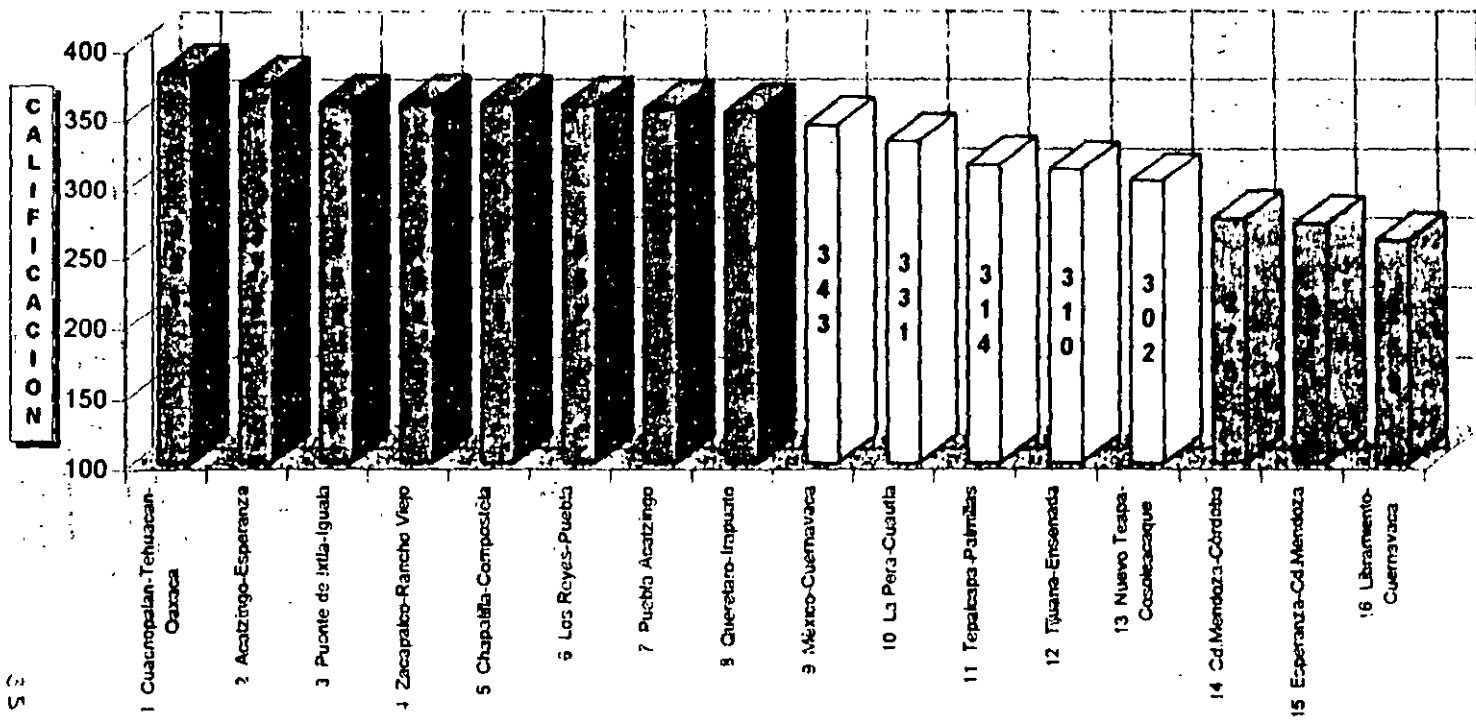
**CORONA**

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**



**DRENAJE**

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**

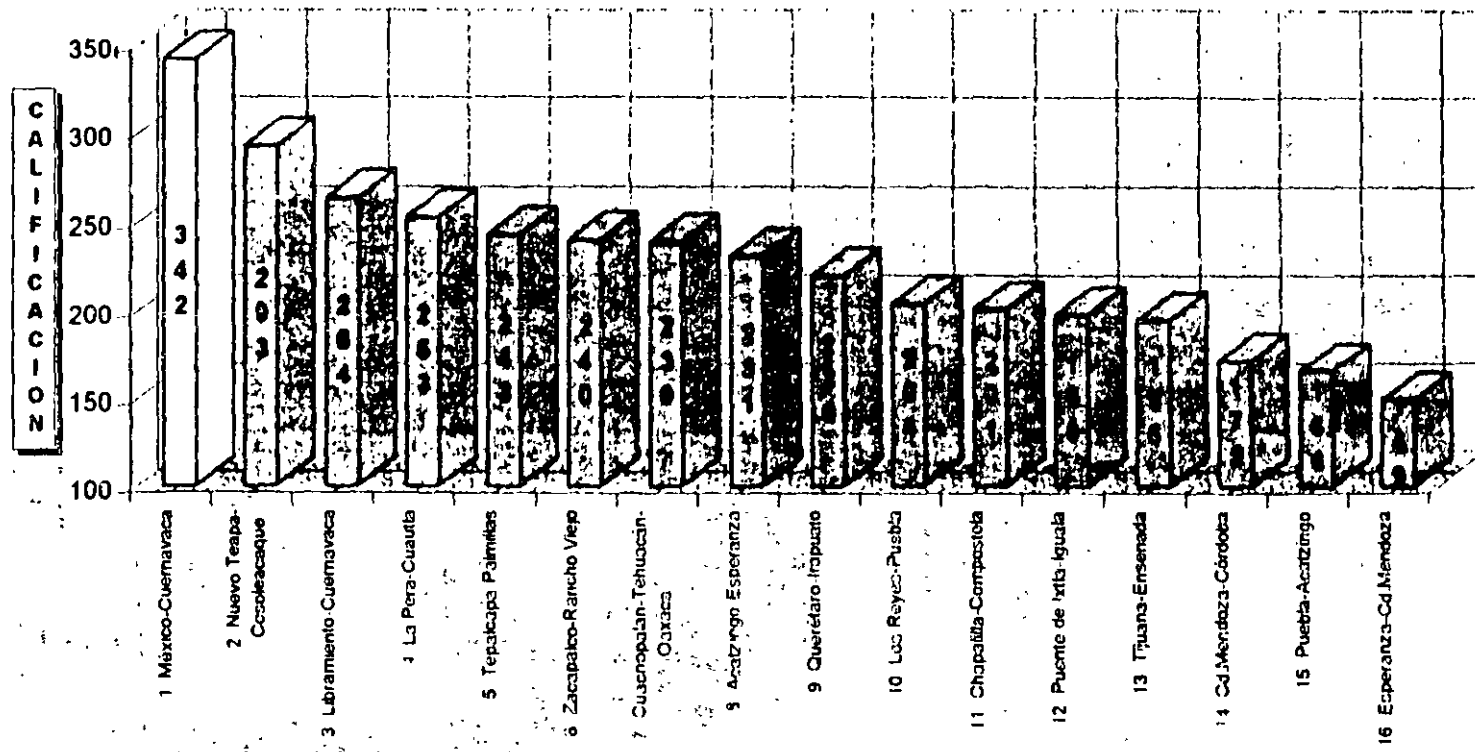


52

**DERECHO DE VIA**

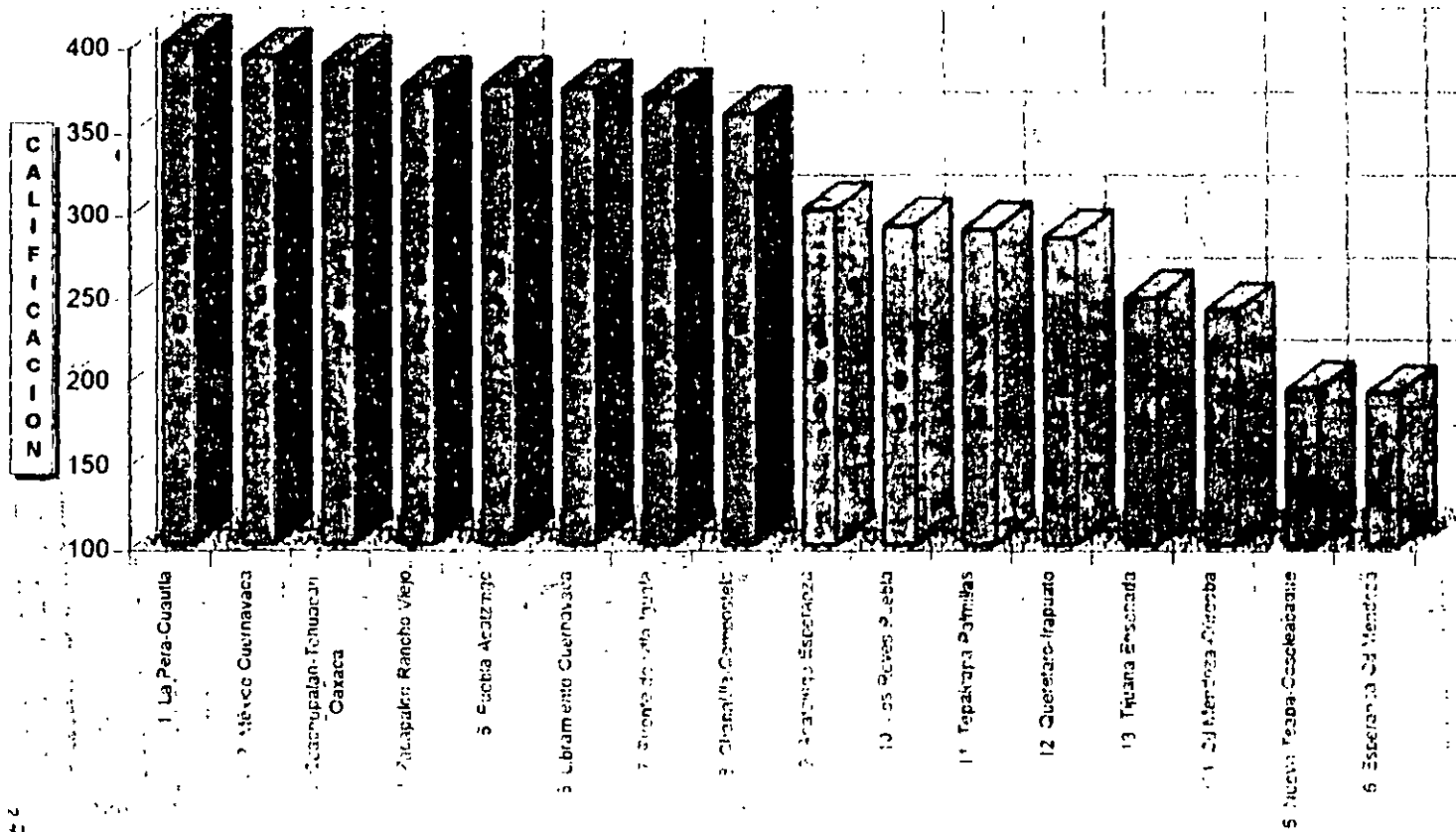


**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1990)**



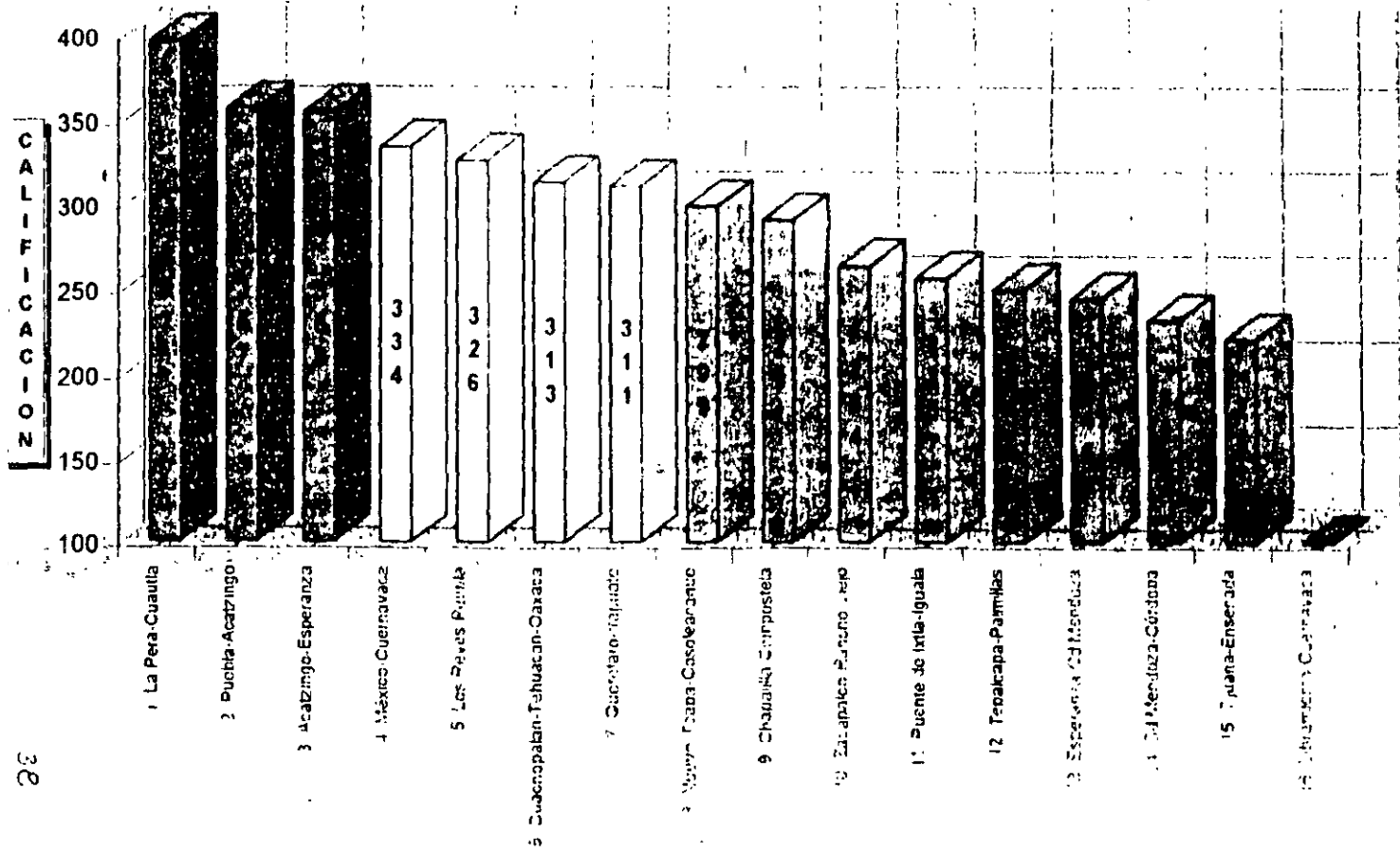
**SEÑALAMIENTO**

CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)



OBRAS DIVERSAS

**CALIFICACION DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.  
(1996)**



