



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

DIPLOMADO EN PROYECTO DE CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE
CARRETERAS

MOD. III

CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE /99

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

División de Educación Continua-Facultad de Ingeniería-UNAM
DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE CARRETERAS
 (200 horas)

Módulo III. CONSERVACION Y OPERACION
 (50 horas)

COORDINADOR: ING. HECTOR PEREZ MEDRANO

1) CONSERVACION (30 h)

PROFESOR	TEMA	FECHA (1999)	HORARIO
Raúl Vicente Orozco Santoyo	Introducción Actividades de los responsables Mantenimiento oportuno de los niveles de calidad	Lunes 1 de noviembre (10 horas)	8:00 a 8:30
Ernesto Alonso Hernández Padilla	Prácticas para la conservación de pavimentos. Soluciones alternativas para rehabilitación o reconstrucción Costos relativos		8:30 a 13:00
Ricardo Méndez Ortiz	Técnicas de rehabilitación y aspectos económicos		15:00 a 17:00
Ricardo Torres Velázquez	Evaluación del comportamiento de pavimentos: Causas de su deterioro Prevención de la fatiga. Obtención de desplazamientos verticales y módulos elásticos con el deformómetro de impacto		17:00 a 20:00
Juan Téllez Muñoz	Calificación superficial y estructural de pavimentos Simulaciones con el método del elemento finito, Equipos no destructivos. Ejemplos de aplicación	Martes 2 de noviembre (10 horas)	8:00 a 13:00
Rodolfo Téllez Gutiérrez	Manifestaciones de deterioro en puentes y otras estructuras. Inspección sistemática. Procedimientos innovadores para rehabilitación o reparación de elementos estructurales Alternativas de solución. Costos relativos		15:00 a 20:00
Mario González García	Estrategia de la conservación del sistema carretero en México	Miércoles 3 de noviembre (10 horas)	8:00 a 13:00
Víctor Torres Verdín	Sistema de simulación de estrategias de mantenimiento carretero (SISTER)		15:00 a 17:30
Miguel Barousse Moreno	Sistemas de administración de pavimentos		17:30 a 20:00
Raúl Vicente Orozco Santoyo	Sistemas de administración de puentes y su aplicación en México (SIAP). Casos de aplicación	Jueves 4 de noviembre (5 horas)	8:00 a 12:30
Raúl Vicente Orozco Santoyo	Conclusiones y recomendaciones		12.30 a 13:00

2) OPERACION (20 h)

Raúl Vicente Orozco Santoyo	Introducción. Actividades de los responsables. Vigilancia continua de los niveles de calidad.	Jueves 4 de noviembre (5 horas)	15:00 a 15:30
Ricardo Méndez Ortiz	La autopista. 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 20:00
José Arias Dufourcq	Administración de autopistas. Estrategias económicas y financieras. Sistemas de evaluación y alternativas de rehabilitación. Modernización. Ejemplos	Viernes 5 de noviembre (10 horas)	8:00 a 10:30
Enrique Acevedo López	Sistemas de supervisión y control de calidad durante la conservación y operación de autopistas. Atención continua Informes periódicos Mantenimiento del índice de servicio Señalamiento y pintura. Técnicas de aplicación práctica Sistemas de control automático en casetas...		10:30 a 13:00
Horacio Solorio Cano	Visita a la autopista México-Cuernavaca		15:00 a 19:30
Raúl Vicente Orozco Santoyo	Conclusiones y recomendaciones		19:30 a 20:00

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

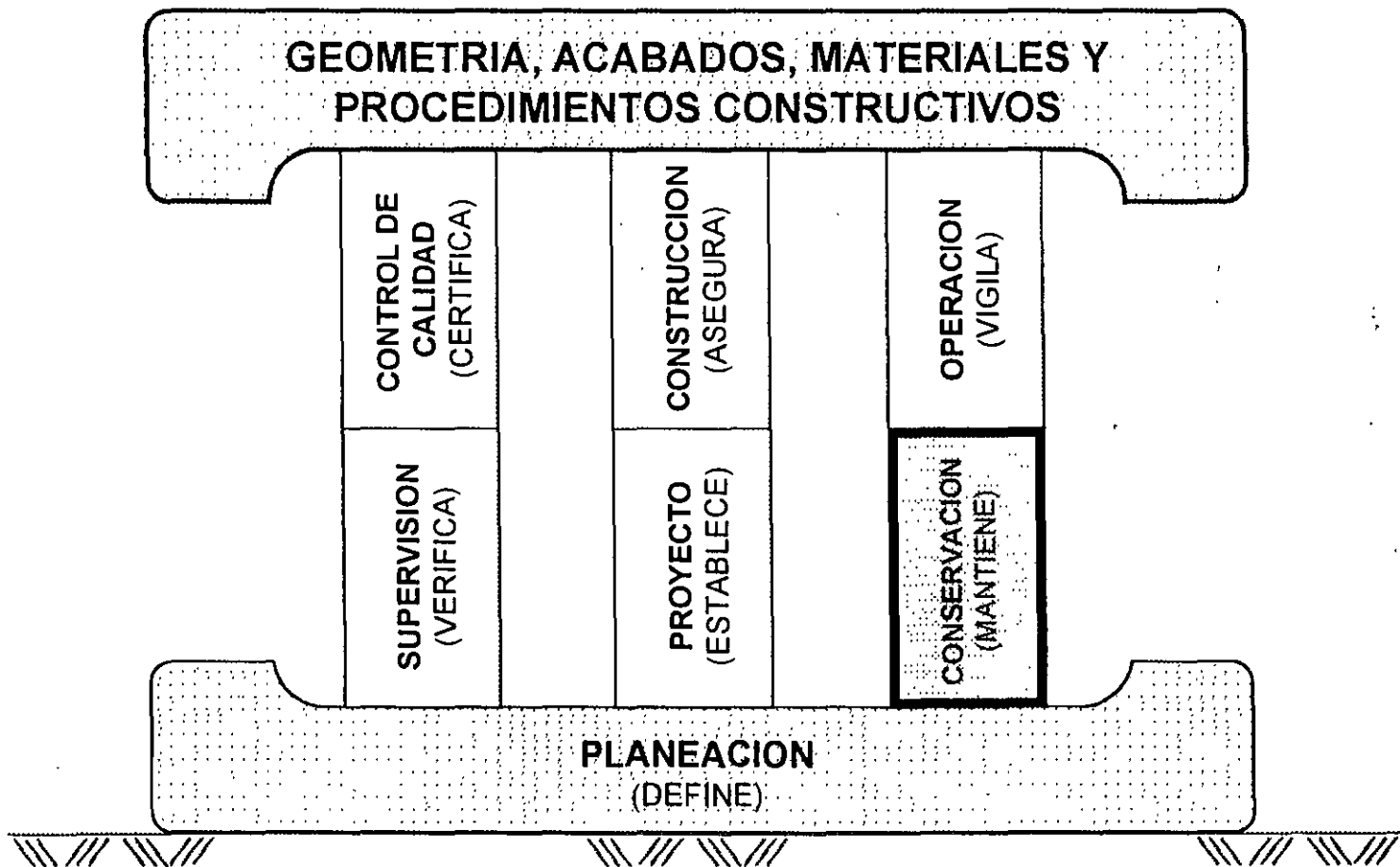
INTRODUCCION

M.I. RAUL VICENTE OROZCO SANTOYO

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION-

NOVIEMBRE, 1999

RESPONSABLES DEL NIVEL DE CALIDAD EN CARRETERAS





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

DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE
CARRETERAS

MOD. III

CONSERVACION Y OPERACION

TEMA

PRACTICAS PARA LA CONSERVACION DE PAVIMENTOS

ING: ERNESTO ALONSO
HERNANDEZ PADILLA

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

PRACTICAS PARA LA CONSERVACION DE PAVIMENTOS

ING. ERNESTO ALONSO HERNANDEZ PADILLA

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

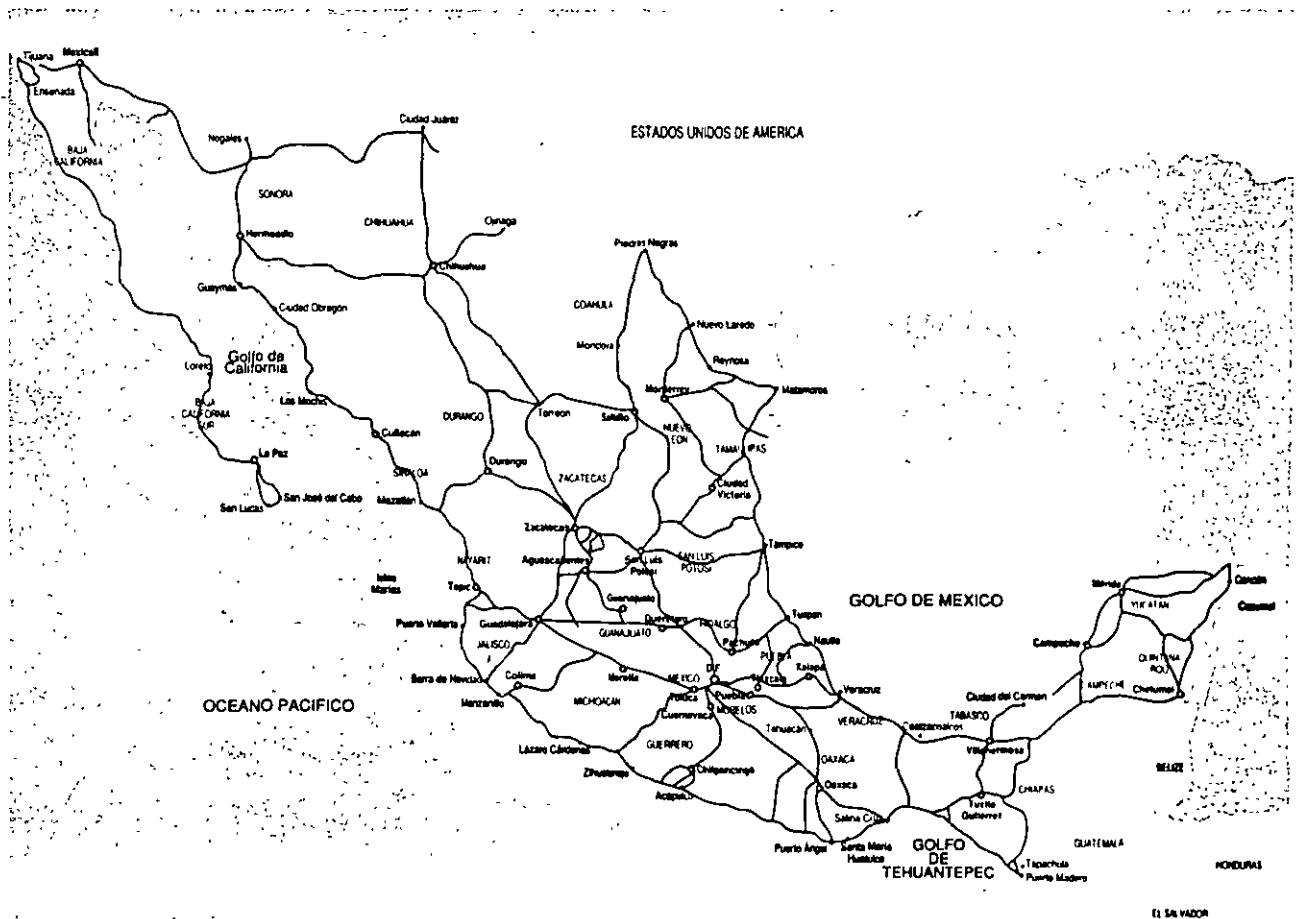
1.- OBJETIVOS DEL SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

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



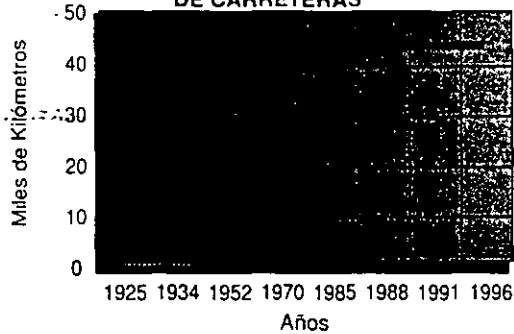
2. DIAGNOSTICO DE LA RED

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.

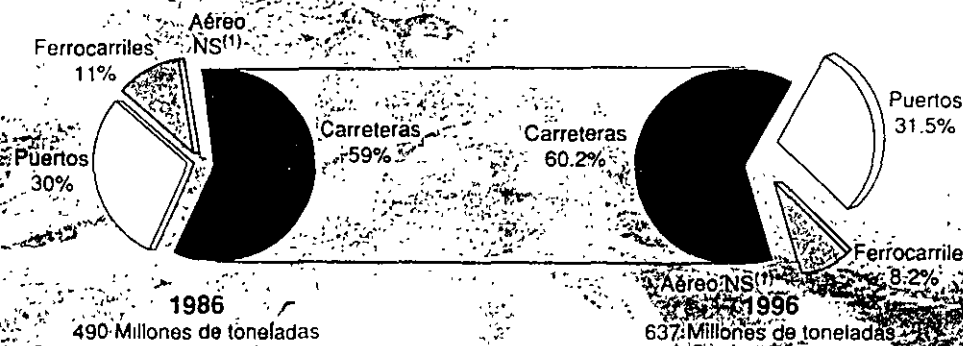
Si consideramos que en México el transporte carretero es el medio más importante debido al considerable número de pasajeros y carga que son movilizadas a lo largo del territorio nacional, se comprende la importancia estratégica que tiene para la economía del país la conservación de su infraestructura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

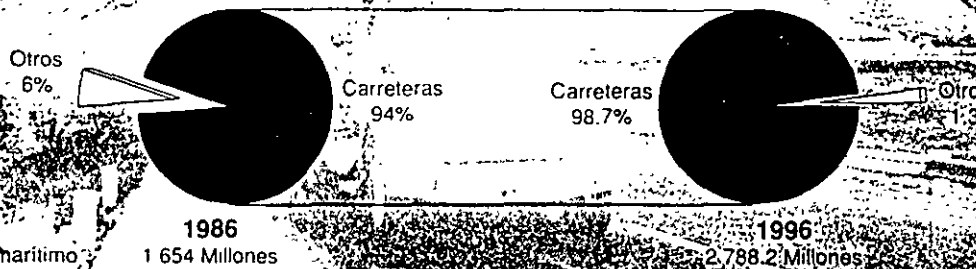
CRECIMIENTO DE LA RED FEDERAL DE CARRETERAS



CARGA TRANSPORTADA



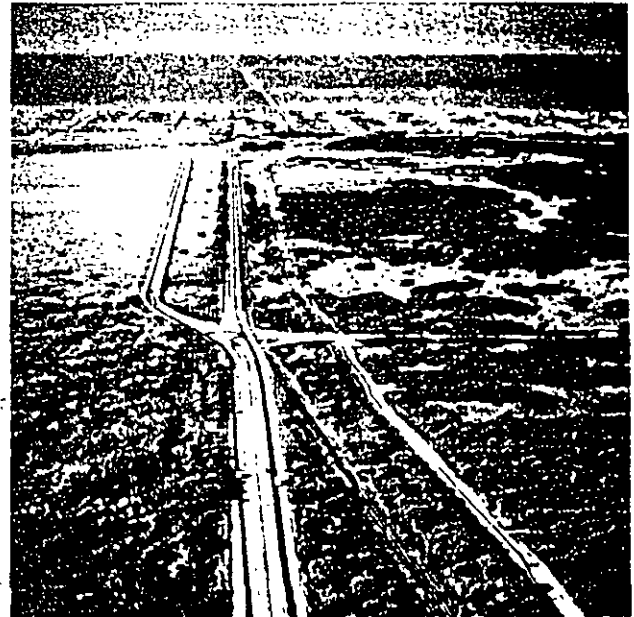
PASAJEROS TRANSPORTADOS



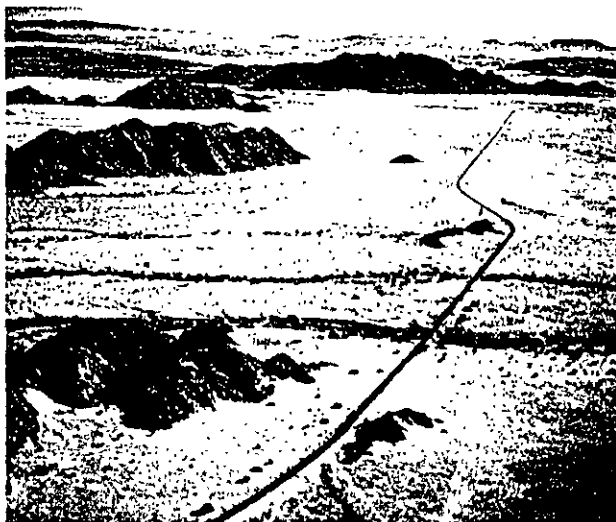
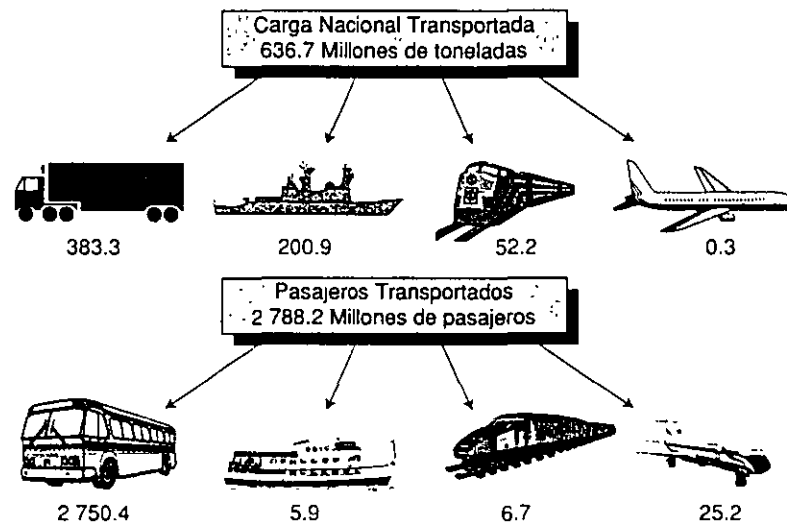
(1) No significativo
(2) Ferrocarril aéreo y marítimo

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



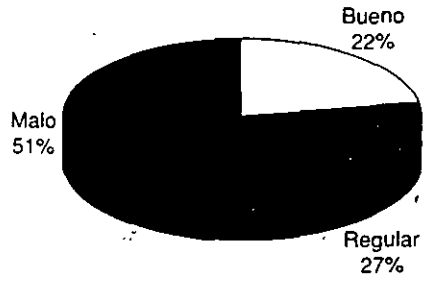
Por ello, se han diseñado estrategias alternas de mantenimiento comparándolas desde el punto de vista técnico-económico, a fin de recomendar para el futuro la más apropiada de acuerdo con las necesidades y recursos del país.

Para la delimitación 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

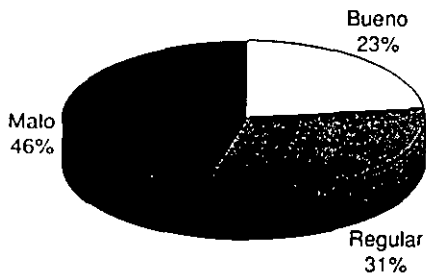
DICIEMBRE 1996

Red Total

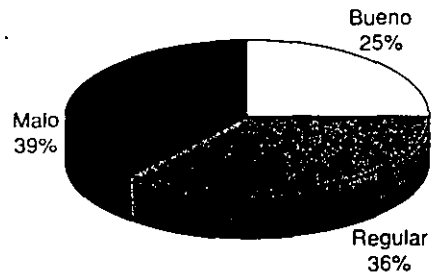


ESTADO FISICO ESPERADO

Red Total a fines de 1997



Red Total a fines de 1998



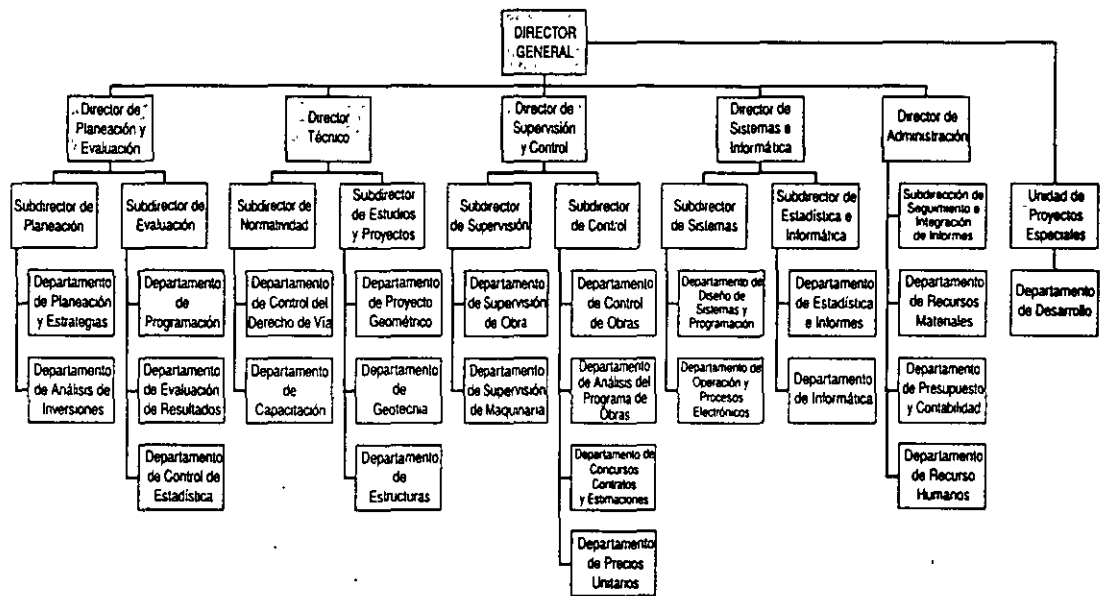
3. DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS

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.

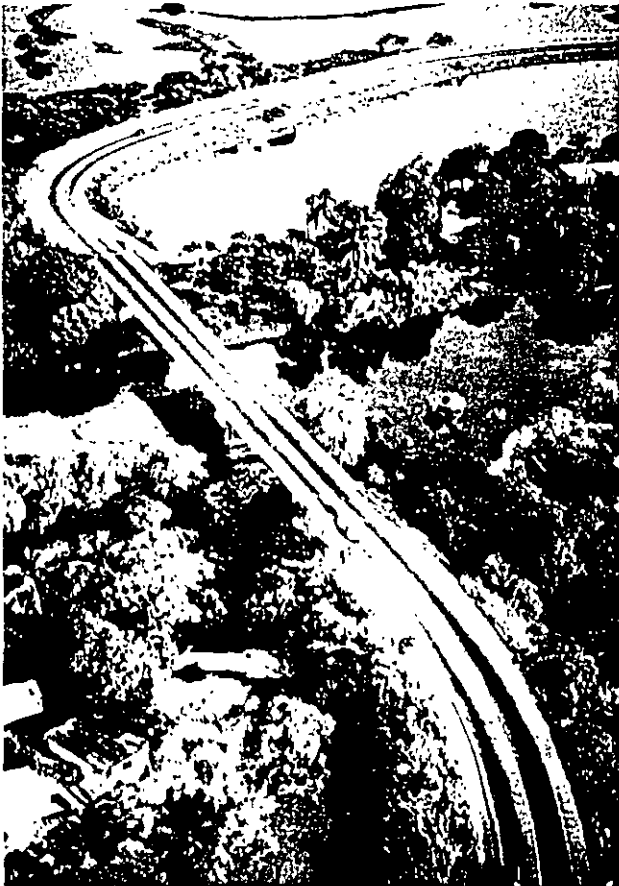
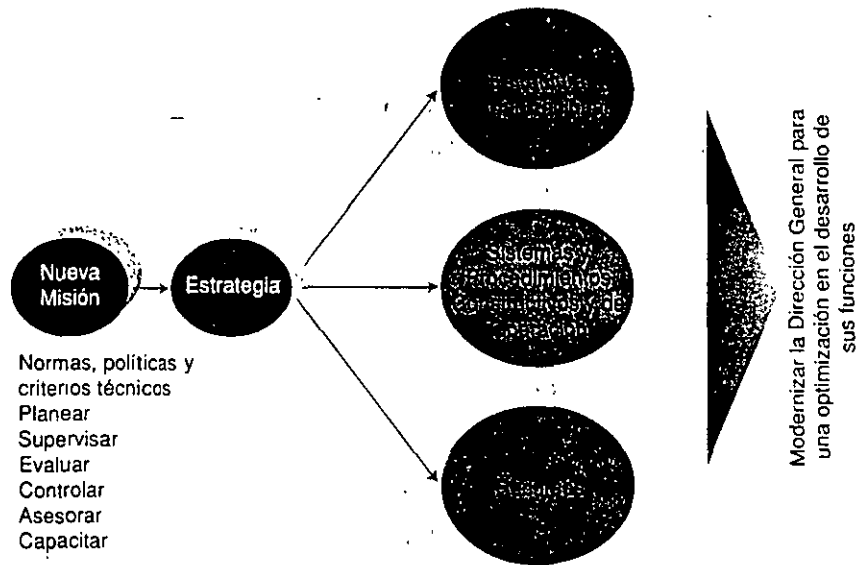
ORGANIGRAMA



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.

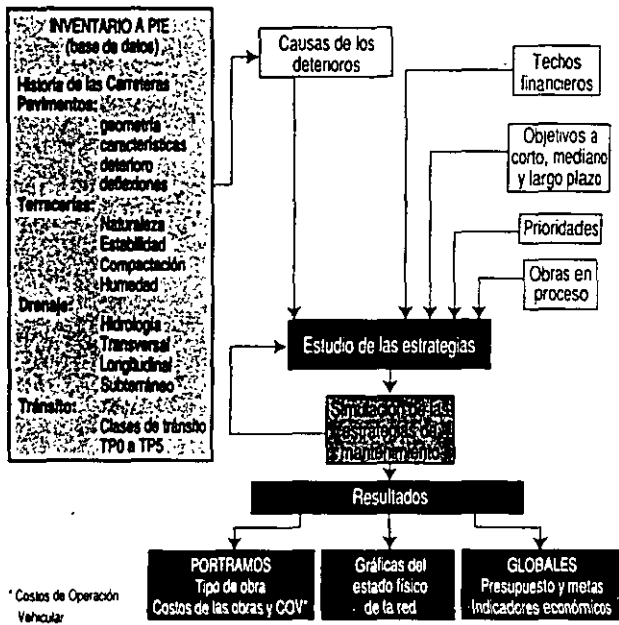
En 1996, se lanzó la convocatoria nacional para llevar a cabo la contratación de la conservación rutinaria en la modalidad multianual con una duración de cuatro años. A la fecha, se tienen ya contratados 20,000 km lo que equivale al 88% de la red básica.

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

- Análisis de precios unitarios extraordinarios y determinación de los ajustes de costos.
- Licitación de los Estudios y Proyectos de las diversas 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 los gobiernos estatales, programas de descentralización de funciones, responsabilidades y recursos del Sector, como la descentralización de la conservación de carreteras federales que cumplen 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 humanos, materiales y presupuestales, la capacitación y transferencia de tecnología; así como la homogeneización de normas y especificaciones 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.

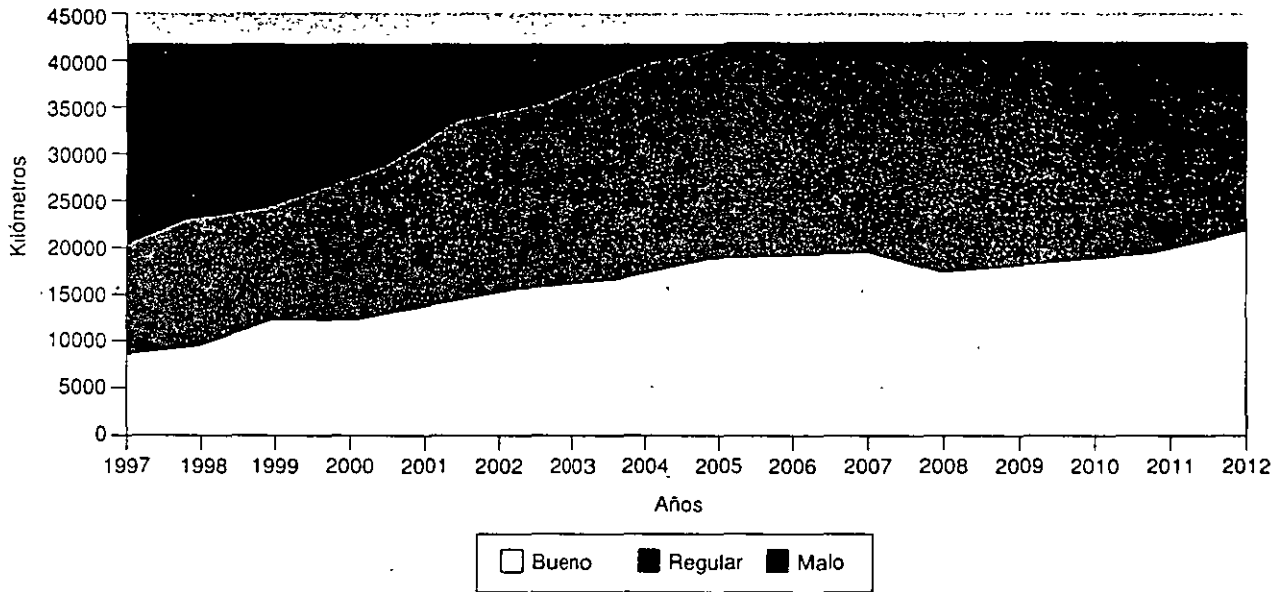
Desde hace aproximadamente 5 años, en diferentes etapas, se ha venido realizando la planeación a nivel nacional con un modelo de gestión vial, el cual está soportado en la información del estado físico de la Red Federal obtenido de la inspección visual de los caminos mediante el recorrido a pie de los 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 rodadura 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

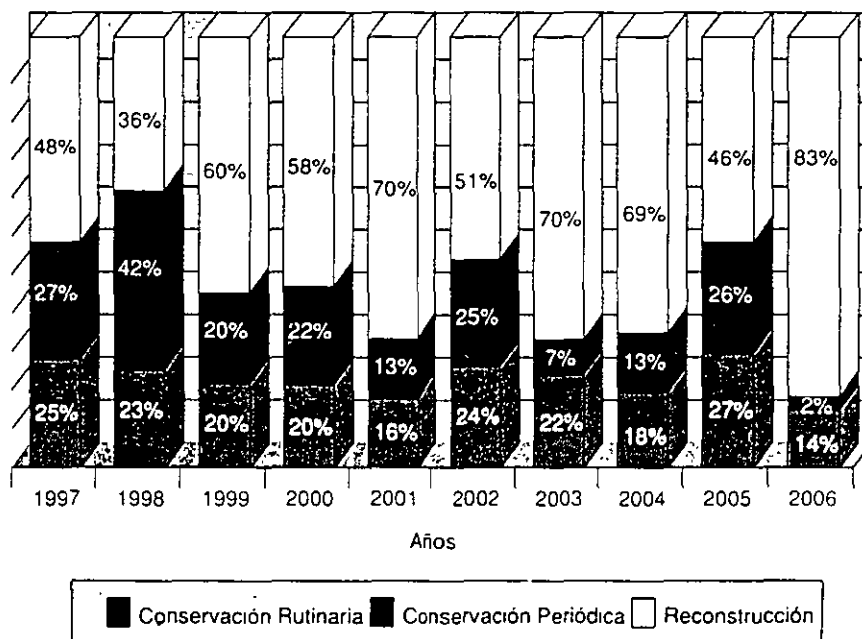
EVOLUCION DE LA RED CONFORME A LA ESTRATEGIA 97a



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



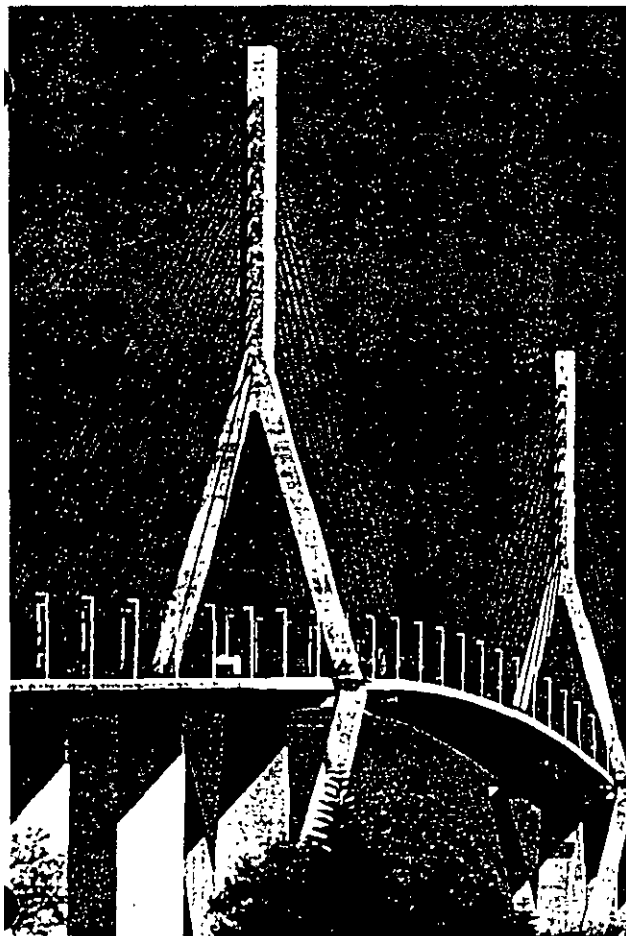
7. EL SISTEMA DE PUENTES DE MEXICO

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.

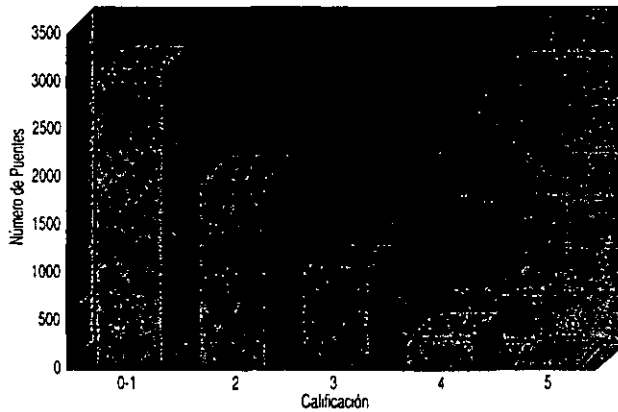
En base a la priorización, es posible programar la elaboración de los estudios y proyectos de rehabilitación correspondientes a los puentes seleccionados y posteriormente la ejecución de las obras respectivas. Al término de estos trabajos, la información es nuevamente actualizada.

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.

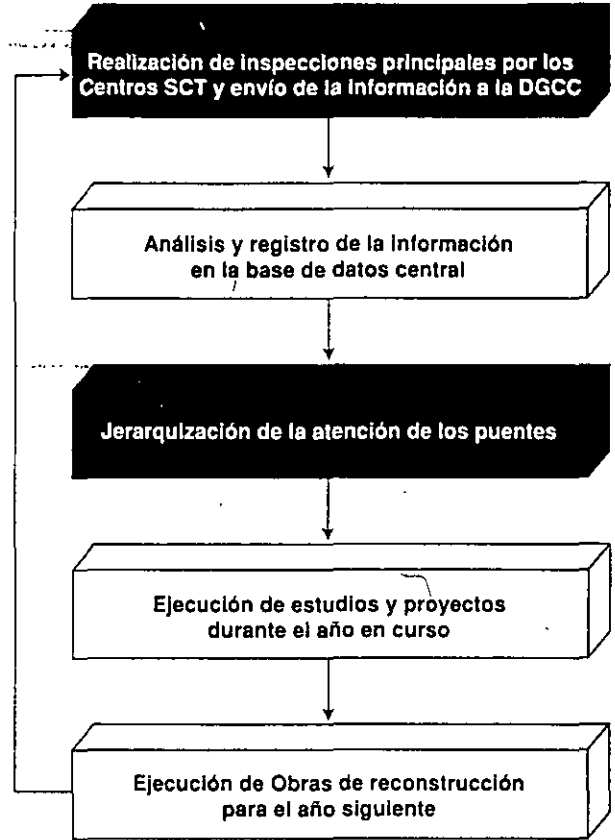
Los puentes con calificación de 4 tienen daños estructurales en menor grado, por lo que sus estructuras deben ser atendidas en un período de 1 a 5 años. Finalmente los puentes con calificación de 0 a 1 no requieren de reparación, ya que sus estructuras están en buen estado.

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



8. 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.

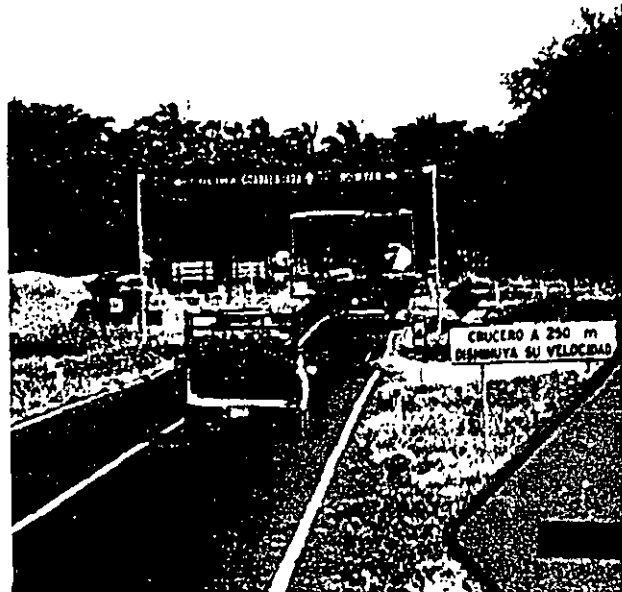
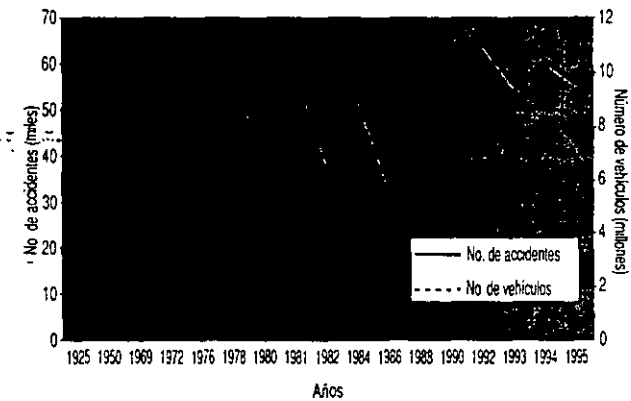
La promoción de un alto sentido de corresponsabilidad de todos los sectores sociales en las actividades tendientes a incrementar la seguridad de la vida humana y de los bienes, es el elemento esencial para hacer posible éste propósito.

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 cruces 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 5.4 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 en las carreteras.

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

I) Fortalecimiento Institucional. Comprende el mejoramiento del Sector Carretero 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 5,243 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 477 a finales de 1996.
- iii) Mantenimiento Rutinario Anual de 11,727 Km de la Red Federal.
- iv) Reparación de Talleres de Mantenimiento.
- v) Adquisición de Equipos y Herramientas.
- vi) Servicios de Consultoría de Obras Civiles.

III) Programa de Seguridad Vial. Este componente fue diseñado por la S.C.T. con el objeto de reducir el número y severidad de los accidentes de tránsito y consistió en el mejoramiento de Puntos Conflictivos en la Red Federal, adquisición de algunos equipos y la elaboración de estudios para implementar programas de Seguridad Vial en las áreas de Transporte

Roadside 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.



DIRECTORIO

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Centro Nacional SCT
Xola y Av. Universidad Col. Narvarte, 03028 México D. F.
comutador: +52 (5) 530 3060
correo electrónico: cordas@sct.gob.mx o sct@sct.gob.mx
<http://www.sct.gob.mx>

Secretario

Carlos Ruiz Sacristán

Subsecretario de Infraestructura

Manuel Rodríguez Morales

Subsecretario de Transporte

Aarón Dychter Poltolarek

Subsecretario de Comunicaciones y Desarrollo Tecnológico

Jorge Nicolín Fisher

Oficial Mayor

María de la Luz Ruiz Mariscal

Coordinador General de Planeación y Centros SCT

Juan Rodríguez Castañeda

DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

Magdalena No. 21 Col. Del Valle
México, D. F. 03100
Tel : +52 (5) 669 1601 y 682 7661

Director General

Cedric Iván Escalante Sauri
csauri@sct.gob.mx

Director de Planeación y Evaluación

Mario González García
mglezg@sct.gob.mx

Director Técnico

Arturo Monforte Ocampo
amonfor@sct.gob.mx

Director de Supervisión y Control

Ernesto A. Hernández Padilla
ehdez@sct.gob.mx

Director de Sistemas e Informática

José Luis Jaén Balvanera
jjjaen@sct.gob.mx

Director de Administración

Rosendo Machuca Alarcón
rmanchu@sct.gob.mx

ISBN 968-803-324-3





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

DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE
CARRETERAS

MOD. III

CONSERVACION Y OPERACION

TEMA

TECNICAS DE REHABILITACION Y ASPECTOS ECONOMICOS

ING: RICARDO MENDEZ ORTIZ

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

TECNICAS DE REHABILITACION Y ASPECTOS ECONOMICOS

ING. RICARDO MENDEZ ORTIZ

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS

M.I. RICARDO TORRES VELAZQUEZ

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

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 valorar 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/cm²)		
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:

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

en donde:

ε_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:

ε_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:

σ_t = esfuerzo máximo de tensión en la parte inferior de la capa rigidizada
(kg/cm²)

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:

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

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:

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

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
	Zacapálco-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	Bvd. Kukulcan	26.4

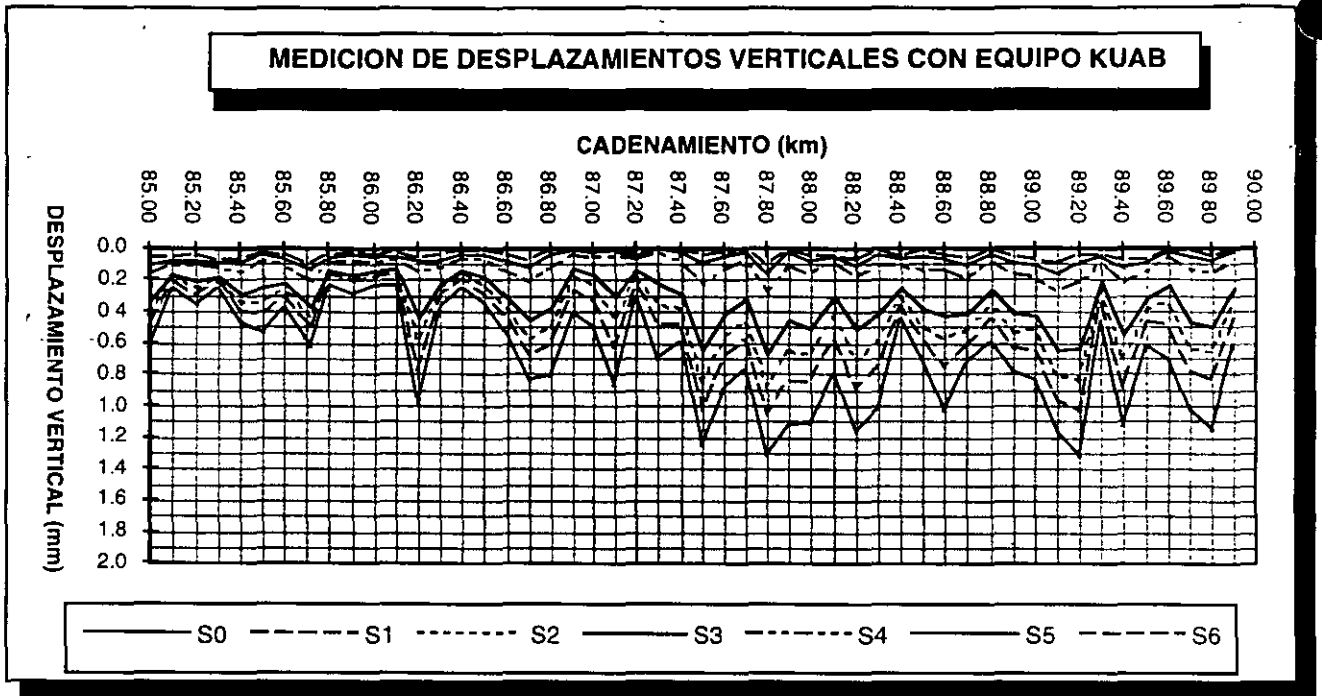
8. REFERENCIAS.

[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., Dazats, 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] Dazats, M., Lichtenstein, H. y Marchand J. P. (1984). "Exemple d'utilisation de la Méthode Rationnelle de Dimensionnement: le transfert d'un Eugén 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

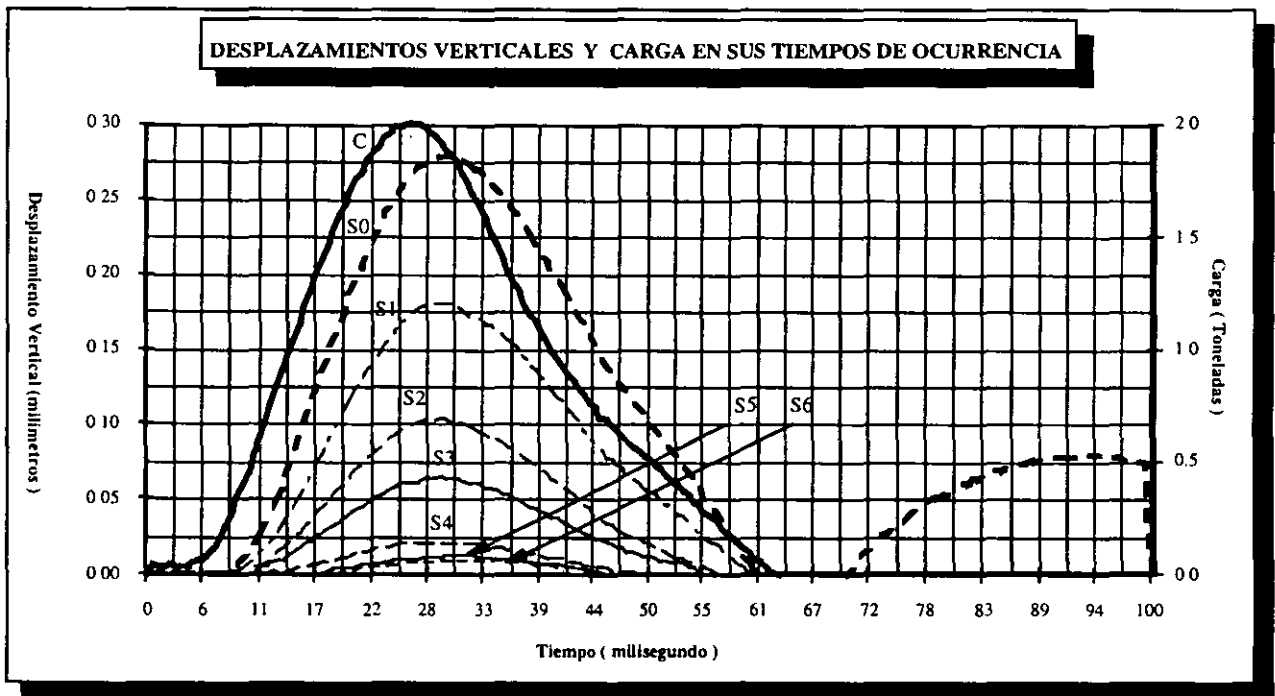


(S=Sismómetro)

PROMEDIO DE CARGA 5,948 kg

Fig.- 1 Gráfica de desplazamientos verticales

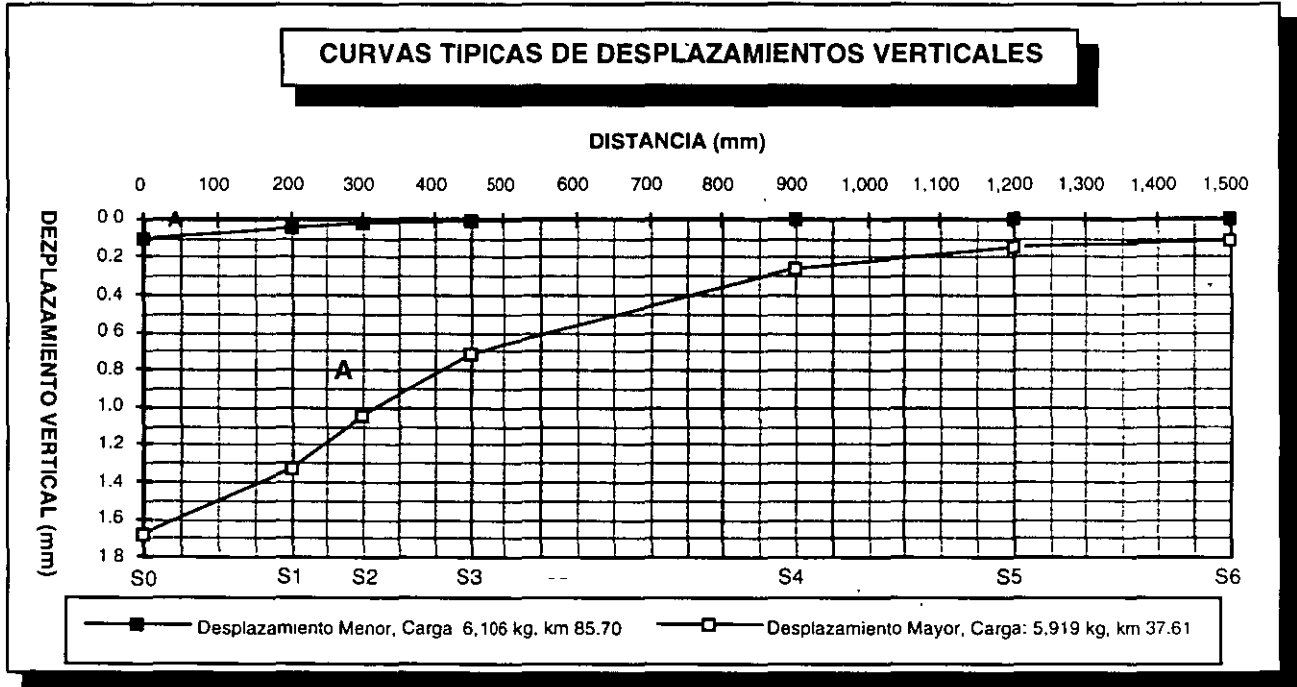
CAMINO DIRECTO: PUEBLA - CORDOBA
 TRAMO: ESPERANZA-Cd. MENDOZA km 259.4



S = Sismómetro
 C = Carga

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

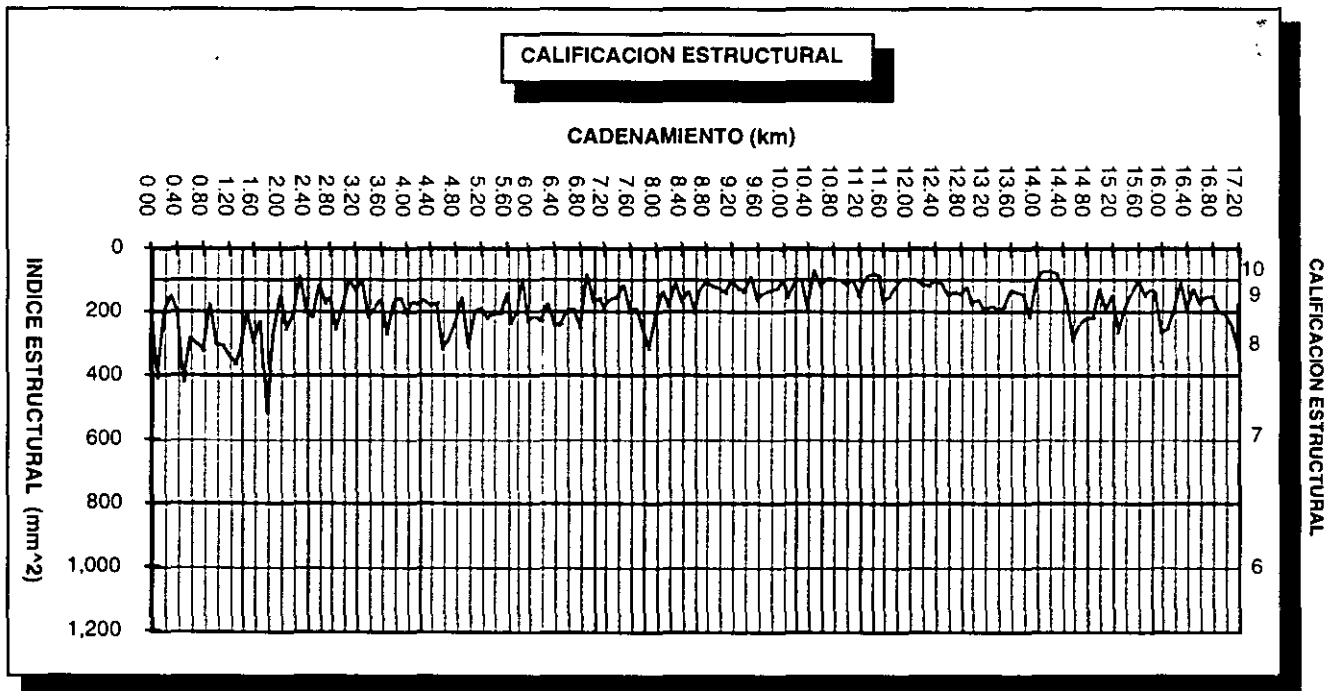
CAMINO DIRECTO: PTE DE IXTLA-IGUALA
 TRAMO DEL km 34 AL km 96
 CARRIL DERECHO



A = AREA = INDICE ESTRUCTURAL
 (S=Sismómetro)

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

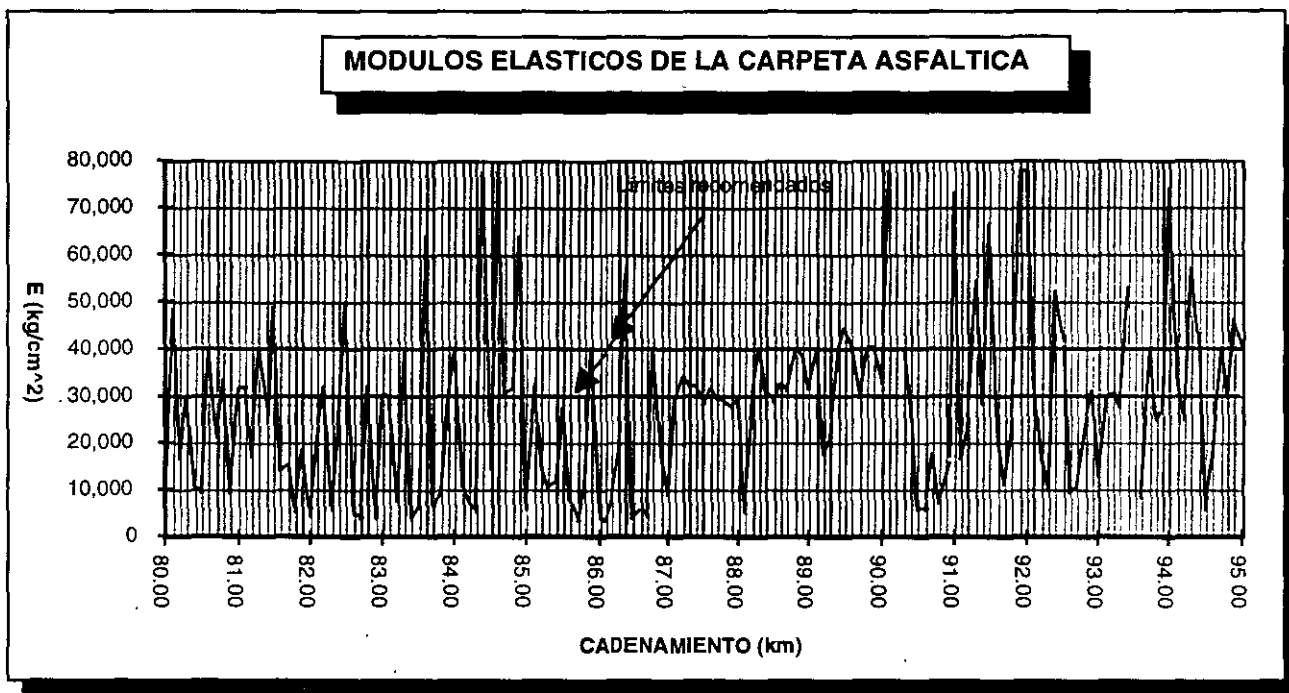
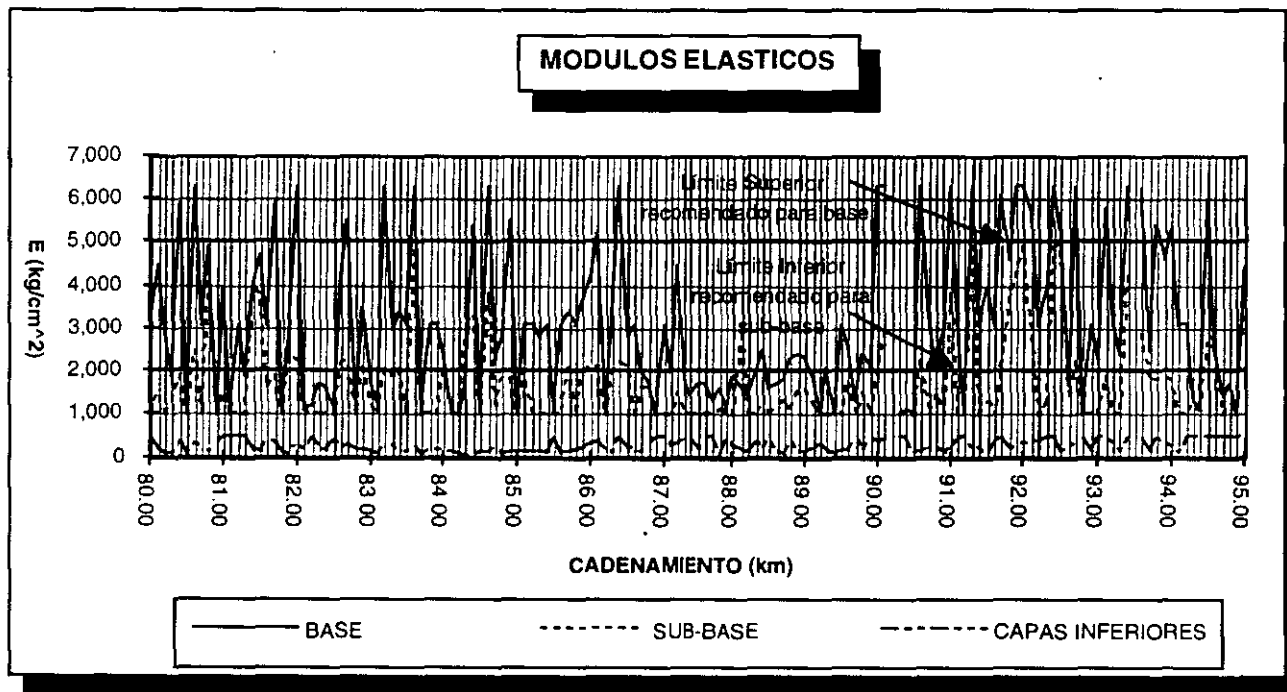


Fig.- 5 Gráfica de Módulos elásticos de carpeta asfáltica

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

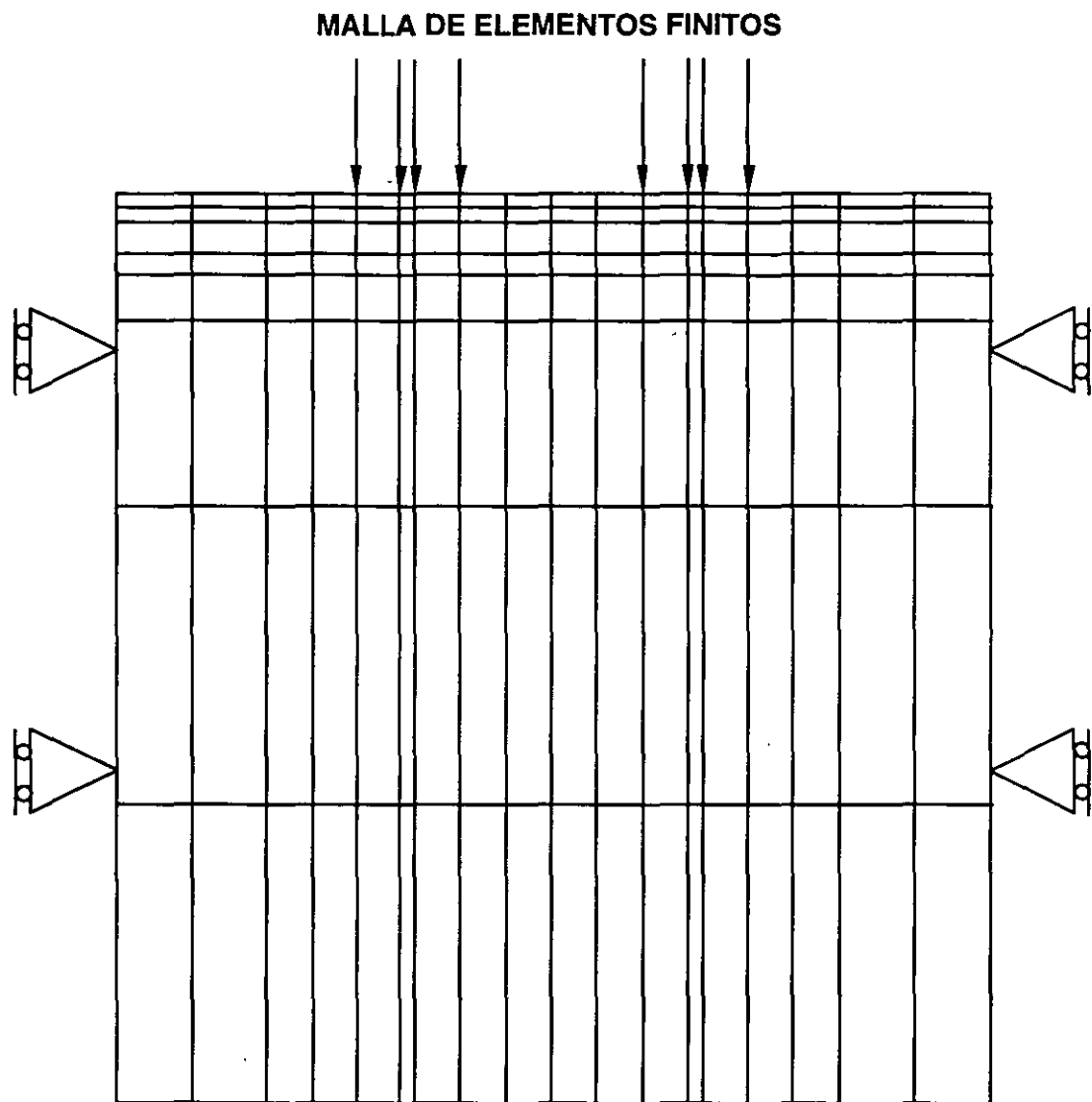


Fig.- 7 Malla de elementos finitos

R. Torres Velázquez

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).

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 cadenamamiento 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 construidos 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.

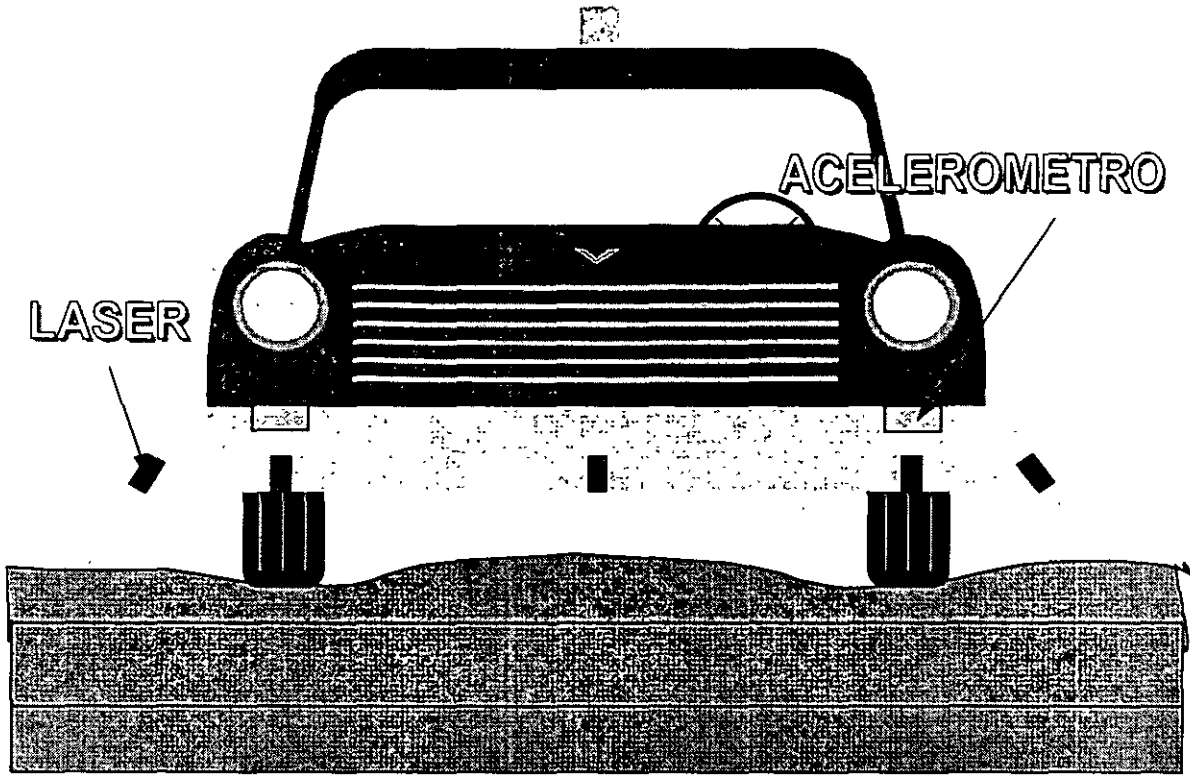


Figura 1. Ubicación de los sensores LASER y acelerómetros

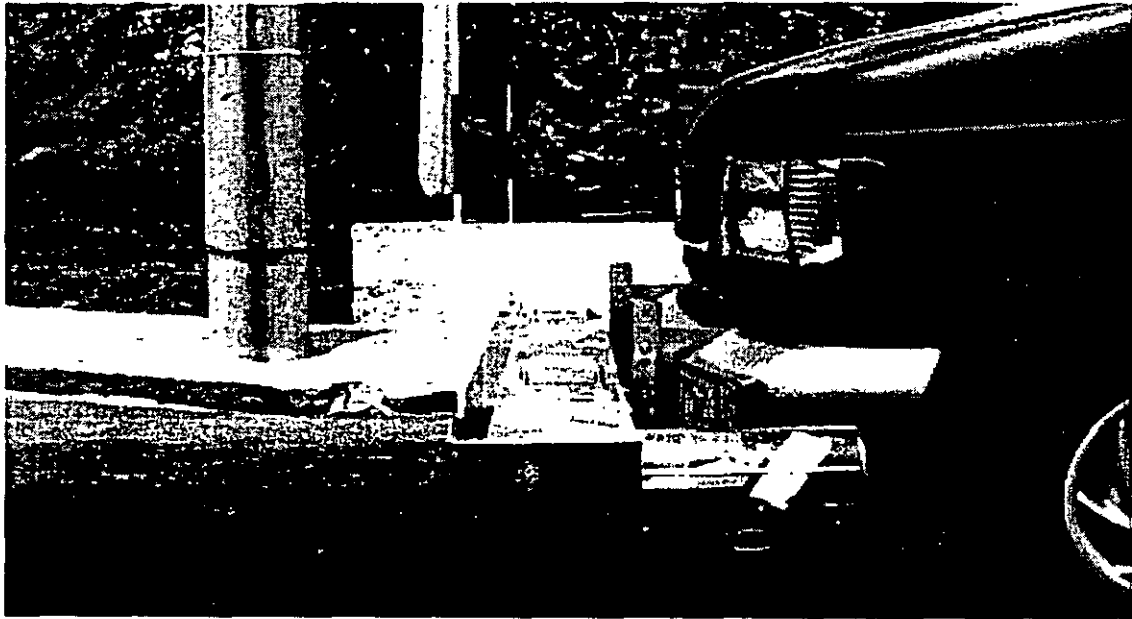


Figura 2. Vista del LASER angulado

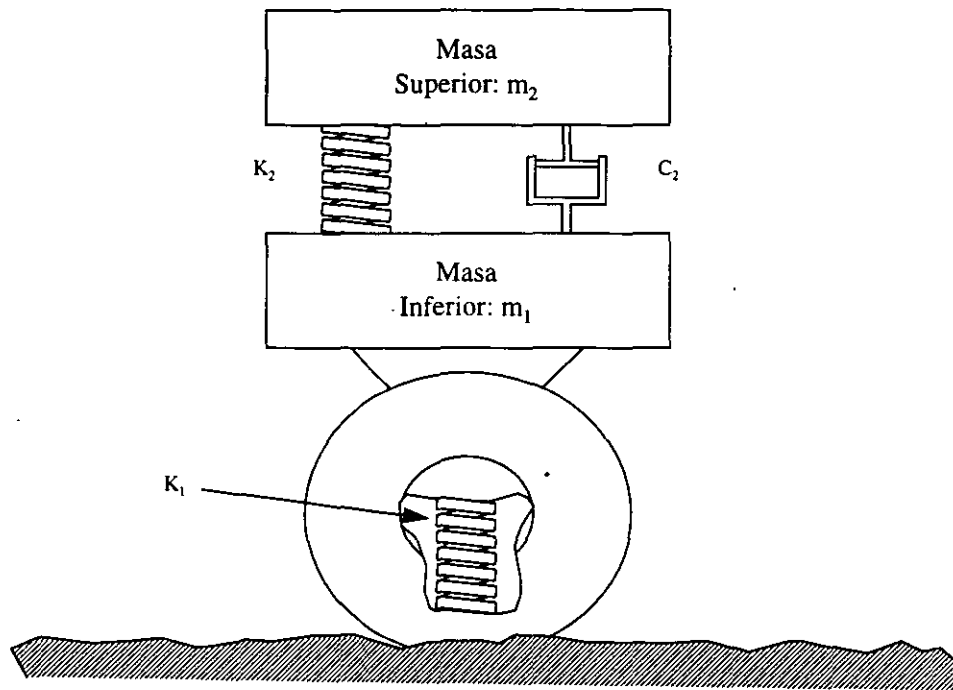


Figura 3. Modelo del Banco Mundial ("Cuarto de Coche")

IRREGULARIDAD SUPERFICIAL

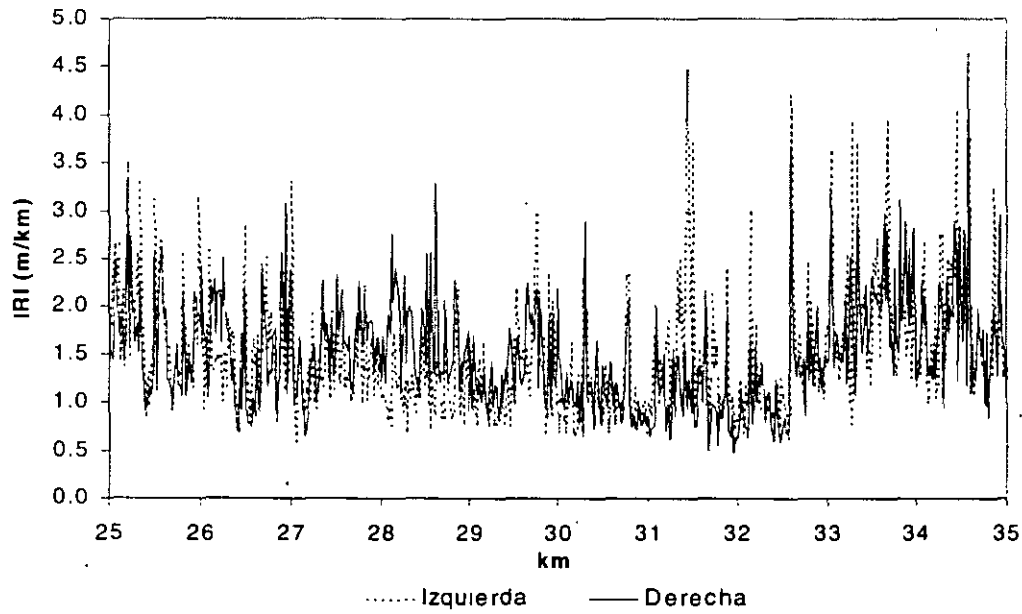


Figura 4. Irregularidad superficial

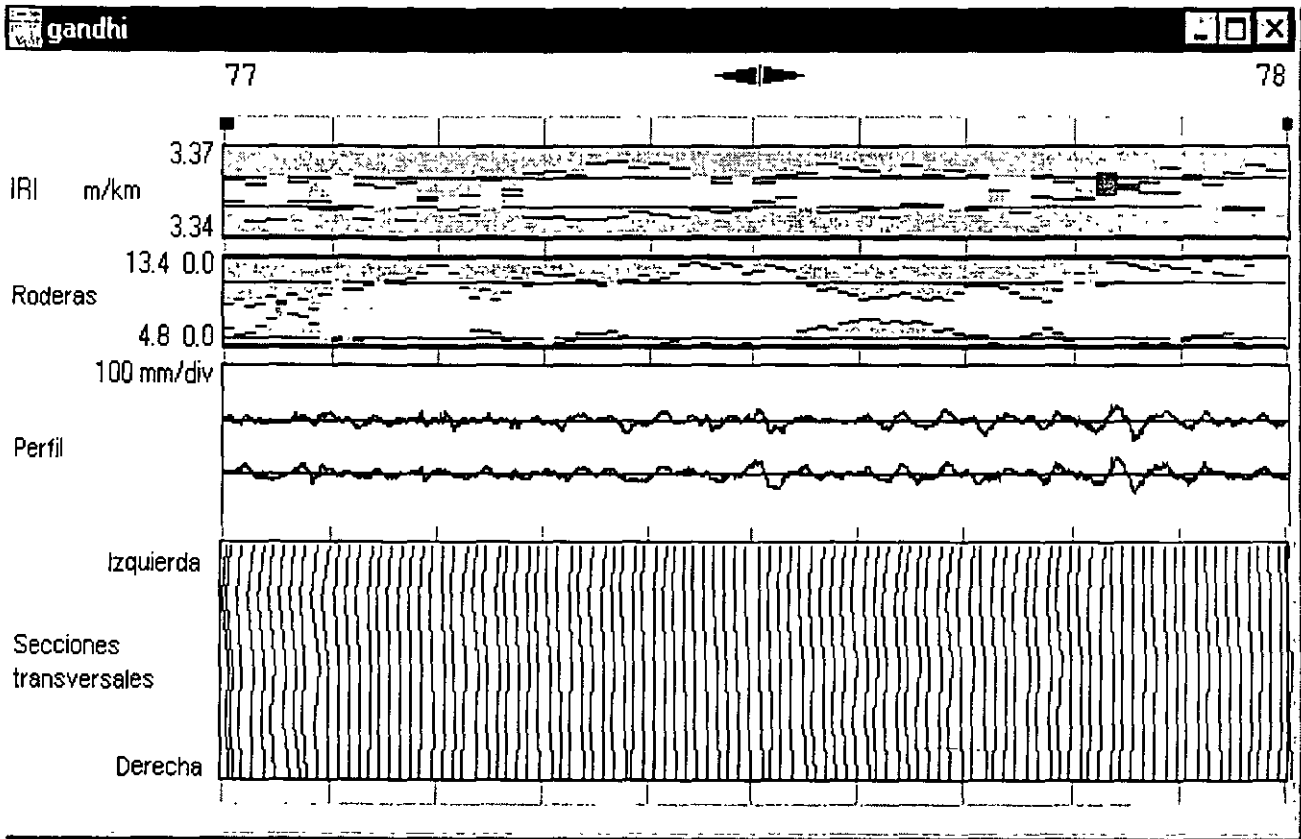


Figura 5. Presentación de los resultados de la evaluación superficial

UNE METHODE 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 périmée 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.

A 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 plateforme ou autres indicateurs du taux de développement de fissures dans la couche supérieure, afin de capter 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 calculera 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' ϵ)
 k est une constante matérielle
 b est l'exposant de dégât du matériau
 ϵ 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 ϵ)
 k is a material constant
 b is the damage exponent of the material
 ϵ 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 donné 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 présumée peimée lorsque le dégât 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 a 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'"*Austroroads 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 a 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 (Ahlvén 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 pourront 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 *Austroroads 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 (Ahlvén 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.

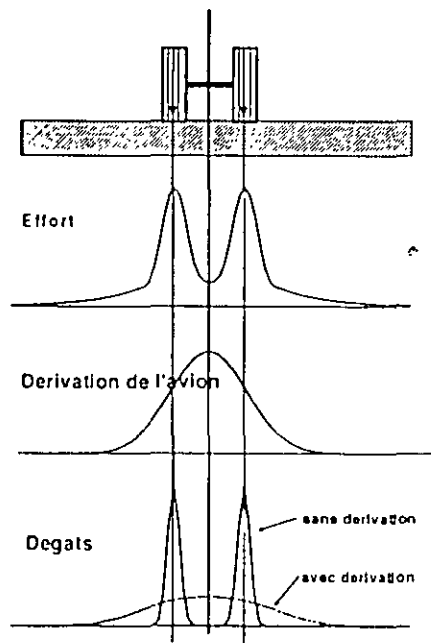


Fig 1 Schema de l'effet de la répétition transversale des passages
 Fig 1 Schematic of effect of aircraft wander on cumulative damage

A la lumière de l'histoire 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 produites.

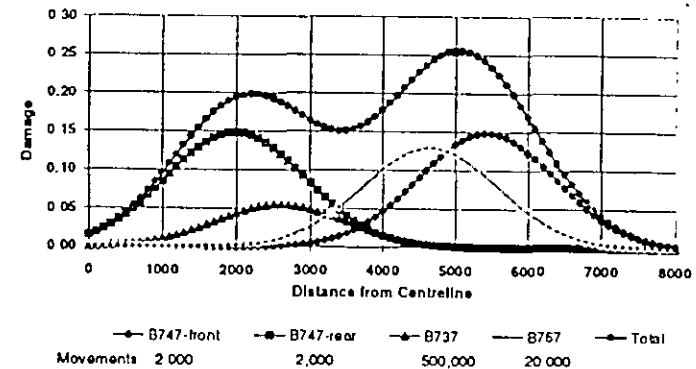


Fig 2 : Sample cumulative damage plot
 Fig 2 : Exemple d'un graphique des dégâts cumulés

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 centreline. 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 l'on vient de dire, les systèmes conventionnels de conception et d'analyse mettent en rapport 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)

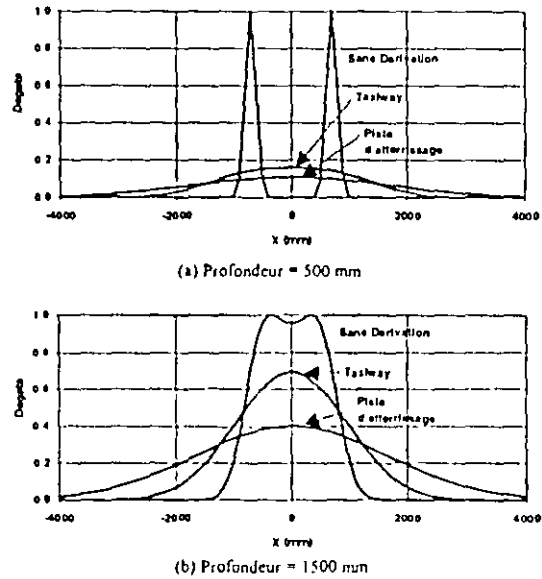


Fig 3 Effets de la profondeur et de la déviation sur les dégâts

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)

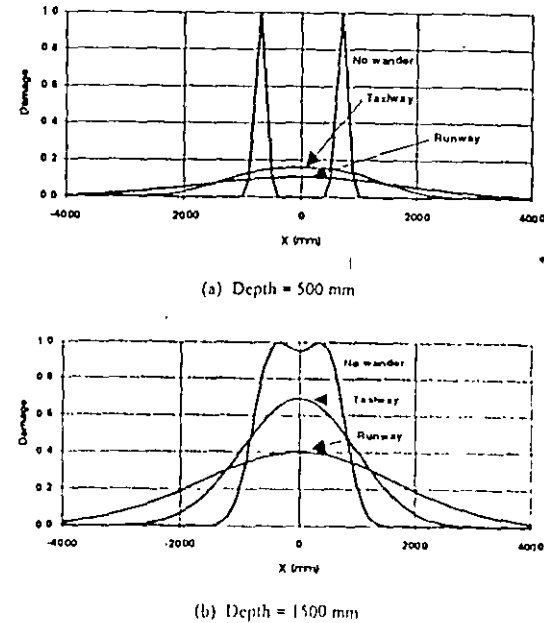


Fig 3. Effect of depth and wander on pavement damage

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'APSD 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, donnèrent 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'aérodromes :

- 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 multiwheeled 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'aérodromes. 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 édités à l'époque par 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.

H.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.

H.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 était 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.

A la recherche de pneus de substitution on a envoyé les moules du pneu AIPCR à la «Specialty Tires Company» (Fabricant des pneus ASTM) 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 ASTM. Il fallait dès lors déterminer si la production d'un pneu diagonal avec la gomme ASTM 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 Tires*.

H.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.

H.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 ASTM tyres) and a set of blank and treaded tyres were made. These tyres were bias ply rather than the radial tyre required by PIARC and the ASTM rubber compound was used. Therefore, it was necessary to determine whether a bias-ply tyre with ASTM 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 comparatifs 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'Odolographie 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 époxy 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 CFI et les mesures à glissement imposé.

La gomme ASTM avait été conçue par des fabricants d'américains de pneus 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'uni 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'uni longitudinal, les déformations du profil en travers (orniérage), la texture et l'adhérence (frottement pneu/chaussée) 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, i.e. :

- 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 CI 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.

... commentées dans les fiches ont été fournies par les personnes qui ont répondu à l'enquête et est présenté ici tel qu'il a été reçu. Par conséquent, PIARC décline toute responsabilité concernant 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 (les utilisateurs ont été préférés aux constructeurs)

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

II.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.

All the information gathered in this document came from the persons who kindly responded to the 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 of 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.

II.4 - International experiment to compare and harmonize texture and friction measuring equipment

II.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. The 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 U.S.A. was in full swing.

apparats et, quoique de bonnes corrélations aient pu être observées dans certains cas, en particulier 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 circulées. 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 repartis 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 Secrétariat général de l'AIPCR. L'analyse de ces résultats fait l'objet d'un rapport technique de l'AIPCR [5].

In the past, there have been many attempts to correlate data between pavement friction 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].

11.4.2.1 - Correlations 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 oeuvre 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 MTD 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.

11.4.2.2 - 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.

11.4.3 - Indice de frottement international (IFI)

Puisqu'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 lié à une mesure de macrotexture, l'autre à 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 :

$$GF(S) = GF60 * \exp[(S-60)/GV]$$

- ou : S est la vitesse relative de glissement en km/h.
- GF(S) est la «vraie» 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.

11.4.2.1 - 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, test tyre, 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 (MTD) 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.

11.4.2.2 - 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 devices ranged from 0.015 to 0.034 with an overall average of 0.028.

11.4.3 - International Friction Index

Since there are three basic types of friction measuring systems: slip, sidelforce 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 sliding 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

$$GF(S) = GF60 * \exp[(60-S)/GV]$$

- 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 :

$$Vp = a + b * TX$$

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) :

$$S = V, \text{ pour les appareils à roue bloquée,}$$

$$S = V * \text{taux de glissement, pour les appareils à glissement longitudinal,}$$

$$S = V * \sin(Q), \text{ pour les appareils à glissement latéral, } Q \text{ étant l'angle d'environnement}$$

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 :

$$FR60 = FRS * \exp[(S-60)/Vp]$$

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 :

$$F60 = A + B * FR60 + C * TX$$

En combinant les trois équations ci-dessus, F60 peut se calculer à partir de deux résultats de mesures (FRS et TX) :

$$F60 = A + B * FRS * \exp[(S-60)/(a + b * TX)] + C * TX$$

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 texture and was very well predicted by the measurements made by the texture devices. 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:

$$Vp = a + b * TX$$

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):

$$S = V, \text{ for locked wheel testers}$$

$$S = V * \text{percent slip, for fixed slip testers}$$

$$S = V * \sin(Q), \text{ for sideforce testers, where: } Q = \text{yaw angle}$$

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:

$$FR60 = FRS * \exp[(S-60)/Vp]$$

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:

$$F60 = A + B * FR60 + C * TX$$

Combining the results above, F60 can be expressed in terms of the friction and texture measurements (FRS and TX):

$$F60 = A + B * FRS * \exp[(S-60)/(a + b * TX)] + C * TX$$

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 SIDE FORCE	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	0.040	0.042	0.045

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 aérodromes, et ce, avec une précision tout à fait acceptable de ± 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 auscultations 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

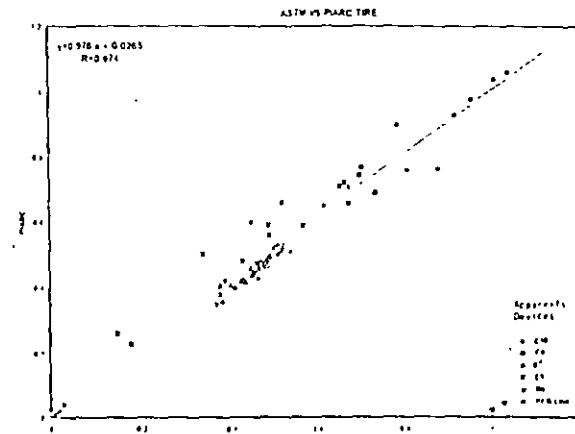


Figure II.1: Comparaison des valeurs de coefficient de frottement obtenues avec le pneu ASTM et avec le pneu AIPCR

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 ± 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, 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

II.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 C1 a entrepris l'étude de l'opportunité et des conditions de réalisation d'une nouvelle expérience internationale consacrée uniquement aux appareils de mesure profilométrique (et 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. A 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, ornière, 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.

II.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 C1 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 and 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 accuracy will be evaluated

III - LES INTERACTIONS ROUTE-VEHICULE : UN DOMAINE D'ECHANGES ENTRE LES INGÉNIEURS ROUTIERS ET LES INGÉNIEURS DE L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

Auteur principal : Roger A. WILLIAMS (GB)

Avant-propos

L'objectif de l'AIPCR, 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 lignée 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 attendaient 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 PACÉJKA 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 TRL 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 Wjgberg
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 Sjögren, Swedish Road and Transport Research Institute
- 1.2 FILL AND MILL, A METHOD OF CALCULATING ADJUSTMENT VOLUMES WITH THE SWEDISH LASER RST
by Leif Sjögren, Swedish Road and Transport Research Institute

Topic 2

2. A NEW GENERATION OF ASPHALT PAVEMENTS IN SWEDEN
by Lars-Göran Wågberg, Swedish Road and Transport Research Institute
- 2.1.1 A DURABLE WEARING COARSE 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 and 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 bituminised 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 bay 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-scantline 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.

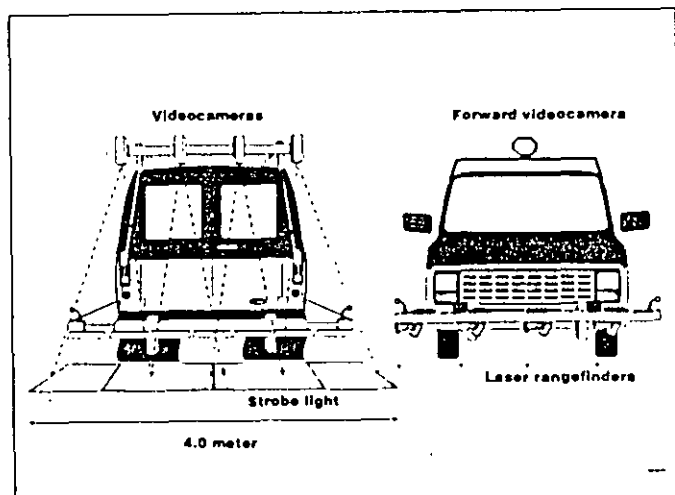


Fig 1 The Laser RST PAVUE System = Laser Range Finders (LRF) and Video cameras

To be able to do data acquisition in daylight (sun and shadow) a lightning 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-lane 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 analyse this output are combined with information from the LRFs. The LRFs 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 LRFs. PAVUE has successfully been tested in USA. A second generation PAVUE system is currently being built at VTI. This system will have improved lightning system and a new type of videocameras.

1.2 FILL AND MILL, A METHOD OF CALCULATING ADJUSTMENT VOLUMES WITH THE LASER RST

by Leif Sjogren, 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 mean files) 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 (values 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.

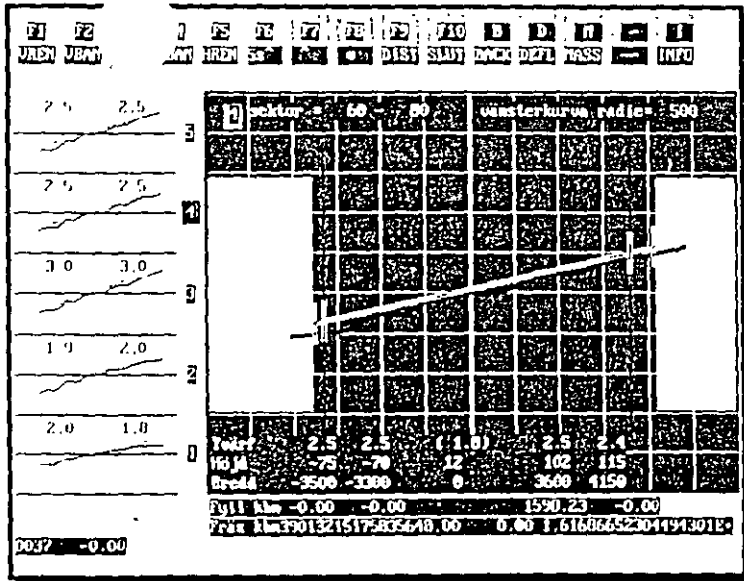


Fig 1 - A view of the Fill and Mill software worktable.

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

KINGDOM OF SAUDI ARABIA
MINISTRY OF COMMUNICATIONS

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 (M.O.C.) 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) 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
L.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 6040 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 ravelling 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" ≤ 75 and a "SD" ≥ 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 ± 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



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

DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE
CARRETERAS

MOD. III
CONSERVACION Y OPERACION

TEMA

MANIFESTACIONES DE DETERIORO EN PUENTES Y OBRAS
ESTRUCTURAS

ING: JUAN TELLEZ
MUÑOZ

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

MANIFESTACIONES DE DETERIORO EN PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS

ING. JUAN TELLEZ MUÑOZ

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

ESTRATEGIA DE LA CONSERVACION DEL SISTEMA CARRETERO EN MEXICO

ING. RODOLFO TELLEZ GUTIERREZ

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**Una Estrategia para la Conservación
de la Red Carretera**

**Documento Técnico No. 11
Sanfandila, Qro. 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

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 alborar 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 posibilitación 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 sustituirán 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

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.

Si se analiza de cerca la conceptualización de la tarea de la conservación de carreteras, es posible llegar a la conclusión de que, independientemente de la importancia universalmente reconocida al problema, la política que ha de desarrollarse para resolverlo suele carecer de objetivos claros. Todo ingeniero, economista o financiero conectado con el caso reconoce la importancia fundamental de una buena solución pero si se pregunta porqué, es frecuente obtener respuestas vagas del tipo de: "para que estén bien las carreteras", "para facilitar el tránsito de los vehículos", "para propiciar el buen transporte" y otras por el estilo.

La importancia del asunto es tal que la ausencia de un objetivo esencial crea un vacío que ha de ser llenado inmediatamente de alguna manera. A llenar tal vacío suelen concurrir motivos menos relevantes para guiar las acciones de conservación y dirigir la asignación de sus recursos. Así, las acciones y quejas de las comunidades más activas, las de los grupos políticos locales más influyentes, la opinión general del público usuario, las manifestaciones de los medios informativos y otras, suelen ser importantes motivantes de acciones de conservación. Todo ello conduce a ciertos niveles de confusión y a vacilaciones en la aplicación de un verdadero concepto estratégico a escala nacional.

En un país con las condiciones prevalecientes en México, donde se busca un desarrollo nacional armónico, la generación de la riqueza y su adecuada distribución social y la máxima activación económica tanto en el interior como hacia el exterior, parece que el objetivo único de una política de conservación de la red básica de carreteras debe ser optimizar el transporte de carga; a ello deben ceñirse todas las acciones de estrategia.

El anterior objetivo único que se ha propuesto tiene la virtud adicional de la sencillez, pues las acciones con objetivos múltiples suelen caer en frecuentes dilemas que entorpecen la acción fundamental.

Para lograr el objetivo enunciado, deben buscarse caminos apropiados pero, si en busca de la perfección y del detalle, éstos son muchos, se correrá también el riesgo de caer en la confusión, la vacilación y la duda. En la estrategia que ahora se propone, se adopta un solo medio para lograr el único objetivo enunciado y este medio es la eliminación de

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

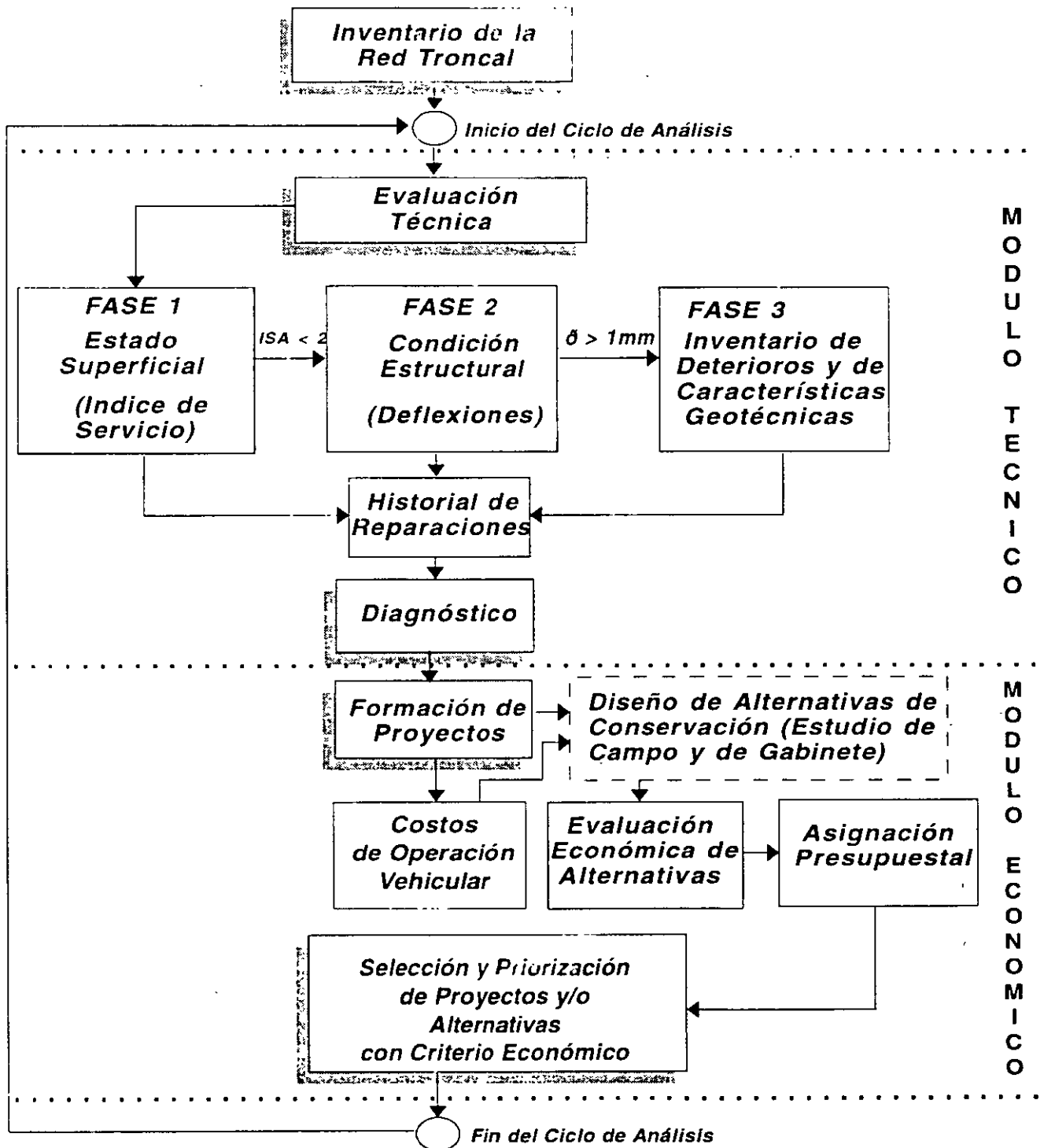


Figura 1.

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

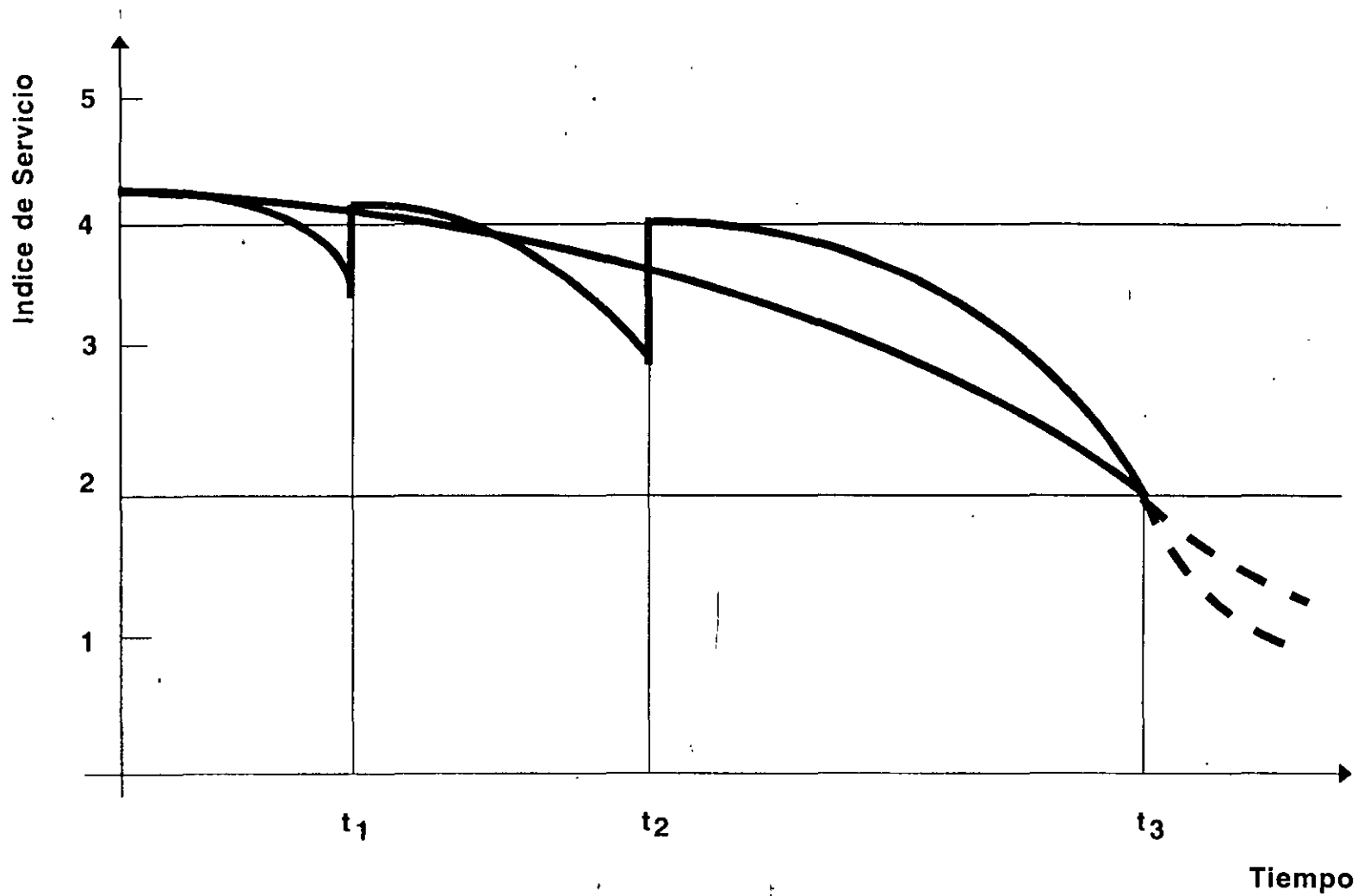


Figura 2.

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.

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 éstos 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 ésto 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	Pelotas 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	Pieles (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.

PESOS Y DIMENSIONES

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

7. El Paradigma para Ordenar la Importancia de las Carreteras

Tabla 3.

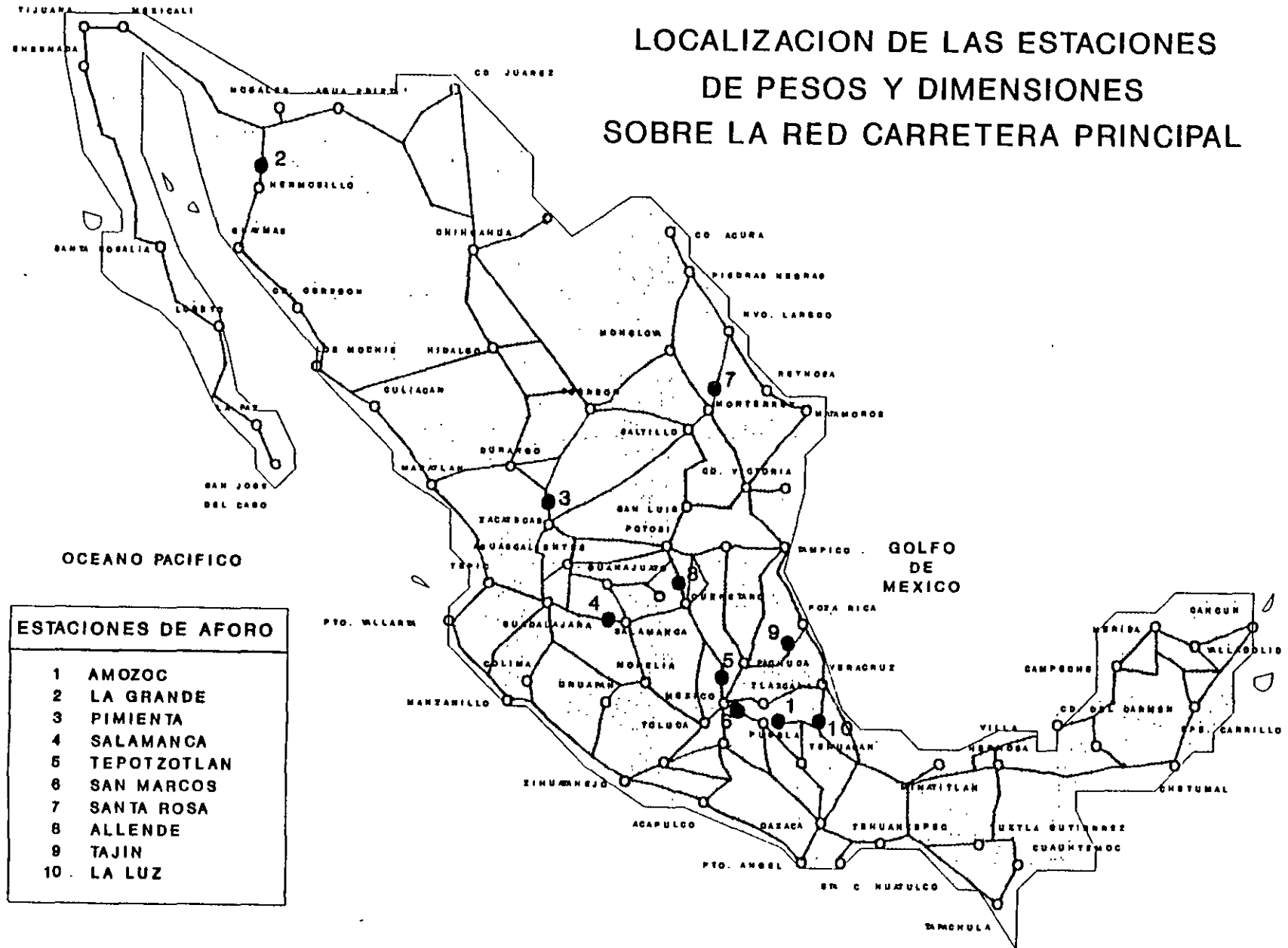


Figura 3.

- 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.

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.

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

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 benefician 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 benefician 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.