# **CONCENTRADO DE CALIFICACIONES EN CAMINOS DE CUOTA.**

**CONCENTRADO DE CALIFICACIONES DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO  
EN CAMINOS DE CUOTA**

CARRETERA	TRAMO	LONGITUD	FECHA DE EVALUACION	COPERTURA EQUIVALENTE	POSAS DEL CAMINO						CALIFICACION DEL TRAMO	
					CERRONA	ENTRAJE	DE R. VIA	GENERAL	EN TRIN	EN FURCAS		ENTRUC
DELEGACION I TULANA, B. C.		81.00	sep 98	182.00	149	251	110	185	247	271	178	
DELEGACION II GUADALAJARA, JAL.		35.50	oct 98	35.50	280	141	358	201	358	291	298	
DELEGACION III QUERETARO, QRO.		115.00	sep 98	230.00	355	287	374	243	278	250	231	
		104.50	oct 98	209.00	362	254	362	220	283	311	280	
				438.00	368	278	332	232	306	378	384	314
DELEGACION IV CUERNAVACA, A. MOR.		81.00	oct 98	122.00	371	387	343	312	387	334	397	
		15.00	sep 98	30.00	343	387	258	284	173	0	320	114
		81.00	ago 98	83.00	371	355	358	198	388	297	348	114
		17.00	ago 98	17.00	378	357	358	240	377	284	400	114
		34.00	ago 98	34.00	392	358	331	253	400	382	318	114
				308.00	388	381	337	277	384	388	388	348
DELEGACION V PUEBLA, PUE.		38.00	ago 98	76.00	372	332	354	188	375	312	288	114
		71.00	ago 98	102.00	300	258	372	231	300	355	305	114
		111.00	ago 98	222.00	381	385	357	214	391	328	318	114
		243.00	ago 98	284.00	332	325	381	238	388	313	348	114
				884.00	341	382	388	218	348	328	388	318
DELEGACION VI COATZACOALCOS, VER.		34.00	ago 98	68.00	384	282	302	283	182	288	234	114
DELEGACION VII VERACRUZ, VER.		45.50	ago 98	45.50	288	234	271	148	181	245	308	114
		31.75	ago 98	83.50	332	285	275	172	238	232	273	114
				108.00	318	284	278	182	218	287	288	288
<b>CALIFICACION GENERAL DE CONDICIONES DE SERVICIO</b>					341	317	317	227	311	311	257	311