Désde 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

11. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente de Generación de Recursos

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 EVITABLE	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 si 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

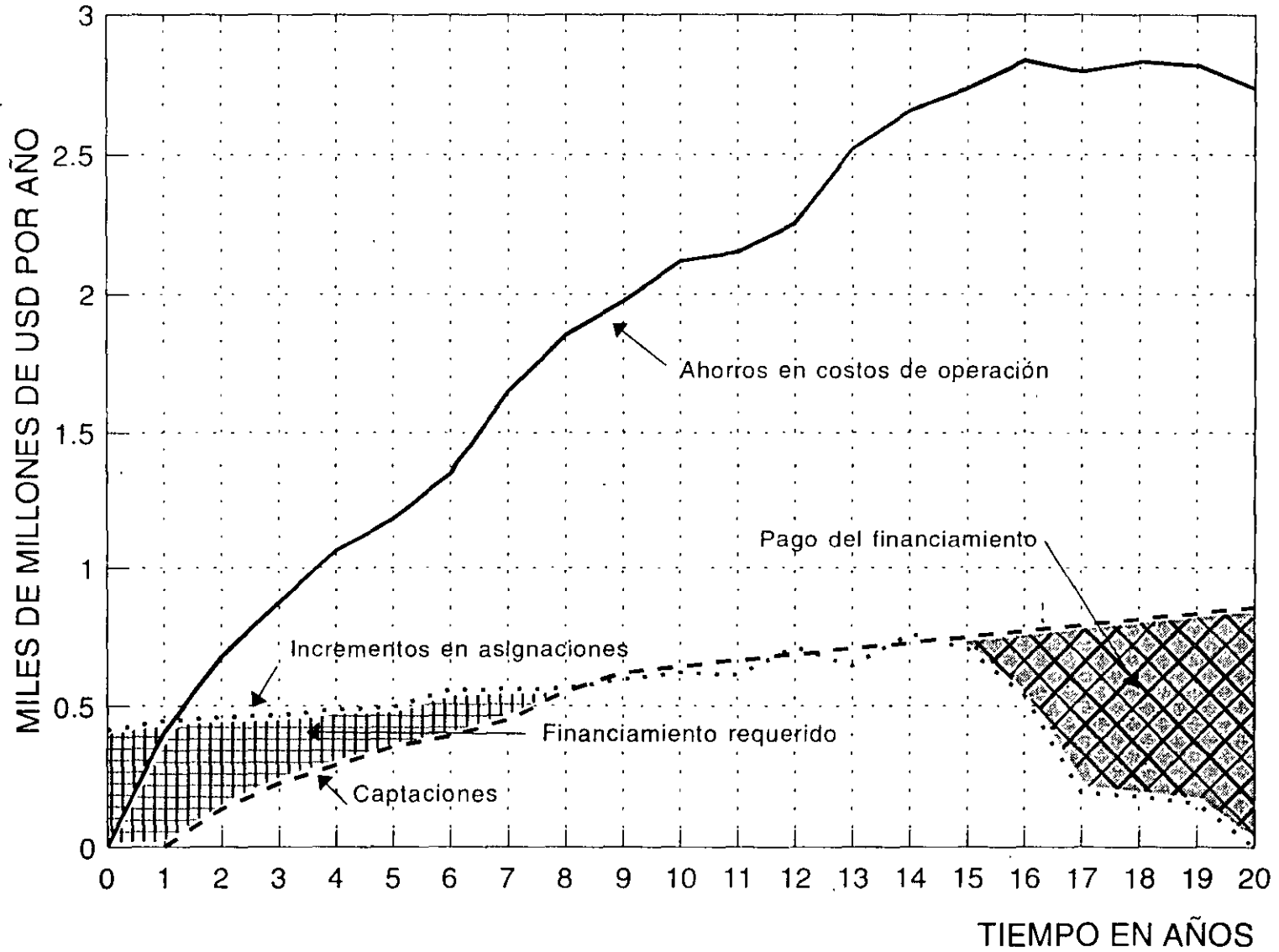


Figura 4.

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-ONU 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 sí 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

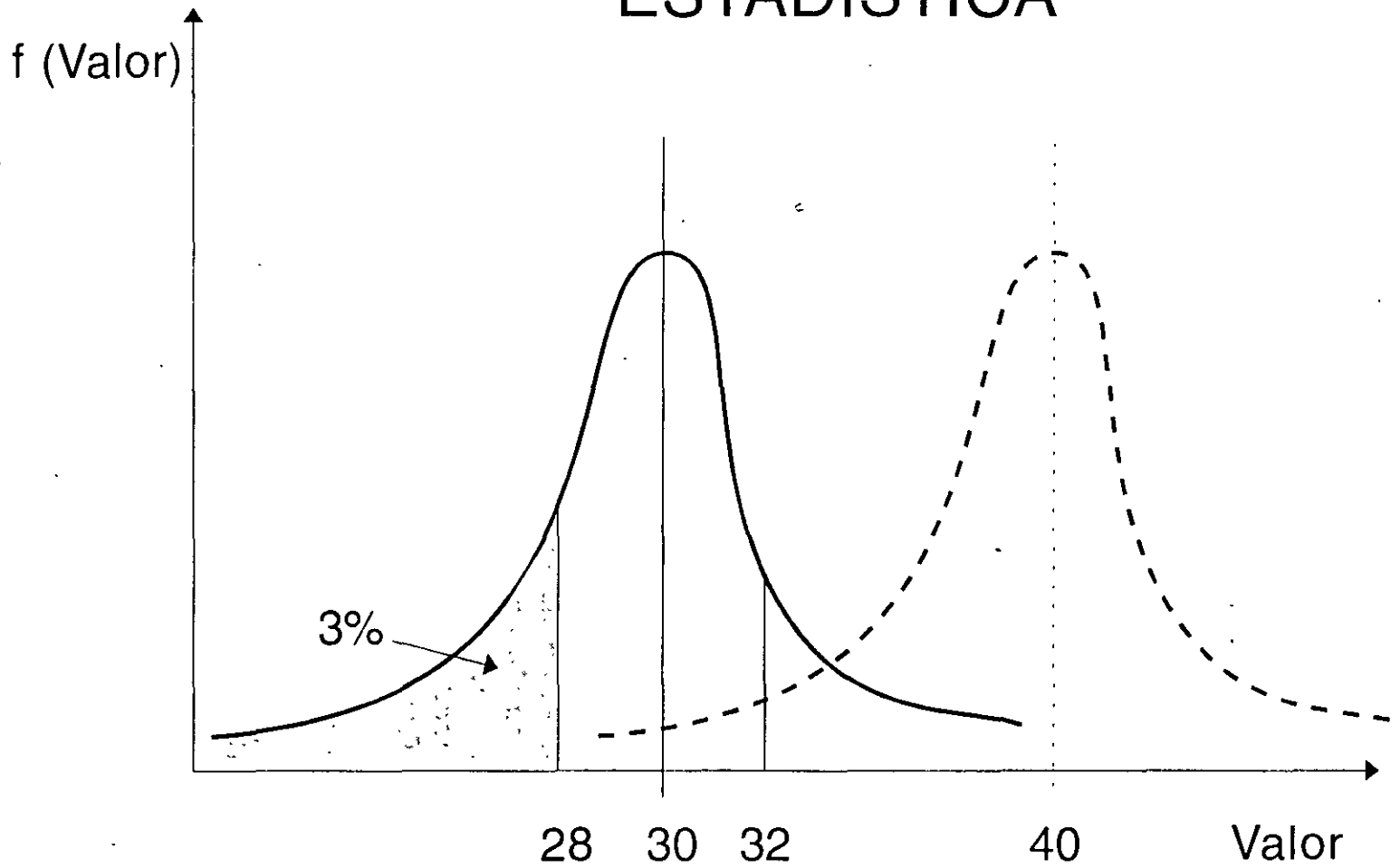


Figura 5.

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 completarse 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:

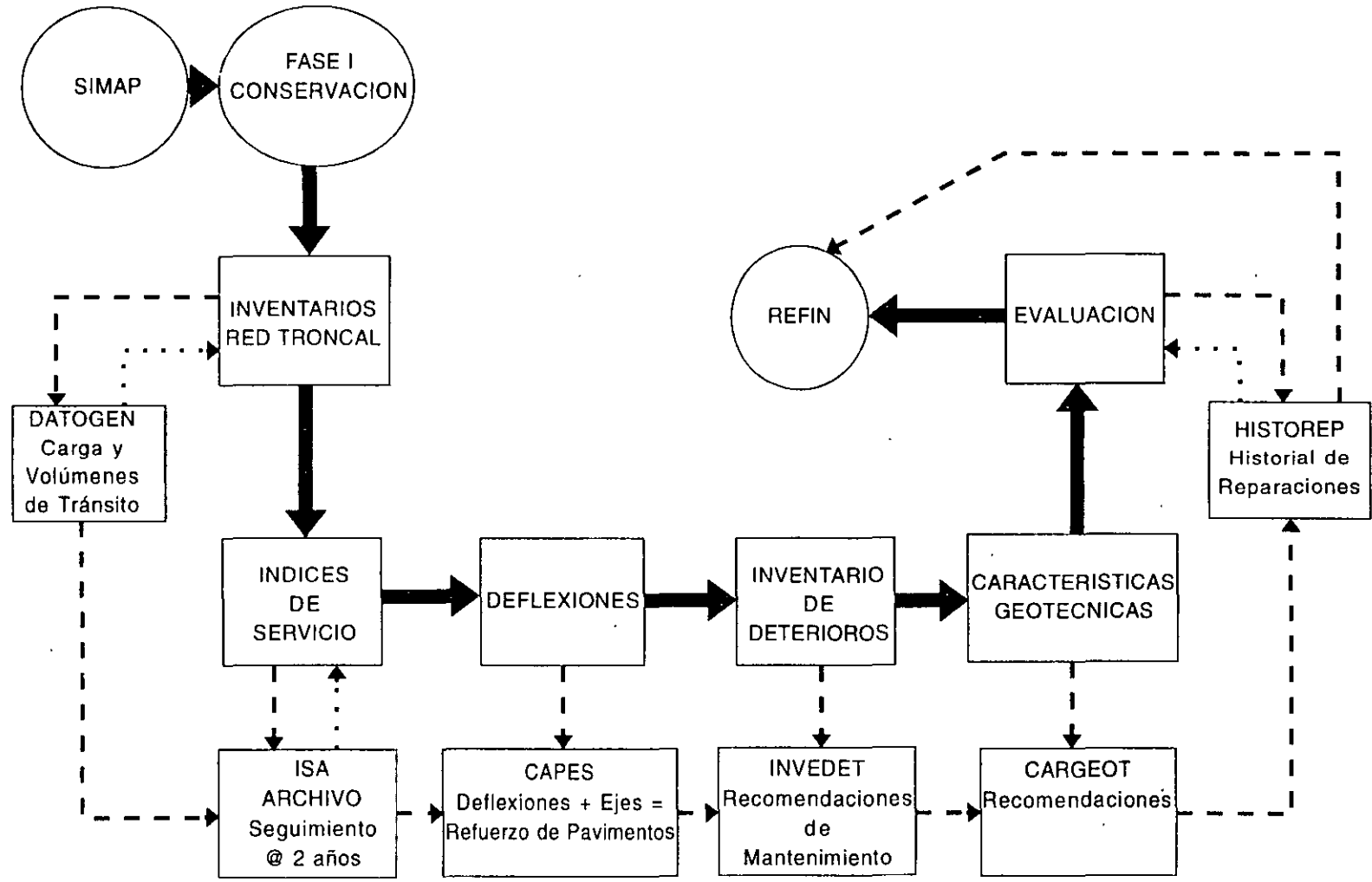


Figura A1.1

- 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.

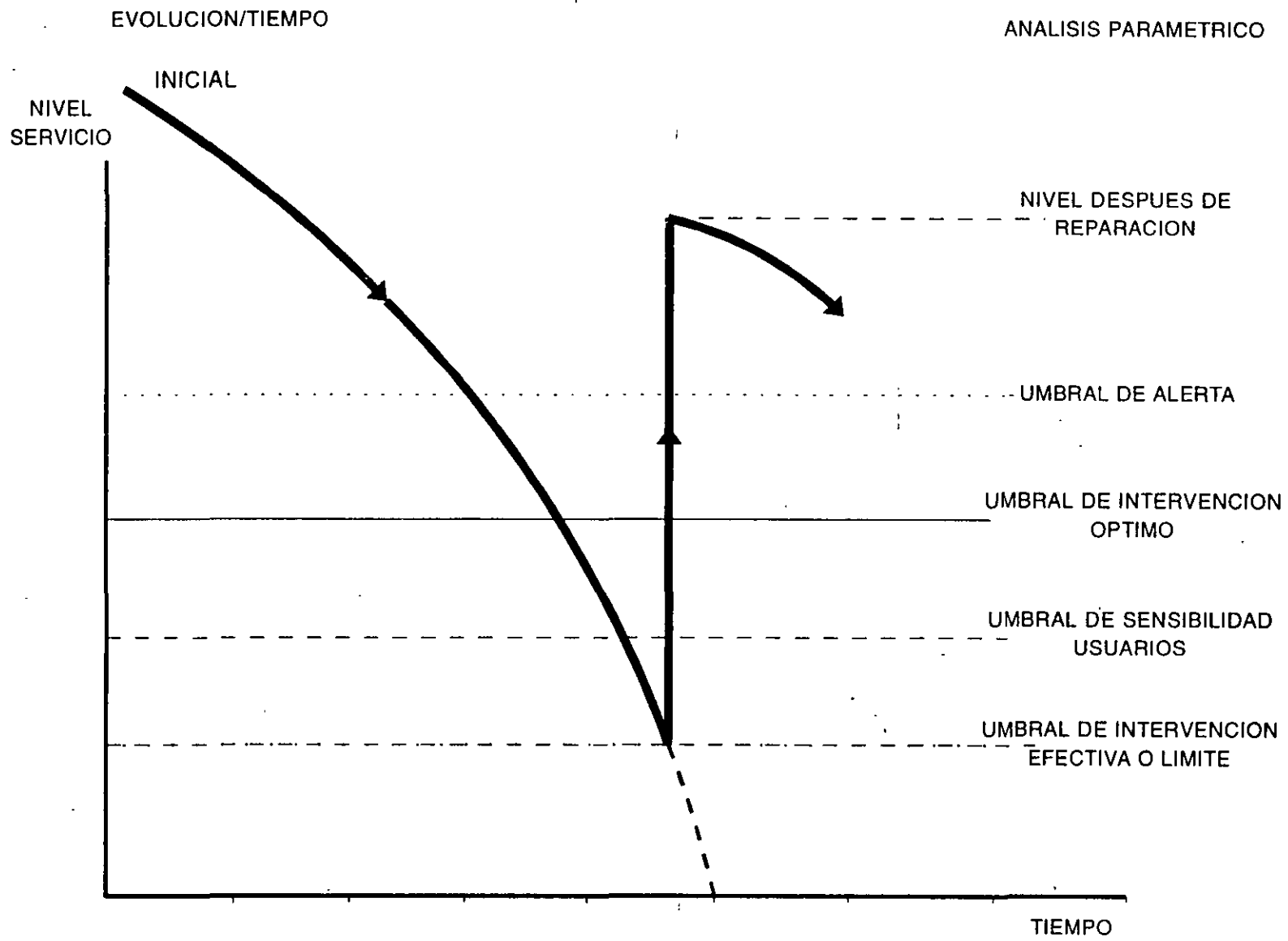


Figura A1.2

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	Indice o nivel de servicio.
3	CAPES	Capacidad estructural en función de deflexiones.
4	INVEDET	Inventario o levantamiento de deterioros.
5	HISTOREP	Historial de reparaciones, menor o igual a tres años.
6	CARGEOT	Características Geotécnicas.

SIMAP

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 evaluadores para calificar el grado de confort y seguridad que otorgan a la superficie de rodamiento.

Se requiere de 4 evaluadores 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.

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	___ .	___ .	___ .	___ .	

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.
- Baches.
- Grietas Longitudinales.

- 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.

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
Rodera	---	---	---
Baches	---	---	---
Grietas long.	---	---	---
Grietas transv.	---	---	---
Desprendimientos	---	---	---
Asfalto aflorado	---	---	---
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.N.T.

H I S T O R E P

Carretera:

Tramo:

Subtramo:

Segmento:

COORD.:

Código:

FECHA: _-_-

MANTENIMIENTO MENOR

MANTENIMIENTO MAYOR

FECHA

DESCRIPCION

FECHA

DESCRIPCION

--	_____	_-_-	_____
--	_____	_-_-	_____
--	_____	_-_-	_____
--	_____	_-_-	_____
--	_____	_-_-	_____

I N D I C A C I O N E S

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 extremosos 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 soporte¹, 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.

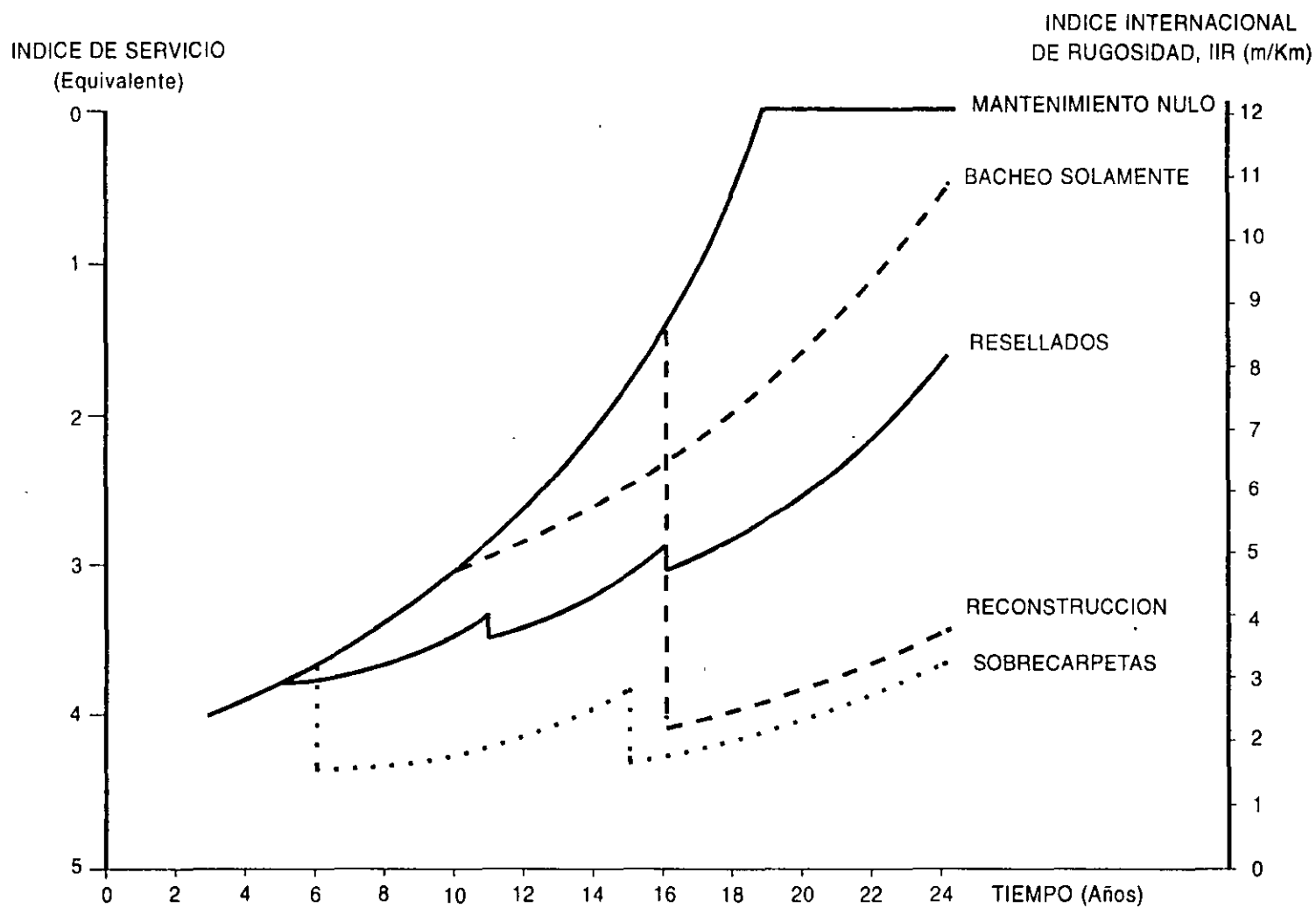


Figura A1.10 Efectos de diversos tipos de mantenimiento sobre los pavimentos con el tiempo en función del Índice de Servicio Actual y del Índice Internacional de Rugosidad

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 ± 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 = 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.
--------	-----------	--------

<p style="text-align: center;">— MENU PRINCIPAL —</p> <ul style="list-style-type: none">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.
--------	-----------	--------

<p style="text-align: center;">— CAPTURA DE INFORMACION —</p> <ul style="list-style-type: none">A. Datos Generales (DATOGEN).B. Índice de Servicio Actual (ISA).C. Capacidad Estructural (CAPES).D. Inventario de Deterioros (INVEDET).E. Características Geotécnicas (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 Indice 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
 Segmento: 155.00 - 160.00
 COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

Sentido: 2
 Código: BCS0005155.00
 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
 Segmento: 155.00 - 160.00
 COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

Sentido: 2
 Código: BCS0005155.00
 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.

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
 Segmento: 155.00 - 160.00
 COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30
 TEMP. MIN.: 6 °C TEMP. MAX.: 43 °C
 TIPO DREN.: A EDO. DREN.: C

Sentido: 2
 Código: BCS0005155.00
 FECHA: 06/07/94
 TOPOGRAFIA: 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
 Segmento: 155.00 - 160.00
 COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

Sentido: 2
 Código: BCS0005155.00

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.

S.C.T. S I M A P I.M.T.

ESPESOR DE GRAVA EQUIVALENTE

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

ESPESOR 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.	Temp. carpeta: 58.0°C
	Deflex. car.: 1.252 mm.	Periodo crítico: N

Oprima cualquier tecla para continuar...

Figura A1.19 Espesor de grava equivalente.

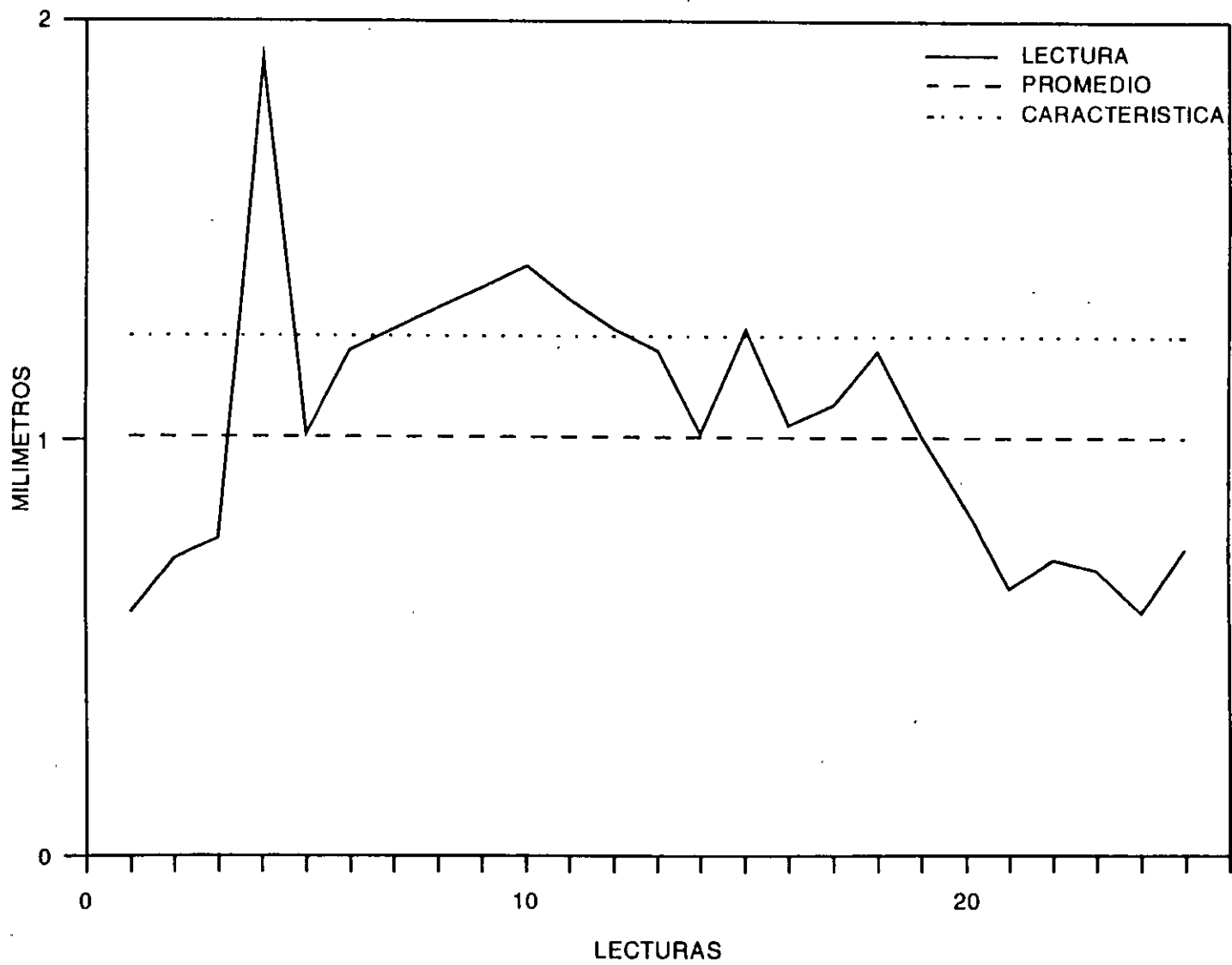


Figura A1.20 Perfil de deflexiones en el tramo de 500 mts. bajo estudio.

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

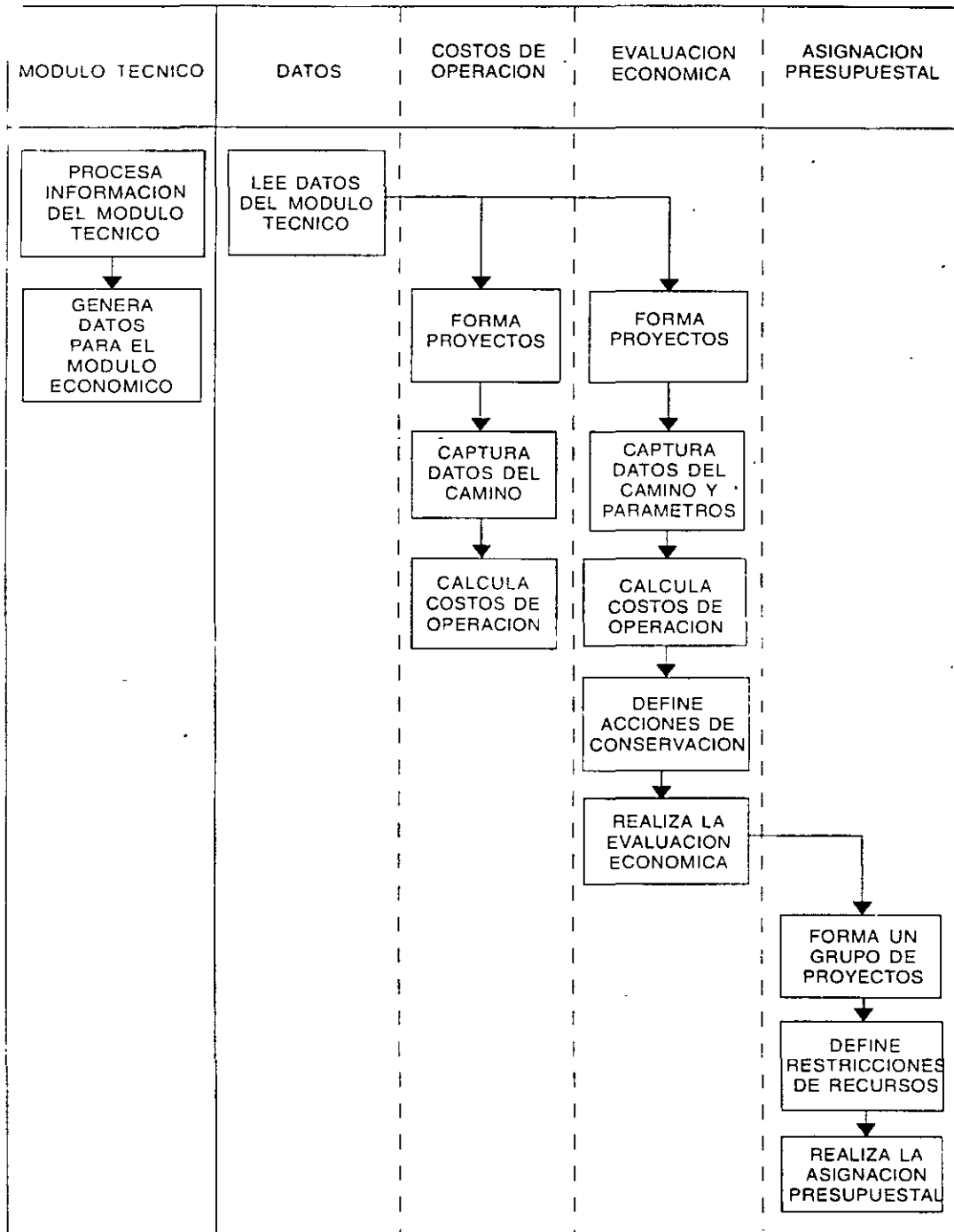


Figura A2.1 Flujo de información del Módulo Económico del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos.

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.

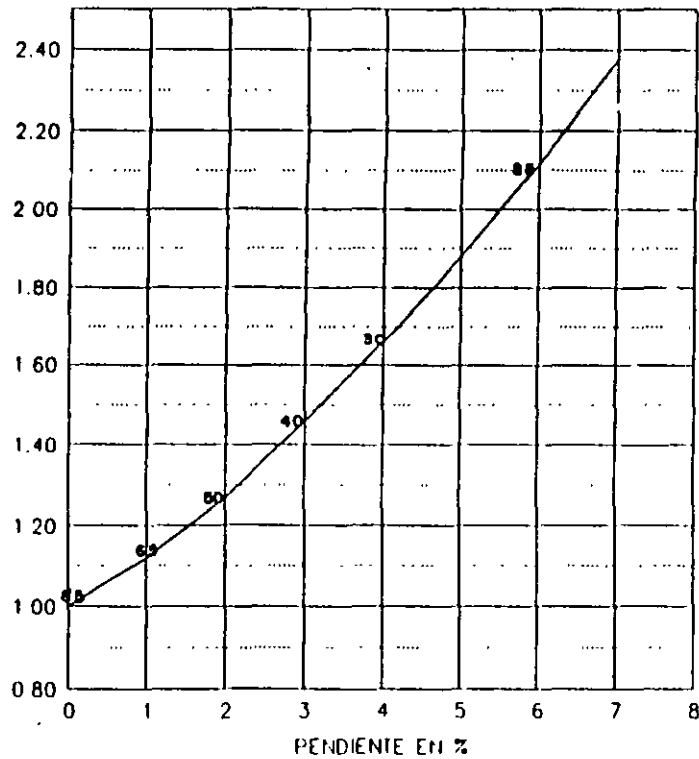
En las Figuras A3.1 - A3.5 se presentan las gráficas que relacionan los factores de costo por cambio de pendiente, velocidad y curvatura. En un principio, en la Referencia 10, el problema se atacó para establecer el costo de operación en función de la pendiente y la curvatura, como si ambas tuvieran 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

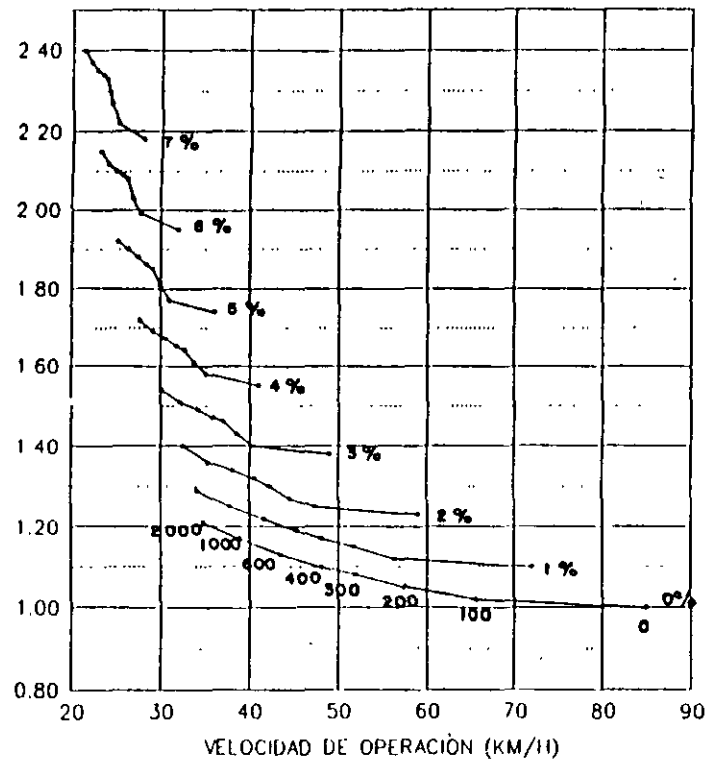
Pendiente en %
Curvatura acumulada en grd/km

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



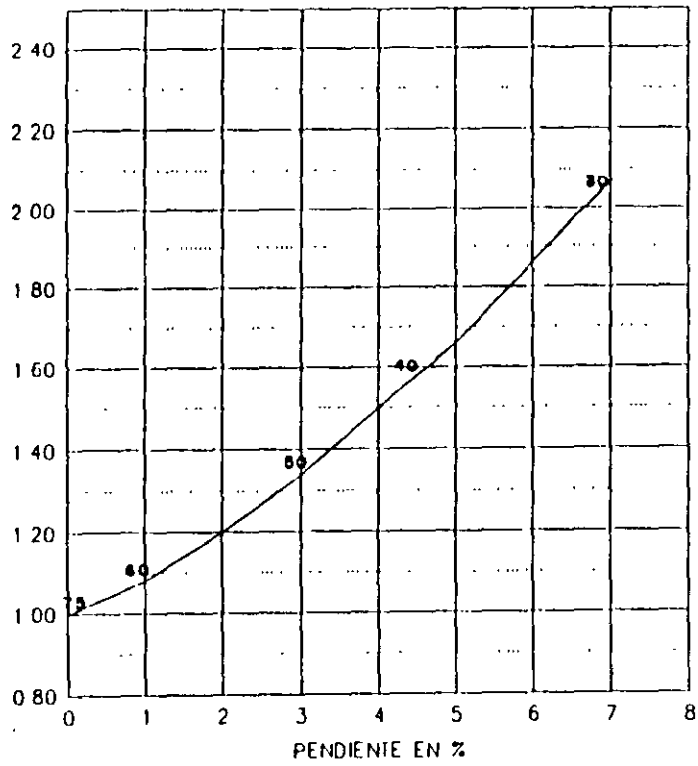
Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grd/km

Figura A3.1

CAMION 2 EJES

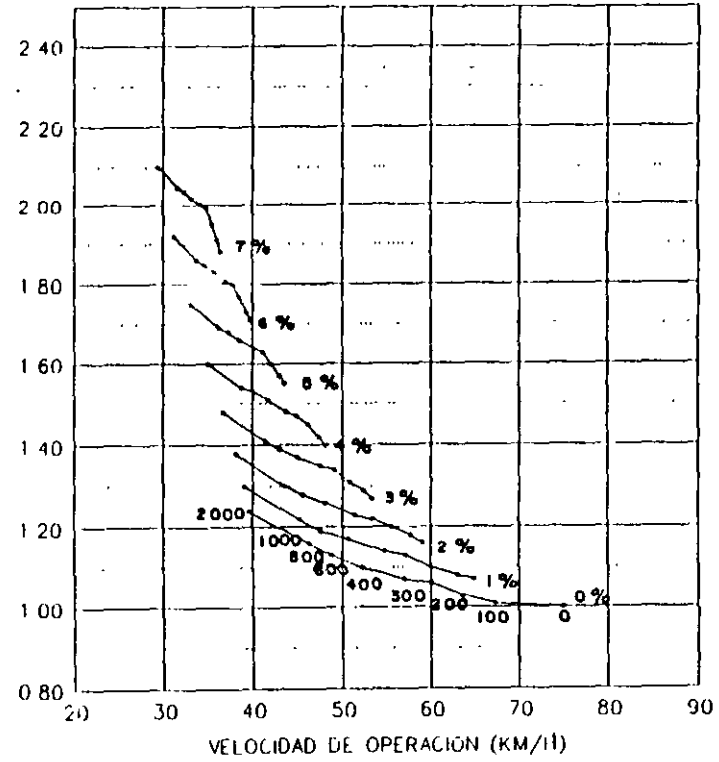
Pendiente en %
Curvatura acumulada en grd/km

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



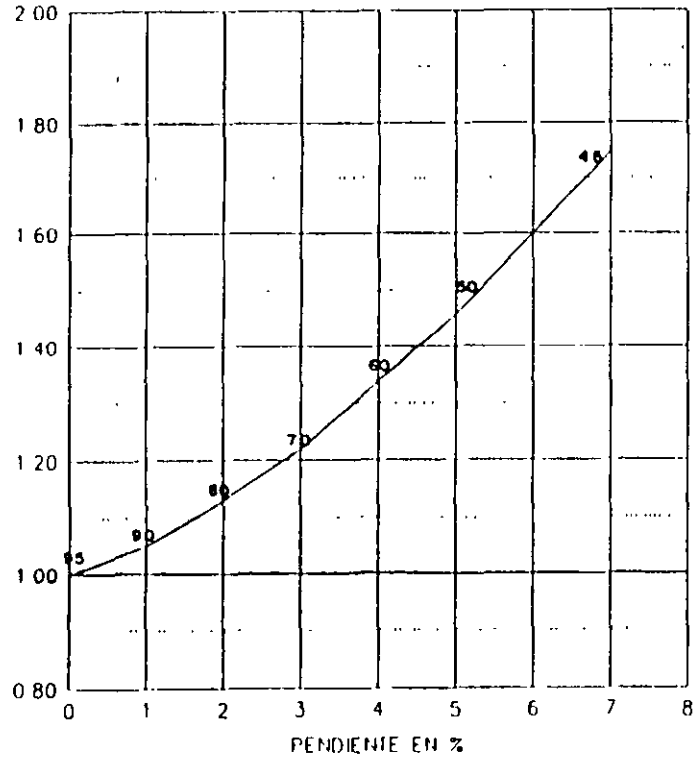
Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grd/km

Figura A3.2

AUTOBUS FORANEO

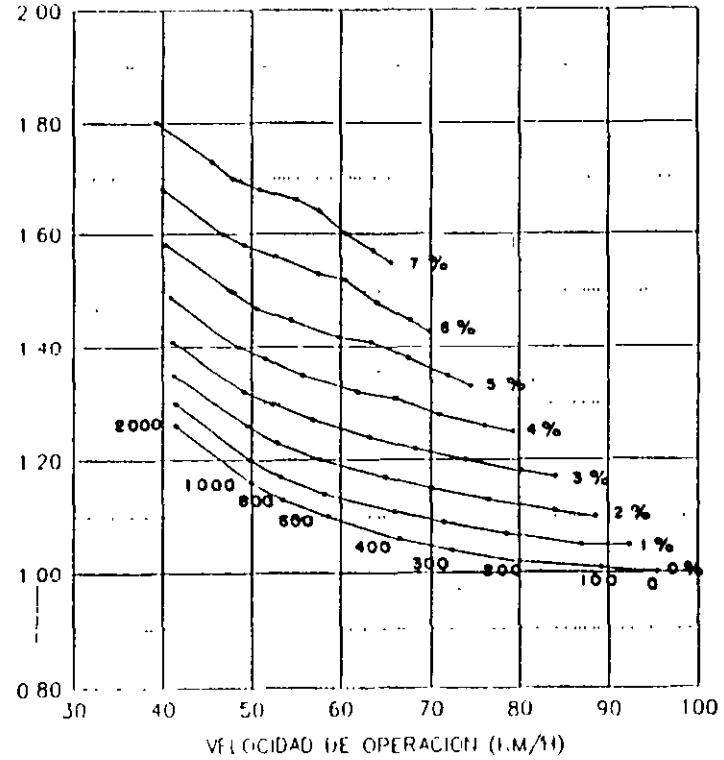
Pendiente en %
Curvatura acumulada en grd/km

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



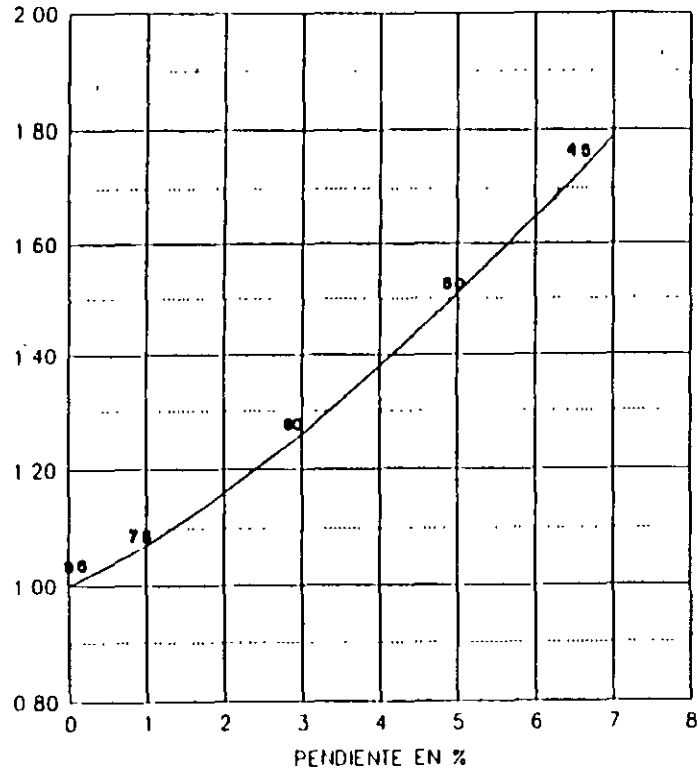
Los puntos y los numeros a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grd/km

Figura A3.3

CAMION LIGERO

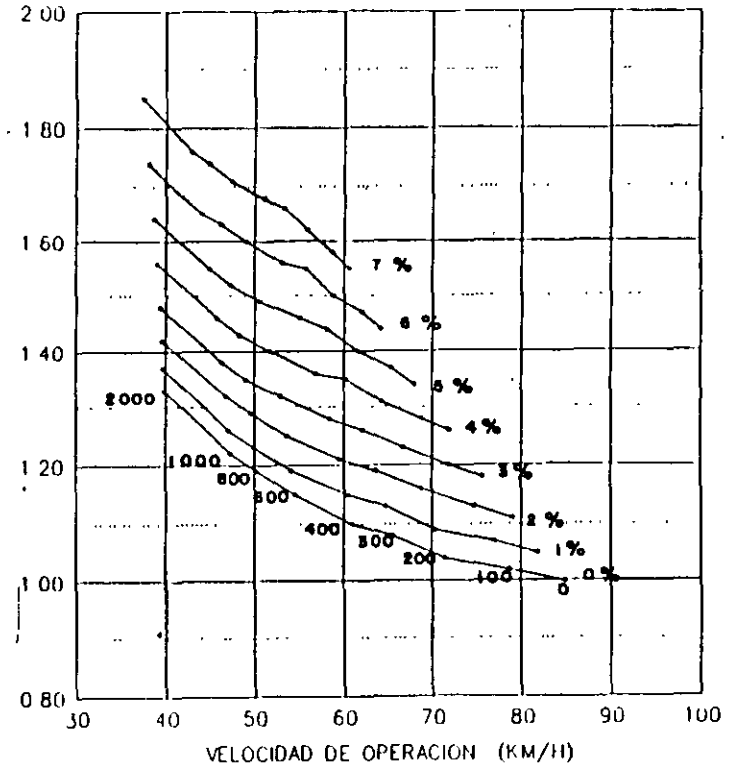
Pendiente en %
Curvatura acumulada en grd/km

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



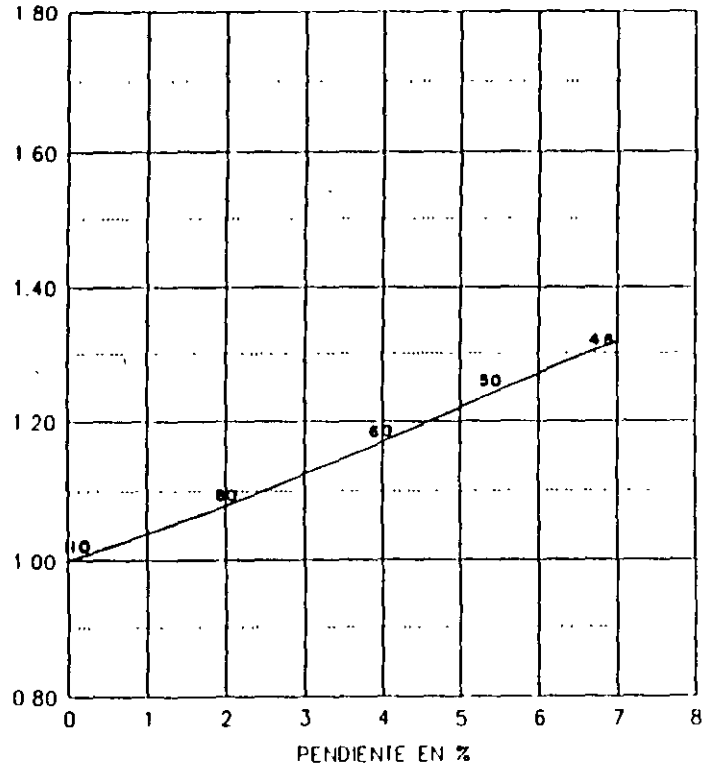
Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grd/km

Figura A3.4

VEHICULO LIGERO
(Utilitario o Automóvil)

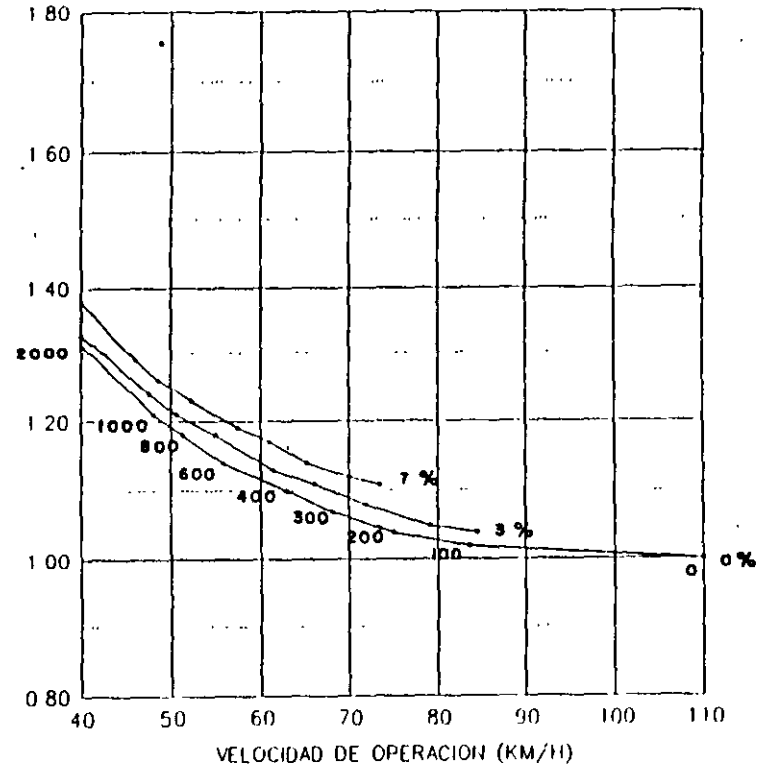
Pendiente en %
Curvatura acumulada en grad/km

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 sobre costo de 2.6, aproximadamente, en relación a la circulación sobre un tramo recto con pendiente cero.

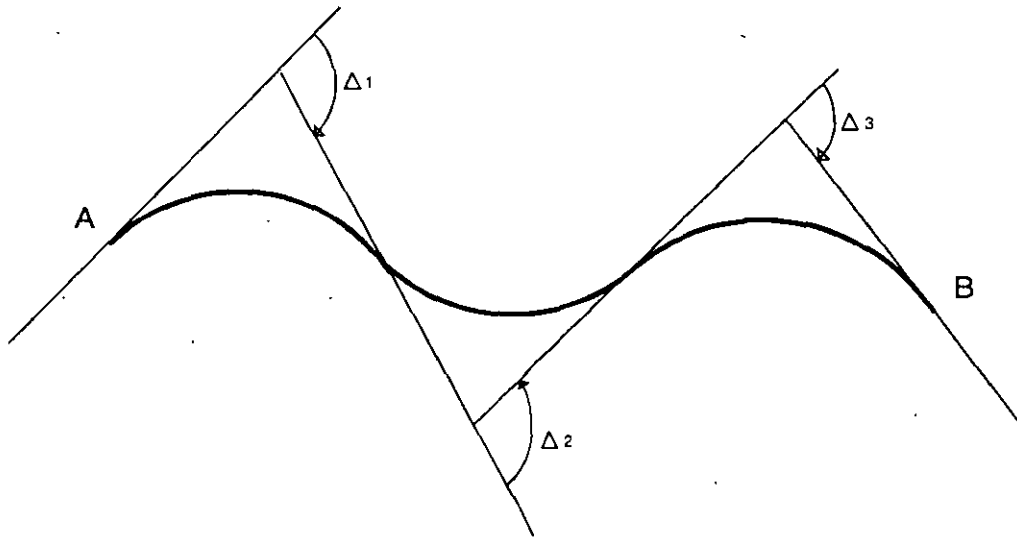
El segundo tipo de gráficas relaciona lo que sucede si se mantiene una determinada velocidad de operación por cuestas con diferentes pendientes y curvaturas. Por ejemplo, para el mismo camión articulado, si la calzada tiene pendiente nula, sólo la curvatura incide en el sobre costo llegando a un valor 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 sobre costo 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 sobre costo se habrá incrementado a 1.75.

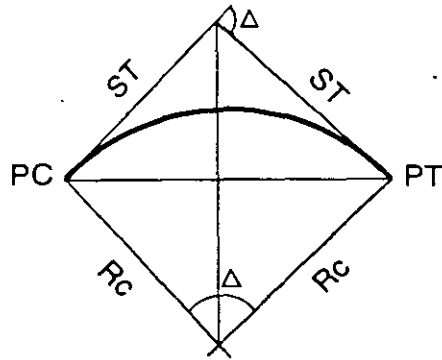
(Los puntos negros sobre las curvas indican los valores de curvatura acumulada que, por claridad, se anotaron únicamente en la gráfica de pendiente igual a cero).

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 sobre costo 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 sobre costo 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 causarían 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

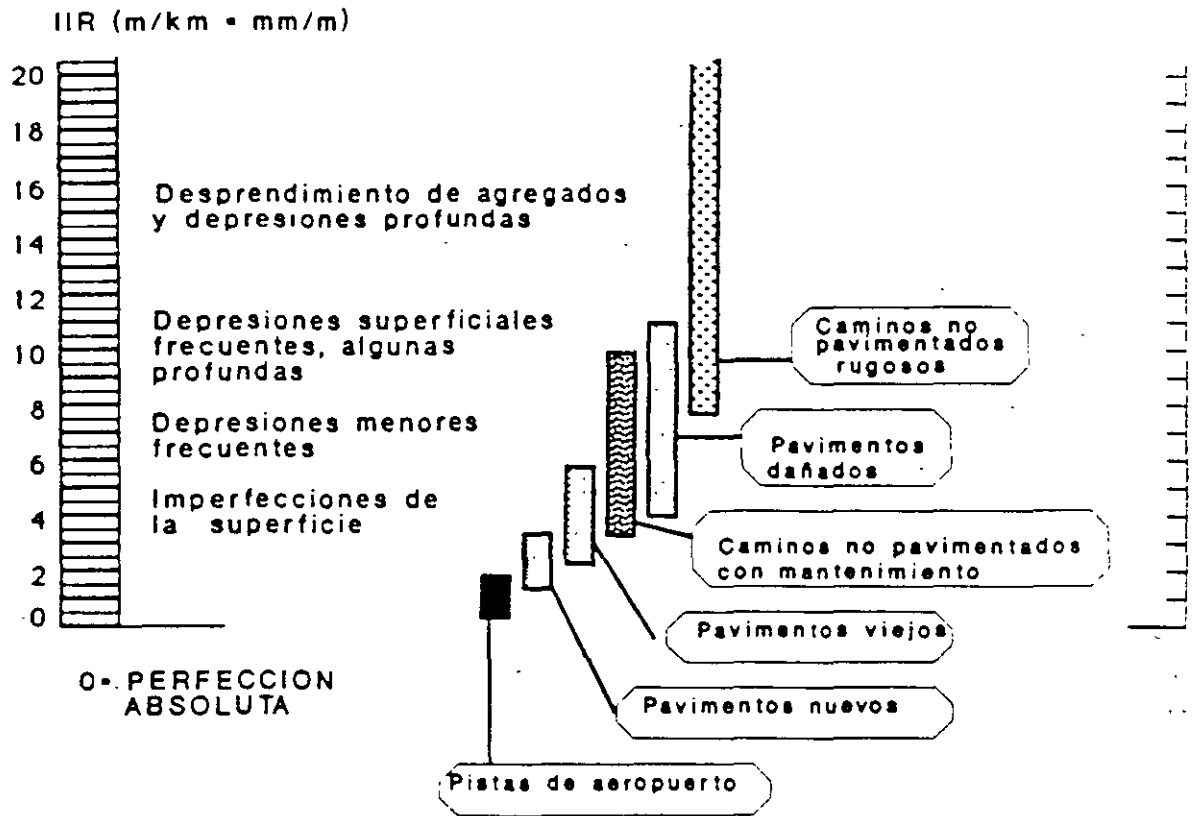
2.1 Indicadores del Estado Superficial.

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.

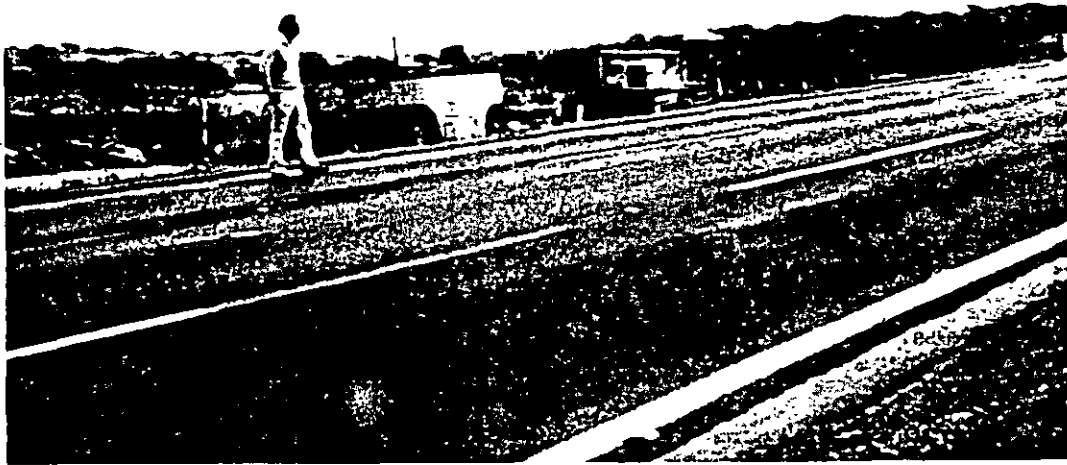
En virtud de que los equipos disponibles para la medición de la rugosidad son muy variados y generan resultados con base en escalas propias, se incluyen las equivalencias aproximadas entre las principales escalas de rugosidad utilizadas internacionalmente (Figura A.3.9). Cabe mencionar que además del 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 (aquél 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

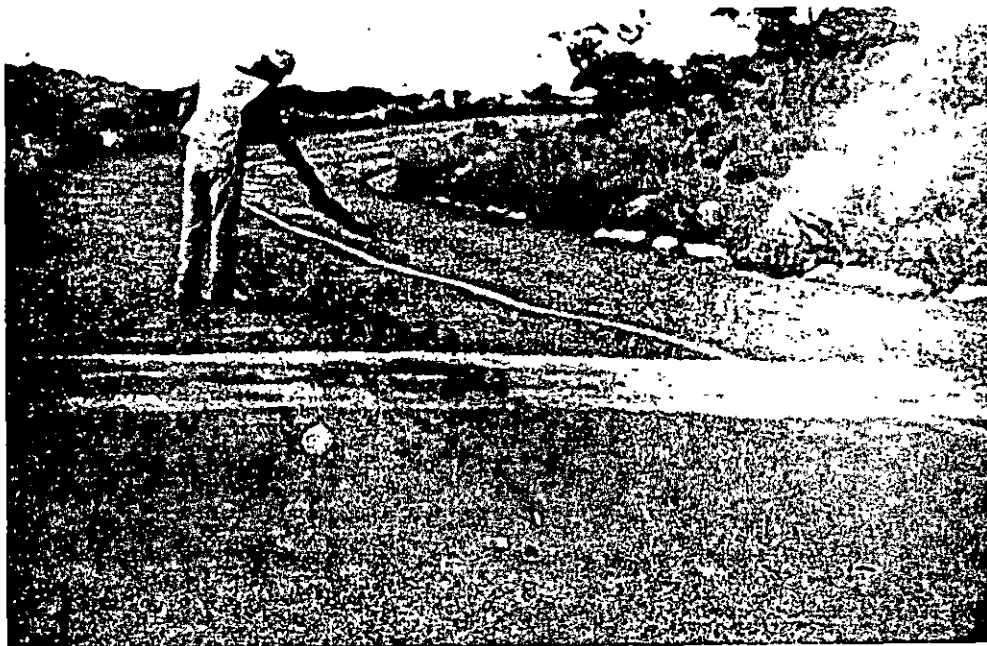
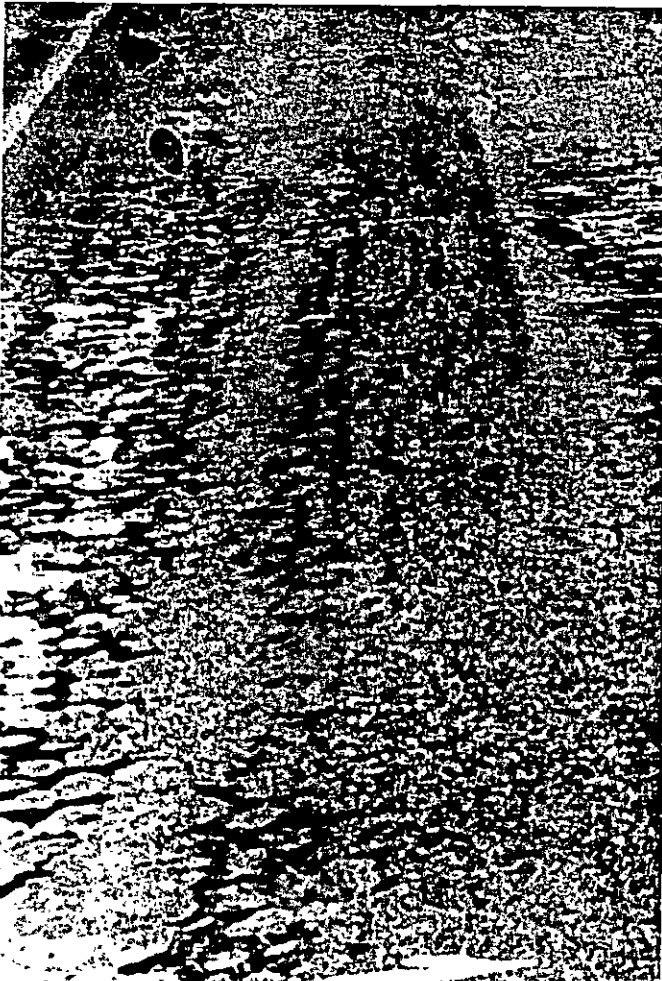
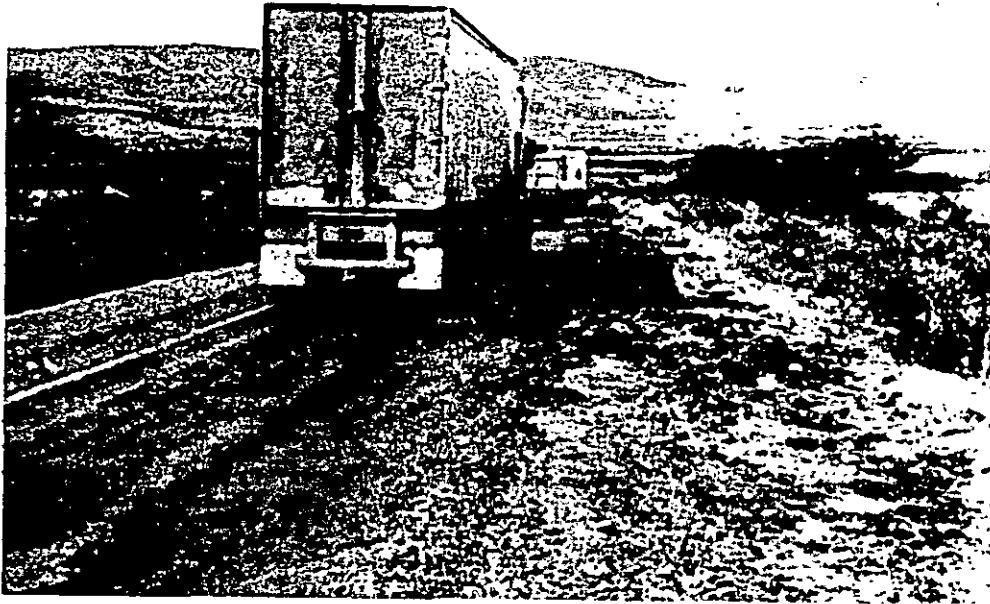


Figura A3.8

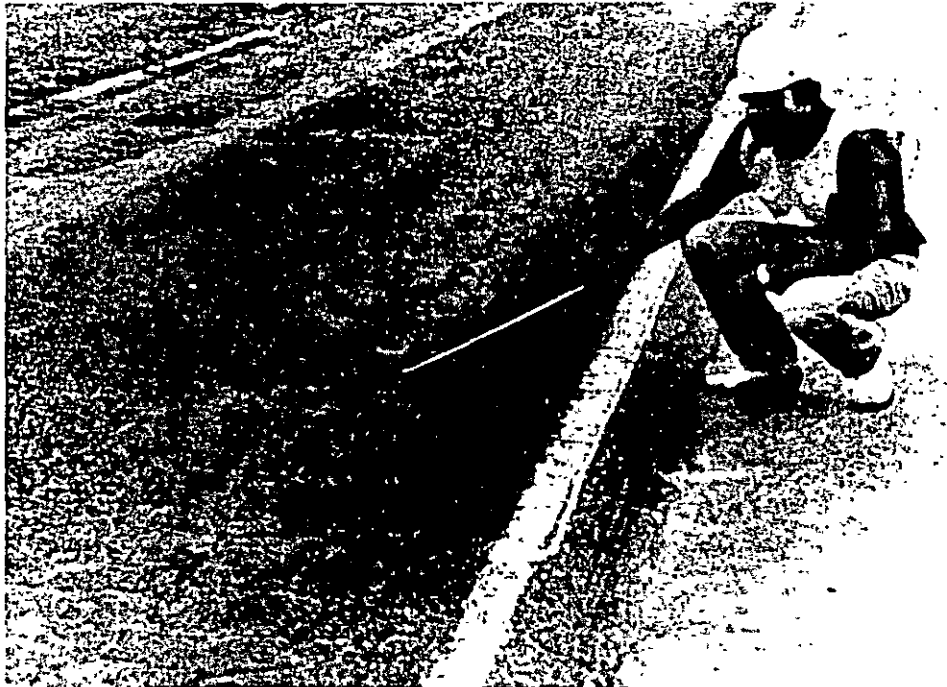


e) IS 2.5 - 3.0
IIR 5.0 - 6.0

ASPECTO DE PAVIMENTOS
CON DIFERENTES RANGOS
DE NIVEL DE SERVICIO E
INDICE INTERNACIONAL DE
RUGOSIDAD.

f) 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.

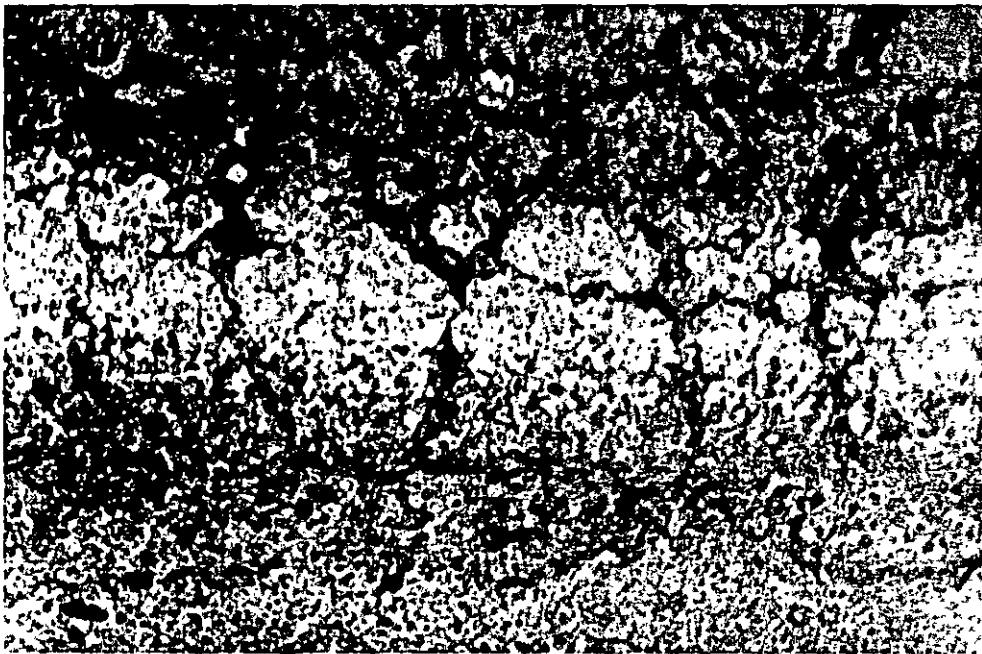
h) IS 1.5 - 2.0
IIR 7.0 - 8.5



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

IIR (m/km)	QIm (count/km)	BIr (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	80	4000	60	12	12	300	6
8	120	6000	80	16	16	400	8
10	160	8000	100	20	20	500	10
12	200	10000	120	24	24	600	12
14	240	12000	140	28	28	700	14
16	280	14000	160	32	32	800	16
18	320	16000	180	36	36	900	18
20	360	18000	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** Indica 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:
 $IIR = QIm/13 + 0.37 IIR$; $IIR < 17$
- BIr** "Bump Integrator Trailer" a 32 km/h, "Transport and Road Research Laboratory", Inglaterra:
 $IIR = 0.0032 BLr^{0.98} + 0.31 IIR$; $IIR < 17$
- PC2.5** "Coefficient of planarity" sobre una base de 2.5 m de longitud para un perfilómetro APL72 "Centre de Recherches Routiers", Bélgica:
 $IIR = PC2.5/16 + 0.27 IIR$; $IIR < 11$
- Wsw** Energía de Onda Corta para un perfilómetro APL72, "Laboratoire Central des Ponts et Chaussées", Francia: $IIR = 0.78 Wsw^{0.63} + 0.69 IIR$; $IIR < 9$
- 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:

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:

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.

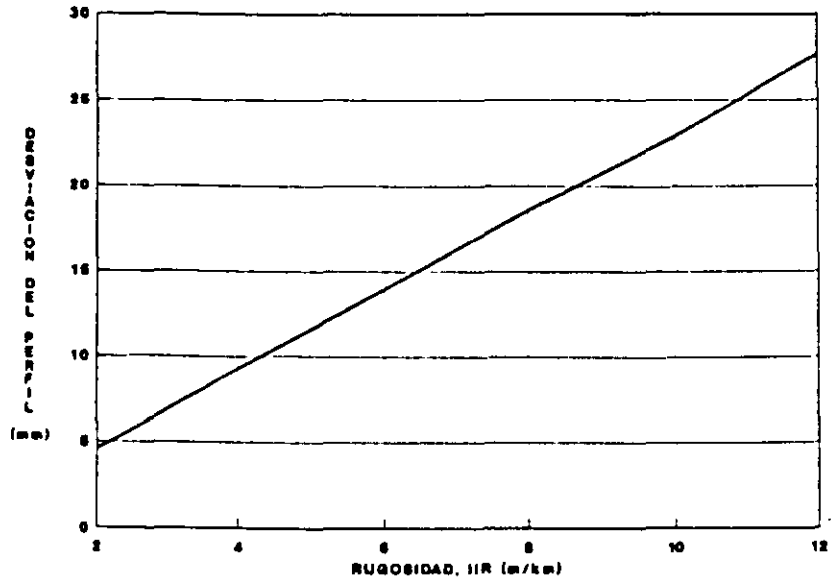
2.2 Gráficas.

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).

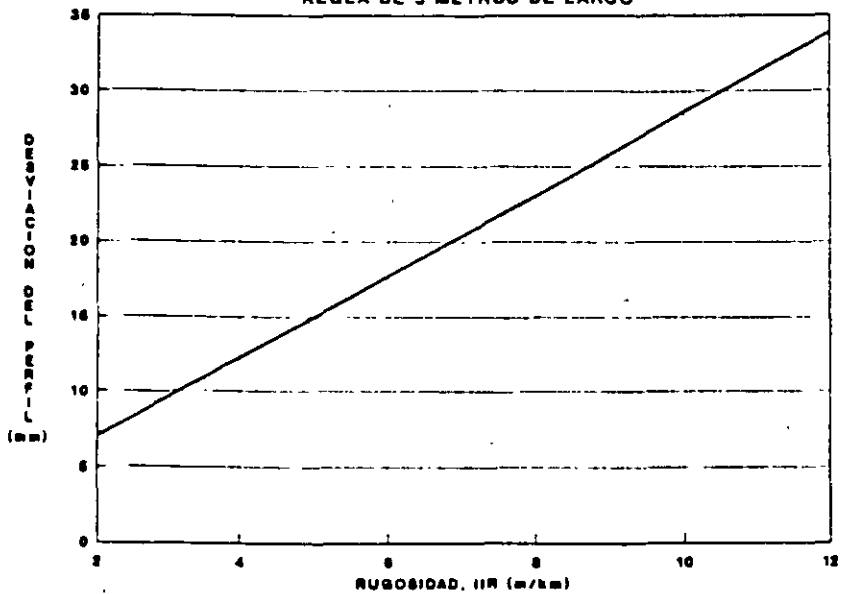
Las gráficas del primer tipo, en la parte superior de las figuras, muestran la relación entre el estado de la superficie de rodamiento, en términos del índice de servicio y del índice internacional de rugosidad y el costo de operación del vehículo como un factor de su costo de operación base, para tres 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.

REGLA DE 2 METROS DE LARGO



REGLA DE 3 METROS DE LARGO



NOTA: Las desviaciones del perfil corresponden al valor del 85 percentil de las mediciones bajo la regla correspondiente.

Fuente: Adaptación de Petersen, W.D.C. (1967), "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

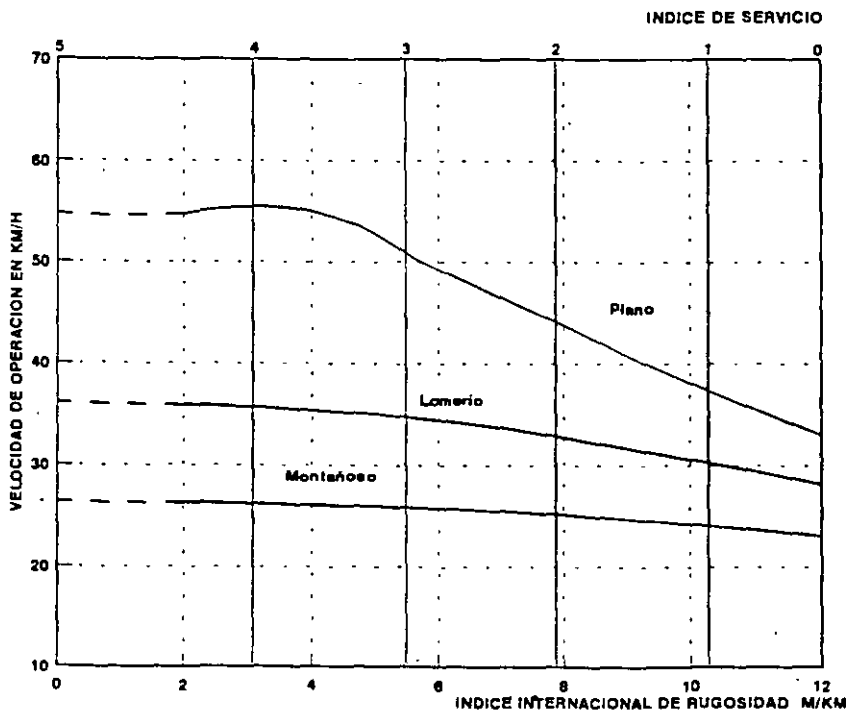
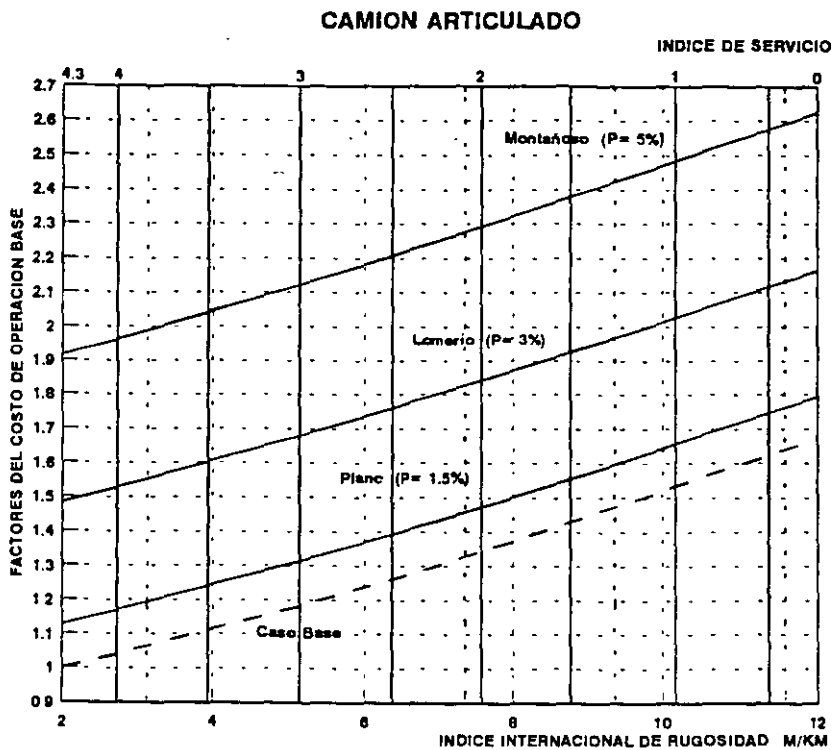


Figura A3.11

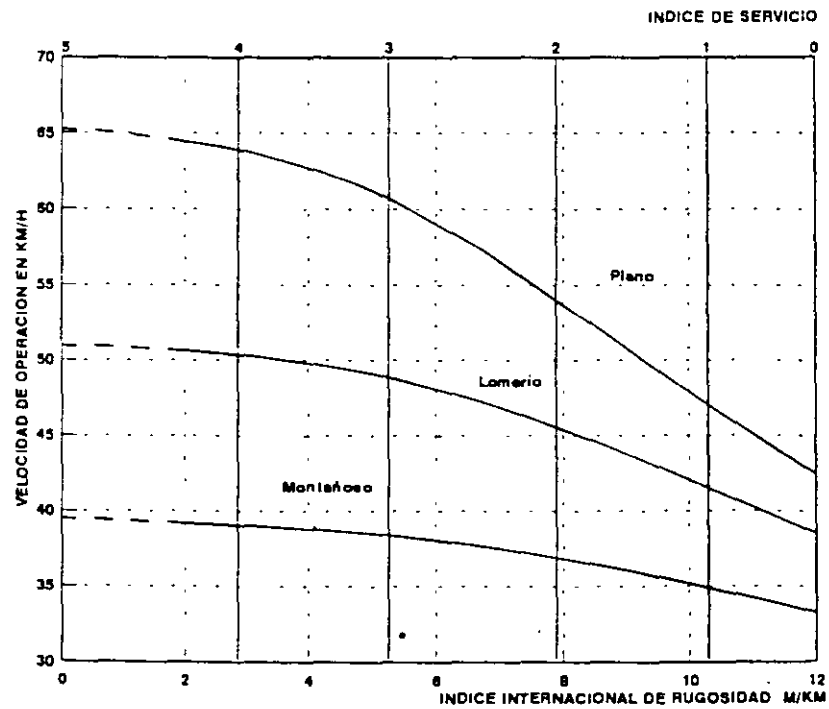
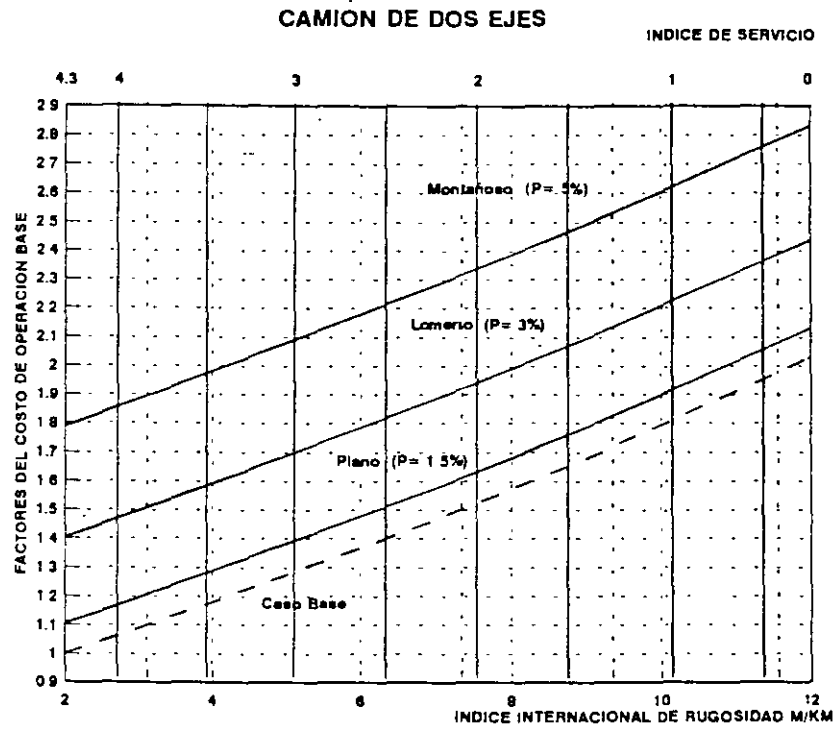


Figura A3.12

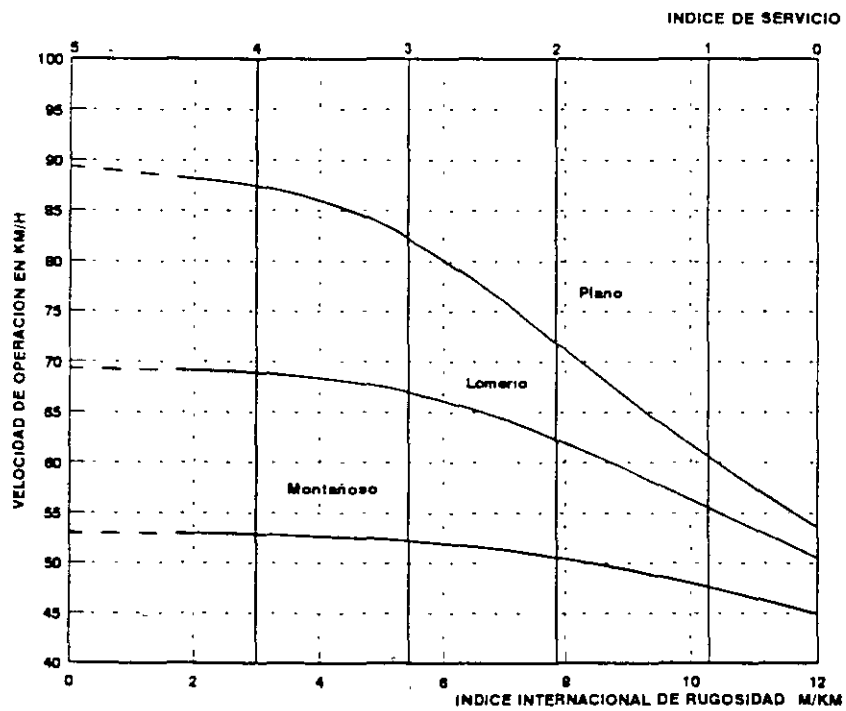
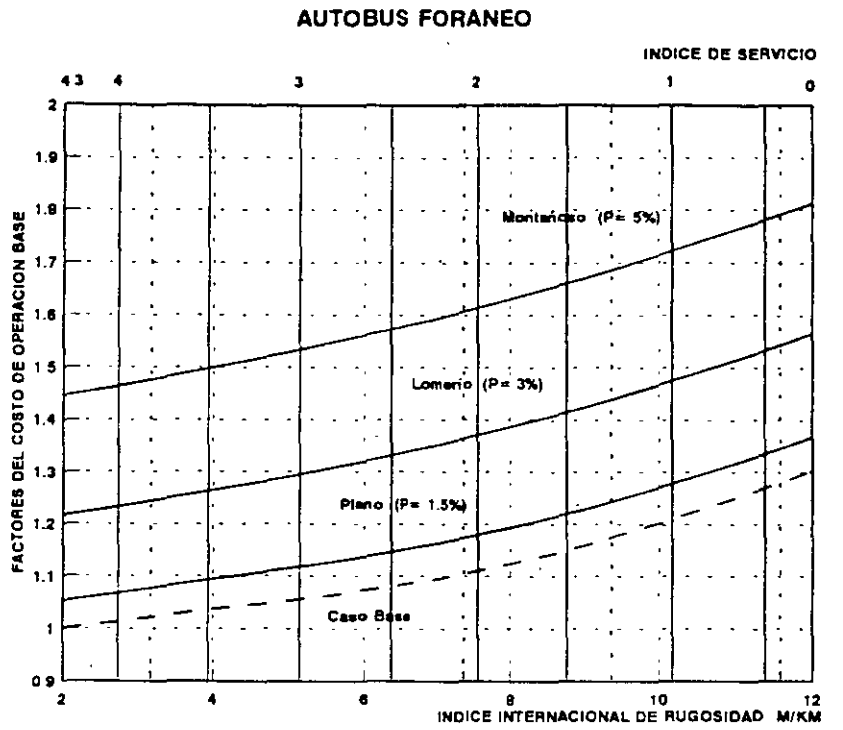


Figura A3.13

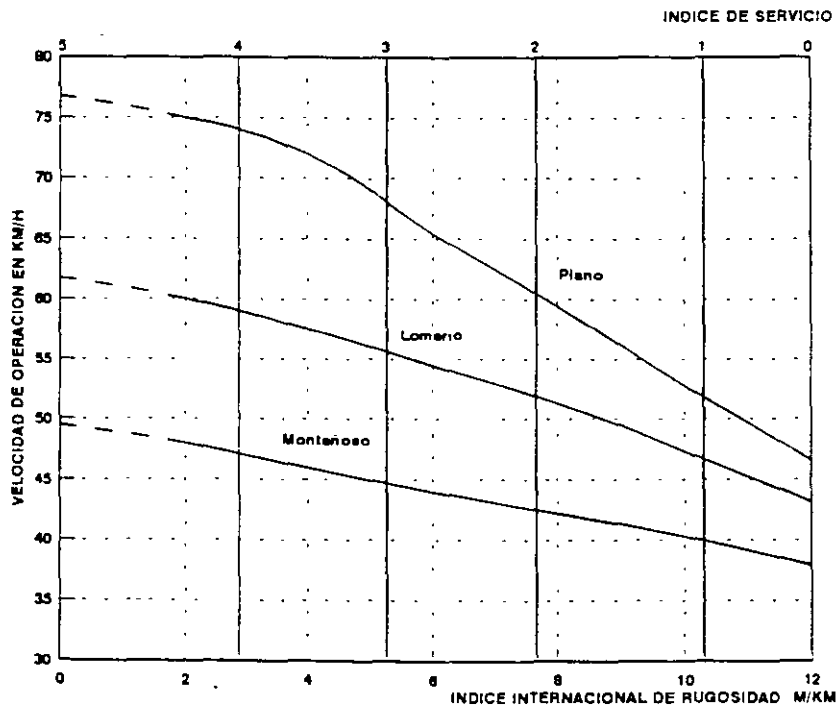
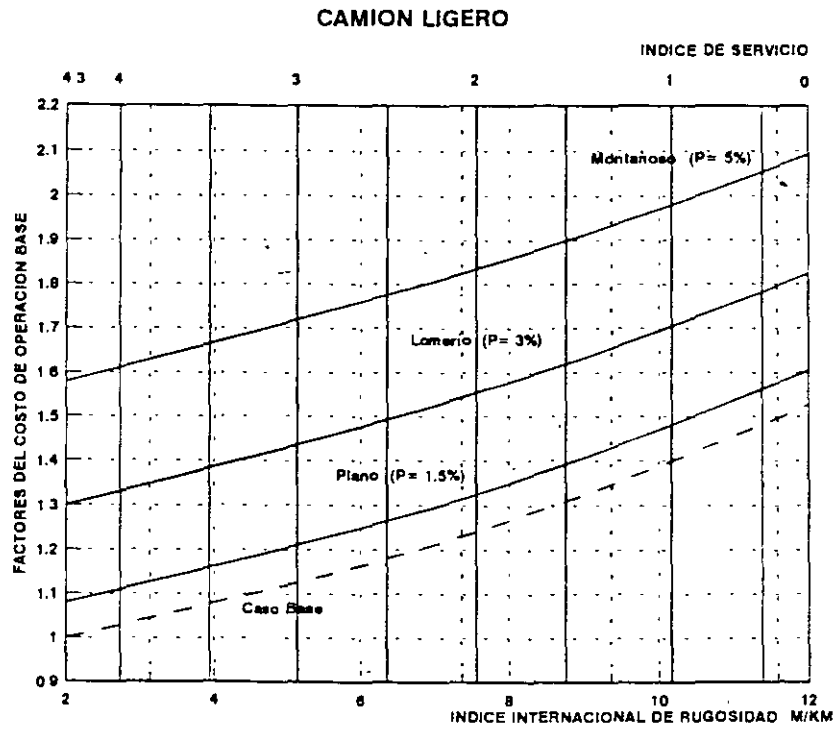


Figura A3.14

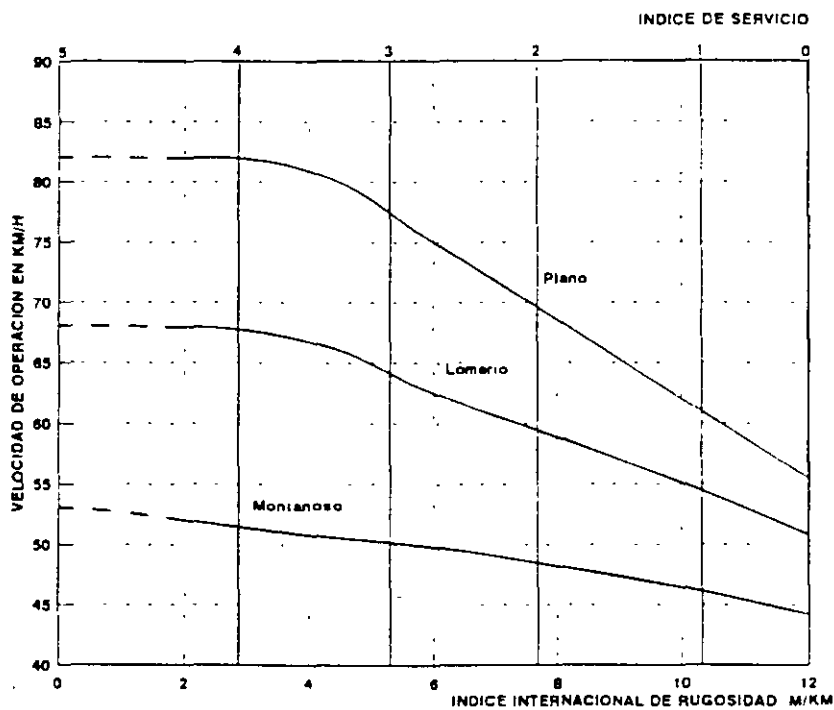
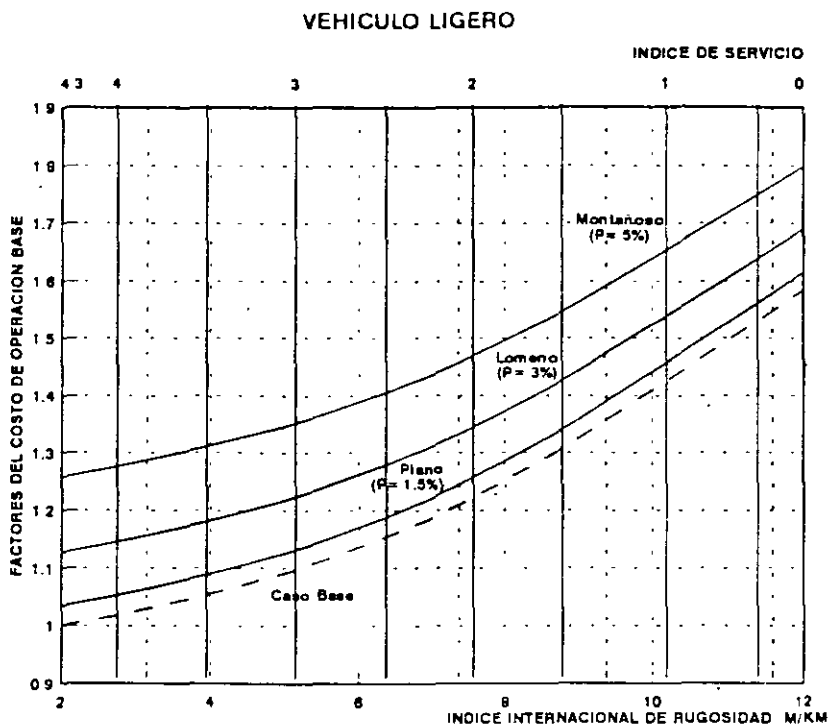


Figura A3.15

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 sobrecosto 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.

CLAVE

CAPITULO

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.

CLAVE

CAPITULO

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.

CLAVE

CAPITULO

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.

CLAVE

CAPITULO

- 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 TALABARERIA; ARTICULOS DE VIAJE, BOLSOS DE MANO Y CONTINENTES SIMILARES; MANUFACTURAS DE TRIPA.

CLAVE

CAPITULO

- 41. Pielés (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.

CLAVE

CAPITULO

- 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.	CALZADO; SOMBRERERIA, PARAGUAS, QUITASOLES, BASTONES, LATIGOS, FUSTAS Y SUS PARTES; PLUMAS PREPARADAS Y ARTICULOS DE PLUMAS; FLORES ARTIFICIALES; MANUFACTURAS DE CABELLO.

CLAVE	CAPITULO
64.	Calzado, polainas, botines y artículos análogos; partes de estos artículos.
65.	Artículos de sombrerería 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.	MANUFACTURAS DE PIEDRA, YESO, CEMENTO, AMIANTO, MICA O MATERIAS ANALOGAS; PRODUCTOS CERAMICOS; VIDRIO Y MANUFACTURAS DE VIDRIO.

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

Apéndice 5. Consideraciones sobre el Comportamiento de Diferentes Tipos de Vehículos en Relación a su Capacidad de Carga y Daño a la Infraestructura

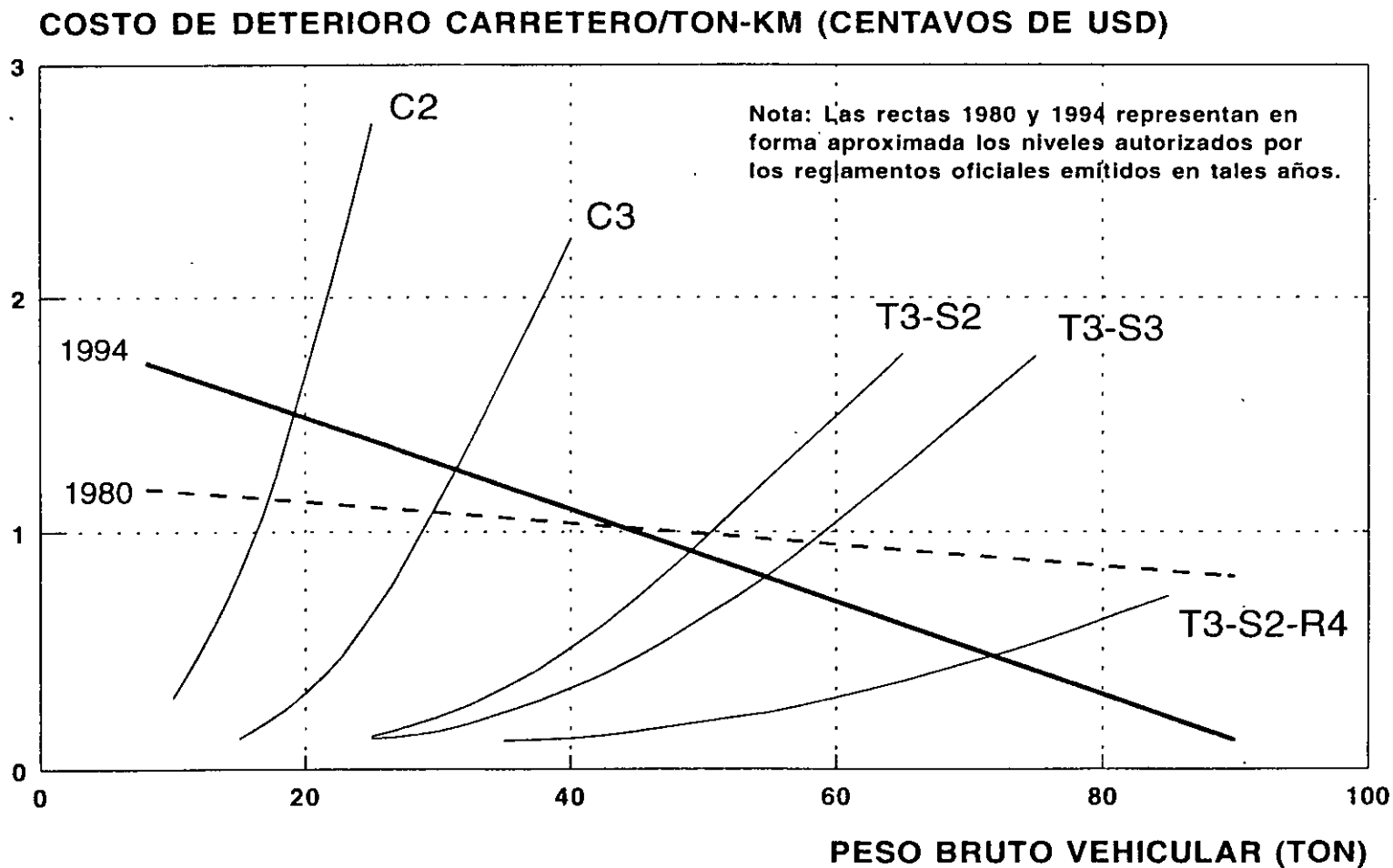


Figura A5.1

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 éste 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

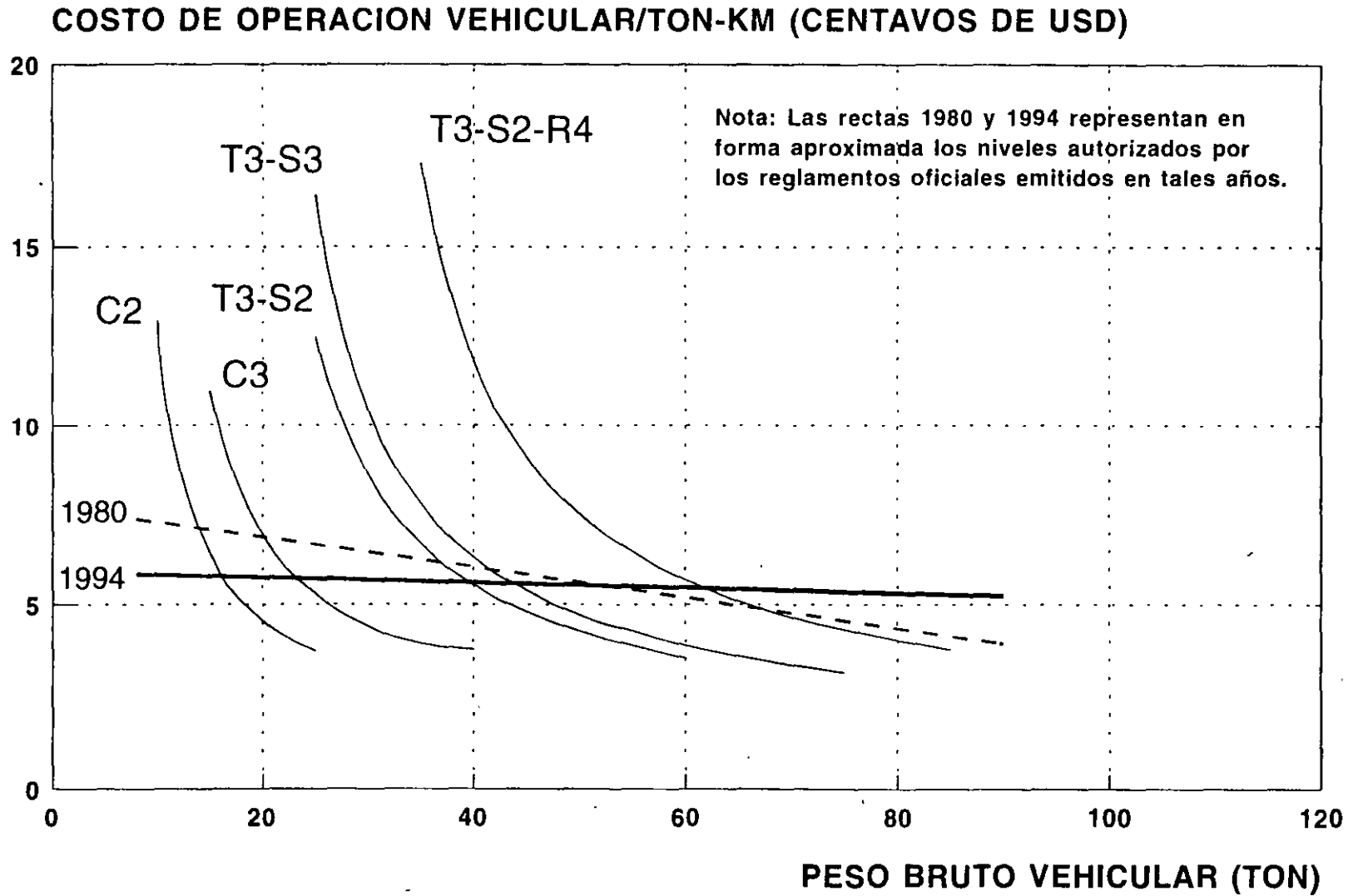


Figura A5.2

COSTOS TOTALES DE TRANSPORTE PARA DIFERENTES TIPOS DE VEHICULOS (DAÑO A INFRAESTRUCTURA Y OPERACION VEHICULAR)

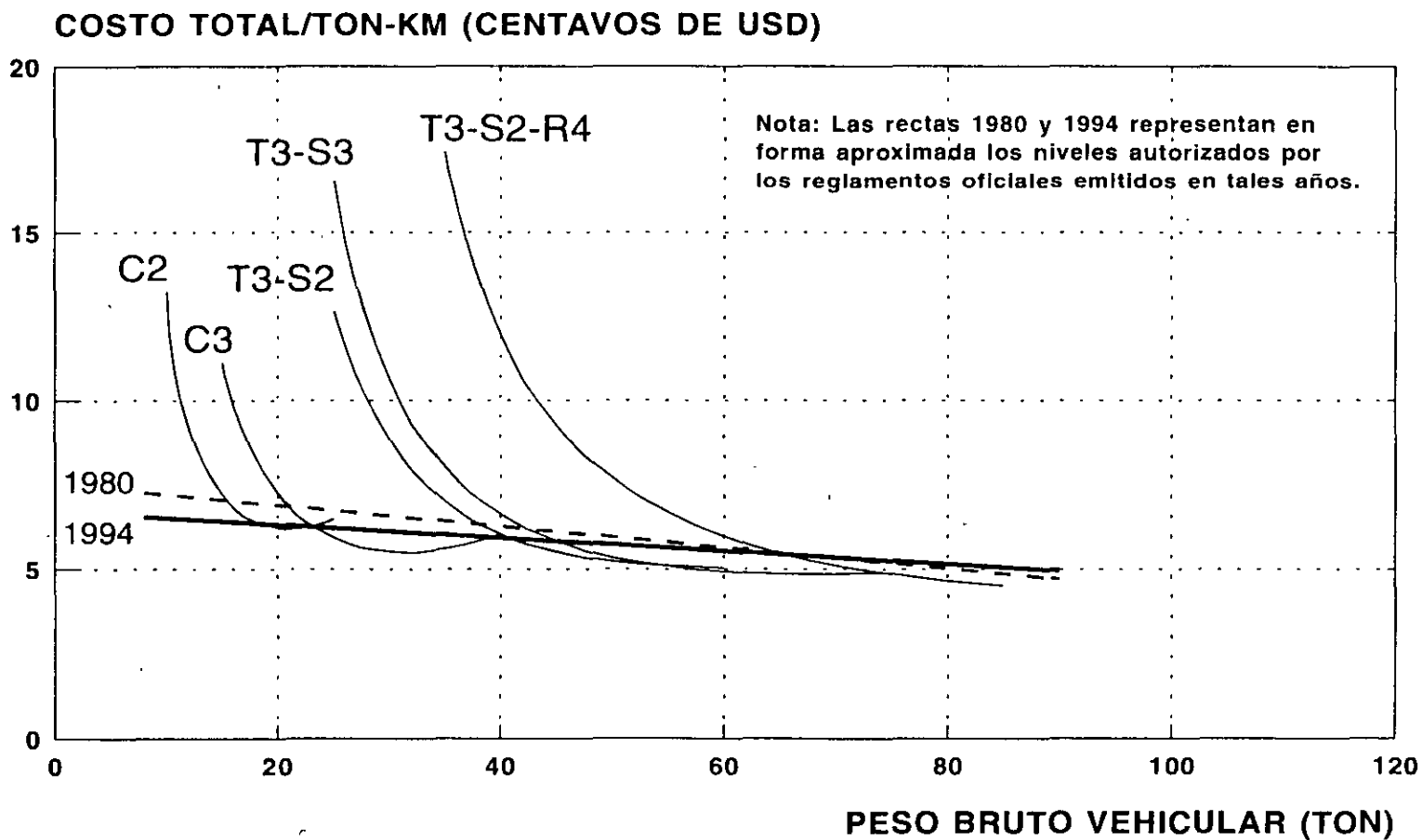


Figura A5.3

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.

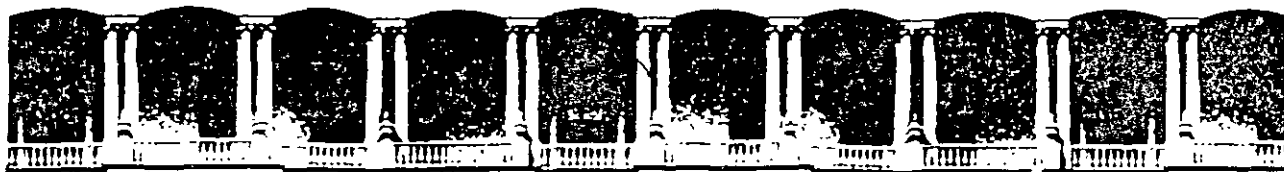
Referencias

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**

DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE
_CARRETERAS

MOD. III

CONSERVACION Y OPERACION

TEMA:

ESTRATEGIA DE LA CONSERVACION DEL SISTEMA CARRETERO
DE MEXICO : SISTEMA DE SIMULACION DE ESTRATEGIAS DE
MANTENIMIENTO CARRETERO (SISTER)

ING: MARIO GONZALEZ
GARCIA

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

ESTRATEGIA DE LA CONSERVACION DEL SISTEMA CARRETERO EN MEXICO: SIS- TEMA DE SIMULACION DE ESTRATEGIAS DE MANTENI- MIENTO CARRETERO (SISTER)

ING. MARIO GONZALEZ GARCIA

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS

A P U N T O S

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS
DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN Y ESTRATEGIAS
Magdalena #21 5º Piso. Col. Del Valle, México D.F.
tels. 682-1610, 682-0280 y 682-5999

1. Presentación general.

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 Red de un país, lo que ocasiona que no solamente se pierdan inversiones cuantiosas, sino que también se incrementen los costos de los usuarios por operación de los vehículos.

Una mayor eficiencia y una mejora en la organización y en el proceso de toma de decisiones ha permitido que la administración de carreteras compense las reducciones presupuestales procurando utilizar de la manera más óptima los recursos, de tal suerte que ha sido posible mantener e incrementar el nivel de servicio de la Red Carretera Federal, 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. Por lo anterior, resulta necesario afirmar que *un sistema de gestión de mantenimiento de carreteras es la mejor herramienta en los procesos de toma de decisiones y de aplicación de resultados.*

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 Carretera Federal y las múltiples soluciones que se pueden aplicar a su conservación, hacen que la planeación y programación de las obras sea un problema difícil de resolver con técnicas convencionales, ya que las decisiones tomadas generan consecuencias inmediatas en los niveles de servicio ofrecidos al usuario, por lo cual es necesario llevar a cabo estas actividades partiendo de datos (insumos) reales y confiables que permitan realizar la planeación con el mayor grado de exactitud posible.

Desde hace aprox. 6 años, y en diferentes etapas, se ha venido realizando la Planeación a nivel Nacional con el modelo Sister, el cual está soportado en la información del estado físico de la Red Carretera Federal obtenido de la inspección visual de los caminos utilizando el método conocido como *inventario a pie*, el cual se lleva a cabo año con año en los diferentes Centros SCT.

Este inventario tiene como propósito principal, la recolección de información para obtener un conocimiento detallado de todas las características de las carreteras, tanto en lo que se refiere a sus alrededores y obras de drenaje, como en lo relativo a los daños de la superficie de rodamiento.

El conocimiento del estado físico preciso de la red, tramo por tramo, influye notablemente para la correcta planeación y programación de los trabajos de conservación, rehabilitación y reconstrucción, y asimismo en las asignaciones presupuestales de cada estado.

Por lo anterior, y dada la importancia de que el personal se encuentre bien entrenado en todo lo relativo al inventario a pie de carreteras, la Dirección General de Conservación de Carreteras organiza talleres regionales cuyo objetivo principal es lograr una adecuada capacitación del personal involucrado en las actividades de dicho inventario, mediante el intercambio de experiencias entre los asistentes y la interacción directa con el personal encargado de utilizar los datos recolectados en el campo.

1.1 El Inventario a pie

En el pasado se realizó un inventario de la RFC utilizando sistemas automatizados con los cuales se hicieron observaciones del pavimento sobre un vehículo que circulaba a 60 km/hr. Este método proporcionó un punto de partida en la implementación del modelo Sister, el cual, sin embargo, requería la valoración de las causas de los deterioros.

La superficie de rodamiento, presenta una serie de fallas que pueden ser ocasionadas por deficiencias estructurales, tanto de las capas que constituyen el pavimento como de las terracerías, lo cual no es observable desde un vehículo en movimiento. Por lo anterior, resulta importante la consideración realizar inspecciones visuales de los alrededores de la carretera y del estado de las obras de drenaje mediante un recorrido a pie por los tramos.

Por consiguiente, se decidió que el método más indicado, en ese momento, para levantar datos y conocer con todos sus detalles una carretera, es la realización de un inventario a pie efectuado por personal con experiencia y conocimiento de los tramos carreteros; lo anterior en virtud de las limitaciones presupuestales para la adquisición de equipo de recolección electrónica

Con el inventario a pie, se consigue información detallada del estado físico, y además, se logra la creación de un Banco de Datos con información valiosa que puede ser consultada con facilidad.

2. El Programa de Simulación de Estrategias de Conservación Vial

En la actualidad, la planeación del mantenimiento carretero es una actividad que demanda intensamente la utilización de metodologías sistemáticas de gestión dada su complejidad. Para afrontar los nuevos retos y las dificultades inherentes al proceso de planeación, la Dirección General de Conservación de Carreteras cuenta con una herramienta de software para la simulación de estrategias de conservación de carreteras llamada SISTER¹. Se presenta aquí una descripción de los objetivos y características de esta herramienta, así como de los resultados obtenidos y beneficios derivados de su utilización.

2.1 Antecedentes

México ha desarrollado, mediante un esfuerzo sostenido, una red carretera de extensión considerable la cual le ha permitido mantener un flujo constante de comunicación a través de todo su territorio.

A más de 50 años de iniciada la expansión de la red carretera, el país enfrenta ahora los problemas derivados de factores tales como: el constante aumento de los volúmenes de tránsito, el aumento en el peso de las cargas transportadas y la carencia de recursos para dar adecuada conservación a toda la red.

Muchas de las carreteras que hoy resultan importantes para el movimiento nacional fueron construidas tiempo atrás para condiciones, evidentemente, diferentes a aquellas que se contemplan en el panorama mexicano actual.

¹ siglas de *Simulation de Strategies d'Entretien Routier*.

FORMATO PARA EL LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO A PIE CORRESPONDIENTE A LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO												
Nombre y No. de la Carretera			MERIDA - CANCUN 180						Fecha			
Tramo			MERIDA - VALLADOLID						SEPTIEMBRE DE 1993			
SUPERFICIE DE RODAMIENTO			50	80	110	140	170	200	230	260	290	320
D A N O S	RODEBAS											
	ASENTAMIENTO TRANSVERSAL											
	ASENTAMIENTO LONGITUDINAL											
	AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL											
	AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL		10									
	PIEL DE COCODRILO											
	AGRIETAMIENTO TIPO MAPA											
	BACHES											
	EXPULSION DE FINOS											
	EROSION LONGITUDINAL DE LA CARP.											
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO			Reconstrucción del tramo				Reconstrucción del tramo					
O A N D S	ABULTAMIENTO											
	DESPLAZAMIENTO DE BORDE											
	MEDIA LUNA $r >= 4cm$											
	MEDIA LUNA $r < 4cm$											
	OTRAS FIBRAS											
	PULIDO DE LA SUPERFICIE											
S	EXCESO DE ASFALTO											
	CAJAVERO											
	DESCASCARAMIENTO											
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO			ADICION DE 1 PCD DE 5000									
DEFLEXIONES (AAI) 1/100mm												
INDICE DE DEGRADACION												
ACOTAMIENTOS I.D.A												
NO. DE CARRILES												
ANCHO DE CALZADA												
IDPA												
VEHICULOS PESADOS												
TRABAJOS RECIENTES			Rehabilitación y Sellado									
TRABAJOS PROGRAMADOS			Rehabilitación y Sellado (1997)									
OBSERVACIONES			LOS TRABAJOS PROGRAMADOS SON DE ESPERA. EL TRAMO REQUIERE RECONSTRUCCION.									

Muchas carreteras por donde circulamos actualmente requieren con urgencia de acciones de reconstrucción en lo profundo, ya que se ha comprobado que sus problemas son atribuibles a fallas estructurales que dan pie a deterioros no subsanables con tratamientos de conservación enfocados hacia la superficie de rodamiento.

El establecimiento de programas de conservación efectivos que ayuden a mantener la transitabilidad de los caminos y que determinen acciones concretas para atacar los problemas del deterioro, de raíz, considerando los apremios presupuestales, no es del todo posible sin que exista un proceso de planeación de la conservación vial que esté sustentado en un modelo sistematizado que satisfaga las expectativas de los responsables de la gestión vial.

Bajo esta consideración, la DGCC contrató a la firma francesa BCEOM² para que adaptase a las condiciones mexicanas su modelo informático SISTER para la simulación de estrategias de conservación de carreteras, y llevase a cabo, también, un programa de asistencia técnica en lo concerniente al mantenimiento vial.

2.2 Descripción del modelo SISTER

SISTER es el nombre del programa de cómputo capaz de realizar la simulación de la aplicación de una estrategia de conservación sobre una red carretera y visualizar, en términos del estado físico, las consecuencias que una determinada política de mantenimiento tendría sobre la red para un horizonte de planeación específico.

² Esta empresa comenzó los trabajos de asesoría en el año de 1991, terminando su contrato a finales del mes de julio 1996.

El *modelo del planeación SISTER* contempla, además del software, a un conjunto de tareas bien definidas que forman parte de la metodología de planeación y que son determinantes para conseguir los resultados perseguidos. Estas tareas están enfocadas al tratamiento (recolección y análisis) de los datos superficiales, estructurales y de alrededores de las carreteras para que sean procesados, posteriormente con el programa de cómputo.

2.3 Objetivo del modelo

El modelo tiene como objetivo fundamental planear a corto, mediano y largo plazo el estado físico de la red carretera federal

- 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.

2.4 Requisitos del modelo

Para que el programa de cómputo realice los cálculos necesarios, es indispensable contar con información concerniente al estado físico de la carretera, volúmenes de tránsito, porcentaje de vehículos pesados y otros más relativos a zonas climáticas, zonas de costos, costos unitarios, etc. Tal información constituye la base de datos específica de entrada del programa.

2.4.1 Datos carreteros

La razón principal de las fallas de los pavimentos en México es la falta de capacidad de carga de las capas inferiores como el cuerpo del terraplén, subrasante, base y sub-base; además de que la falta de drenaje de las aguas superficiales o internas, contribuye, en gran medida, a agravar el problema del deterioro.

En ausencia de métodos automatizados de recolección de datos con instrumentos sofisticados que por su elevado costo no resultan viables presupuestalmente; los exámenes detallados y objetivos de la superficie de rodamiento, la realización de sondeos para determinar la estructura del pavimento y la evaluación de las condiciones de las obras de drenaje son de invaluable ayuda para determinar las causas de los deterioros y diseñar una estrategia de mantenimiento que brinde soluciones adecuadas. Un levantamiento de datos de esta naturaleza sólo se puede llevar a cabo mediante el recorrido a pie por los caminos.

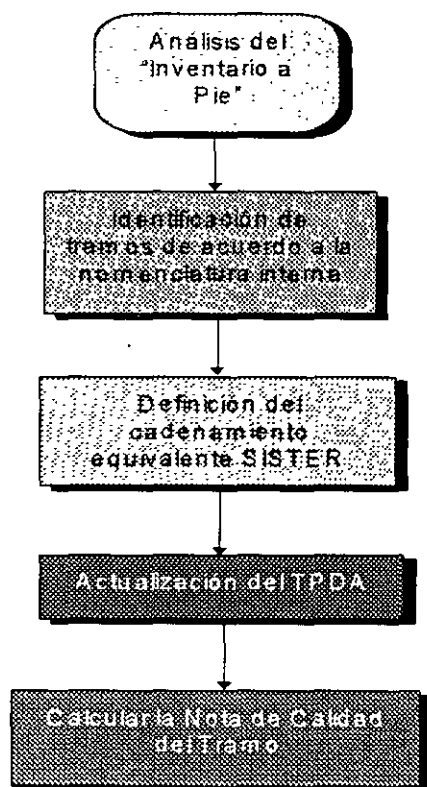


Figura 1 Procedimiento general de análisis de inventarios a pie

mediante la aplicación de una estrategia de mantenimiento vial en la cual se definen los trabajos necesarios para alcanzar las metas físicas establecidas considerando los apremios presupuestales. Lo anterior señala, entonces, como metas de la planeación:

Los datos carreteros inventariados en el recorrido a pie son analizados exhaustivamente para obtener una nota que caracteriza el aspecto superficial de los pa-

vimientos la cual se denomina *nota de calidad*³.

El recorrido a pie de las carreteras permite, pues, recolectar toda la información necesaria para alimentar al programa y para formar una base de datos detallada sobre los tipos de daños que presenta la superficie de rodamiento, la composición estructural de la carretera, el estado físico y condiciones de operación de las obras de drenaje, además de los datos correspondientes a la geometría, el trazo, señalamiento e intersecciones de los caminos, representando esto el punto de partida del Modelo.

2.5 Características del programa SISTER

Este programa opera asignando una crónica de trabajos descritos en una estrategia de mantenimiento, sobre tramos carreteros cuya situación física (Nota de Calidad y de Rugosidad) y de tránsito (TDPA y %VP) han sido previamente inventariadas.

Para un determinado trabajo de mantenimiento asignado a un tramo, se calcula el costo de las obras y el costo de operación vehicular; asimismo, calcula el incremento en el tránsito total del tramo en base a una tasa de crecimiento previamente establecida. Más tarde, el programa coloca una nueva Nota de Calidad y de Rugosidad para el tramo de acuerdo con lo establecido en la estrategia de mantenimiento.

Con base en lo anterior, el programa puede simular trabajos de mantenimiento sobre una carretera en un periodo determinado de estudio y pronosticar los resultados de una determinada política de conservación.

2.6 Descripción técnica

- Desarrollado y compilado en *Turbo Pascal 6.0*
- Su interfaz de usuario está basada en las funciones de la biblioteca *Turbo Vision* de Turbo Pascal.

- El modo de operación del programa está basado en el "Manejo por Eventos" (Event-Driven), el cual facilita su uso por incorporar controles especiales que responden a una orden del usuario mediante la presión de una tecla o el uso del ratón.
- SISTER brinda algunas facilidades para la transferencia de información mediante métodos de Importación/Exportación entre archivos de tipo ASCII delimitado y LOTUS 123.

2.7 Requisitos de Hardware

- Computadora IBM-PC o compatible con procesador 80x86.
- Tamaño de la memoria RAM de por lo menos 1Mb.
- Espacio en disco duro de por lo menos 5Mb.

El manejo de archivos de datos de gran tamaño aunado a la simulación de estrategias complejas, rebasan los requerimientos mencionados. Es por ello que la configuración recomendable para operar el programa con mayor comodidad es la siguiente:

- Computadora IBM-PC o compatible con procesador 80486.
- Memoria RAM ≥ 8 Mb.
- Espacio en disco duro de por lo menos 20 Mb.

2.8 Funcionamiento del Programa

SISTER requiere de datos de entrada o insumos para realizar el procesamiento de la información y obtener resultados útiles y significativos para el usuario. Estos datos de entrada se pueden dividir en tres categorías:

- *Datos Base.*- Son aquellos derivados del análisis de daños realizado con los datos recolectados mediante el inventario a pie.

³ Es el parámetro de estado que caracteriza el aspecto superficial de los pavimentos.

Proyecto	Zonas	Clases	Obras	Tramos	Estrategia	Calidad	Utilidades	Fin					
Nº	km	km	Rut	Zona	Zona	De	Cent	Año	Est	Tramo	RUP	Nota	Nota
Admin	inici	final	Clas	Cost	Cost	De	Cost	Año	Car	total	total	Final	Hoy
01			01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
02			02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
03			03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
04			04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
05			05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
06			06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06
07			07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
08			08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08
09			09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09
10			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11			11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12			12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13			13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14			14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16			16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17			17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18			18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19			19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21			21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22			22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23			23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24			24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25			25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26			26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27			27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28			28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29			29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30			30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31			31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

figura 2 Aspecto de la pantalla de captura de datos de tramos carreteros de SISTER

- **Datos de referencia.**- Son "Catálogos de Datos" que sirven de soporte para la realización de un cálculo determinado. El programa realiza cálculos y comparaciones en base a datos relativos a : Costos Unitarios, Zonas Climáticas, Zonas de Costos, Naturaleza de las obras, etc.
- **Datos Variables.**- Son los que caracterizan los cálculos de un proceso y son llamados comúnmente "Parámetros de Cálculo". Pueden ser cambiados para modificar el desarrollo de la simulación.
- **Datos Cardinales.**- Son los que conducen el desarrollo de los cálculos fundamentales del programa, y por ende, determinan los resultados de una simulación. Estos datos están representados por la "estrategia de mantenimiento".

3. Panorama de las estrategias de mantenimiento

El programa SISTER permite definir estrategias de mantenimiento y medir los efectos a largo plazo sobre la evolución técnica de la red, esto es, su nivel de servicio y las necesidades presupuestarias.

Por convención se le llama "estrategia" al conjunto de los escenarios que se aplican a tramos de características distintas. Existen tantos escenarios como combinaciones de valores hayan para los parámetros característicos de un tramo. Por

ejemplo, si se definen dos zonas climáticas, cinco clases de tránsito y cinco factores de decisión, se formarán entonces 50 escenarios que, en su conjunto constituirán una estrategia.

Una estrategia de mantenimiento está compuesta por una crónica de trabajos de mantenimiento que se deben aplicar a la carretera de acuerdo a factores tales como la zona climática, el tipo de tránsito pesado, nota de calidad y de rugosidad⁴.

La estrategia de mantenimiento es descrita a lo largo de todo un "ciclo de vida" de la carretera, y su duración se fija en función de las condiciones particulares de los grupos de tramos homogéneos⁵ de red.

La crónica de trabajos arranca mediante el establecimiento de una *nota de calidad* (NC) y de *rugosidad* (NR) para una combinación de las variables *zona de clima* y *clase de tránsito pesado* para un primer año de estudio. Es decir, para una combinación donde la zona de clima sea desértica y templada (CL1) y la clase de tránsito pesado sea del tipo TPO⁶, una carretera

⁴ Esta nota no tiene relaciones con la capacidad de resistencia de los pavimentos, sin embargo, está ligada a los gastos de funcionamiento de los vehículos y su conocimiento es fundamental para el cálculo de los costos de transporte.

⁵ Un grupo de tramos homogéneos se determina en función de la similitud de sus características técnicas.

⁶ consulte tablas 1 y 2

que se encuentre bajo esas condiciones puede arrancar el primer año de estudio con el valor más alto de la nota de calidad y su correspondiente de rugosidad, supongamos 19 y 2, respectivamente. Posteriormente, se asigna un código de trabajo de mantenimiento en correspondencia con la calificación de NC y NR, digamos, conservación rutinaria (con código A1). Para el siguiente año del estudio, la carretera puede mantenerse en condiciones operativas sin realizar trabajo alguno. Para el año 3, si a criterio del ingeniero, la carretera ha sufrido daños que merezcan una disminución en su nota de calidad, la nueva NC y NR se anotan y se le asigna a la carretera un trabajo de mantenimiento, digamos A3, que corresponde a un calaveo y bacheo.

El análisis es llevado a cabo de esta manera por un periodo de tiempo determinado por las políticas de la estrategia hasta que para un año de estudio dado, digamos el 14, la carretera se ha degradado hasta poseer una NC de 7 y una NR de 13; esta combinación ameritaría los trabajos A1 (Alrededores) y P5 (Bacheo + Tratamiento Superficial Simple).

Las estrategias de mantenimiento son diferenciadas con un par de números que bien pueden denotar el año para el cual se realiza la estrategia o el techo financiero al que está sujeta. La estrategia de mantenimiento es el elemento sobre el cual gira el procesamiento de la información en SISTER.

3.1 Simulación de las estrategias

El cálculo fundamental del programa, es decir la simulación de una estrategia, consiste en la asignación de trabajos de mantenimiento a los tramos carreteros y

la determinación de los costos para cada trabajo, el cálculo del incremento anual del tránsito y de los costos de operación vehicular. Otros cálculos del programa tienen que ver con los indicadores económicos de la estrategia y el comportamiento físico de la red en el periodo de estudio.

Toda la información que SISTER requiere para realizar los cálculos se almacena en distintos archivos electrónicos de acuerdo a la naturaleza de los datos. La información obtenida del análisis de los inventarios a pie, se guarda en un archivo que funge para SISTER como un "catálogo de tramos"; asimismo, el resultado de la síntesis de una estrategia es un archivo que almacena la crónica de trabajos de mantenimiento. Estos archivos, junto con otros "catálogos de referencia" (Costos

Zona Clima	Clase Trans	Dec	Tipo obra	Año	Nota Cali	Nota Rugo	Natur Obra1	Natur Obra2	Natur Obra3
CL1	TPO	1	S	1	19	2	A1		
CL1	TPO	1	S	2	19	2			
CL1	TPO	1	S	3	18	2		A1	
CL1	TPO	1	S	4	17	3	A1		
CL1	TPO	1	S	5	16	3			
CL1	TPO	1	S	6	14	6			
CL1	TPO	1	S	7	13	7	A1		P5
CL1	TPO	1	S	8	16	3			
CL1	TPO	1	S	9	15	5	A1		
CL1	TPO	1	S	10	14	7		A1	
CL1	TPO	1	S	11	11	9			
CL1	TPO	1	S	12	9	9	A1		
CL1	TPO	1	S	13	8	12			
CL1	TPO	1	S	14	7	13	A1		P5

Unitarios, Rutas, Clases de tránsito, Zo-

figura 3 Fragmento de una estrategia de mantenimiento definida dentro del programa SISTER

nas de Costo, Zonas de Clima, etc.) conforman las entradas de datos del programa.

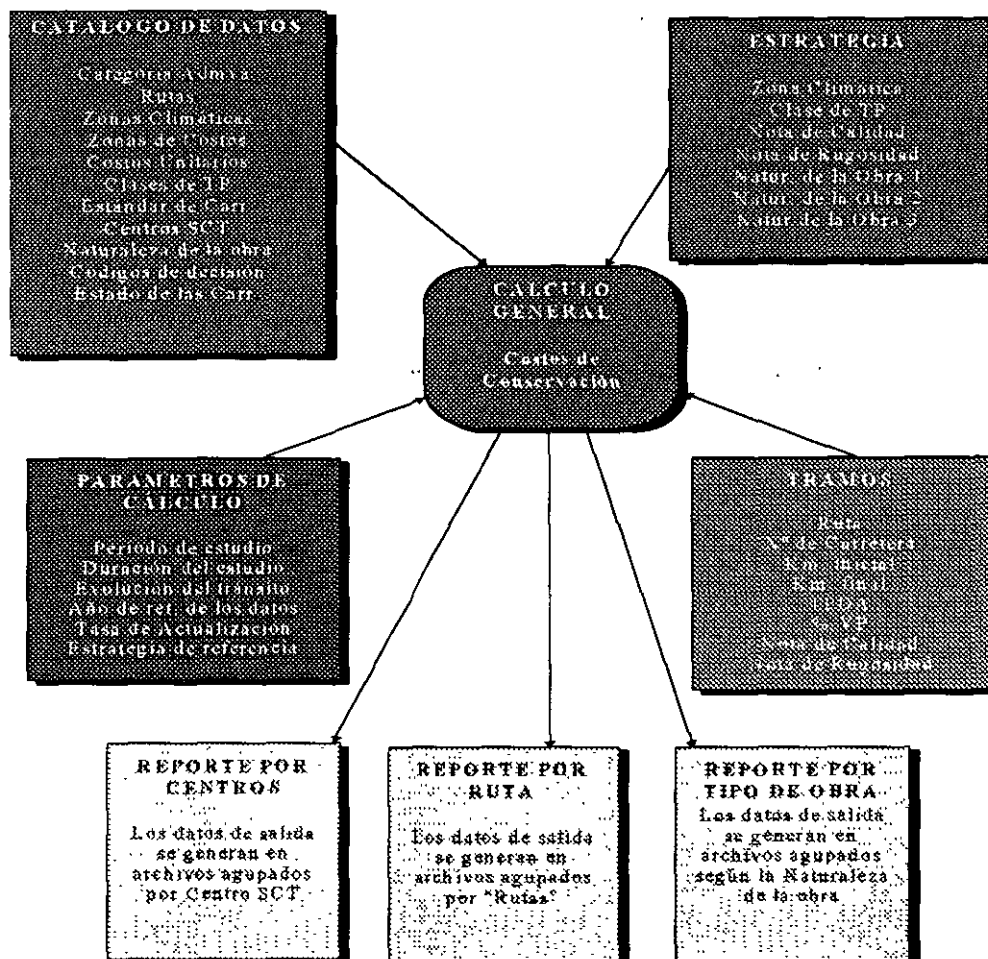


figura 4 Esquema de Entrada/Salida de datos del cálculo general de SISTER.

3.2 Resultados

Como resultado de una corrida, el programa brinda diversos tipos de reportes en distintas modalidades: la información es reportada ya sea en forma tabular (Tablas cruzadas o cartesianas), en forma plana y en forma de gráfico.

Las tablas y los gráficos contienen las cantidades acumuladas de tres variables principales: kilometraje, costo de los trabajos y COV.

Las tablas pueden dar lugar a 4 niveles de agrupamiento definidos por el usuario, mientras que los gráficos pueden tener hasta 3 dimensiones. Lo anterior permite clasificar los resultados según una combinación de parámetros; por ejemplo:

- Zonas administrativas (Residencias Generales de Conservación)
- Número de carriles
- Naturaleza de los trabajos
- Período de estudio
- etc.

Otro reporte que puede ofrecer el programa es el relacionado con el balance económico de la estrategia estudiada, en relación con una estrategia de referencia establecida como parámetro de cálculo.

Aquí se calcula el valor presente de las series de costos de mantenimiento y las series de Costos de Operación de Vehículos. Se calculan también las diferencias entre esas series para obtener la razón Costo/beneficio de todo el proyecto.

Ord	Cl	Idm	Rta	km	km	Ab	Po	Vars	Clase	Ord	tipo de	Po	Nto	Nto	Nto	Costo	Nto	Costo	Nto	Costo	Costo	Costo	
SCI	Am	Am	inc							estad	Qui	Rup	Qra1	Qra2	Qra3								
JL	AG	80AG	0	16	1995	0	3158	1P2	1S	1	16	2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
JL	AG	80AG	0	16	1998	0	3282	1P2	1S	2	16	2A	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
JL	AG	80AG	0	16	1997	0	3113	1P2	1S	3	16	4	0A0	025	1	0	0	0	0	0	0	0	20
JL	AG	80AG	0	16	1998	0	3501	1P2	1S	4	14	8A4	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
JL	AG	80AG	0	16	1998	0	3332	1P2	1S	5	13	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
JL	AG	80AG	0	16	2000	0	3910	1P2	1S	6	11	9A4	28	0P5	082	109	38						38
JL	AG	80AG	0	16	2001	0	3994	1P2	1S	7	13	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
JL	AG	80AG	18	2	1995	0	3158	1P2	1S	4	14	8A4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
JL	AG	80AG	18	2	1996	0	3282	1P2	1S	5	13	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
JL	AG	80AG	18	2	1997	0	3113	1P2	1S	6	11	9A4	3	0P5	08	10	4						4
JL	AG	80AG	18	2	1998	0	3501	1P2	1S	7	13	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
JL	AG	80AG	18	2	1999	0	3332	1P2	1S	8	12	8A4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
JL	AG	80AG	18	2	2000	0	3910	1P2	1S	9	11	9	0A0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5
JL	AG	80AG	18	2	2001	0	3994	1P2	1S	10	10	9A4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
JL	AG	80AG	18	2	1995	0	3158	1P2	1S	1	16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
JL	AG	80AG	18	2	1998	0	3282	1P2	1S	2	16	2A	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
JL	AG	80AG	18	2	1997	0	3113	1P2	1S	3	16	4	0A0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	3
JL	AG	80AG	18	2	1998	0	3501	1P2	1S	4	14	8A4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
JL	AG	80AG	18	2	1999	0	3332	1P2	1S	5	13	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
JL	AG	80AG	18	2	2000	0	3910	1P2	1S	6	11	9A4	3	0P5	08	10	4						5
JL	AG	80AG	18	2	2001	0	3994	1P2	1S	7	13	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4

figura 5 Resultados a nivel del tramo

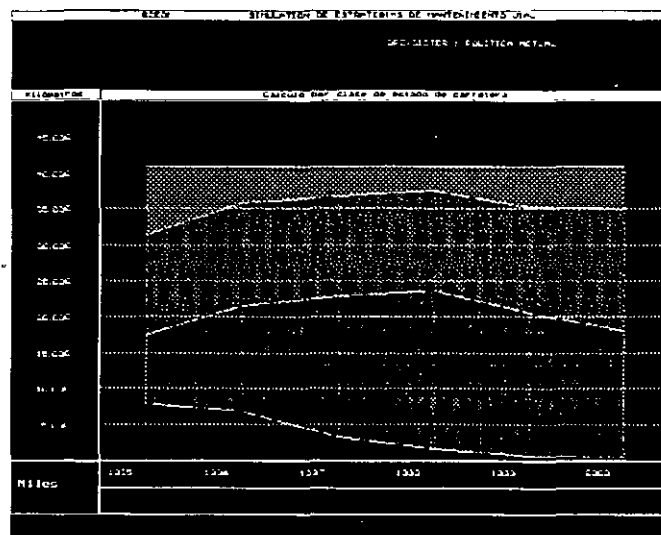


figura 7 Gráfico del estado físico de la red dado un horizonte de estudio: estado físico (Bueno, Regular, Malo y Pésimo)

27/03/1995 - 11:35
 ESTRATEGIA Se
 DPE/SISTER

Año	Clret	CI	COVret	COV
2001	1 417	2 083	129 286	104 005
2002	725	1 261	128 366	106 238
2003	466	692	132 998	105 598
2004	264	628	141 620	110 978
2005	265	1 193	151 346	116 760
2006	691	1 826	160 606	121 961
2007	1 469	1 772	167 178	125 784
2008	530	2 154	167 886	132 294
2009	482	2 091	174 818	137 414
total	6 311	13 912	1 354 175	1 062 061

Estrategia de referencia 00

INDICADORES ECONÓMICOS

Costos actualizados al año 1
 Tasa = 12%

Clret = 4 364 Millones de Nuevos Pesos
 CI = 8 885 Millones de Nuevos Pesos
 COVref = 869 330 Millones de Nuevos Pesos
 COV = 685 525 Millones de Nuevos Pesos

Razon beneficio / costo
 Razon = 40.66

figura 6 Resultado del analisis economico

Tabla 1		
Clases de tránsito pesado		
(Vehículos pesados en una dirección)		
Código	Limite inferior	Limite superior
TP0	0	75
TP1	75	300
TP2	301	1000
TP3	1001	2000
TP4	2001	6000
TP5	6001	20000

Tabla 2	
Naturaleza de las obras	
Código	Naturaleza
A1	Alrededores de la carretera
A2	Conservación normal del pavimento
A3	Calavereo y bacheo
P1	Riego de sello
P2	Bacheo y sello
P3	Renivelaciones + riego de sello
P4	Microcarpeta y sello
P5	Refuerzo superficial del pavim. (recup. del pav.)
P6	Reniv., carpeta(5-8 cm.) y sello
P7	Carpeta(5-8 cm.) y sello
R1	Obras complementarias (categoría 1)
R2	Obras complementarias (categoría 2)
R3	Base hidráulica(12-15cm), microcarpeta y sello
R4	Subbase,Base hidráulica + Sello
R5	Reconstrucción (Recup,carpeta(5cm) y sello)
R6	Reconstrucción (Recup,carpeta(8cm) y sello)
...	

C:\SIMULAS-EST.MEX
15/04/1996 - 12:37
ESTRATEGIA 96
DPE/SISTER : Estrategia 96/3GMS - 1996/2003 - Sin Ramales
Presupuesto y Longitud de obras
LONGITUD DE OBRAS
Kilómetros

Página : 1

Período		1995	1996	1997	1998	1999
Obras	2C	11,289	11,337	11,338	11,341	11,526
	3C	0	0	0	0	0
	4C	649	649	649	649	649
	5C	0	0	0	0	0
	6C	0	0	0	0	0
	8C	8	8	8	8	8
total		11,946	11,994	11,995	11,998	12,183

figura 8. Aspecto de un reporte tabular en pantalla

4. Referencias Bibliográficas

1. *BCEOM*. "Elaboración de Estrategias de Mantenimiento para la Red Troncal de Carreteras". Informe Final. (Departamento de Planeación y Estrategias: documento interno). DGCC. México D.F. 1992.
2. *BCEOM*. "Programa SISTER: Presentación General". (Departamento de Planeación y Estrategias: documento interno). México D.F. 1992.
3. *Instituto Mexicano del Transporte*. "Una Estrategia para la Conservación de La Red Carretera". (Documento Técnico). Querétaro, Qro. 1994.

5. Sitios de interés en Internet

1. <http://www.bot.org/transenv.html>
"The Greater Washington Board of Trade: Transportation & Environment Committee"
2. <http://www.dot.gov>
"The U.S. Department of Transportation"
3. <http://wsdot.wa.gov/ppsc/research/other.htm>
"Transportation Research Websites"
4. <http://www.vyne.com/bcc/energy>
"BCC energy Reports"



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

DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE
CÁRRETERAS

MOD. III

CONSERVACION Y OPERACION

TEMA

ESTRATEGIA DE LA CONSERVACION DEL SISTEMA CARRETERO
EN MEXICO SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS

ING: VICTOR TORRES
VERDIN

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

**ESTRATEGIA DE LA
CONSERVACION DEL SISTEMA
CARRETERO EN MEXICO:
SISTEMAS DE ADMINIS-
TRACION DE PAVIMENTOS**

DR. VICTOR TORRES VERDIN

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA U.N.A.M.
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

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

**MÓDULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN
TEMA: SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS**

**TEMA:
“SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS”**

EXPOSITOR:

DR. VÍCTOR TORRES VERDÍN

México, D F , a 3 de noviembre de 1999.

Nota: este documento corresponde a la ponencia denominada: "Los Sistemas de Administración de Pavimentos como Herramienta Básica de Planeación, Programación y Ejecución de Obras", la cual fue presentada en el Segundo Encuentro de Ciudades en Vialidad y Transporte Urbano, organizado por la SEDESOL y el Gobierno del Edo. de Puebla en el mes de septiembre de 1997.

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

I.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 funcionaría 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 confluyen 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, se 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 del 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 de 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 INGENIERIA, 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), Secretaría 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.

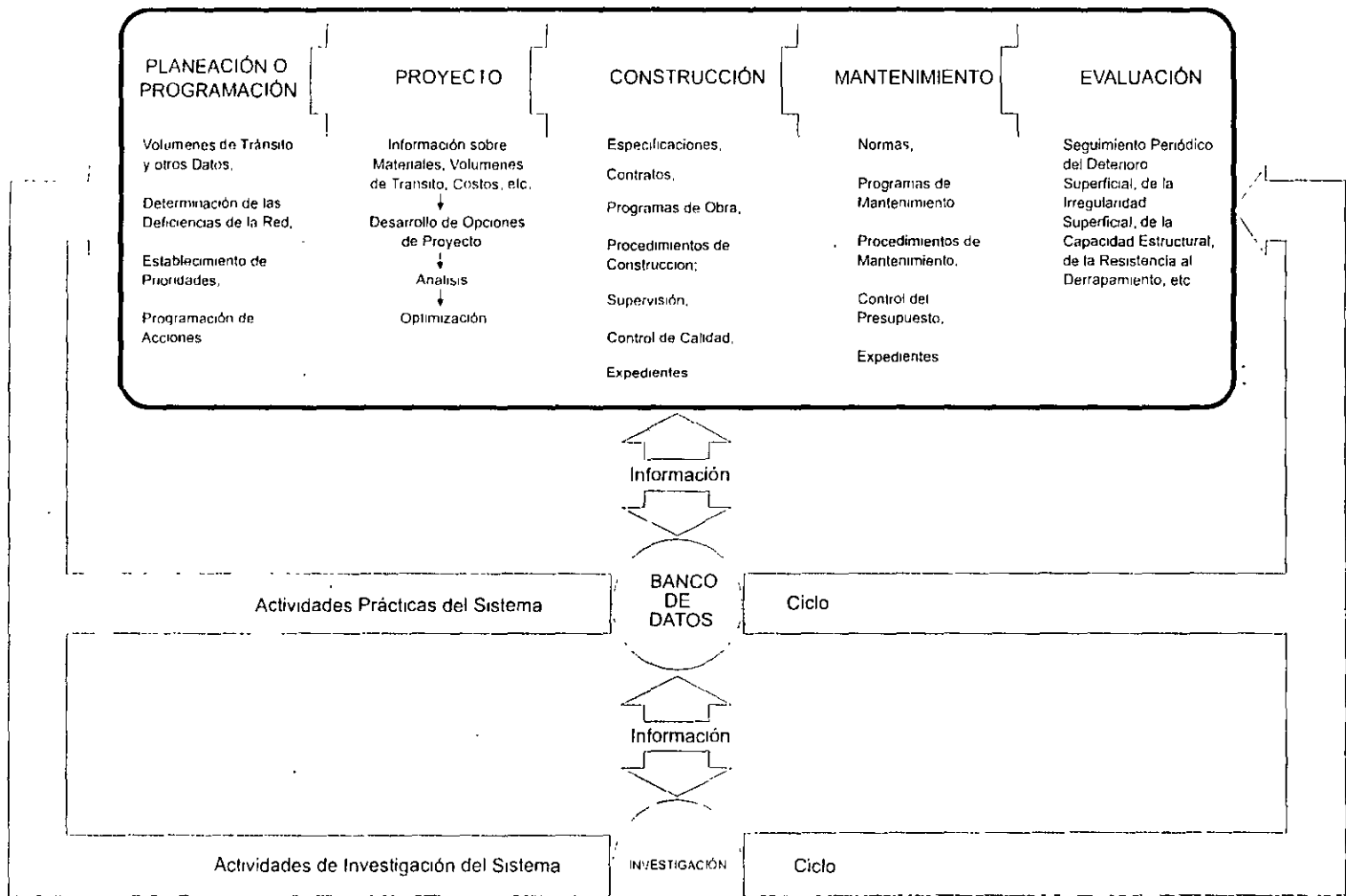


Figura 1 Principales actividades de un Sistema de Administración de Pavimentos



Figura 2. Interrelación de los Grupos de Actividades de un Sistema de Administración de Pavimentos.

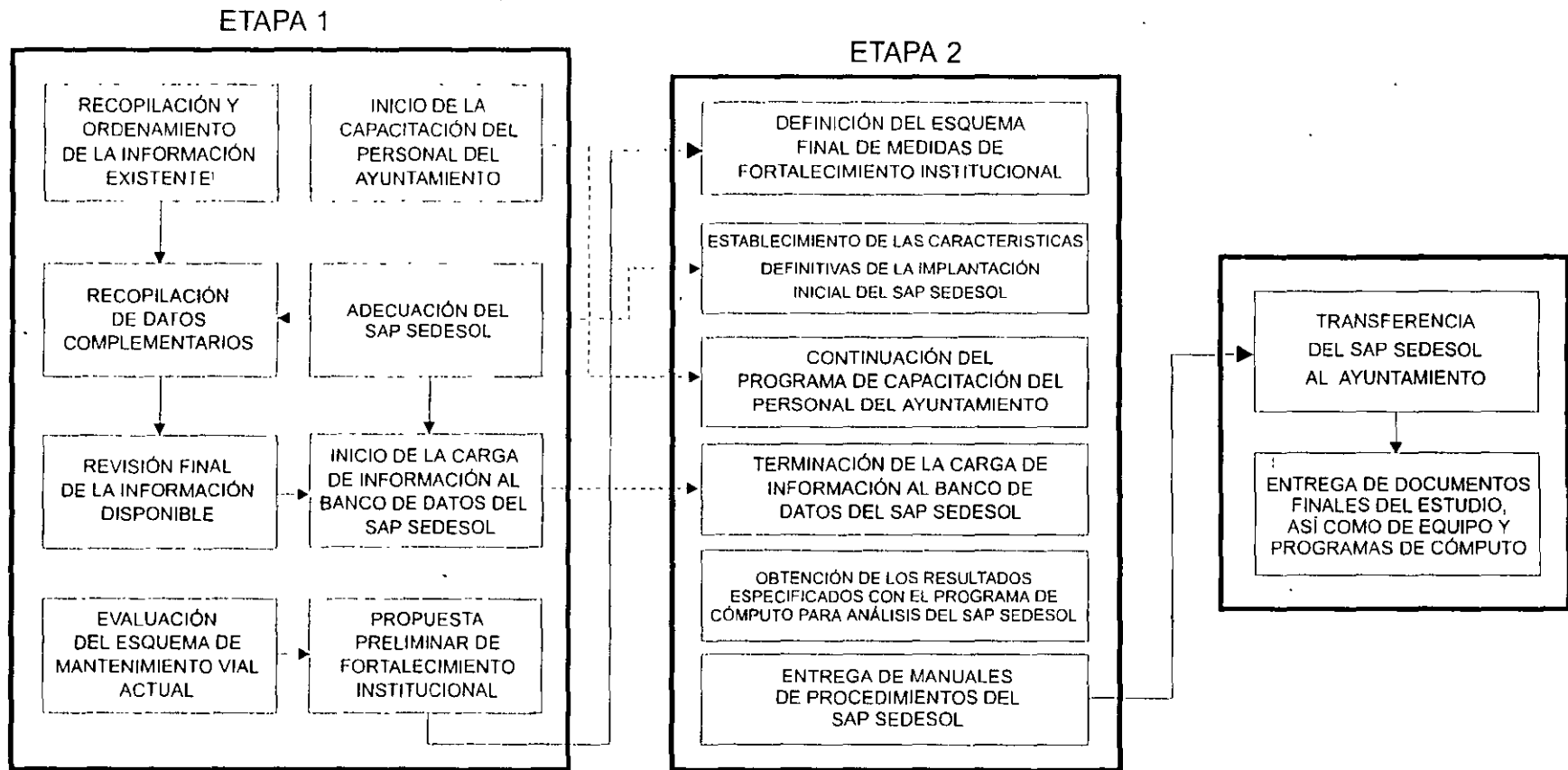
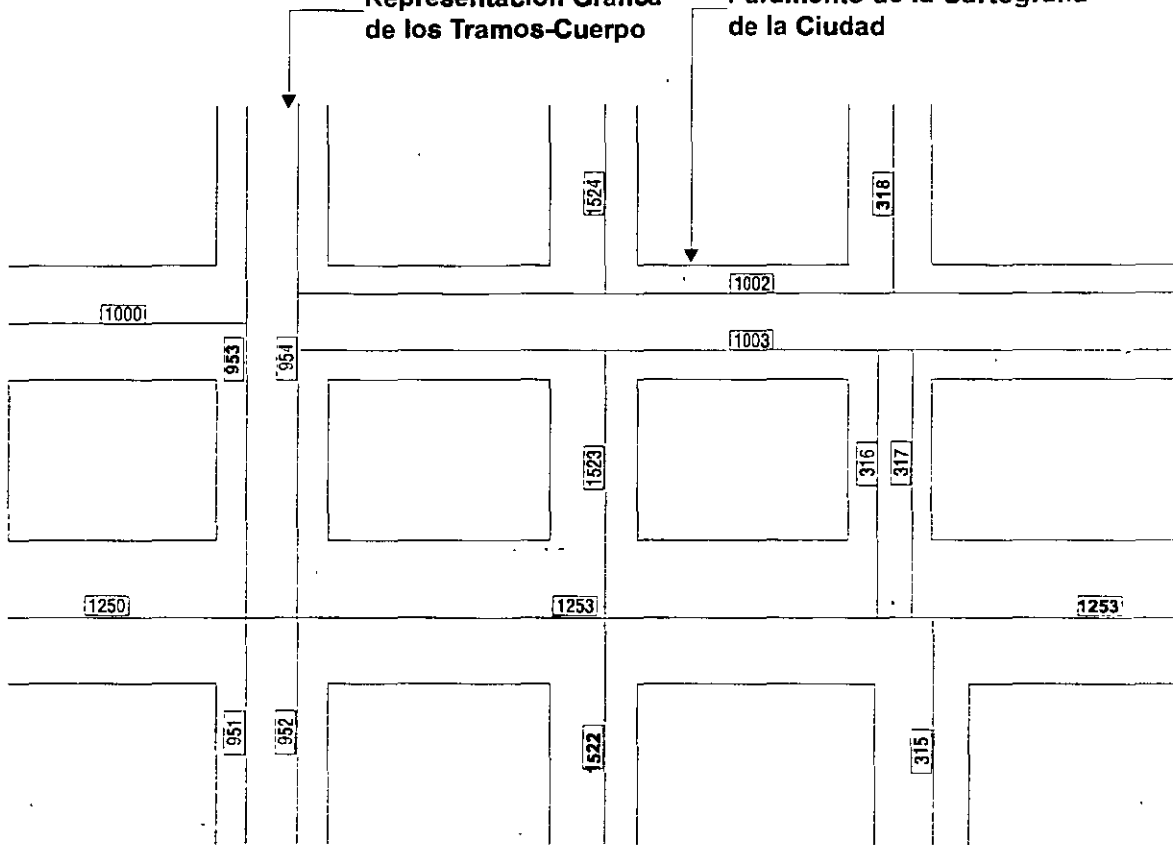


Figura 3. Principales actividades de la implantación inicial del SAP SEDESOL.

**Representación Gráfica
de los Tramos-Cuerpo**

**Paramento de la Cartografía
de la Ciudad**



Simbología

1250 Número de Tramo-Cuerpo

— Paramento

— Línea de Tramo-Cuerpo

DENSIDAD DEL DETERIORO DE LA RED VIAL POR TIPO DE DEFECTO Y SEVERIDAD PAVIMENTO ASFÁLTICO

Criterio: Toda la Red Vial

Superficie Total, m²: 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	0.43

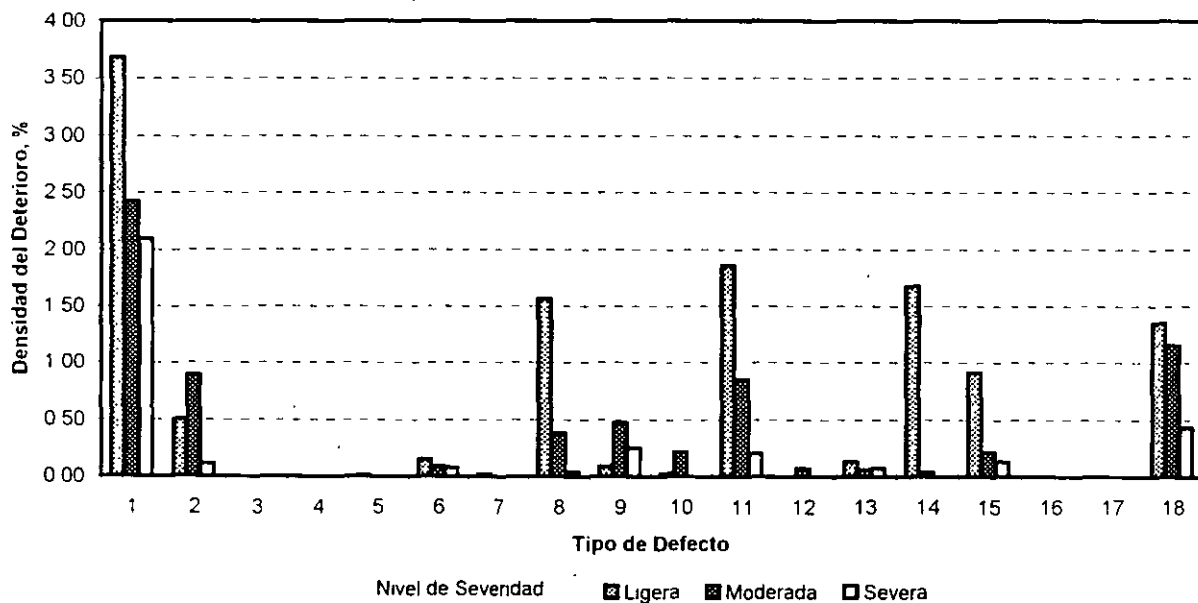


Figura 5. Resumen de los datos de deterioro superficial de los pavimentos asfálticos evaluados en la red vial de la Ciudad de Torreón, Coah., en el año de 1996.

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, m²: 3,167,834

Número 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

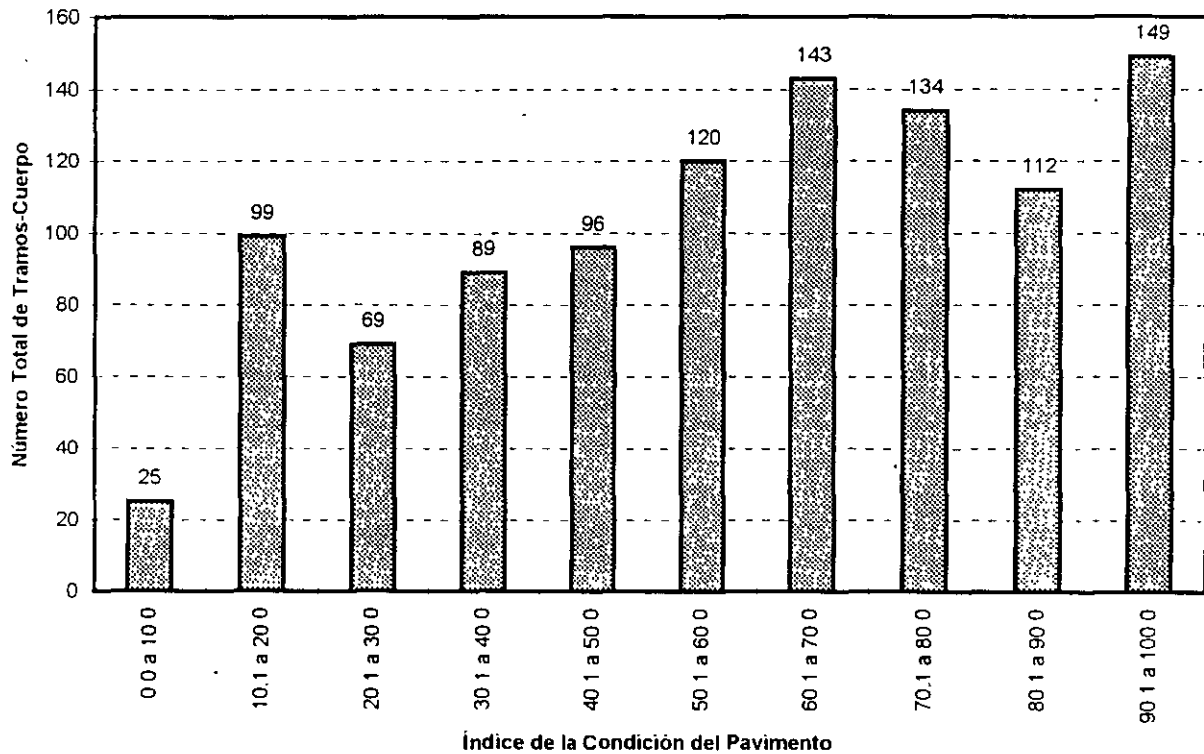


Figura 6. Resumen del Índice de la Condición del Pavimento (ICP) para toda la red vial evaluada en la implantación inicial del SAP SEDESOL en la Ciudad de Torreón, Coah., en el año de 1996.

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, m²: 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

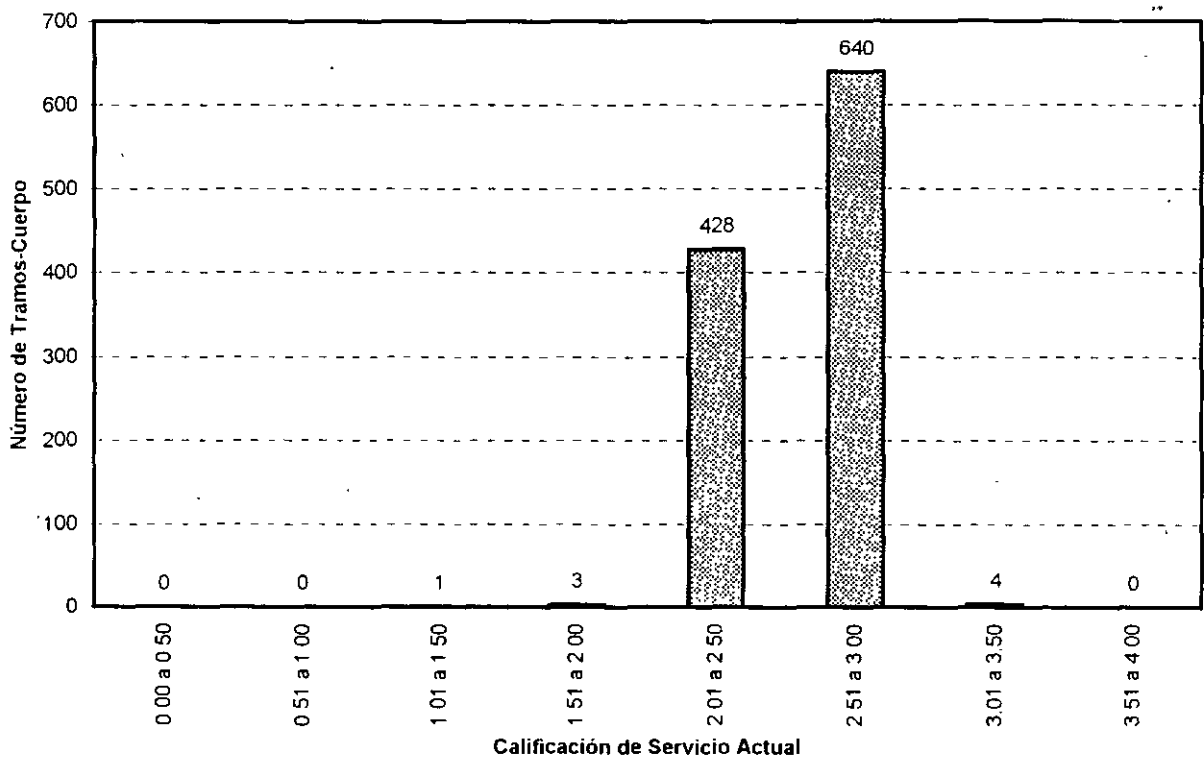


Figura 7. Resumen de la calificación de servicio actual (CSA) obtenida para toda la red vial evaluada en la implantación inicial del SAP SEDESOL en la Ciudad de Torreón, Coah., en el año de 1996.



Figura 8. Esquema simplificado de los procesos principales del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE PUENTES Y SU APLICACIÓN EN MEXICO (SIAP)

M.I. MIGUEL ARTURO BAROUSSE MORENO

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

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

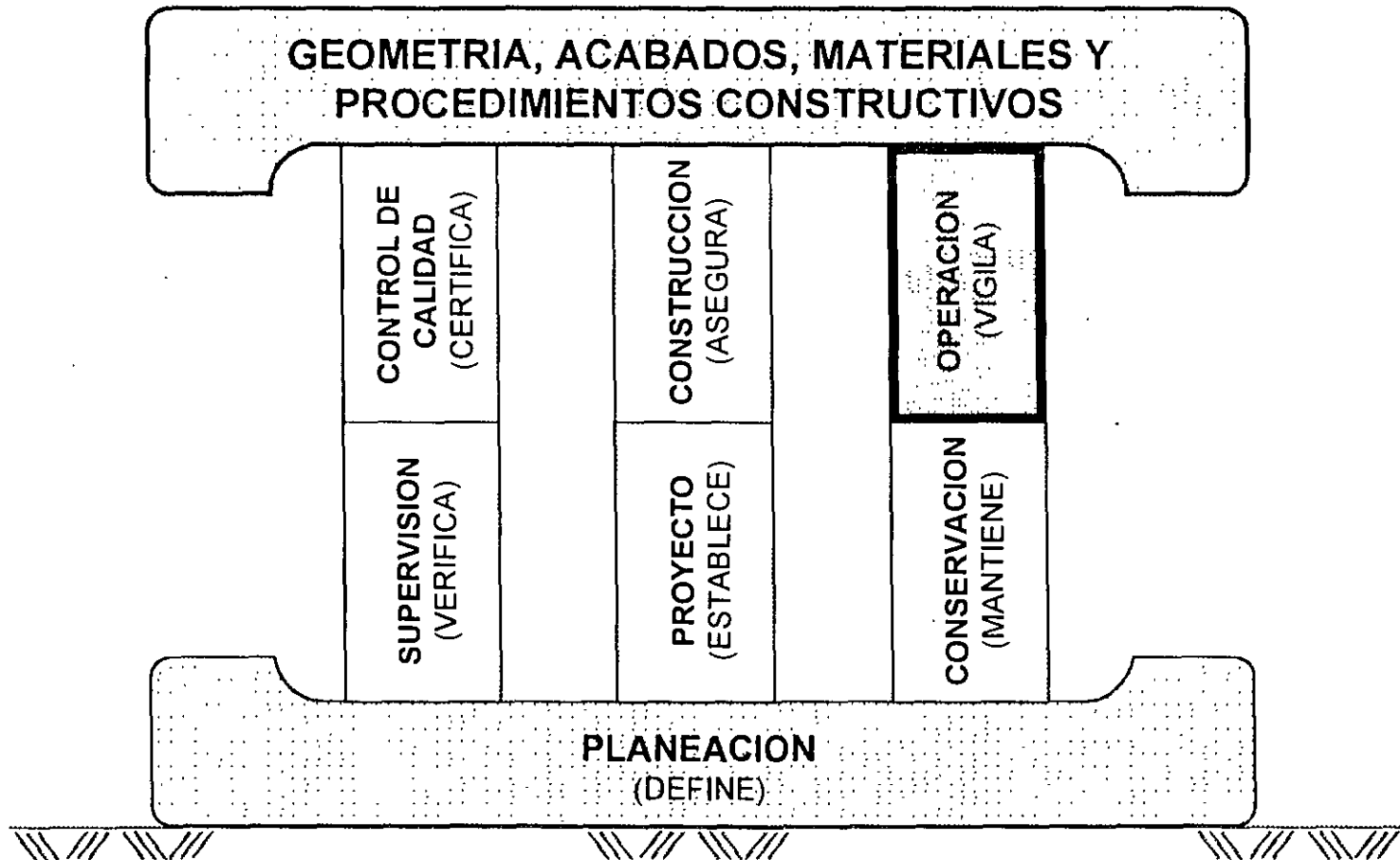
INTRODUCCION

M.I. RAUL VICENTE OROZCO SANTOYO

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999

RESPONSABLES DEL NIVEL DE CALIDAD EN CARRETERAS



DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION Y CONSERVACION
DE CARRETERAS

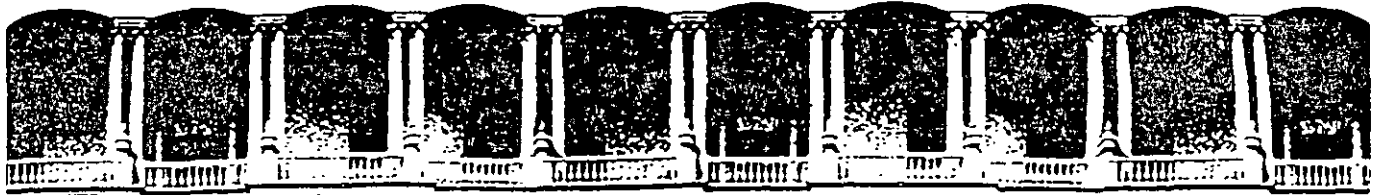
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA
U. N. A. M.

LA AUTOPISTA

ING. RICARDO MENDEZ ORTIZ

MODULO III
CONSERVACION Y OPERACION

NOVIEMBRE, 1999



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

DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE
CARRETERAS

MOD. III

CONSERVACION Y OPERACION DE
CARRETERAS

TEMA

OPERACION DE UNA AUTOPISTA

ING: RICARDO MENDEZ
ORTIZ



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

**DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCION, Y CONSERVACION
DE CARRETERAS**

"OPERACION DE UNA AUTOPISTA"

ING. RICARDO MENDEZ ORTIZ

México, D.F., a 4 de Noviembre de 1999.

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
VEHÍCULAR**

- 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
CASETAS 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**

COSTO TOTAL = CM + CH + CDM

CM = COSTO POR MUERTOS
CH = COSTO POR HERIDOS
CDM = COSTO POR DAÑOS MATERIALES

COSTO POR MUERTO

CM = \$ INDEMNIZACIÓN	+	GASTOS FUNERARIOS
\$ INDEMNIZACIÓN	=	730 DÍAS x 4 SALARIOS MIN.
\$ GASTOS FUNERARIOS	=	<u>60 DÍAS x 4 SALARIOS MIN.</u>
SUMA		790 DÍAS x 4 SALARIOS MIN.

COSTO POR HERIDO

CH = $\frac{CM}{\text{FACTOR DE VICTIMAS}}$

FACTOR DE VICTIMAS = $\frac{\text{No. DE HERIDOS}}{\text{No. DE MUERTOS}}$

EJEMPLO:

CM = 790 x 4 (56.10) = 177,276.00

CH = $\frac{177,276.00}{6.096} = 29,080.71$

F.V. = $\frac{30,794}{4,659} = 6.096$

CM = 177,276.00 x 4,659 =	825'928,884.00
CH = 29,080.71 x 30,794 =	<u>895'511,383.74</u>
CDM =	1,721'440,267.74
	<u>3,386'225,494.78</u>
SUMA	5,407'665,762.52

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

IDENTIFICACIÓN

- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FECHAS,
HORAS Y EPOCAS DEL AÑO

DE

PUNTOS NEGROS

- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS TIPOS
DE VEHÍCULOS INVOLUCRADOS

- 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 CASSETAS

EDUCACIÓN

VIAL DEL

USUARIO

- COMITES DE SEGURIDAD
- MATERIAS DE EDUCACIÓN VIAL EN LA ENSEÑANZA BÁSICA
- 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**

No. DE ESTACIÓN	NOMBRE DE LA ESTACIÓN
1	AMAZOC, PUEBLA (Fase Piloto) PUEBLA-CÓRDOBA, Km. 9+000
2	HERMOSILLO-STA. ANA, Km. 8+900
3	ZACATECAS-DURANGO, Km. 18+000 Cerca de Zacatecas
4	QUERETARO-IRAPUATO (cuota), Km. 81+000 Adelante de Salamanca
5	MÉXICO-QUERETARO (cuota), Km. 43+010 Delante de Tepoztlán
6	MÉXICO-PUEBLA (cuota), Km. 34+000 Adelante de la caseta de Sn. Marcos
7	MONTERREY-NUEVO LAREDO, Km. 20+190 Cerca de Monterrey, después del libramiento
8	QUERETARO -SAN LUIS POTOSÍ, Km. 28+530 Cerca de San Miguel Allende
9	TULANCINGO-TUXPAN, Km. 154+940 Puerto cerca de Tajín, Ver.
10	CÓRDOBA-VERACRUZ, Km. 33+520 Antes de la Tinaja (La Luz)

- 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 : INGRESO SIN IVA 1994 - 1996
- CIFRAS EN PESOS -

Rc96

Camino	1994	1995	1996	Variación 96/95	
				Absoluta	Relativa
Ingreso	1,867,918,470	1,915,782,202	2,514,670,498	598,888,296	31.26%
CAMINOS	1,444,883,975	1,451,020,837	1,939,769,178	488,748,341	33.68%
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	-	-	-	-
Zacapalco-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
TRANSITO TOTAL	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
TRANSITO PEATONAL	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
INGRESO POR PEAJE (EN PESOS)	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

28

RED PROPIA : INGRESO SIN IVA POR TRANSITO VEHICULAR EN CAMINOS 1996
- CIFRAS EN PESOS -

Inc96

Caminos Directos y Alojistas	Automóvil	Automóvil	Motos	Autobuses			Camiones de Carga			
	Ch.	Ch.	Ch.	2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	5 EJES
MEXICO-QUERETARO	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
Tepozotlán	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
Polotitán	330,776	35		243			99,773	44,849	22,645	49,758
QUERETARO-IRAPUATO	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
MEXICO-PUEBLA	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
PUEBLA-ACATZINGO	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
ACATZINGO-CD. MENDOZA	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
TIJUANA-ENSENADA	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
CD. MENDOZA-CORDOBA	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
CHAPALILLA-COMPOSTELA (Compostela)	7,138,554	4,291	4,556	740,439	53,506	1,328	1,040,527	812,487	33,657	642,862
TEHUACAN-OAXACA	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
Miahuatán	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
RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)	1,004,122	339	4,422	74,113	1,122	17	98,835	16,774	376	4,242
ARRIAGA-HUXTLA (Huxtla)	141,457	26	39	9,391	4,070		22,461	10,643	5,353	36,216
Total	793,104,194	1,173,746	456,993	76,059,134	7,981,765	64,512	179,430,710	121,283,299	7,313,092	191,664,314

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
Tránsito Total	178,263,890	172,336,788	179,407,429	7,070,641	4.10%
Red Propia	147,573,054	118,798,617	124,762,203	5,963,586	5.02%
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%
Red Contratada	30,690,836	53,538,171	54,645,226	1,107,055	2.07%
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.

RED PROPIA : TRANSITO VEHICULAR EN CAMINOS 1996

Tvc96

Caminos Directos y Autopistas	Automóvil	Automóvil c/r	Motos	Autobuses			Camiones de Carga			
				2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	5 Ejes
MEXICO-QUERETARO	9,758,335	1,946	446	320,673	36,164	132	1,568,385	1,340,180	49,816	1,525,187
Tepotztlán	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
QUERETARO-IRAPUATO	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
MEXICO-PUEBLA	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
PUEBLA-ACATZINGO	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
ACATZINGO-CD. MENDOZA	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
TIJUANA-ENSENADA	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
CD MENDOZA-CORDOBA	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
CHAPALILLA-COMPOSTELA (Compostela)	564,349	331	365	29,843	2,109	52	41,948	32,235	691	13,130
TEHUACAN-OAXACA	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
Miahualtán	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
RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)	230,948	78	1,017	8,523	129	2	11,366	1,929	24	271
ARRIAGA-HUIXTLA (Huixtla)	10,845	2	3	360	156		861	408	162	1,096
Total	48,108,540	99,667	28,126	2,898,258	232,821	1,511	5,236,229	3,193,221	100,932	2,535,133

Fuente : Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros.

RED PROPIA : DIAS DE MAYOR TRANSITO VEHICULAR EN CAMINOS 1996

Días96

Caminos Directos y Autopistas	Ago		Sep		Oct		Nov		Dic		Día del año	
	Día	Aforo	Día	Aforo	Día	Aforo	Día	Aforo	Día	Aforo	Fecha	Aforo
MEXICO-QUERETARO												
Tepetzotlán	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
QUERETARO-IRAPUATO												
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
MEXICO-PUEBLA												
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
PUEBLA-ACATZINGO (Amozoc)	17	16,903	14	18,895	18	14,087	1	19,375	21	22,603	21-Dic	22,603
ACATZINGO-CD. MENDOZA (Esperanza)	18	6,839	14	7,569	31	5,544	3	6,965	21	10,615	21-Dic	10,615
TIJUANA-ENSENADA												
Playas (Tijuana-Rosarito)	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
CD. MENDOZA-CORDOBA (Fortín)	2	11,637	14	13,300	31	12,021	1	13,445	28	16,716	28-Dic	16,716
CHAPALILLA-COMPOSTELA (Compostela)	10	4,417	16	6,127	13	1,878	1	1,951	28	4,645	7-Abr	7,925
TEHUACAN-OAXACA												
Tehuacán	18	2,852	14	3,402	31	2,783	3	4,625	21	4,942	7-Abr	5,351
Miahuallán	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
RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)	11	2,353	16	2,245	19	2,002	3	2,740	28	3,753	28-Dic	3,753
ARRIAGA-HUIXTLA (Huixtla)									20	1,798	20-Dic	1,798

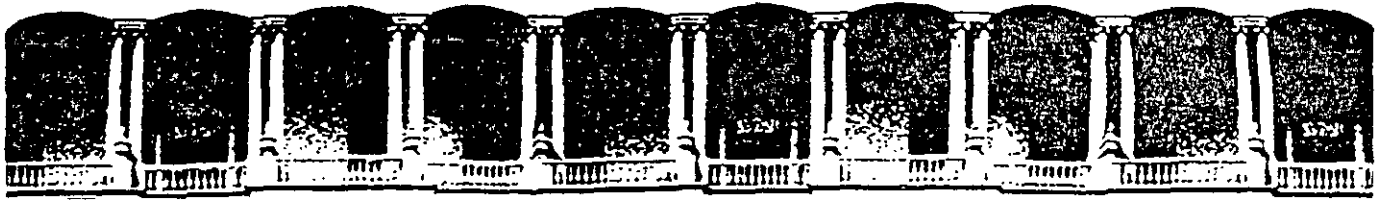
Fuente : Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros.

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
PUENTES NACIONALES	14,192	13,174	14,455	14,296	15,229	15,960	15,720	16,245	15,390	15,743	15,566	15,703	181,673
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
Coatzacoalcos	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
Tecolulla	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
Dovall 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
Dovall Jaime Bis	125	76	56	63	254	1,878	1,876	135	70	59	77	71	4,740
PUENTES INTERNACIONALES	929	674	848	852	946	767	856	829	818	867	801	926	10,113
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
Total	15,121	13,848	15,303	15,148	16,175	16,727	16,576	17,074	16,208	16,610	16,367	16,629	191,786

Fuente : Planeación y Desarrollo con cifras de la Subdirección de Recursos Financieros.



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

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

MODULO III

CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN DE CARRETERAS

TEMA:

**“ MANIFESTACIONES DE DETERIORO EN PUENTES Y OTRAS
ESTRUCTURAS”**

**ING. JUAN TÉLLEZ GUTIÉRREZ
NOVIEMBRE 1999**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCION Y
CONSERVACION DE CARRETERAS**

**MODULO
CONSERVACION Y OPERACIÓN DE CARRETERAS**

**TEMA
“MANIFESTACIONES DE DETERIORO EN PUENTES Y OTRAS
ESTRUCTURAS”**

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 O 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 Pacifico 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 Coatzacoalcos y los tirantes del Puente Ing. Antonio Dovalí Jaime.

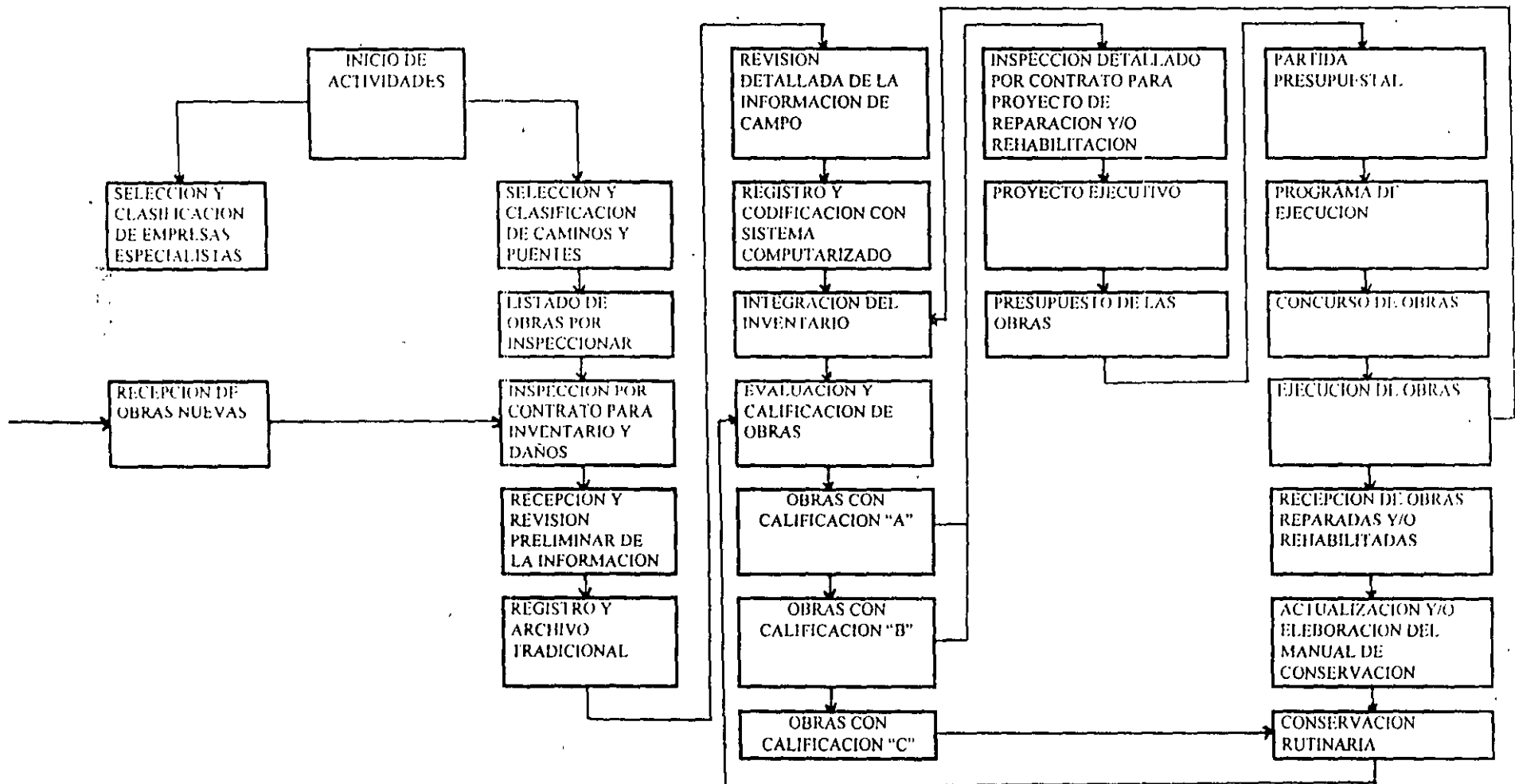
- **DEFICIENTES O NULAS ACCIONES DE INSPECCION DE PUENTES O PASOS A DESNIVEL.** La manera de detectar los deterioros o anomalías que presenta la estructura, obras exteriores y obras complementarias de un puente o paso a desnivel, es inspeccionándolo periódicamente. Cuando estas inspecciones son deficientes 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.

- 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	_____
7.- TIPO DE SUPERESTRUCTURA			
CONCRETO REFORZADO	_____	CONCRETO PRESFORZADO	_____
METALICO	_____	METALICO-CONCRETO	_____
OTRO, ESPECIFICAR	_____		
8.- TIPO DE SUBESTRUCTURA			
CONCRETO	_____	CONCRETO PRESFORZADO	_____
PILA		ESTRIBO	
MAMPOSTERIA	_____	MAMPOSTERIA	_____
9.- TRAZO GEOMETRICO			
TANGENTE	_____	TANGENTE	_____
EN PLANTA CURVA DERECHA	_____	EN ELEVACION EN CRESTA	_____
CURVA IZQUIERDA	_____	EN COLUMPIO	_____
<u>TABLERO</u>			
NORMAL	_____	ESVIAJADO	_____
(SEGUN KILOMETRAJE CRECIENTE)		GRADOS DER.,	_____
		GRADOS IZQ.	_____

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 : _____

14 b.- TABLERO DE CONCRETO PREFORZADO

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 DESARAME

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 DETERIO-
 ROS) _____

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

DESCRIPCION : _____

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"	"C"
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" ENTRONQUE "PUNTA		"C"		"C"
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 ENTRONQUE "CUENCA		"C"		"C"
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 un 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 sui generis 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 mano, 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.

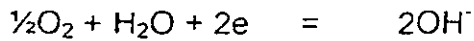
Por otro lado, un mismo tipo de corrosión con sus consecuencias deteriorantes, da lugar a cambios en las propiedades estructurales al grado de que, la afectación en un montante central de la armadura de un puente, tiene consecuencia muy diferentes de las que corresponden a una pieza similar cerca de 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:



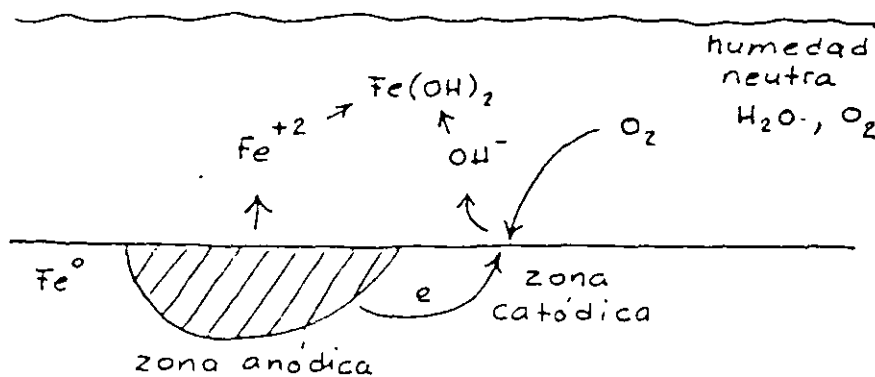
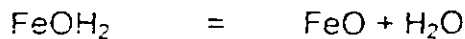
En las zonas catódicas neutras:

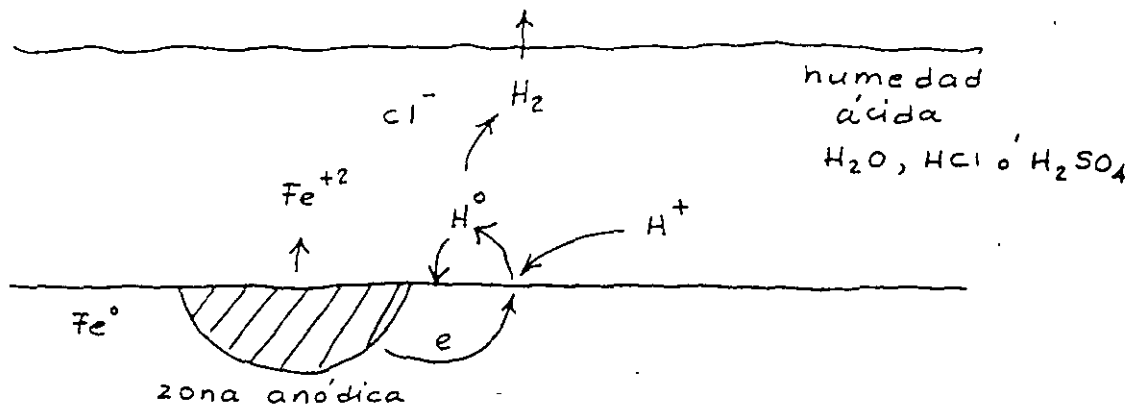


En las zonas catódicas ácidas (consecuencia de atmósferas ácidas):



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 (Fe^{+2}), en las zonas catódicas se forman iones alcalinos (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 al 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:

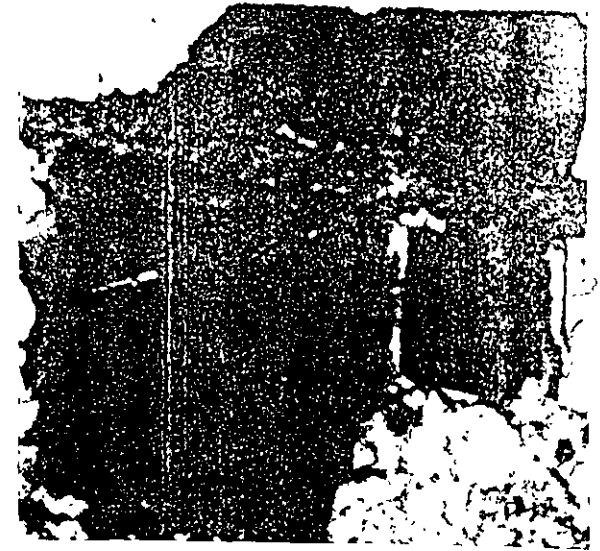
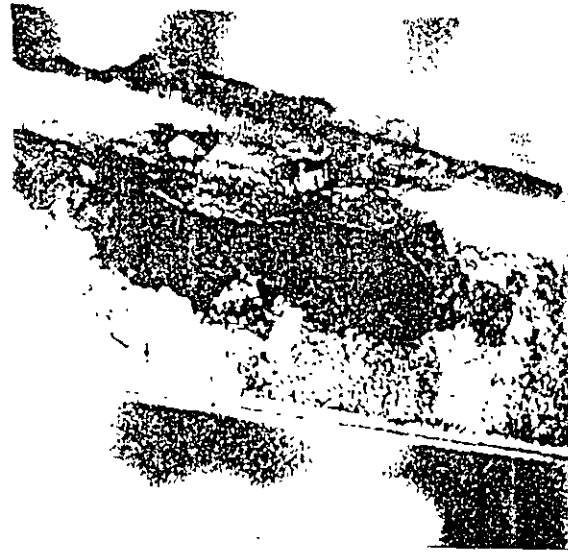
Demetrios E. Tonias. **BRIDGE ENGINEERING** McGraw-Hill, Inc. N.Y. 1994

Parsons & Brinckerhoff **BRIDGE INSPECTION AND REHABILITATION**

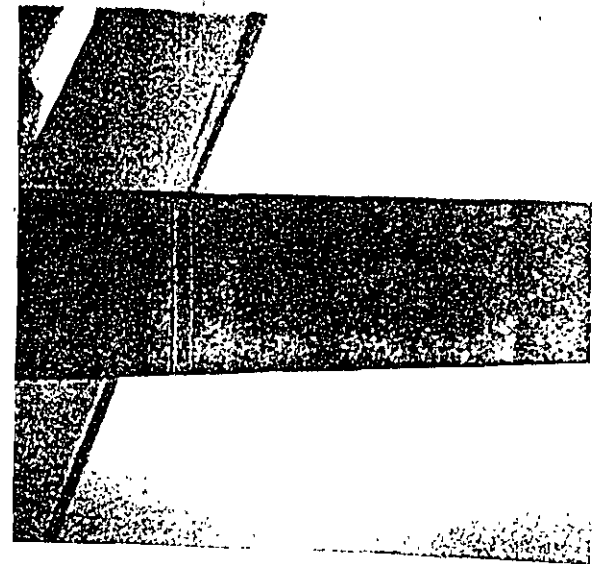
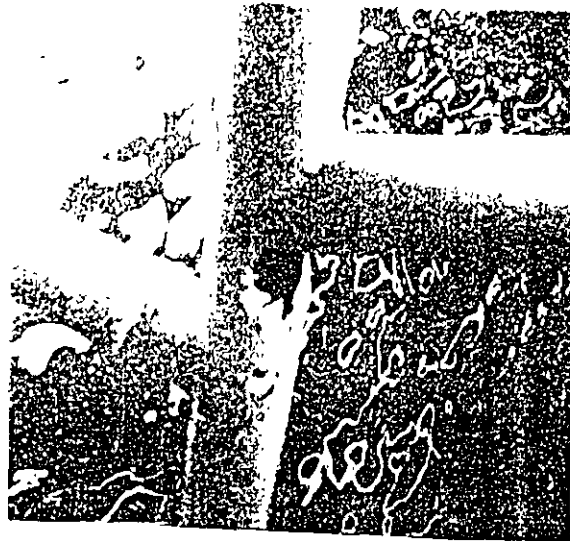
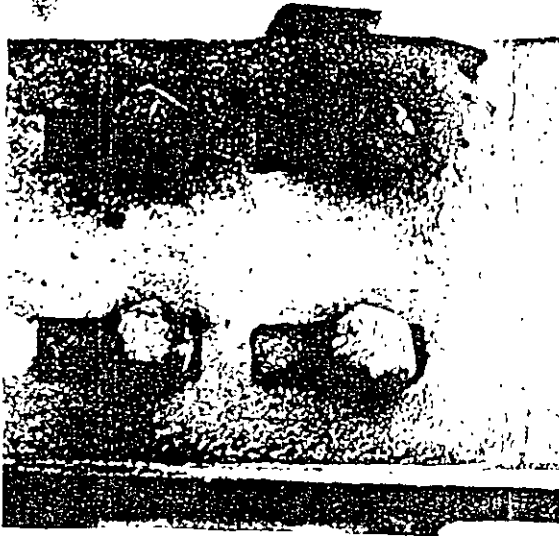
John Wiley & Sons, Inc. N.Y. 1993

Highway Research **RECORD** No. 110. Highway Research Board. Washington,

D.C. 1966



5



CORROSIÓN EN
ZONAS OCULTAS
(aeración diferencial)

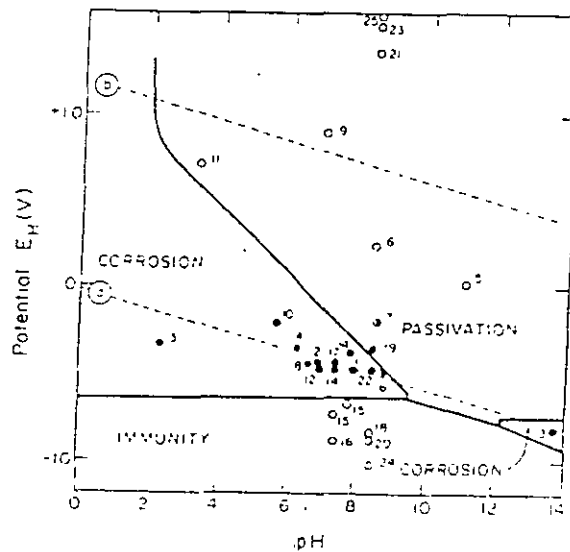
CORROSIÓN
LOCALIZADA

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 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 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.

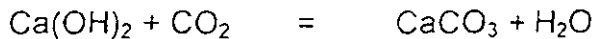


Sin embargo, dado que los "colados" en la práctica nunca son compactos ni están libres de huecos y hendiduras e incluso de fisuras, de un modo u otro las aguas de lluvia o de lavado, que siempre contienen, cuando menos iones Cl^- , SO_4 y O_2 , penetran fácilmente hasta el acero de refuerzo, provocando 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 Cl^- y 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 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 CO_2 atmosférico al interior de las fisuras en el concreto, reacciona con el 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 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 hierro, 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 desde el colado mismo de las vigas, las losas o las columnas de concreto reforzado.

Referencias:

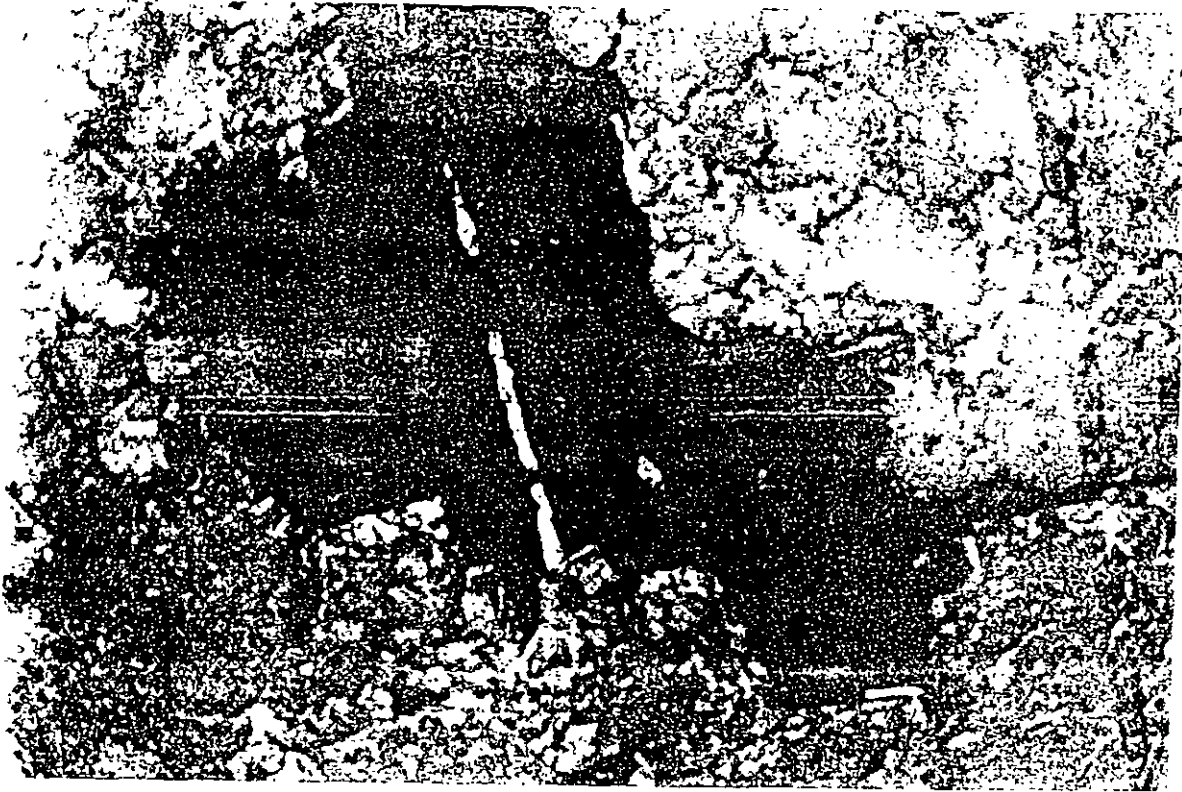
K. B. Pithouse. **The Cathodic Protection of Steel Reinforcement in Concrete Corrosion Prevention & Control.** Oct 1986.

Ivan Medgyesi et. al **Control de la Corrosión del Refuerzo en Estructuras de Concreto Reforzado.** Instituto FTV de Budapest, Ungria. 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 $10 \cdot \text{Kg/mm}^2$ 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 intercristalina, 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 intercristalina. 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.

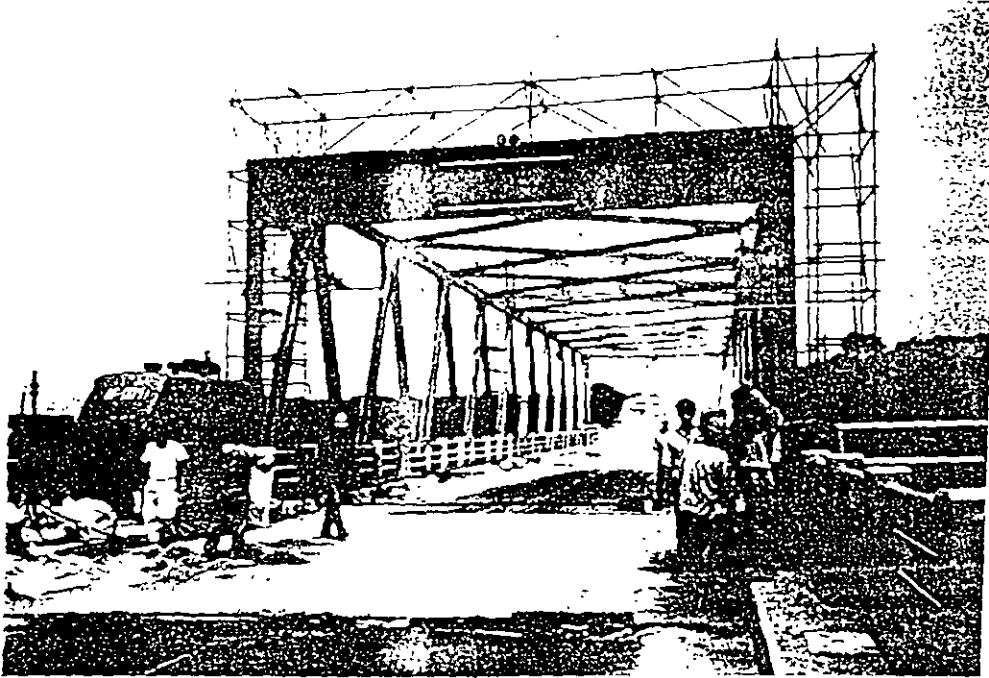
Por lo demás, no debe olvidarse que el acero de refuerzo, también se corroe y se destruye dejando de jugar su papel y contribuyendo a la formación de grietas, fisuras y disgregaciones que con frecuencia dan lugar a que los sistemas de presfuerzo se desnuden, con todas las consecuencias corrosivas mencionadas.

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.

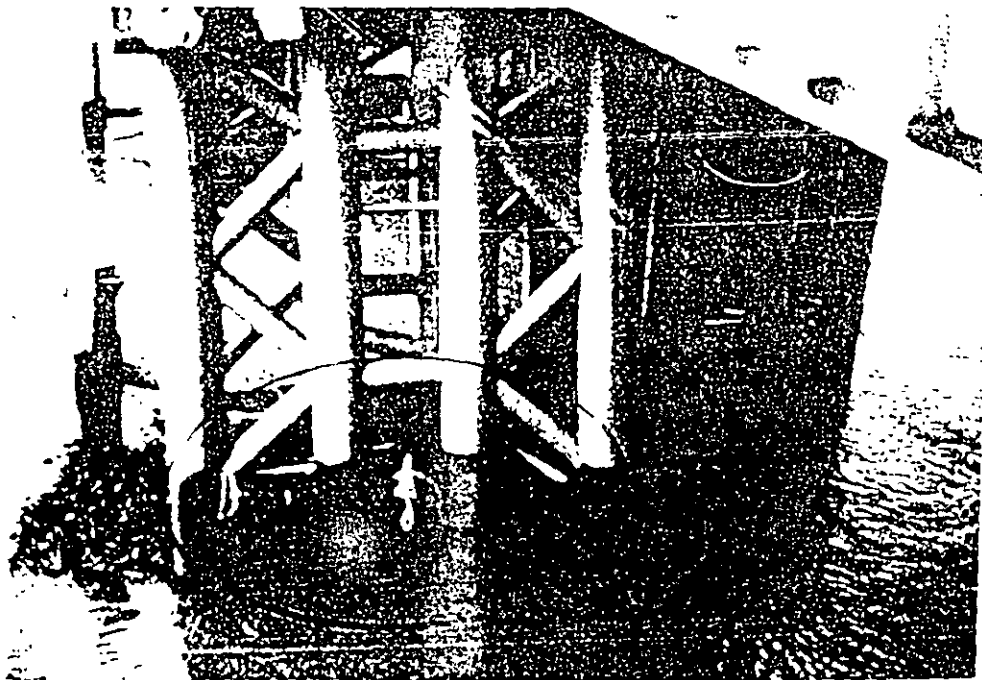
Referencias:

- 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. Berlin 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 CATÓDICA
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.

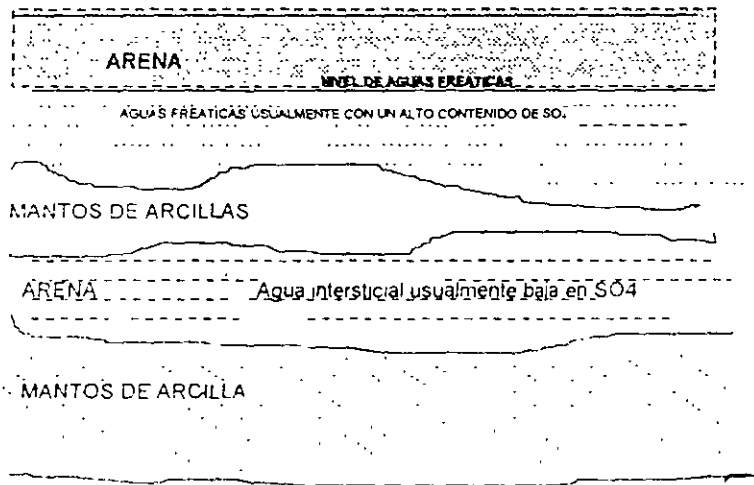


fig. 1

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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 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.

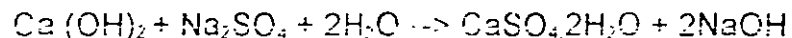
C.- Los poros y vacíos del concreto son llenados con formaciones de cristales los cuales al endurecer expanden y destruyen al concreto.

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:

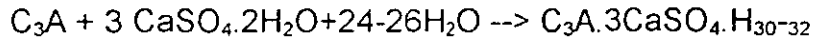
- La formación de yeso secundario por oposición al primario utilizado como retardante en el cemento. La formación del yeso secundario es resultado de una reacción de sustitución entre la portlandita y los sulfatos. Por ejemplo con el sulfato de sodio:



Si la cantidad de sulfatos es elevada (superior a 1000 mg/lit) y la concentración local de iones Ca^{2+} y 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 C₃A anhídrido



Sea a partir del aluminato tetracálcico hidratado C₄A_{H13} de monosulfoaluminato de calcio C₃A.Ca SO₄.H₁₂

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 C₃A o de C₄AH₁₃, desarrollando esfuerzos muy elevados los cuales son debidos a la presión que acompaña a su formación.

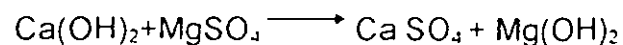
CaO (g/l)	0.065	0.112	0.168	0.224	0.670	1.080
C ₃ A. 3CaSO ₄ .H ₃₀₋₃₂ (g/l)	0.225	0.165	0.115	0.080	0.030	0.002

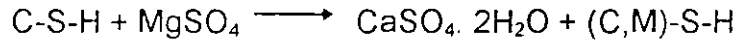
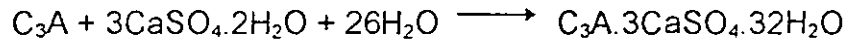
Tabla 1

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 Mg²⁺ que se intercambia con Ca²⁺ y el anión SO₄²⁻ siguiendo las reacciones:





El intercambio de Mg_2 con Ca_2 conducen a la formación de brucita $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 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 compacidad 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/VO_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 subituminosos 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 gresividad 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 previsiones 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 IÉNPC, 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 Hüttenzementen, 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 estos 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.

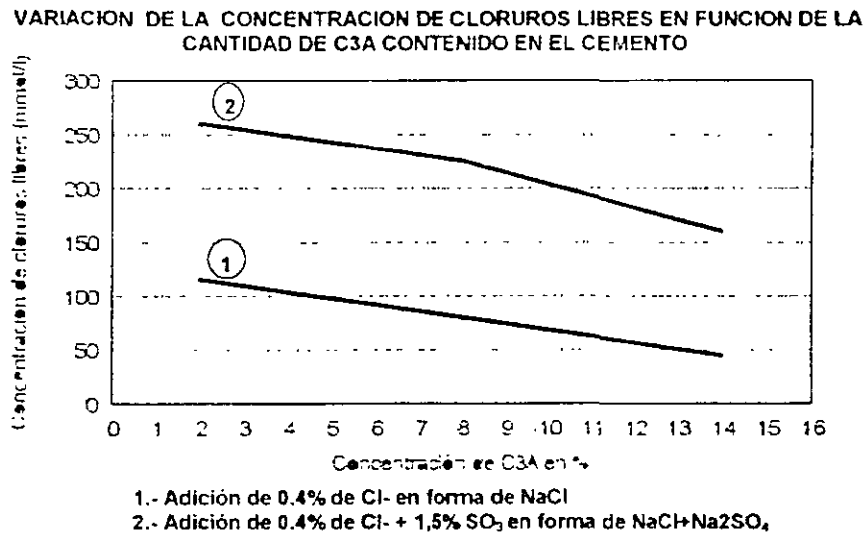
Los cloruros libres se encuentran en el concreto sobre dos formas principalmente, físicamente son absorbidos por las paredes dentro de los poros o químicamente son ligados por reacción con ciertos compuestos del cemento. En el último caso los compuestos formados son el monocloroaluminato hidratado, también 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 tricalcico C_3A presente en el clinker. Una situación parecida se hace presente con otros compuestos del cemento como el ferroaluminato tetracalcico 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.



Estos resultados explican que el cemento portland normal con una cantidad considerable de **C₃A** 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 varia en forma importante dependiendo de las condiciones de exposición. A partir de un medio liquido 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:

$$\frac{C}{t} = Da \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

D_a 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:

$$C(x,t) = C_o (1 - \text{erf}(x/2 \sqrt{D_a t}))$$

La solución a la ecuación se podrá dar con una buena aproximación utilizando la siguiente expresión:

$$\ln C (x, t) = \ln C_o - \frac{X^2}{4 D_a t}$$

Donde C_o 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 ($10^{-12} m^2 /s$)
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.

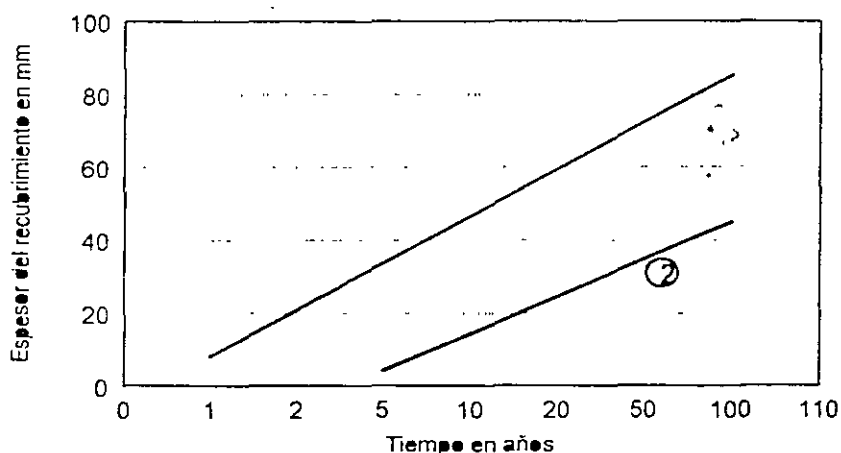
El proceso de corrosión del acero de refuerzo puede desencadenar cuando los cloruros atacan al acero en una cantidad suficiente para despasivarlo. Esta cantidad de ion cloro deberá ser más importante que el p.H de la solución intersticial, la cual es más elevada, o bien el valor del p.H. es está directamente condicionado por los iones OH^- y más que la cantidad propia de iones Cl^- , es preferible considerar la relación Cl^-/OH^- de iones Cl^- activos con respecto a los iones pasivantes 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 Cl^-/OH^- es igual a 0.6. Otros estudios subrayan también la importancia de la relación y 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 Cl^-/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} m²/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.

a 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 clinker. 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	Coeficiente de difusión D_a (10^{-12} m²/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 exámen sistemático de estructuras afectadas por el fenomeno 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 MORTRUEX 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 del Ponts et Chausseés 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

**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 álcali-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 álcali-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 hidróxidos 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-sílice

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 (CaMgCO_3) en presencia del hidróxido de calcio Ca(OH)_2 propiciando la formación de calcita CaCO_3 y de brucita Mg(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.

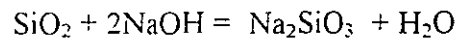
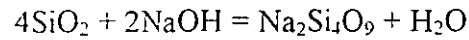
Las reacciones álcali-silicato ocurren en concretos ricos en álcalis los cuales contienen argilita y rocas del tipo grauvaca en el agregado. La reacción de este género de rocas y los álcalis es por lo general lenta y no está completamente comprendida. Los constituyentes síliceos en los agregados pueden expandirse causando la ruptura del concreto. Por la expansión de partículas individuales, se sugiere la absorción de agua sobre las superficies alúmino-silicosas 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 síliceo de los agregados del concreto es identificada como álcali-sílice, 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-silicoso 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) SO₄, los cuales tienden a cubrir a otros minerales del clinker 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 ílitica, entonces el clinker producido estará enriquecido con potasio, mientras que si está presente el feldespató degradado, el clinker puede contener más sodio o potasio, o ambos, dependiendo de la composición del feldespató en la materia prima.

Las cantidades finales de los álcalis presentes en un clinker dependerán de las proporciones de mica, ílita o feldespató 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 clinker 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 álcali-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/m³ 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 °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 presenten 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 hidroscópico, 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 Swamy (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 construidos 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 álcali-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-Silika Reaction in Concrete". Concrete Technology and Design Series. Blckie 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 Manual "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'Alcali-Reaction". Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Ministère de l'Equipement 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 trabes 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.
- Strength-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 sollicitaciones 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/cm²) *. 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:

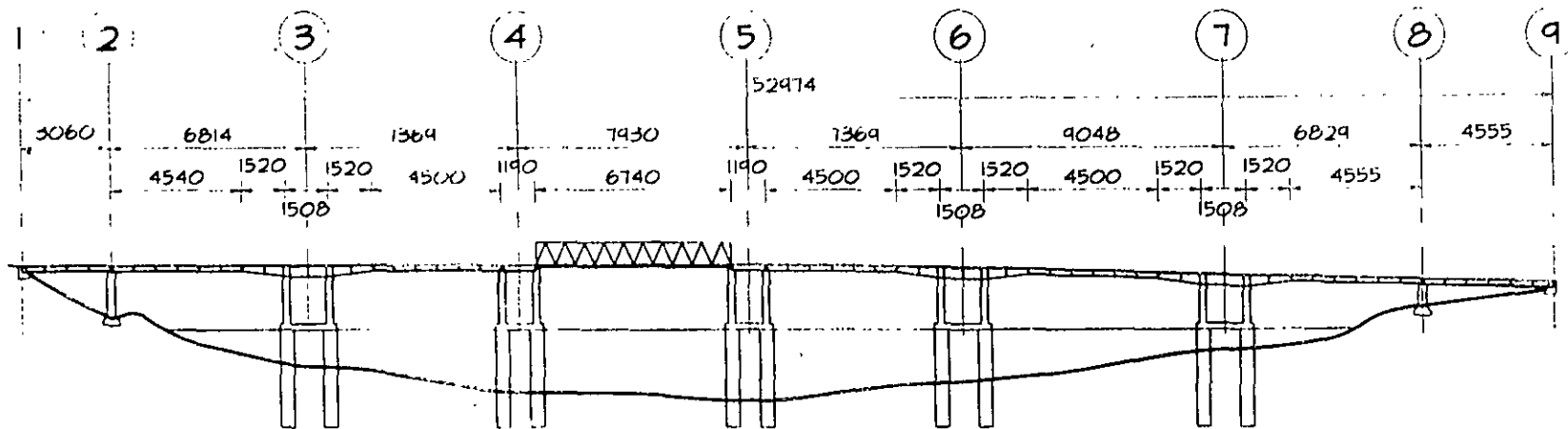
- ◆ Vigas con un presfuerzo adicional exterior no adherido, el cual aumentó la seguridad de las mismas.
- ◆ Gráfica de fuerza de presfuerzo -deformación en ciertas secciones.
- ◆ Bloques de anclajes, para el 100%de las cargas con las partes ahogadas, así como desviadores.

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 recarpetados, cambio de barandales, se podrán ver en las gráficas construídas 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 corroido 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 disminuída 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.

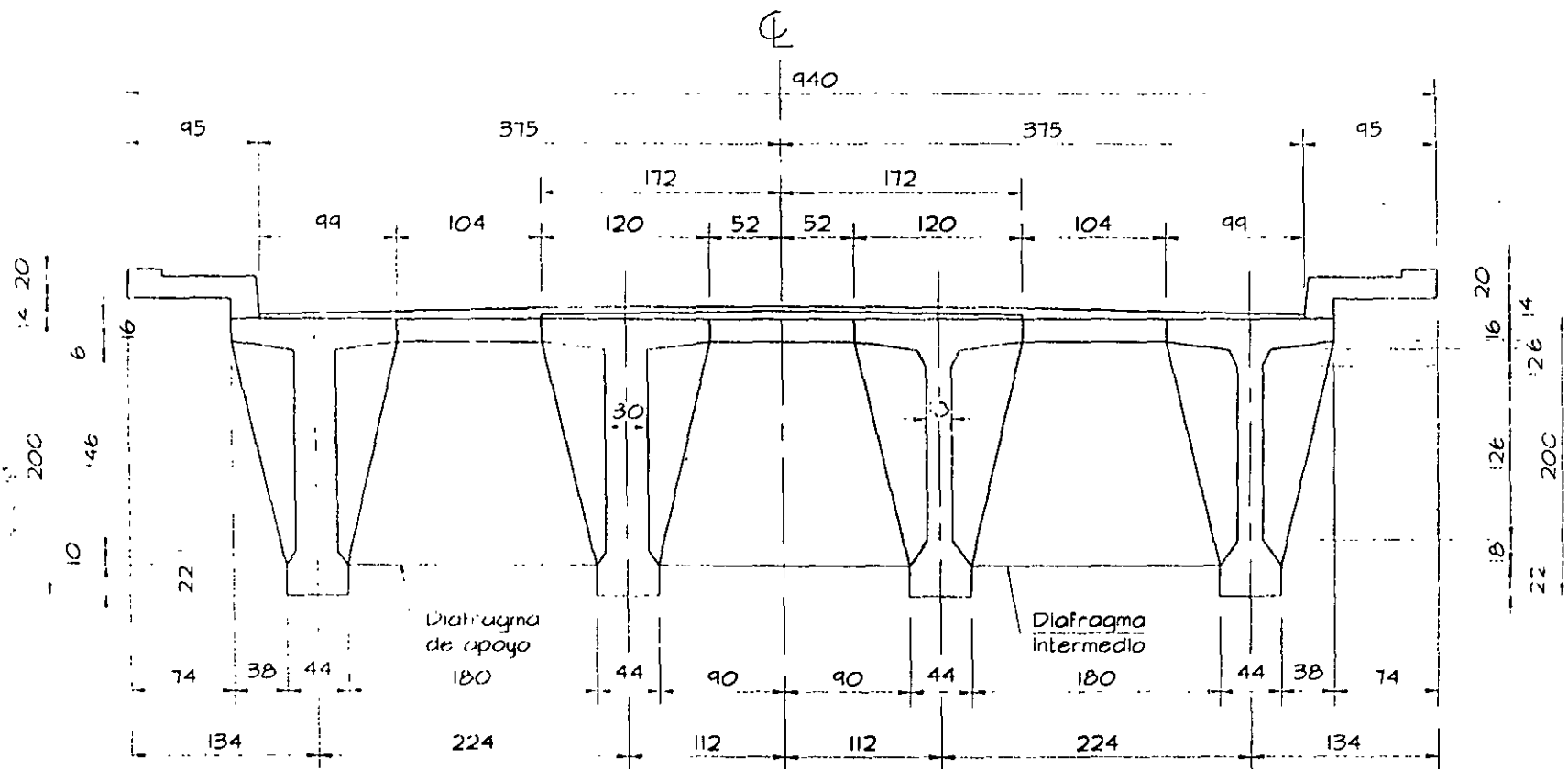
En definitiva este procedimiento permite no solo reforzar la estructura sino que le quita su condición de fragilidad ya que es una especie de "red" que detiene la estructura que pudiese fallar súbitamente. Por último, en caso de que no se presentara una falla súbita, es posible seguir reparándola gradualmente 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

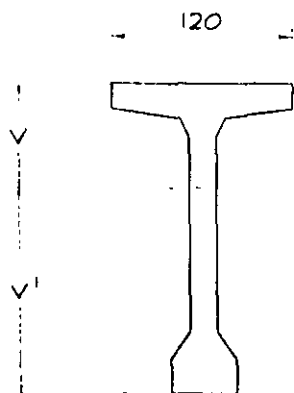
MEDIA SECCION
AL CENTRO DEL CLARO

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

$$A = 0.645 \text{ m}^2$$

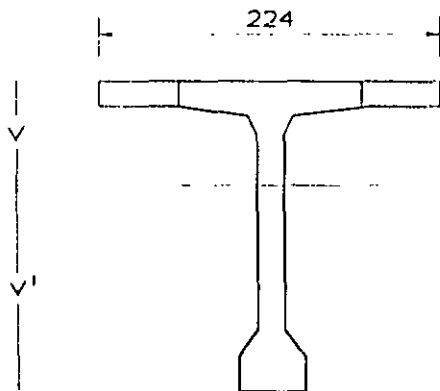
$$V = 0.8201 \text{ m}$$

$$V' = 1.1793 \text{ m}$$

$$I_{xx} = 0.3223 \text{ m}^4$$

$$I/V = 0.3921 \text{ m}^3$$

$$I/V' = 0.2733 \text{ m}^3$$



VIGA LOSA

$$A = 0.8116 \text{ m}^2$$

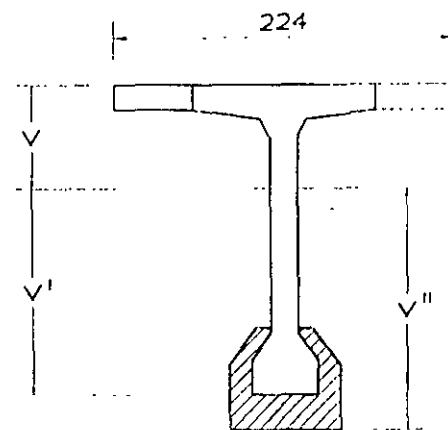
$$V = 0.669 \text{ m}$$

$$V' = 1.331 \text{ m}$$

$$I_{xx} = 0.395 \text{ m}^4$$

$$I/V = 0.5904 \text{ m}^3$$

$$I/V' = 0.2968 \text{ m}^3$$



VIGA LOSA Y BULBO

$$A = 1.055 \text{ m}^2$$

$$V = 0.9483 \text{ m}$$

$$V' = 1.0517 \text{ m}$$

$$V'' = 1.2017 \text{ m}$$

$$I_{xx} = 0.6787 \text{ m}^4$$

$$I/V = 0.7151 \text{ m}^3$$

$$I/V' = 0.6453 \text{ m}^3$$

$$I/V'' = 0.5648 \text{ m}^3$$



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

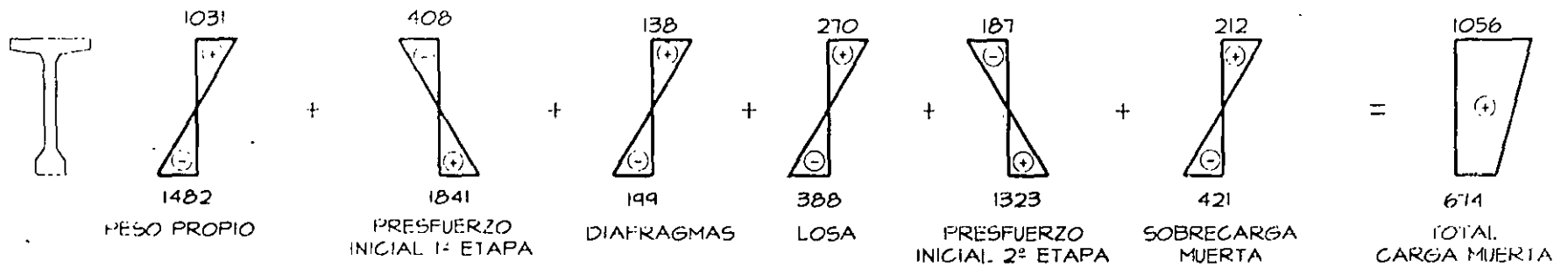
DIRECCION TECNICA

PUENTE "ALVARADO"
TRAMO DE 45 mts. FIGURA No 2

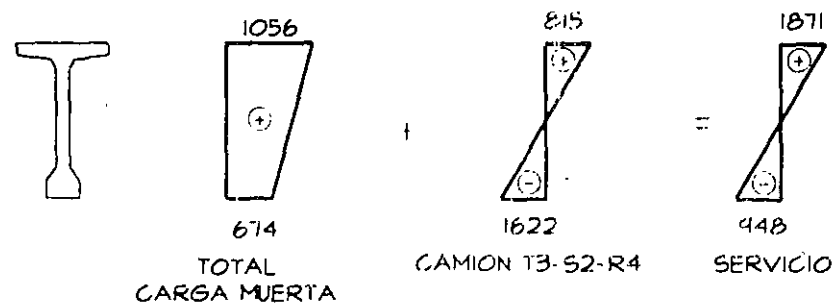
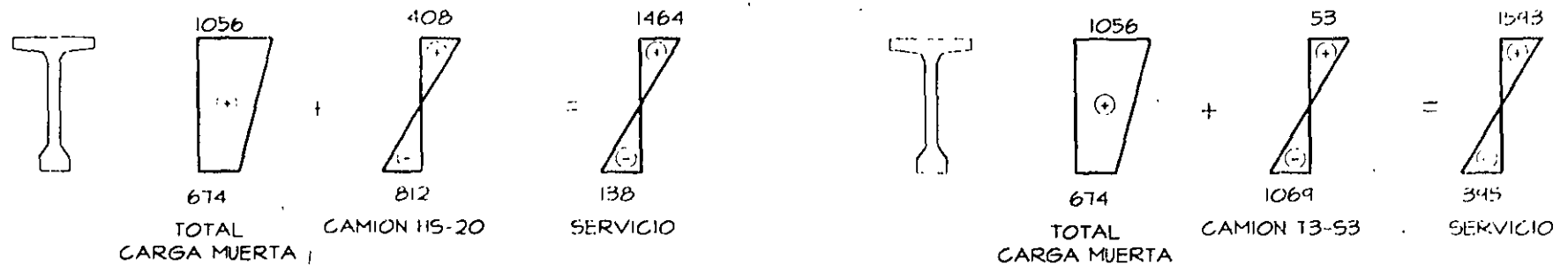
ESFUERZOS ACTUANTES EN EL PUENTE (T/m²)

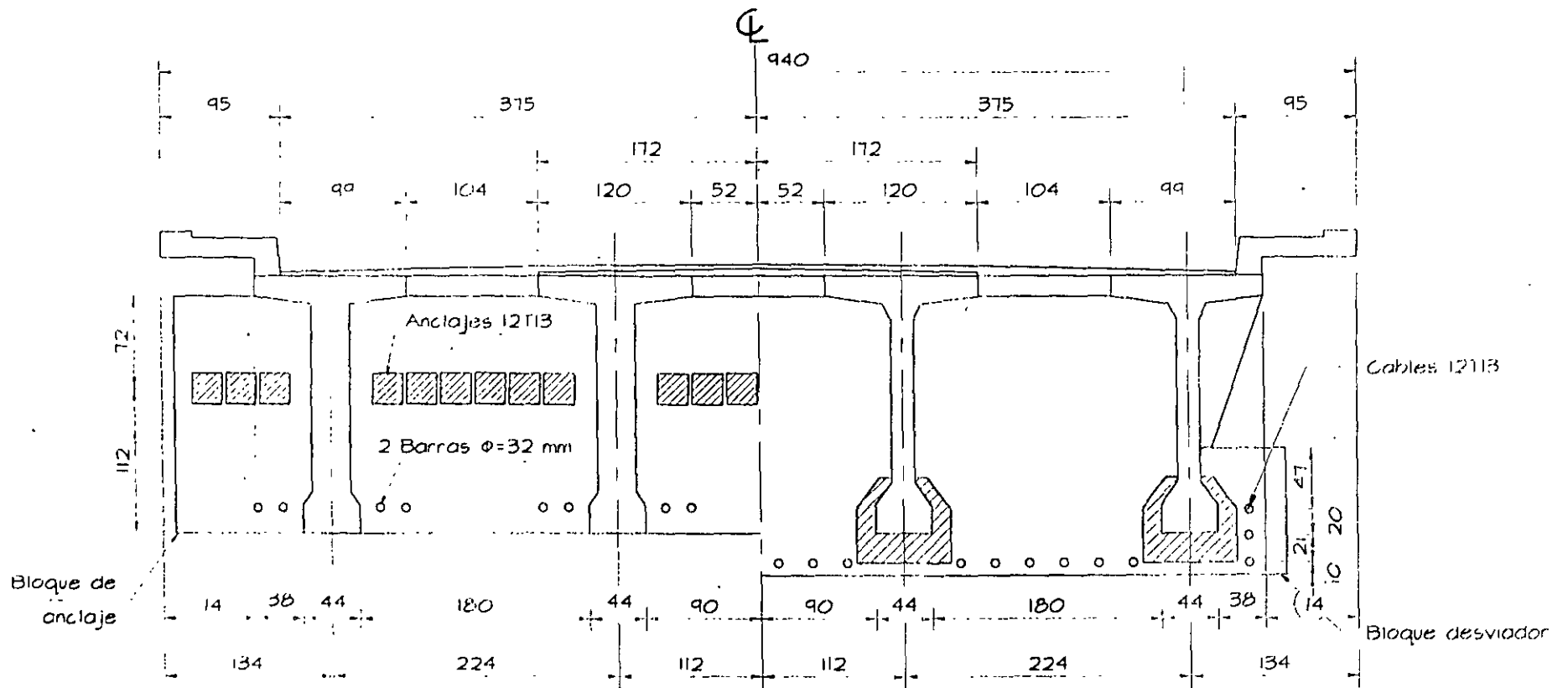
SECCION ORIGINAL

a) CARGAS MUERTAS



b) CONDICIONES DE SERVICIO





MEDIA SECCION
POR EJE DE
BLOQUE DE ANCLAJE

MEDIA SECCION
AL CENTRO DEL CLARO

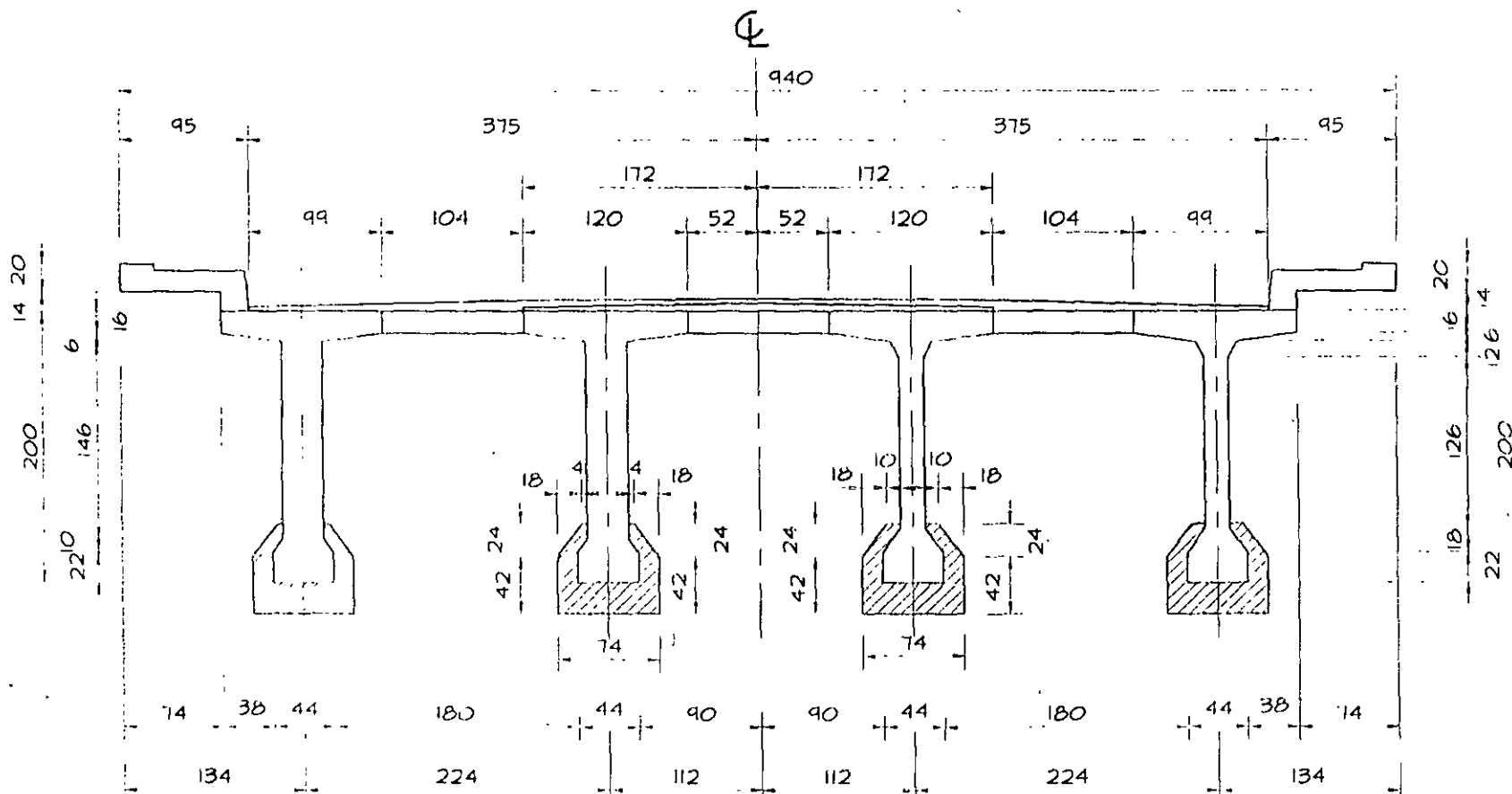
SECCION LOCALIZACION PRESFUERZO ADICIONAL



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
 DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

PUENTE "ALVARADO"
 TRAMO DE 45 mts. FIGURA NO. 4



MEDIA SECCION
POR EJE DE APOYO

MEDIA SECCION
AL CENTRO DEL CLARO

SECCION AMPLIADA

 CAMINOS Y Puentes FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

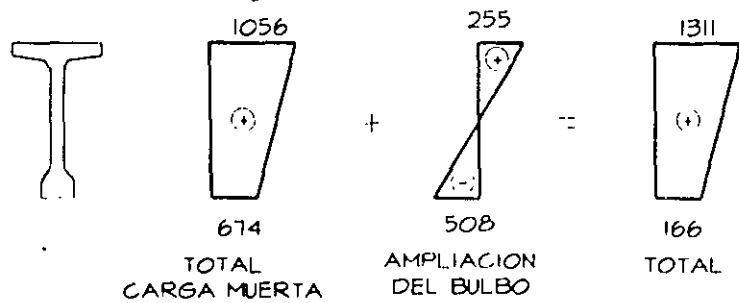
DIRECCION TECNICA

PUNTE "ALVARADO"
TRAMO DE 45 mts. FIGURA No. 5

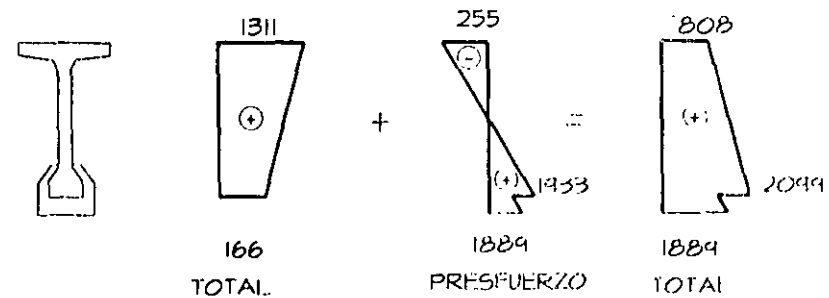
ESFUERZOS ACTUANTES EN EL PUENTE (T/m²)

SECCION AMPLIADA Y 100% DEL PRESFUERZO ORIGINAL

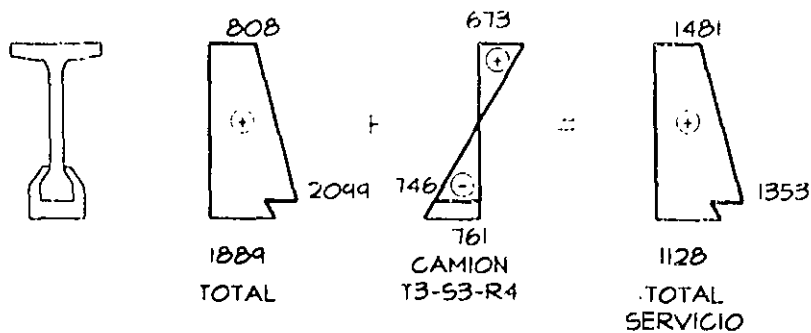
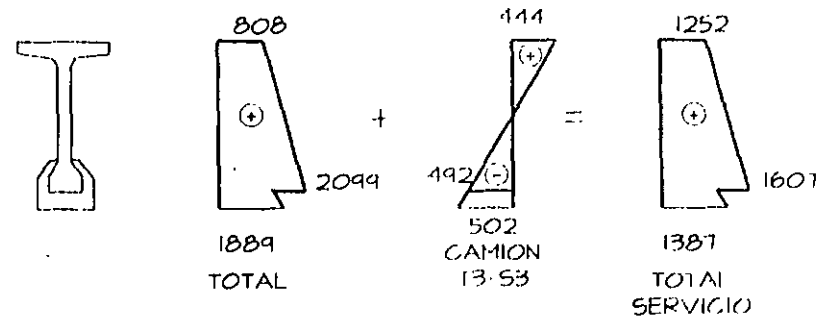
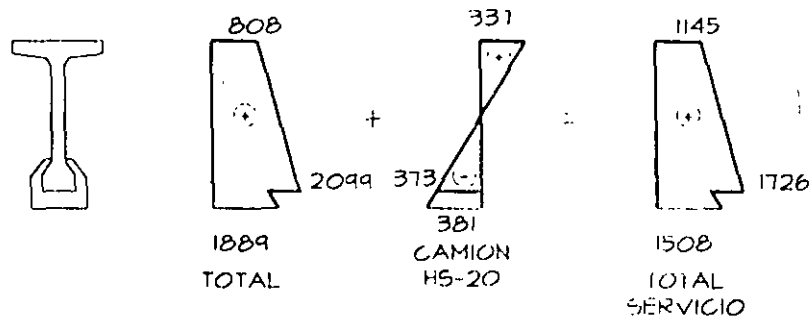
a) CARGAS MUERTAS




b) PRESFUERZO ADICIONAL (6 Cables 12T13 por Trabe)



c) CONDICIONES DE SERVICIO





CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

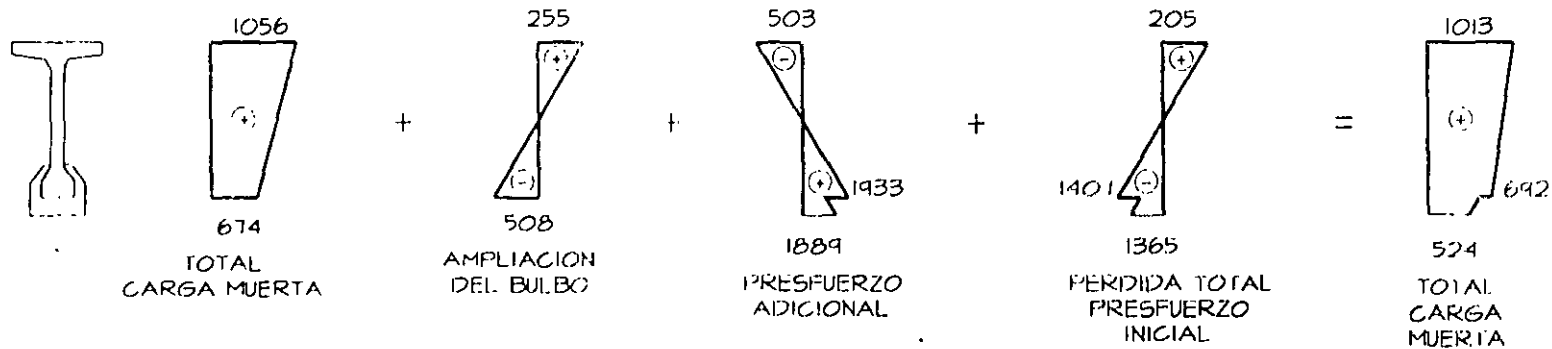
PUENTE "ALVARADO"

TRAMO DE 45 mts. FIGURA NO. 6

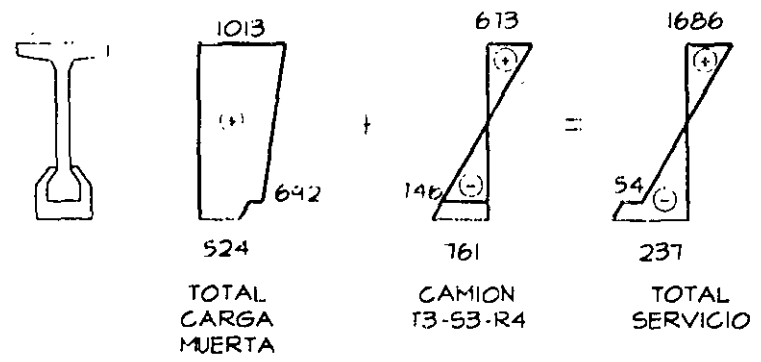
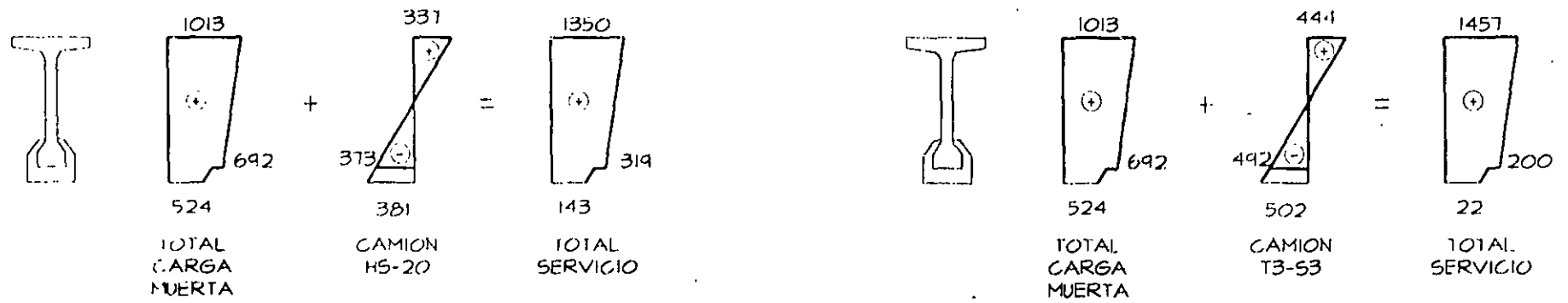
ESFUERZOS ACTUANTES EN EL PUENTE (T/m²)

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 NO. 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>a) TEMPORALES</p> <p>COMPRESION</p> <p>- PRETENSADOS $0.60 f'_{ci}$</p> <p>- POSTENSADOS $0.55 f'_{ci}$</p> <p>TENSION</p> <p>- Con acero de refuerzo $0.8 \sqrt{f'_{ci}}$</p> <p>- Máximo esfuerzo $2.00 \sqrt{f'_{ci}}$</p> <p>b) EN SERVICIO</p> <p>COMPRESION $0.40 f'_c$</p> <p>TENSION</p> <p>- Con acero de refuerzo $1.60 \sqrt{f'_c}$</p> <p>- Con acero de refuerzo pero expuesto a condiciones severas $0.80 \sqrt{f'_c}$</p> <p>- Sin acero de refuerzo 0.00</p>	<p>a) TEMPORALES</p> <p>COMPRESION $0.60 f'_{ci}$</p> <p>TENSION $0.70 (6 + 0.06 f'_{ci})$</p> <p>b) EN SERVICIO</p> <p>COMPRESION</p> <p>- Combinación casi-permanente $0.50 f'_c$</p> <p>- Combinaciones raras y frecuentes $0.60 f'_c$</p> <p>TENSION</p> <p>- En clase I 0.00</p> <p>- En clase II</p> <p>- Combinaciones raras</p> <p>- A nivel del acero de presfuerzo $6 + 0.06 f'_c$</p> <p>- En otras secciones $1.50 (6 + 0.06 f'_c)$</p> <p>- Combinaciones frecuentes</p> <p>- A nivel del acero de presfuerzo 0.00</p> <p>- En clase III</p> <p>- La sobretensión en el acero de presfuerzo debe ser menor a $0.10 f_{rg}$</p>

FASE I

- a) Tomar niveles de la superestructura
- b) Realizar perforaciones en nervaduras y diafragmas para dar paso al presfuerzo longitudinal y transversal (ver figura 1)

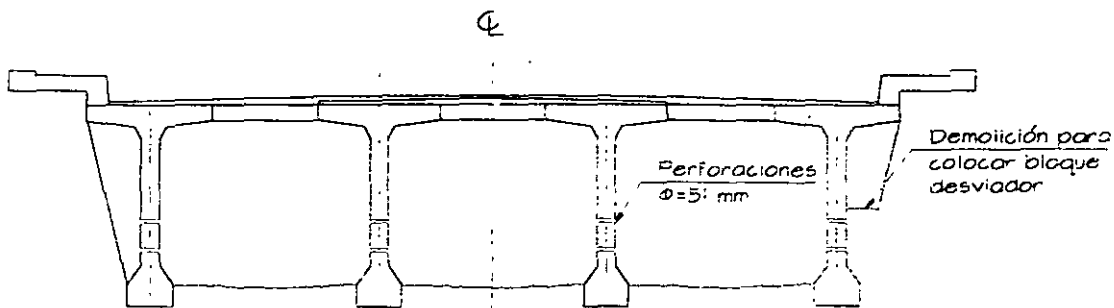


FIGURA 1

- c) Cerrar un carril a la circulación y proceder al retiro de la carpeta asfáltica (ver figura 2)

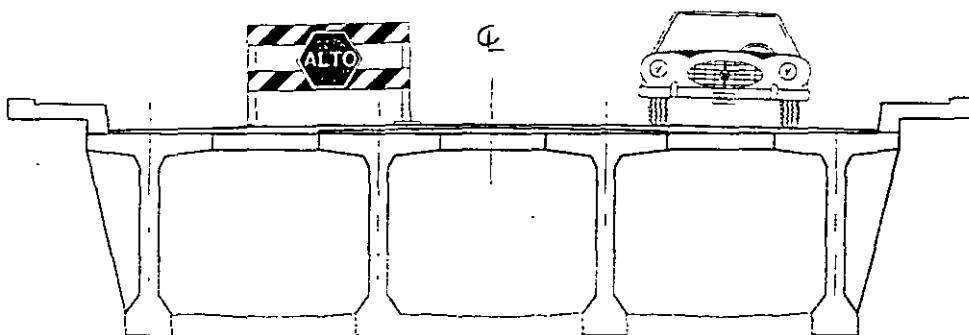


FIGURA 2

- d) Escarificar nervaduras y diafragmas en zonas donde se colocarán bloques de anclaje, bloques desviadores y ampliación del tubo (ver figura 3)

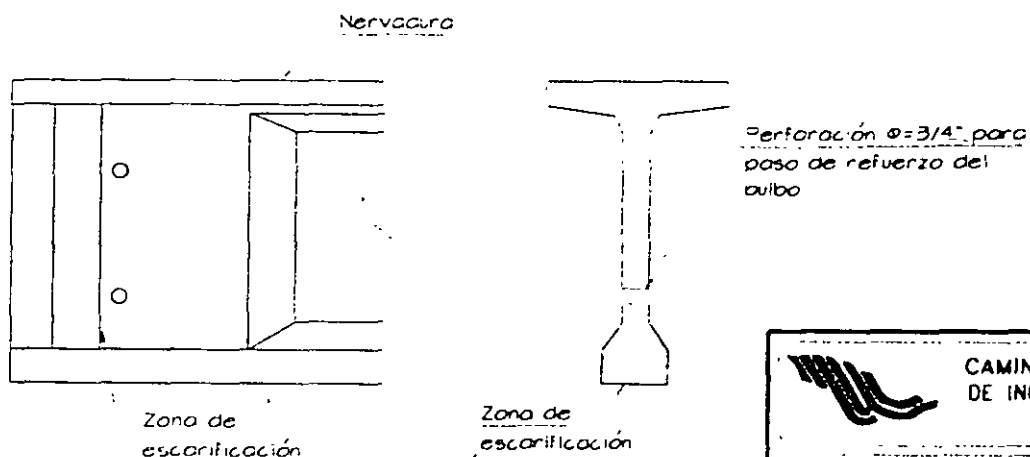


FIGURA 3



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

PUENTE "ALVARADO"
PROCEDIMIENTO
CONSTRUCTIVO

HOJA No. 1

FASE II

a) Colocar y tensar los estribos presforzados (ver figura 4)

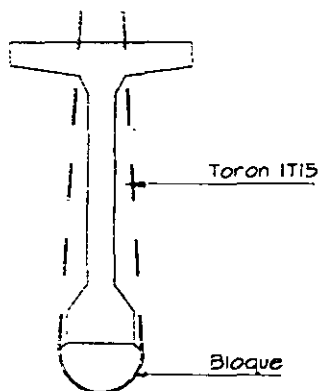


FIGURA 4

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)

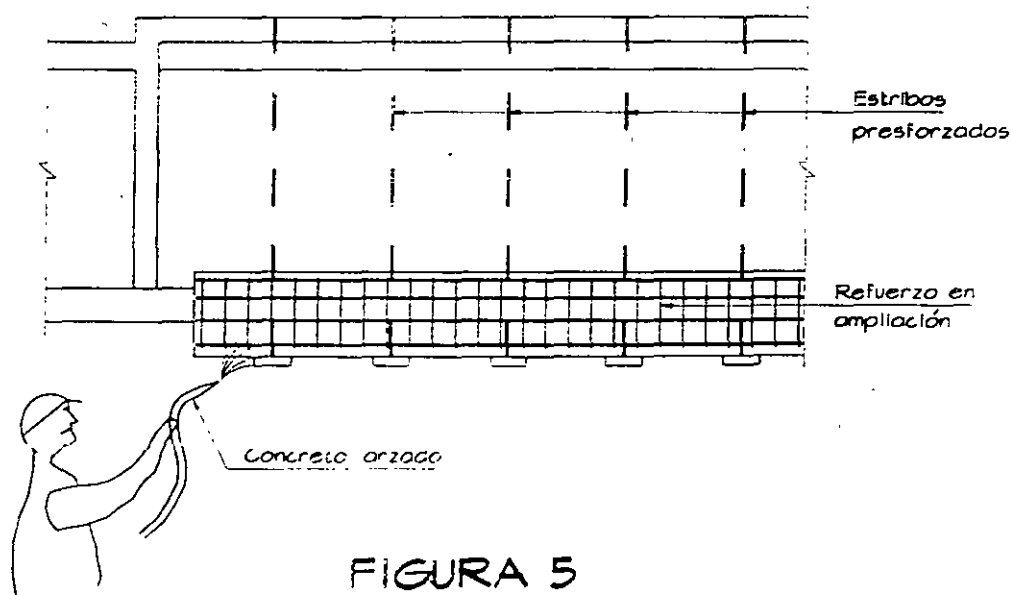


FIGURA 5

d) Colar la ampliación del patín inferior, mediante el método de concreto lanzado



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

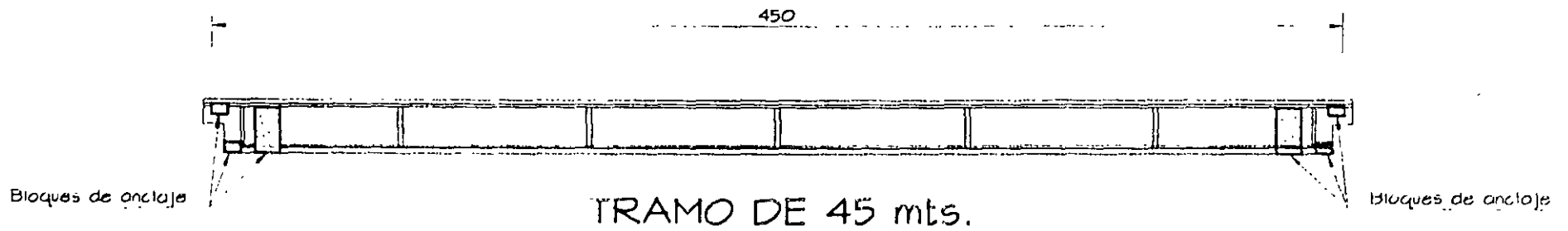
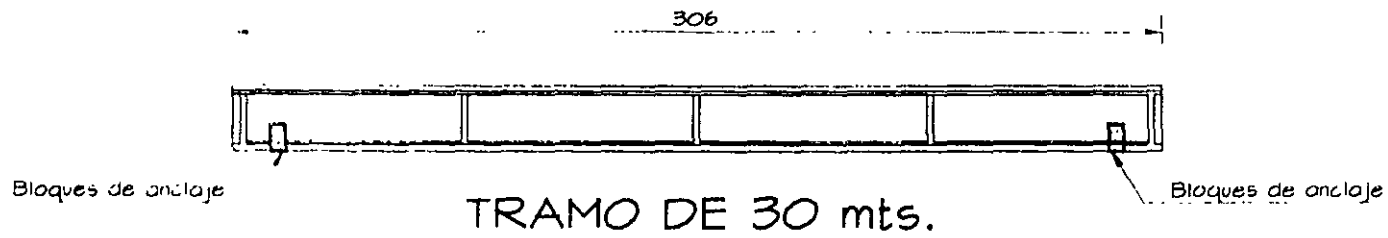
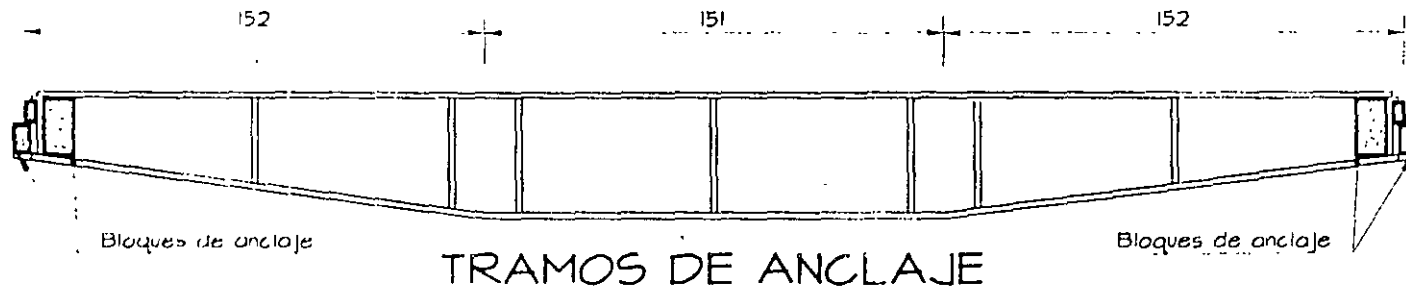
PUENTE "ALVARADO"


PROCEDIMIENTO
CONSTRUCTIVO

HOJA No. 2

FASE III

a) Armar y colar 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 1 HOJA No 3

FASE IV

a) REPETIR LAS FASES DE I A III PARA EL OTRO CARRIL (ver figura 6)

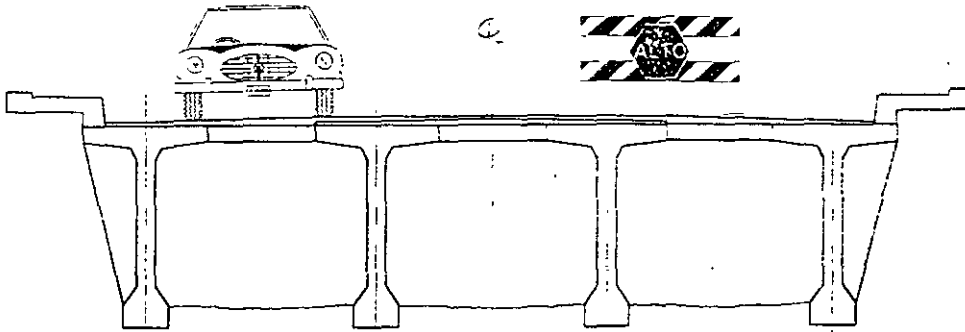


FIGURA 6

FASE V

- a) Resonar 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

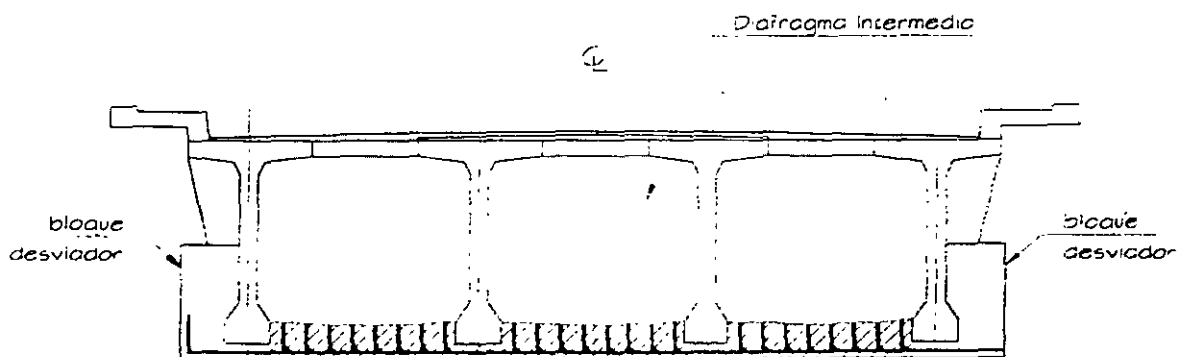


FIGURA 7



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

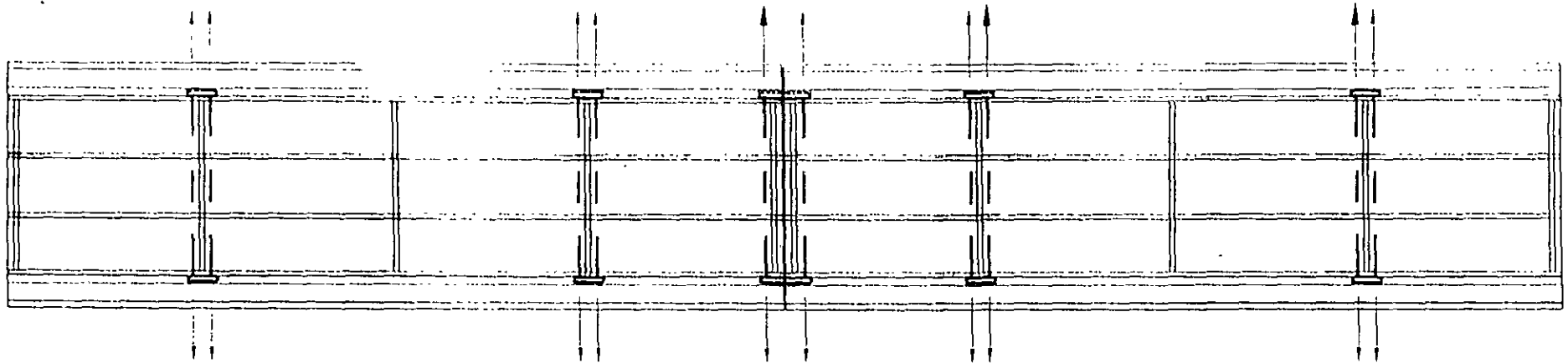
PUENTE " ALVARADO "

PROCEDIMIENTO
CONSTRUCTIVO


HOJA No. 4

FAJE VI

a) Insertar y tensar los cables de presfuerzo transversal

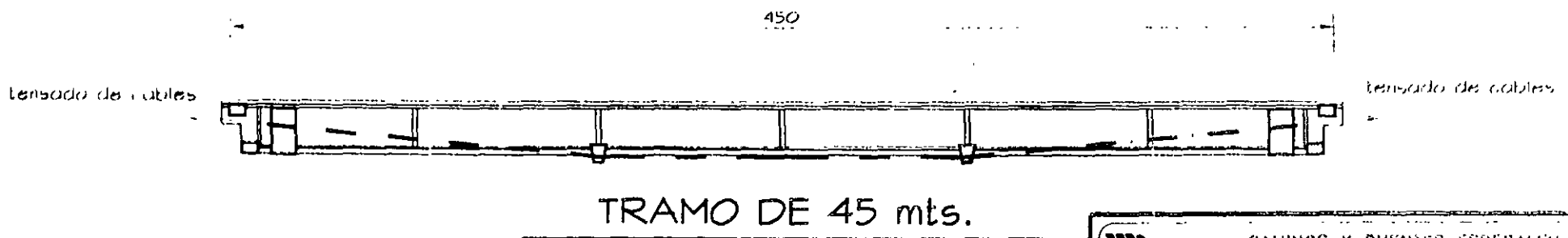
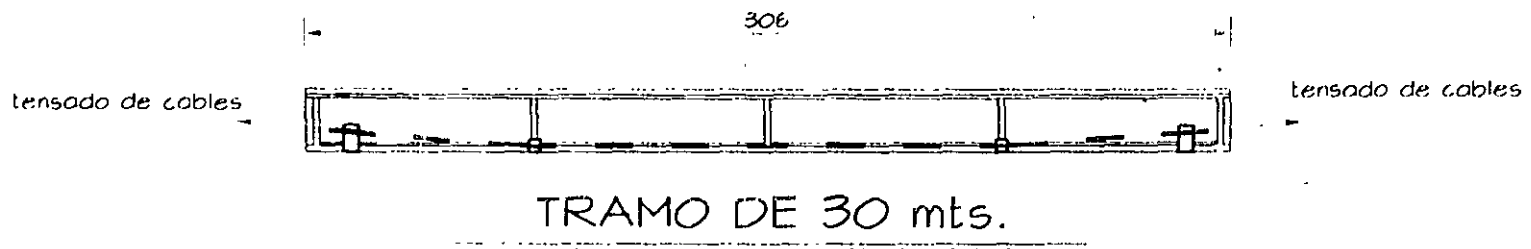
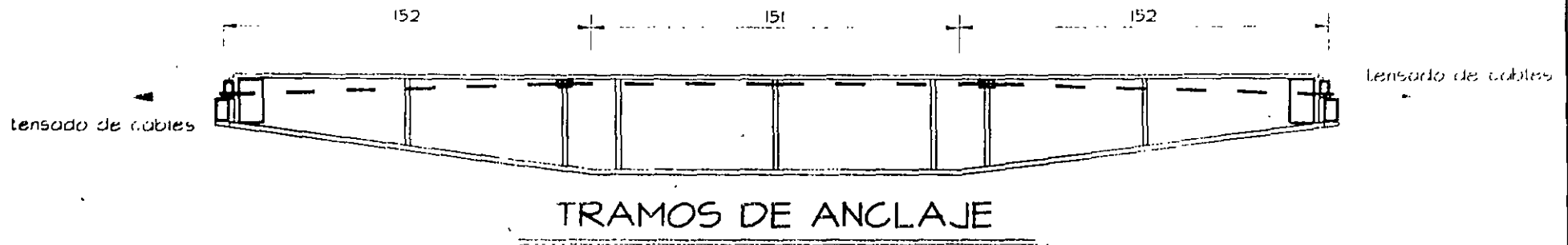



tensado de cables transversales

	CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
	DIRECCION TECNICA
PUENTE "ALVARADO"	
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	HOJA No 5

FASE VII

- a) Insertar y tensar 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 TECNICA
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
		T O T A L	5'373,846.24

COSTOS DE:

SUPERESTRUCTURA NUEVA

5'338,368.00	1988	1.7661	9'428,090.00
		RELACION DE %	56 %

TODO EL PUENTE

18'916.000.00	1988	1.7661	33'409,547.60
		RELACION DE %	16 %



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

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

MODULO III:

CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN DE CARRETERAS

TEMA:

**PRÁCTICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS (MANUAL
PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN CARRETERAS Y
PUENTES Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO)**

**ING. ERNESTO ALONSO HERNÁNDEZ PADILA
NOVIEMBRE 1999**



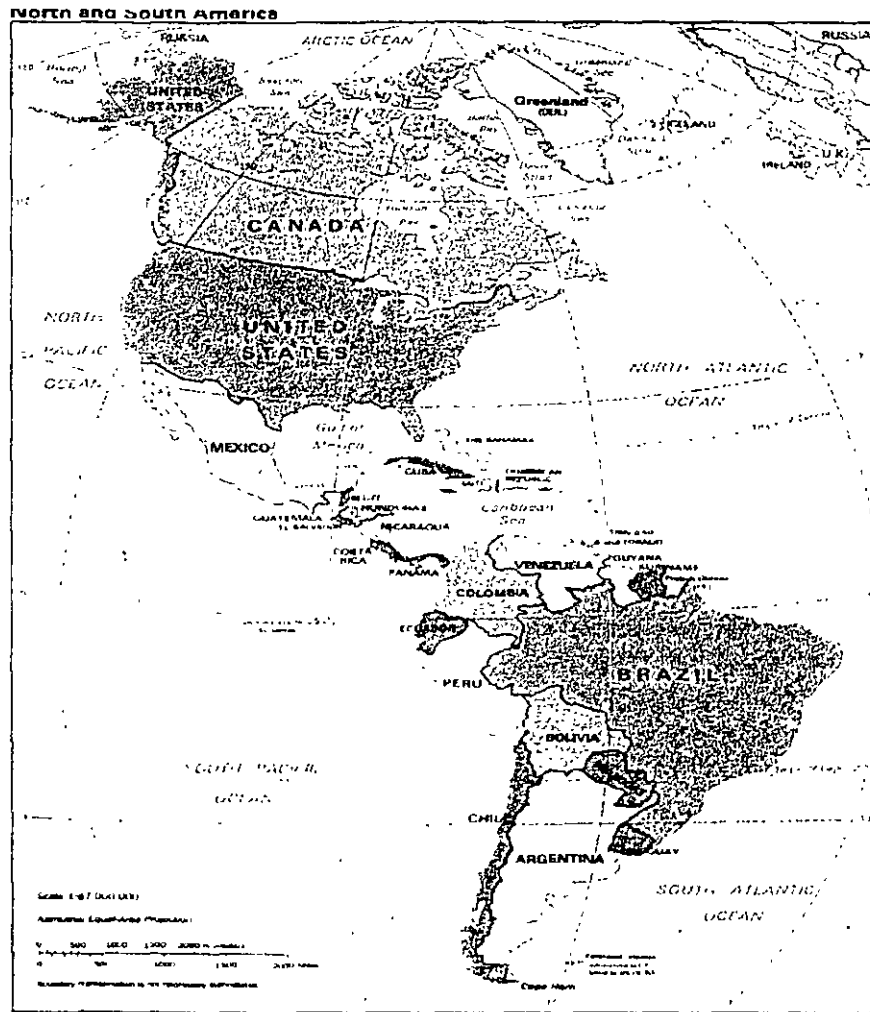
INTRODUCCION	1
DEFINICION DE UN HURACAN	5
SISMOLOGIA EN MEXICO	15
DIRECCIONES DE INTERNET QUE INTERVIENEN EN SITUACIONES DE DESASTRES NATURALES	20
ACCIONES PARA AFRONTAR UNA EMERGENCIA	21
ANTES DE LA EMERGENCIA	22
DURANTE LA EMERGENCIA	37
DESPUES DE LA EMERGENCIA	38
EL PRINCIPAL OBJETIVO ES RESTABLECER EL SERVICIO	38
RECONSTRUCCION DE LA OBRA DAÑADA	41
SOLICITUD DE RECURSOS FINANCIEROS PARA ENFRENTAR LA EMERGENCIA	43
APLICACIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS EN EMERGENCIA	44
PARA TRABAJOS POR ADMINISTRACION	44
PARA TRABAJOS POR CONTRATO	49
PRINCIPALES LINEAMIENTOS A CONSIDERAR EN UNA EMERGENCIA	52
ANEXO I (Formato de Nota Informativa)	54
ANEXO II (Acta Circunstanciada)	58
ANEXO III (Dictamen Técnico)	60
ANEXO IV (Recomendaciones Técnicas Generales)	62
ANEXO V (Formato de Acuerdo)	66
ANEXO VI (Solicitud para Comprometer Recursos en ejercicios siguientes)	69
ANEXO VII (Procedimiento Administrativo para Atención a Emergencias)	71
ANEXO VIII (Señalamiento más comúnmente utilizado en una emergencia)	87
ANEXO IX (Procedimiento para la elaboración de puentes tipo BAYLE)	96
ANEXO X (Procedimiento para la instalación de Pontones)	126



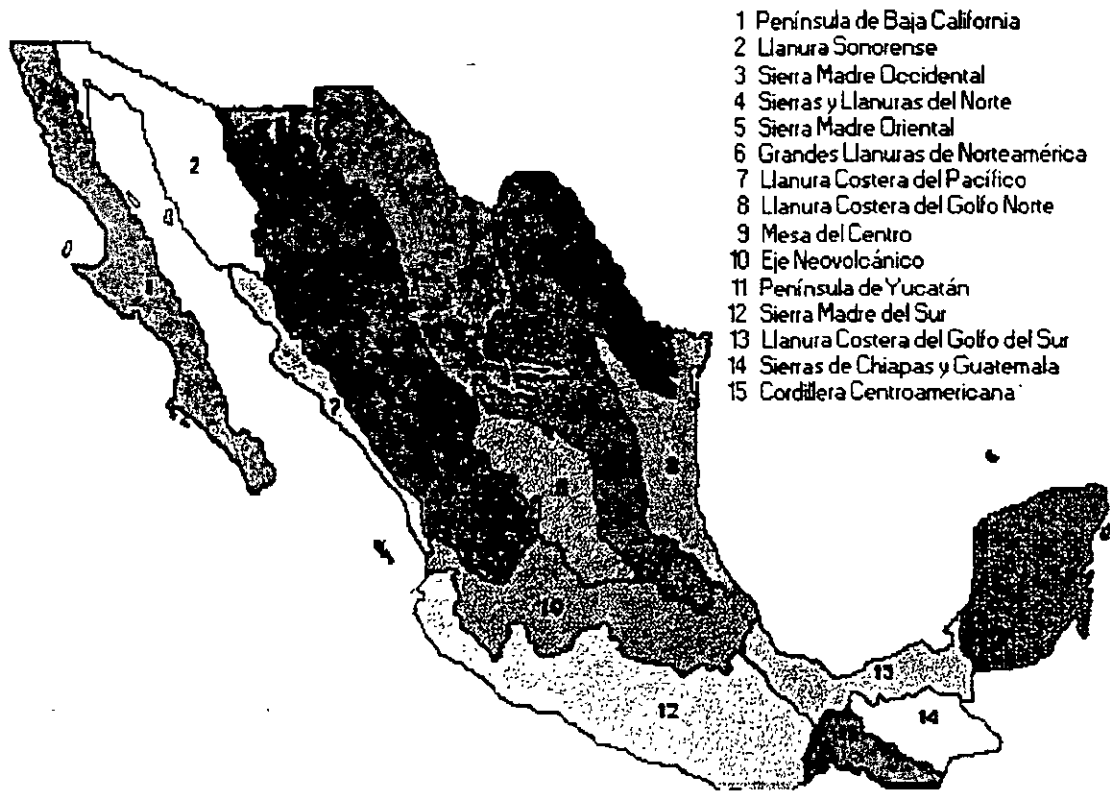
INTRODUCCION

UBICACIÓN DEL PAIS

País Situado en América del Norte, México hace frontera 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. El país tiene una superficie de 1'958,200 km².



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 una región llamada La Junta, en el sureste. 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.

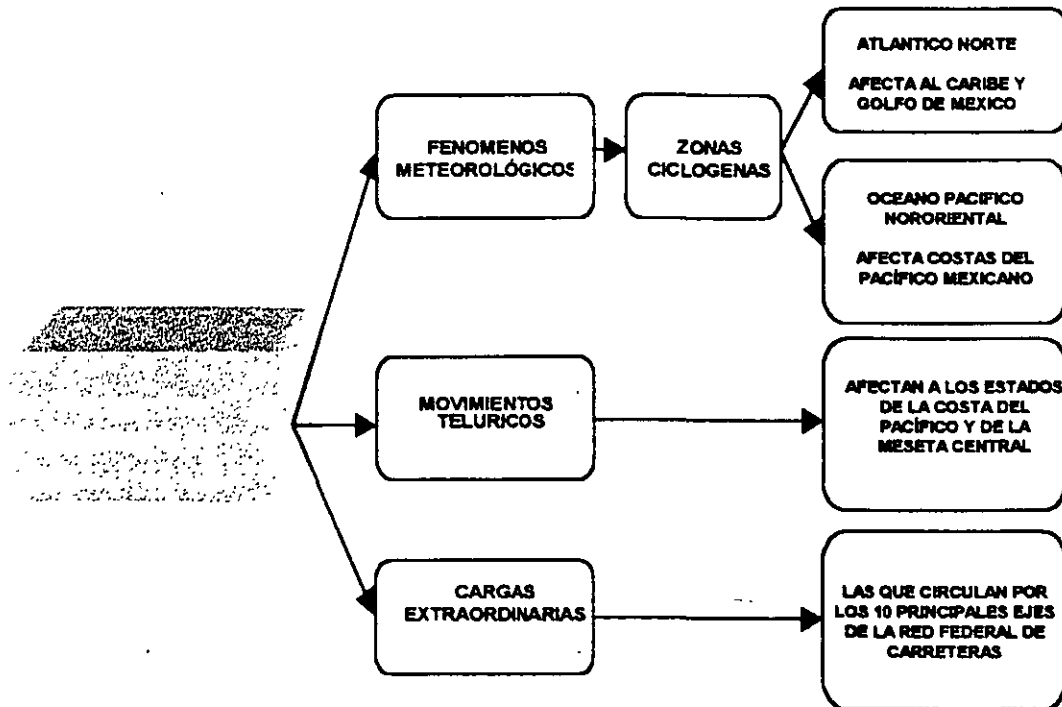
EMERGENCIA EN CARRETERAS

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

Entenderemos como emergencia el efecto causado por desastres producidos por fenómenos naturales y/o 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, Etc.

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 del de Huracán, por ejemplo: Ciclón, en la zona Centroamericana; Tifón, en el océano Pacífico y Baguío 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 se basa en la intensidad actual de los huracanes y 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:

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 la corrientes de entrada.

VERIFICACION DEL PRONOSTICO DE HURACANES PARA EL ATLANTICO (ESQUEMA DE W. GRAY)

AÑO	PRONOSTICO FINAL	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
SUMA	130	143	29
PROMEDIO	9.28	10.21	2.07
VARIACION		CLASIFICACION DEL PRONOSTICO	
0	PERFECTO		
1	MUY BUENO		
2	BUENO		
3	REGULAR		
MAYOR A 4	MALO		

ZONAS CICLÓGENAS QUE AFECTAN A MEXICO (Cuna de huracanes)

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

Dos de éstas 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 aquí 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 y 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 de la predicción de su deriva, la mayoría de las predicciones 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.

Vientos: 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 sobre elevación 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 figuras 2, 3 y 4 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.

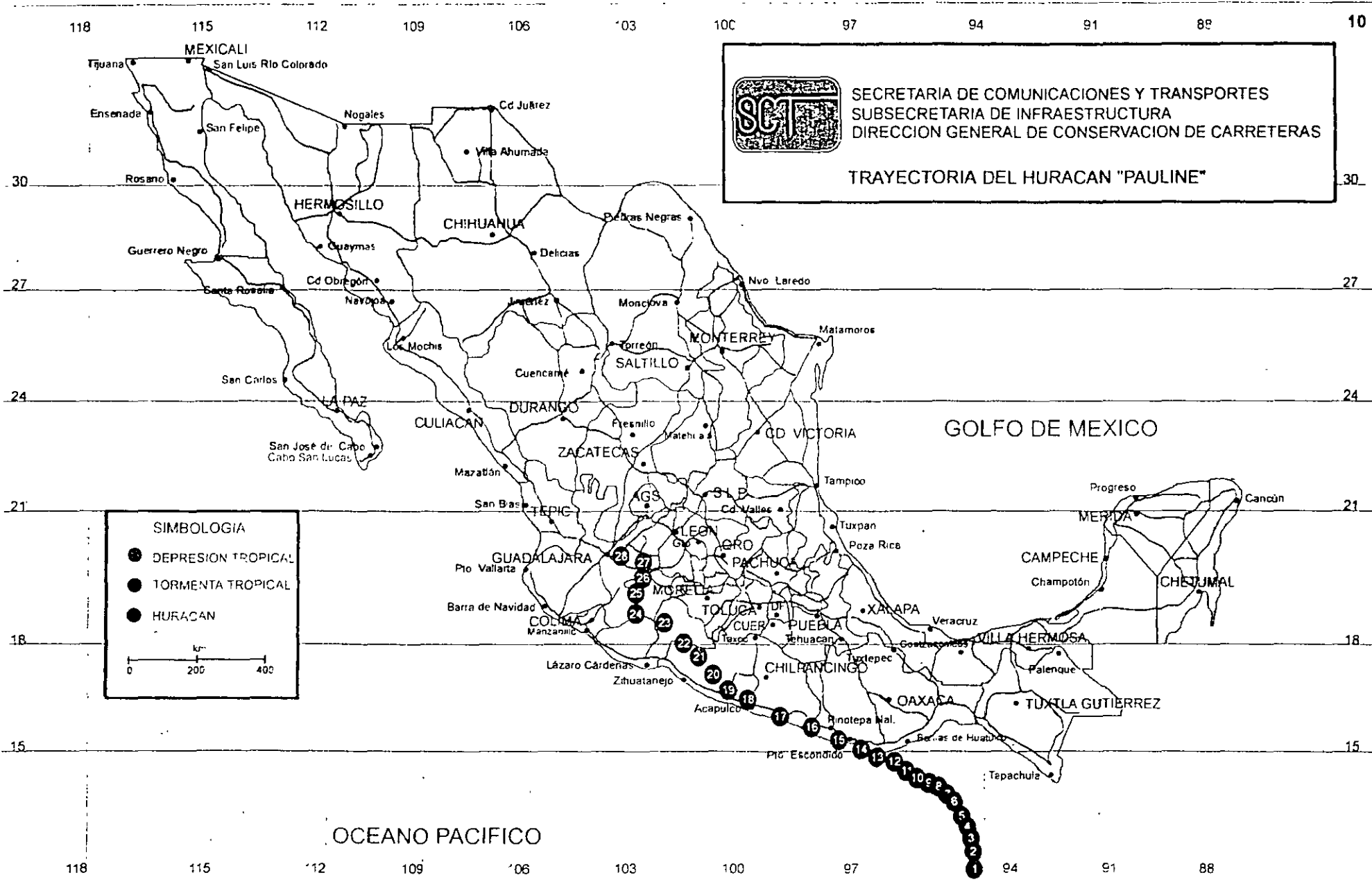
Lluvia: La gran cantidad de lluvia asociada con los huracanes es uno de los elementos que producen mayor destrucción en las zonas habitadas, debido a inundaciones, deslaves, erosión y deslizamientos de tierra producidos por avenidas y crecientes de los ríos y escurrimientos de los alrededores.

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, Sonora y Tamaulipas, 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 40% de la población total de estos estados, ubicada en un total de 31 municipios costeros. En otras entidades, la recurrencia de penetración ciclónica oscila entre los 5 y los 7 años; en ellos se estima que aproximadamente 2 millones de personas están expuestas a sufrir sus efectos. Este grupo lo integran los estados de Baja California Sur, Campeche, Colima, Quintana Roo y Jalisco, en cuyos 19 municipios costeros se asienta el 26.3% 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.



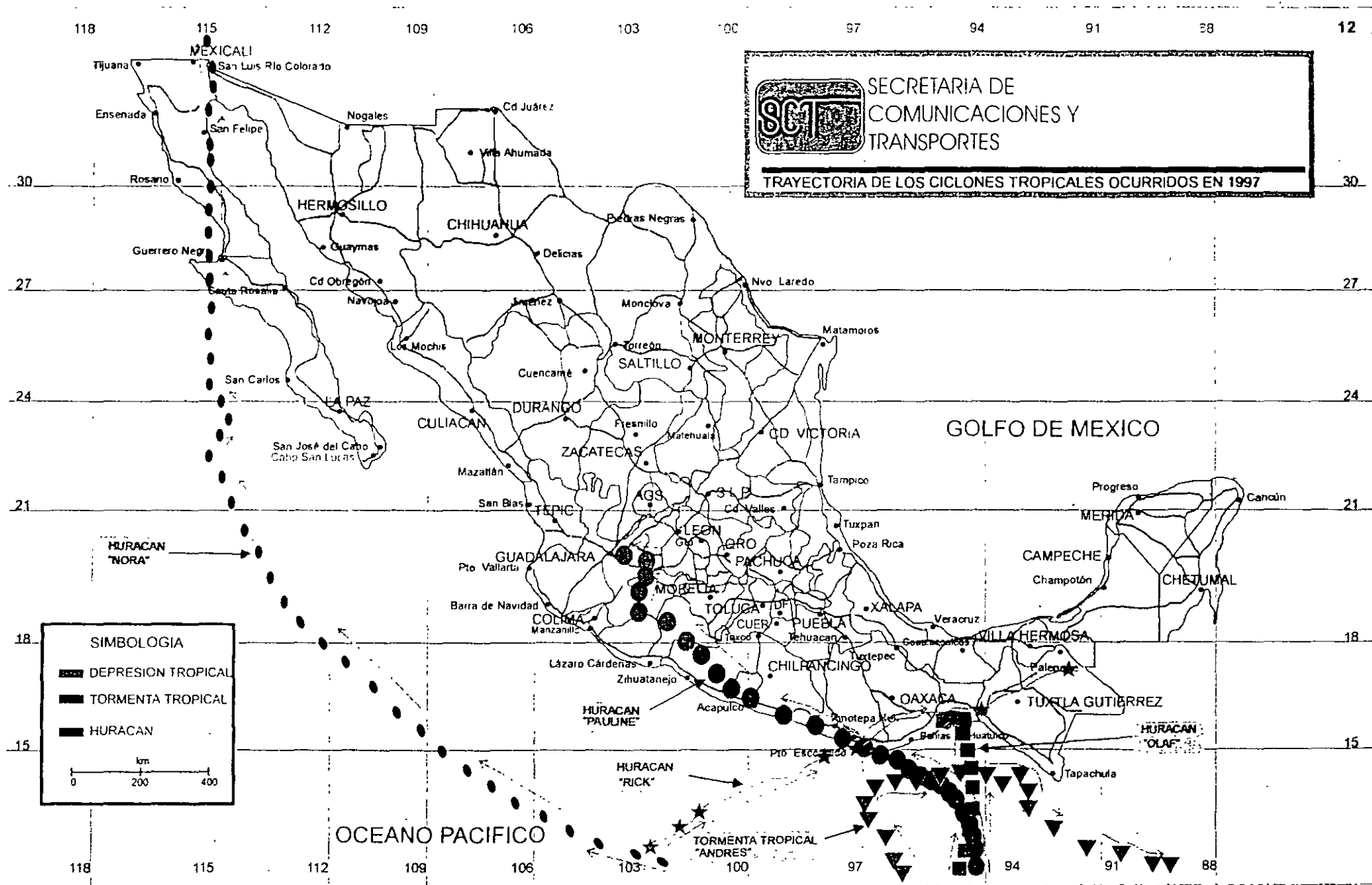


SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
 DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
 DIRECCION DE SISTEMAS E INFORMATICA

LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS CICLONES QUE HAN CAUSADO DAÑO EN TERRITORIO NACIONAL DURANTE 1997

HURACAN. PAULINE

FUENTE	N° 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 CLAS EN M	N° DE AVISO	
									DIRECCION	VEL KM/HR	EST	DESDE EL CENTRO KM/HR	RACHAS KM/HR		VEL KM/HR	DIST KM	DIRECCION				
CFE	28	10/10/97	10:00	DEPRESION TROPICAL				JALISCO Y PULCRICO												28	
CFE	27	10/10/97	7:00	DEPRESION TROPICAL		19.4	102.8	NOROESTE DE APATZIMCAN MKH	NOROESTE			55	70	400	55	400	OESTE	REGION GOLFO Y REGION SURESTE		27	
CFE	26	10/10/97	4:00	TORMENTA TROPICAL		19.3	102.7	MICHOACAN COLIMA Y JALISCO	NOROESTE	15		55	75	400				PACIFICO NTE, PACIFICO SUR Y CENTRO REG. GOLFO		26	
CFE	25	10/10/97	1:00	TORMENTA TROPICAL		19.0	103.0	PACIFICO CENTRAL, ZIHUATANEJO Y TEOYUACAN	OESTE NOROESTE	20		65	90	400	65	200		MR. H. COLIMA Y JALISCO	4	280	25
CFE	24	9/10/97	22:00	TORMENTA TROPICAL		18.7	103.1	PACIFICO CENTRAL, ZIHUATANEJO Y TEOYUACAN	OESTE NOROESTE	21		85	120	400	63	95	SUROESTE-SUROESTE	MR. H. COLIMA Y JALISCO	4	280	24
CFE	23	9/10/97	19:00	TORMENTA TROPICAL		18.5	102.5	JALISCO, COLIMA MKH Y OCCIDENTE GUERRERO	OESTE NOROESTE	20		110	145	400	63	185	SUR Y NORTE	ZONA COSTERA DE GUERRERO Y MICHOACAN	4	185	23
CFE	22	9/10/97	16:00	HURACAN	1	18.3	102.0	JALISCO, MICHOACAN Y OCCIDENTE GUERRERO	OESTE NOROESTE	20		140	165	400	63	185	SUR Y NORTE	ZONA COSTERA DE GUERRERO Y MICHOACAN	4	185	22
CFE	21	9/10/97	13:00	HURACAN	1	18.1	101.6	GUERRERO Y MICHOACAN	OESTE NOROESTE	24		150	195	400	63	185	SUR Y NORTE	ZONA COSTERA DE GUERRERO	4	185	21
CFE	20	9/10/97	10:00	HURACAN	2	17.8	101.2	GUERRERO Y MICHOACAN	OESTE NOROESTE	25		155	195	400	63	185	SUR Y NORTE	ZONA COSTERA DE GUERRERO	4	185	20
CFE	19	9/10/97	7:00	HURACAN	2	17.4	100.5	GUERRERO	OESTE NOROESTE	24		160	200	300	63	185	SUR Y NORTE	COSTERA DE GRO Y OCCIDENTE DE OAXACA	4	300	19
CFE	18	9/10/97	4:00	HURACAN	2	17.1	100.0	GUERRERO	OESTE NOROESTE	24		165	205	300	63	185	SUR Y NORTE	COSTERA DE GRO Y OCCIDENTE DE OAXACA	4	300	18
CFE	17	9/10/97	1:00	HURACAN	3	16.5	98.7	OAXACA Y GUERRERO	OESTE NOROESTE	20		185	210	300	63	185	SUR Y NORTE	ZONA COSTERA DE OAXACA Y GUERRERO	4	300	17
CFE	16	8/10/97	22:00	HURACAN	3	16.1	97.9	OAXACA Y GUERRERO	OESTE NOROESTE	20		185	210	250	63	185	SUR Y NORTE	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	16
CFE	15	8/10/97	19:00	HURACAN	3	15.9	97.3	OAXACA	NOROESTE	19		185	230	200	63	185	TODAS DIRECC	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	15
CFE	14	8/10/97	16:00	HURACAN	3	15.7	96.8	OAXACA	NOROESTE	15		195	240	200	63	185	TODAS DIRECC	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	14
CFE	13	8/10/97	13:00	HURACAN	3	15.3	96.2	OAXACA	NOROESTE	11		200	240	200	63	185	TODAS DIRECC	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	13
CFE	12	8/10/97	10:00	HURACAN	4	14.9	96.0	OAXACA Y PARTE ORIENTAL DE GUERRERO	NOROESTE	11		215	260	400	63	185	TODAS DIRECC	ZONA COSTERA DE OAXACA	4	300	12
CFE	11	8/10/97	7:00	HURACAN	3	14.6	95.9	OAXACA, CHIAPAS Y GUERRERO	NOROESTE	9		185	220	400	120	55	TODAS DIRECC	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	11
CFE	10	8/10/97	4:00	HURACAN	3	14.4	95.8	OAXACA, CHIAPAS Y GUERRERO	NOROESTE	9		185	220	400	120	55	TODAS DIRECC	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	10
CFE	9	8/10/97	1:00	HURACAN	3	14.1	95.6	OAXACA, CHIAPAS Y GUERRERO	NOROESTE	9		185	220	400	120	55	TODAS DIRECC	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	9
CFE	8	7/10/97	22:00	HURACAN	3	13.9	95.6	OAXACA, CHIAPAS Y GUERRERO	NOROESTE	9		185	220	400	120	55	TODAS DIRECC	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	8
CFE	7	7/10/97	19:00	HURACAN	3	14.0	95.3	OAXACA, CHIAPAS Y GUERRERO			x	195	240	400	120	55	TODAS DIRECC	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	7
CFE	6	7/10/97	16:00	HURACAN	3	13.8	95.1	OAXACA, CHIAPAS Y GUERRERO			x	195	240	400	120	55	TODAS DIRECC	CHIAPAS Y OAXACA	4	300	6
CFE	5	7/10/97	13:00	HURACAN	4	13.7	94.7	OAXACA, CHIAPAS Y GUERRERO	NOR NOROESTE	7		215	260	400	120	55	TODAS DIRECC	OAXACA, CHIAPAS Y GUERRERO	4	300	5
CFE	4	7/10/97	10:00	HURACAN	4	13.5	94.0	OAXACA, CHIAPAS Y GUERRERO	NOR NOROESTE	7		215	260	400	120	55	TODAS DIRECC	SUROESTE Y OTE, REGION PACIFICO-SUR	4	300	4
CFE	3	6/10/97	22:00	HURACAN	2	12.6	94.2	OAXACA Y CHIAPAS	NOR NOROESTE	6		160	185	400	120	45	TODAS DIRECC	SUROESTE Y OTE, REGION PACIFICO-SUR	4	300	3
CFE	2	6/10/97	16:00	HURACAN		12.2	94.1	COSTAS DE OAXACA Y CHIAPAS			x	120	150	350	120	50	TODAS DIRECC	SUROESTE Y OTE, REGION PACIFICO-SUR	4	280	2
CFE	1	6/10/97	10:00	TORMENTA TROPICAL		11.8	94.1	OAXACA Y CHIAPAS	ESTE	6		100	120	350	65	140	TODAS DIRECC	SUROESTE Y OTE, REGION PACIFICO-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 19).

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 siendo que 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:

EMERGENCIAS DE LOS ULTIMOS CUATRO AÑOS

AÑO	ENTIDAD FEDERATIVA EN SITUACIÓN DE EMERGENCIA	COSTO TOTAL DE ATENCIÓN A LA EMERGENCIA
1995	AGS, BCS, CAMP, COL, CHIS, DGO, GRO, MEX, MICH, MOR, OAX, QRO, Q.ROO, SIN, TAB, TAMPS, TLAX, VER Y YUC.	107.0 MDP
1996	AGS, BCS, CAMP, COL, CHIS, DGO, GRO, HGO, JAL, MICH, OAX, PUE, QRO, SIN, TAB, TLAX, VER Y ZAC.	224.0 MDP
1997	BC, CHIS, CHIH, GRO, JAL, MICH, MOR, NAY, OAX, SIN.	146.0 MDP
1998	BC, BCS, COAH, COL, CHIS, DGO, GRO, HGO, JAL, MEX, MICH, MOR, NAY, N.L, OAX, PUE, QRO, SLP, SIN, SON, TAB, TLAX Y VER.	697.0 MDP

Por lo antes dicho, se espera que paulatinamente sea más ágil y oportuna la autorización de los recursos que sean necesarios para la atención de emergencias. Incluso, sería muy deseable que en futuro se constituyera un fondo para atención de emergencias, del que se pudiera disponer en forma inmediata cumpliendo con los requerimientos que se establecieran, lo que permitiría que las acciones de respuesta fueran realizadas con la mayor oportunidad.

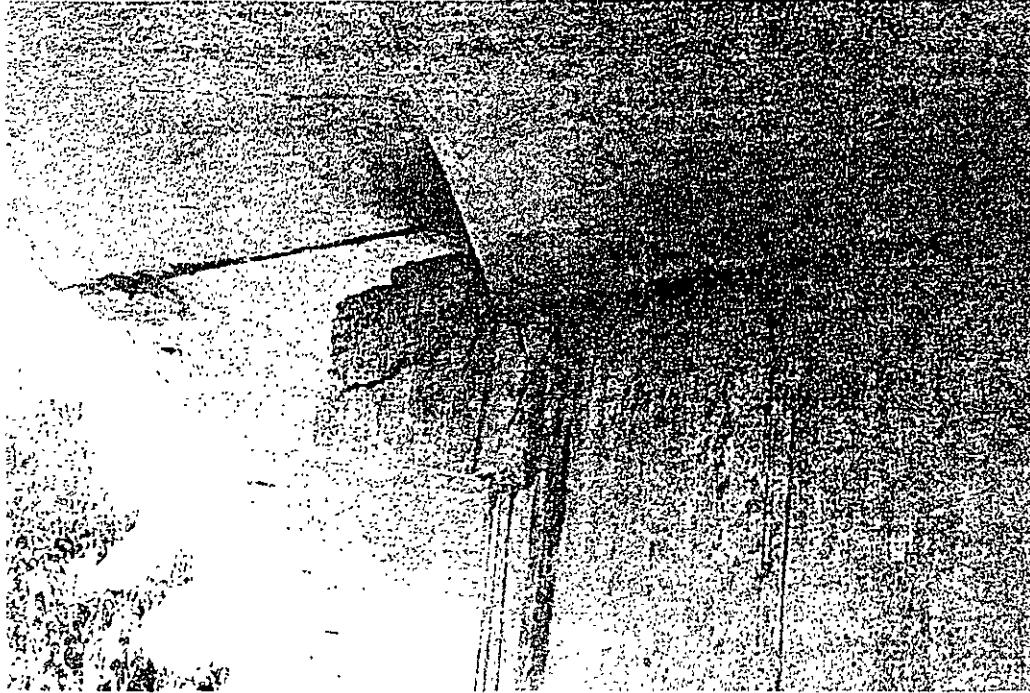
SISMOLOGIA EN MEXICO



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

En la época de la colonia, la descripción de los temblores las llevaron a cabo principalmente los frailes; por ejemplo, Clavijero y Sahagún. Posteriormente, con el uso generalizado de la imprenta, se reportaban datos sísmológicos en los periódicos de la época, con descripciones algunas veces exageradas aunque pintorescas.

Con el desarrollo de la colonia como centro de cultura los temblores fueron descritos también por naturalistas a la vez que por publicistas y público en general, pues en todos los folletos antiguos se encuentran notas sobre temblores, cuyas áreas se empezaban a delimitar a medida que las comunicaciones entre los pueblos se establecían.



Cuando se instaló la red telegráfica en la República Mexicana, los telegrafistas suministraban datos referentes a temblores y se publicaban mensualmente en boletines.

La medición de los temblores por medio de instrumentos se inició a fines del siglo pasado. En la época de Mariano Barcena, 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 (VHO), Comitán (COM), Toluca (OXM), León (LCG), Presa Infiernillo (PIM), Presa Mal Paso (PMM), Ciudad Universitaria (UNM), Tepoztlán (TPM) y Popocatepetl (PPM). 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 (CICESE).

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.

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 Sismológica 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 sismicidad 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 Sismológica de Colima (RESCO) instalada entre 1989 y 1991 por el Centro Universitario de Investigación en Ciencias Básicas de la Universidad de Colima. Esta última es la primer 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.

TERREMOTOS HISTORICOS DE MEXICO

FECHA	MAGNITUD	CIUDADES o REGION	COMENTARIOS
1911 junio	7 7.0	Jalisco - Colima	45 muertos, gran destrucción en Cd. Guzmán Jal.; ha sido uno de los temblores mas fuertes que han ocurrido en los últimos 100 años, se reportaron 45 muertos en el Distrito Federal.
1932, junio 3	8.2	Jalisco - Colima	Grandes daños en poblaciones de los Estados de Colima y el occidente de Jalisco. La ciudad de Colima fue la mas dañada.
1937, julio 16	7.0	Oaxaca - Puebla	Grandes daños en Esperanza, Pue.
1957, julio 29	7.8	Guerrero: San Marcos	55 muertos, miles de heridos y daños materiales en varios Estados. La población mas dañada fue San Marcos, Gro.
1968, agosto 2	6.2 7.1	Oaxaca - Pinotepa	Se estima que hubo varios muertos y miles de heridos. Grandes daños materiales en Pinotepa.
1973, enero 30	6.2 7.5	Colima	50 muertos, 300 heridos y 30 poblaciones afectadas severamente.
1973, agosto 28	6.8	Oaxaca - Puebla	600 muertos, miles de heridos y damnificados. Cd. Serdán destruida; daños considerables en las ciudades de Puebla, Orizaba, Oaxaca y México. 77 pueblos dañados seriamente.
1978, noviembre 28	6.8	Oaxaca - Miahuatlan	Daños en Loxicha, Oaxaca. Es quizá el temblor que más se ha estudiado en México.
1980, octubre 24	6.5	Oaxaca - Huajuapán	50 muertos, fuertes daños en la región fronteriza de los estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero. Principalmente en Huajuapán de León, Oaxaca.
1985, septiembre 19	8.1	Michoacán -Colima	Más de 6,500 muertes, grandes daños en la región oeste de México. Principalmente los Estados de Michoacán, Colima y Jalisco, Ciudad Guzmán fue la más dañada de esta región. Este temblor ocasionó la muerte de miles de habitantes de la Cd. De México y severos daños a obras civiles y particulares. Por la magnitud de este desastre, se resintió la economía del país a la vez que ocasionó un gran impacto emocional a la población.

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 mas 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 Sismológica 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 sismicidad 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 Sismológica de Colima (RESCO) instalada entre 1989 y 1991 por el Centro Universitario de Investigación en Ciencias Básicas de la Universidad de Colima.

Esta última es la primer 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 19*).

DIRECCIONES DE INTERNET QUE INTERVIENEN EN SITUACIONES DE DESASTRES NATURALES

SECRETARIA DE GOBERNACION	http://www.gobernacion.gob.mx
COORDINACION GENERAL DE PROTECCION CIVIL	http://www.gobernacion.gob.mx/gEsp/cg_prot/
CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES	http://www.cenapred.unam.mx
SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERIA Y RECURSOS HIDRAULICOS	http://www.sagar.gob.mx/sagar.htm
COMISION NACIONAL DEL AGUA, SERVICIO METEREOLOGICO NACIONAL	http://smn.cna.gob./SMN.html
SERVICIO SISMOLOGICO NACIONAL	http://sismo1.ssn.unam.mx/
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD	http://www.cfe.gob.mx/geic/meteor2.html
UNIVERSIDAD DE MICHOACAN	http://www.ccu.umich.mx/varios/clima/
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES	http://www.sct.gob.mx/
DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS	http://www.sct.gob.mx/marco_juridico/reglamento_interior/dgcc.html
THE WEATHER CHANNEL-MEXICO	http://www.weather.com/
THE WEATHER CHANNEL-HOME PAGE	http://www.weather.com/homepage.html
THE WEATHER CHANNEL-WATHER MAPS	http://weather.com./weather/maps/
YAHOO WEATHER FORECAST	http://weather.yahoo.com/weather/sat/mexsat_450x284.html
UNIVERSIDAD DE HAWAII	http://lumahai.soest.hawaii.edu/
CNN – WEATHER-IMAGES	http://www.cnn.com/WEATHER/images.html
HURRICANES, TYPHOONS & TROPICAL CYCLONES	http://www.solar.ifa.hawaii.edu/tropical.html

ACCIONES PARA AFRONTAR UNA EMERGENCIA

OBJETIVO:

A la mayor brevedad, restablecer 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:

Antes de la Emergencia.

Durante la Emergencia.

Después de la Emergencia.

- 1).- Restablecer el Servicio
- 2).- Reconstrucción de la Obra Dañada

ANTES DE LA EMERGENCIA

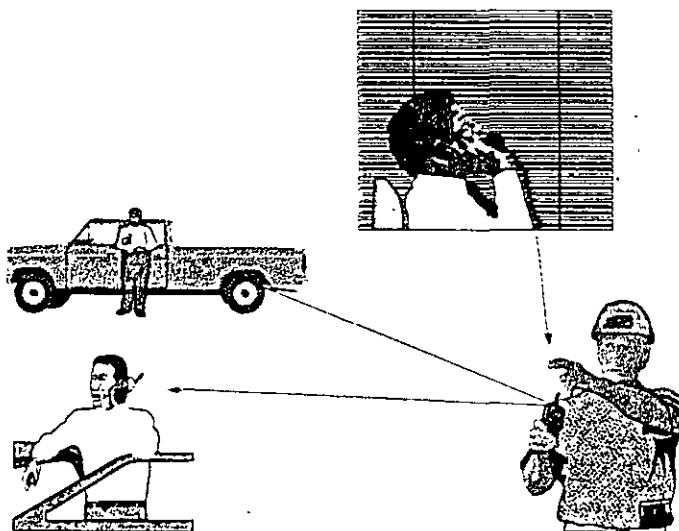
Con el objeto de coordinar, controlar y optimizar todas y cada una de las acciones a seguir:

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

COORDINADOR GENERAL DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO SCT

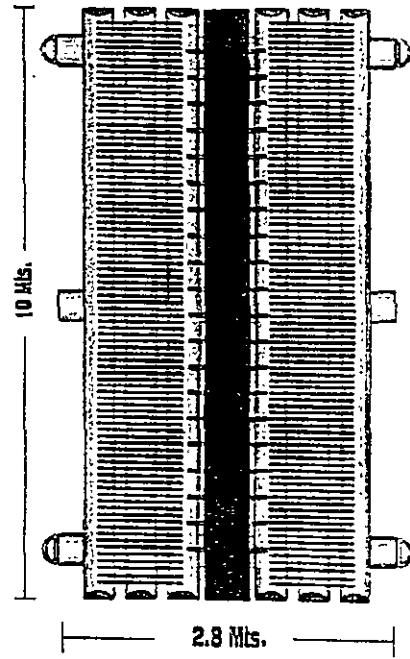
- **COORDINADOR OPERATIVO
SUBDIRECTOR DE OBRAS**
- **EJECUTOR RESPONSABLE
RESIDENTE GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS**
- **EJECUTOR DIRECTO EN OBRA
RESIDENTE DE CONSERVACION DE CARRETERAS**
- **UNIDAD DE APOYO TECNICO
UNIDAD GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS**
- **UNIDAD DE APOYO MECANICO
SUPERINTENDENCIA 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 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.



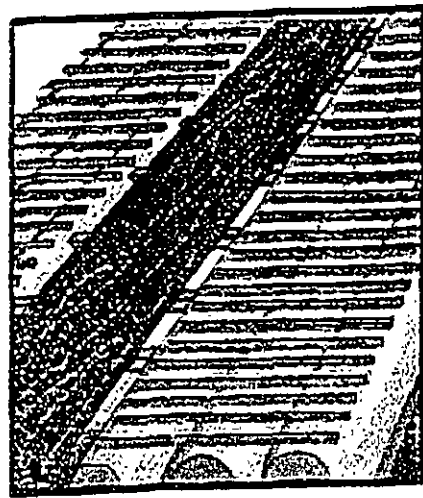
- a3.- De conformidad con las características que para el efecto se señalan en el Manual de Dispositivos para el Control de Calles y Caminos, hacer acopio de señalamiento, en especial de precaución, indicadores de peligro y fantasmas. (Ver anexo IX).

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 2.8 m. de ancho

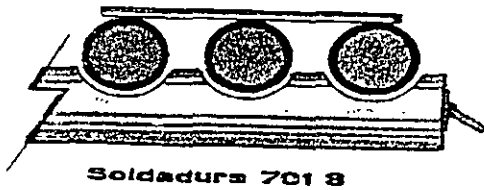


PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA RAMPA CON TUBERIA CEDULA 40 O SIMILAR

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

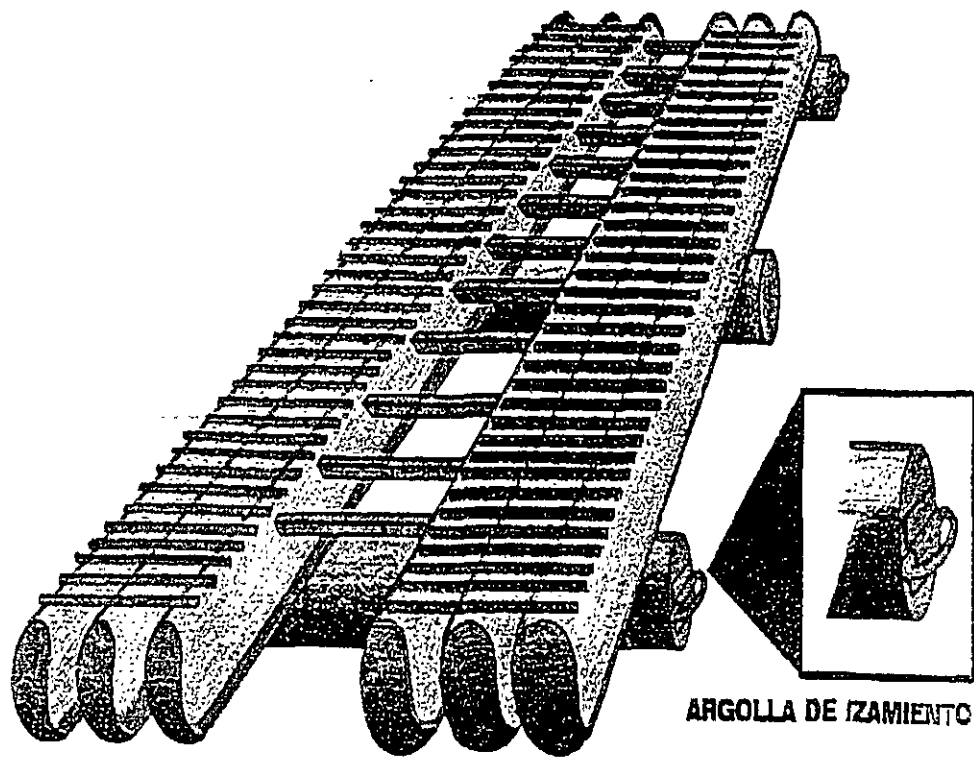


DETALLE DE INSERCIÓN



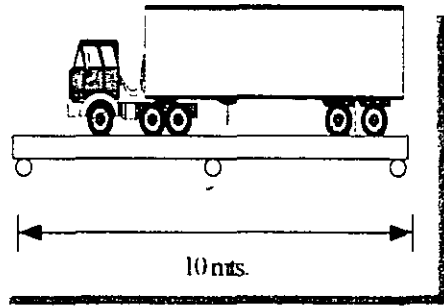
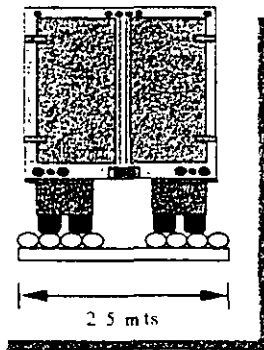
TUBERIA DE ACERO NEGRO 10"

PASO PEATONAL



ARGOLLA DE IZAMIENTO

PESO: 5 TONS. APROX.



RAMPA CONSTRUIDA CON RIELES

LISTADO DE MATERIAL UTILIZADO Y SUS COSTOS EN LA CONSTRUCCION DE 2 JUEGOS DE RAMPAS PARA EMERGENCIAS CONTRA EL FENOMENO METEOROLOGICO DENOMINADO - - - " E L N I Ñ O " CONSTRUIDAS EN TALLER CENTRAL S.C.T. "NAZARIT".

(1 JUEGO)
PRIMER JUEGO (2 RAMPAS)

CONSTRUIDAS PARA PRUEBA CON RIELES DE FERROCARRIL, DANDO BUEN RESULTADO EN SU CAPACIDAD DE SOPORTE, CON UN PESO APROXIMADO DE 3 A 4 TONELADAS.

1.- VARILLA CORRUGADA 3/4 DE 12 MTS.	4 PIEZAS 108 KGS.	146.88	MAT. APROVECHABLE
2.- SOLDADURA DE 1/8 # 880	20 KGS.	3,426.80	
3.- RIELES DE ACERO DE 6 MTS.	18 TRAMOS		MAT. APROVECHABLE
	T O T A L	3,573.68	

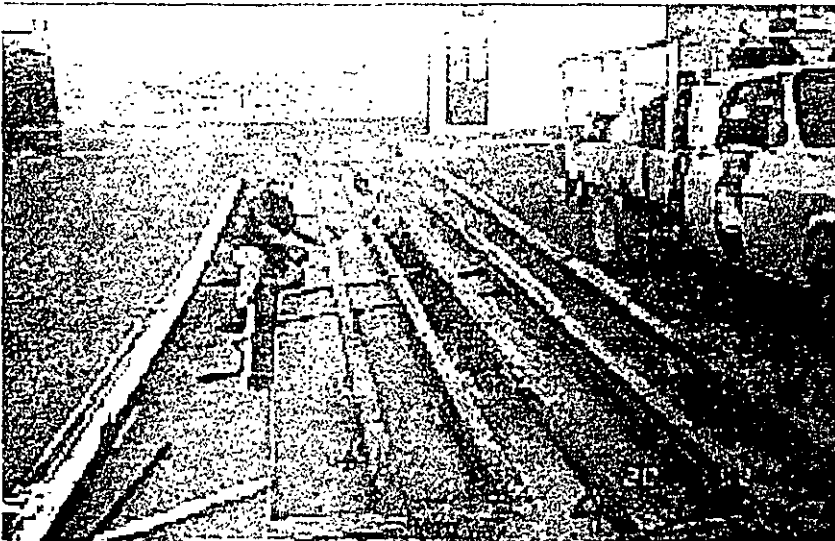
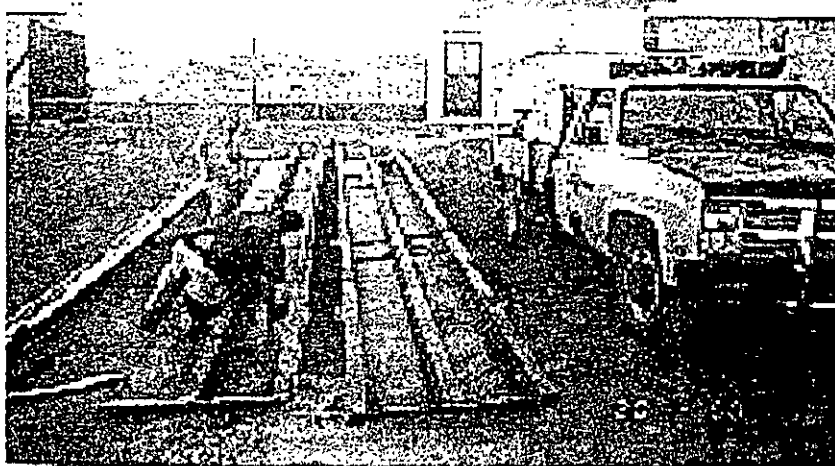
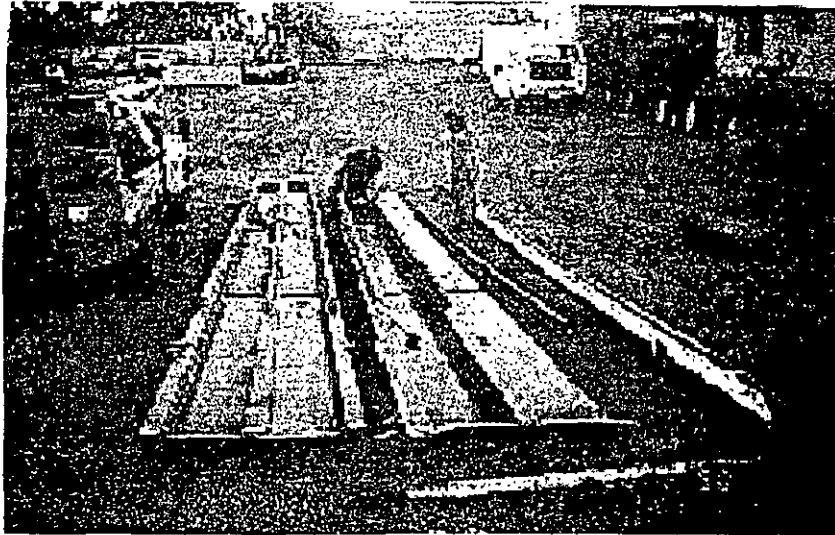
(2 JUEGOS)
SEGUNDO JUEGO (4 RAMPAS)

CONSTRUIDAS AL 100% EN TALLER CENTRAL CON UN PESO BRUTO APROXIMADO DE 1 A 1 ½ TONELADA CON LONGITUD DE 10 METROS.

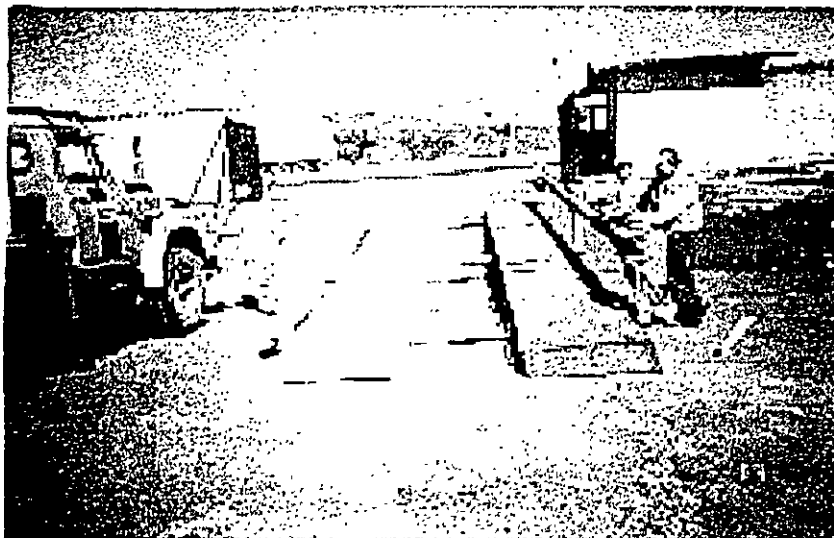
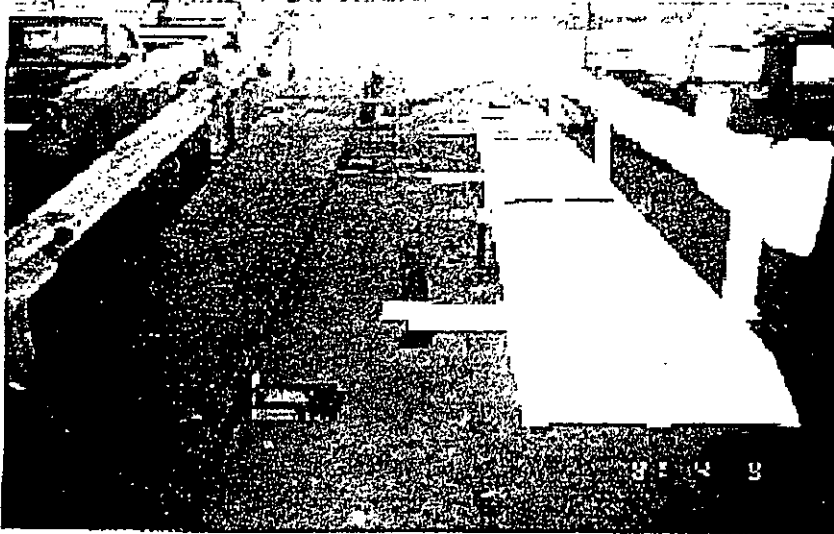
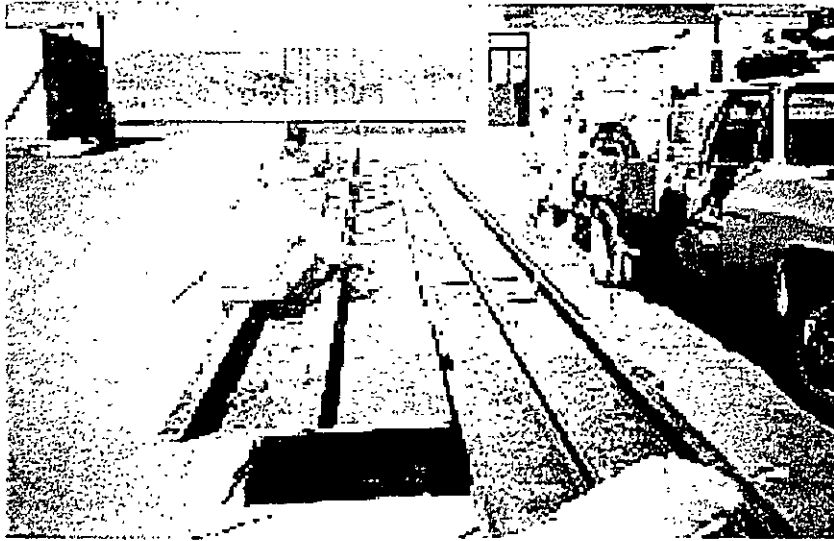
1.- LAMINA ANTI-DERRAPANTE 1/4 DE 91.5x3.05	16 PIEZAS	16,807.85	
2.- VIGUETAS DE 6"x12.20 LARGO	12 PIEZAS	18,299.91	
3.- VARILLA CORRUGADA 3/4 DE 12 METROS.	6 PIEZAS 162 KGS.	220.32	MAT. APROVECHABLE
4.- SOLDADURA DE 1/8 # 880	30 KGS.	5,140.20	
5.- RIELES DE ACERO DE 6 MTS.	12 TRAMOS		MAT. APROVECHABLE
6.- OXIGENO	5 CARGAS	631.50	
7.- ACETILENO	3 CARGAS	1,056.31	
8.- TORNILLOS DE GRADO DE 1/2x1 ¼ R.F. COMPLETOS	400 PIEZAS	1,400.00	
	T O T A L	43,556.09	

INTERVINIERON DOS (2) SOLDADORES Y UN (1) PINIUR, CON DURACION DE 250 HORAS ENTRE LOS TRES TRABAJADORES.

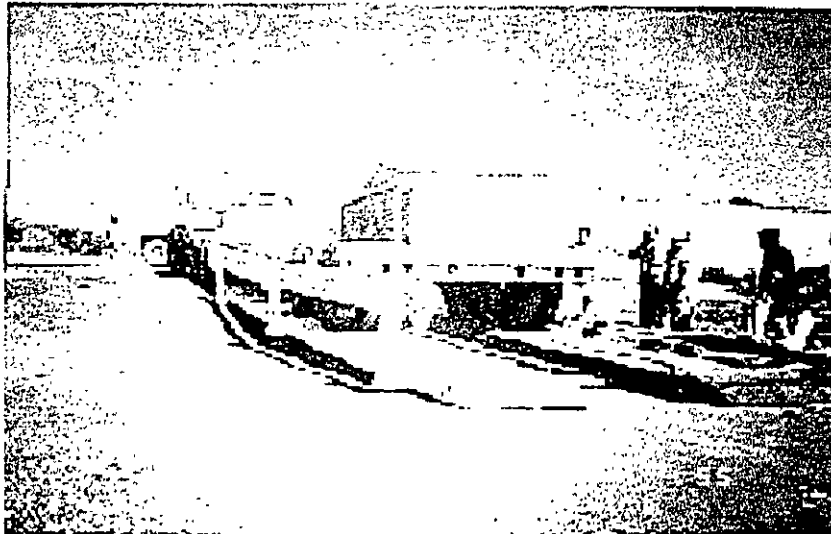
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO



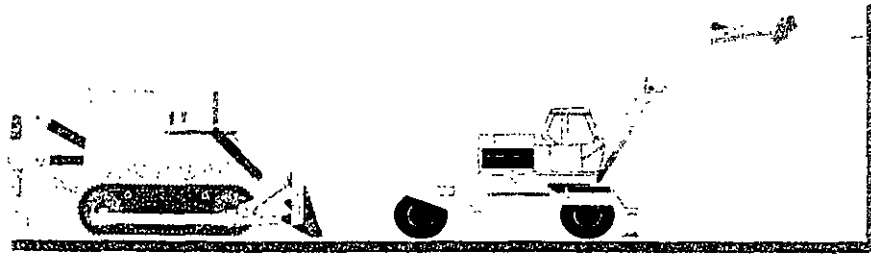
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO



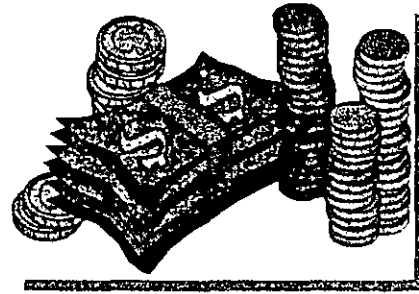
- a5.- Se deberá contar con 2,000 costales de arena y 30 tubos de concreto reforzado de 105 centímetros de diámetro como mínimo.
- a6.- Todas las Residencias en que pueda presentarse una emergencia deberán contar con un almacén de material friccionante (grava y arena), cuyo volumen no debe ser menor de 1,000 m3.
- a7.- Elaborar un inventario de los recursos disponibles, maquinaria y equipo de los particulares, para que en un momento dado se tenga localizado el equipo que se pudiera requerir.



- a8.- Se trasladará la maquinaria y el equipo necesario a puntos estratégicos.
- a9.- En materia de maquinaria y equipo, las Residencias Generales de Conservación de Carreteras deberán contar como mínimo, con lo siguiente:
 - ⇒ Un tractor de oruga
 - ⇒ Una motoconformadora
 - ⇒ Cuatro camiones de volteo
 - ⇒ Un cargador
 - ⇒ Un compactador
 - ⇒ Una retroexcavadora

Se sugiere que dentro del mínimo de maquinaria y equipo, se agregue 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

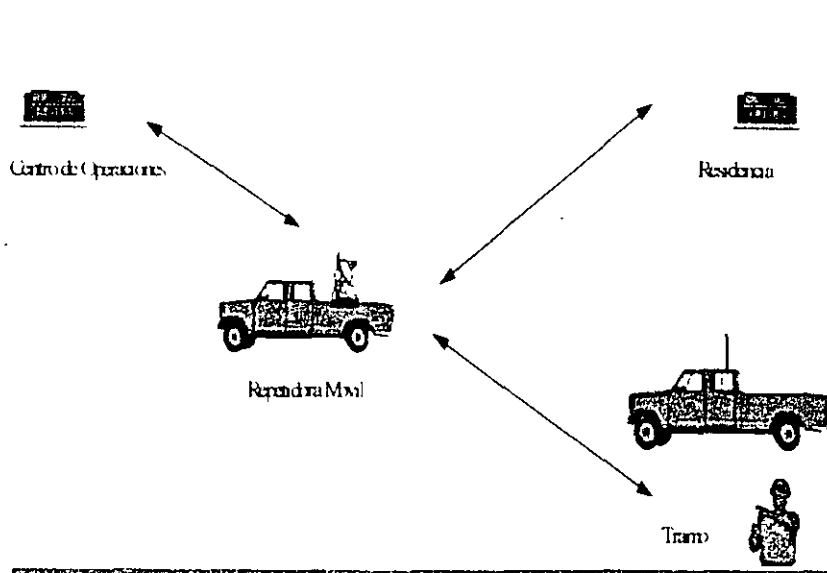
a10.- En caso de que se contemple la presencia del algún fenómeno, es muy importante el de prever la disponibilidad de recursos en efectivo para solventar la adquisición en la región de todo lo que sea necesario para atender la contingencia en forma urgente como lo amerita el caso.



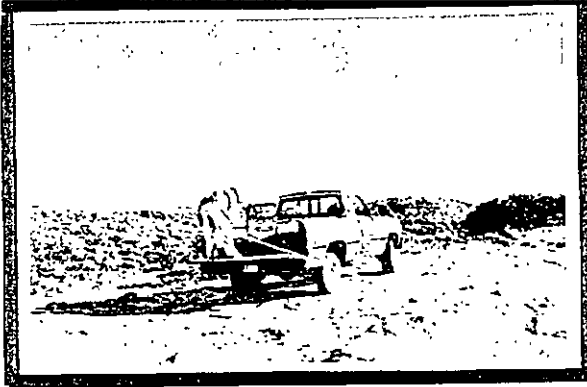
a11.- Se deberá disponer de una estación repetidora móvil que permita la comunicación por radio.

La función del repetidor móvil, es la misma que se produce en un repetidor fijo, o sea la de recibir una señal en una frecuencia y a su vez esta señal transmitirla en otra frecuencia. La diferencia que existe, es que el repetidor es móvil y éste puede ser trasladado a lugares estratégicos para auxiliar movimientos de personal y maquinaria, cuando por algún motivo la señal del repetidor fijo no funciona.

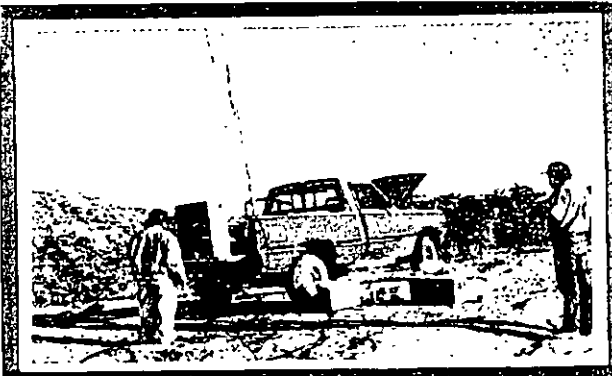
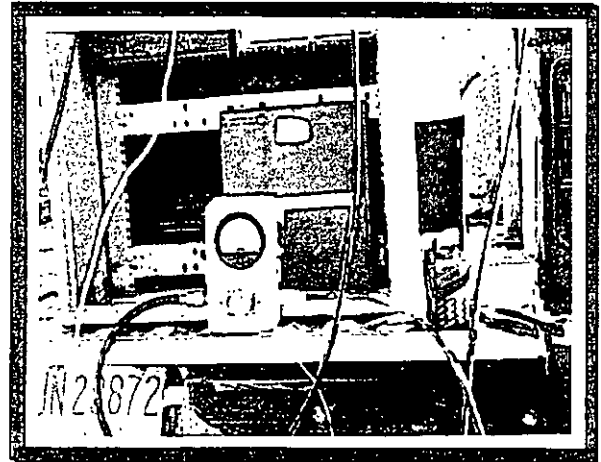
La unidad central móvil de radiocomunicación, es estacionada de preferencia en un lugar lo más alto posible, cercano al lugar donde sea atacada alguna emergencia, para no estorbar en las maniobras de los vehículos y a la vez asegurar mayor cobertura. Es conveniente mantener comunicación con la Unidad Estatal de Protección Civil en caso de presentarse alguna emergencia.



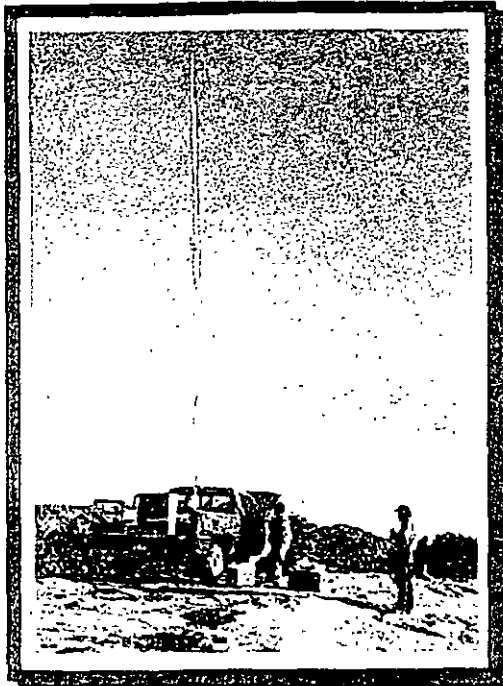
IMPLEMENTACION DE UNA BASE MOVIL



Cable belden 27 mts. Que se utilizan en las bajadas de antenas 4 conectores PL259.

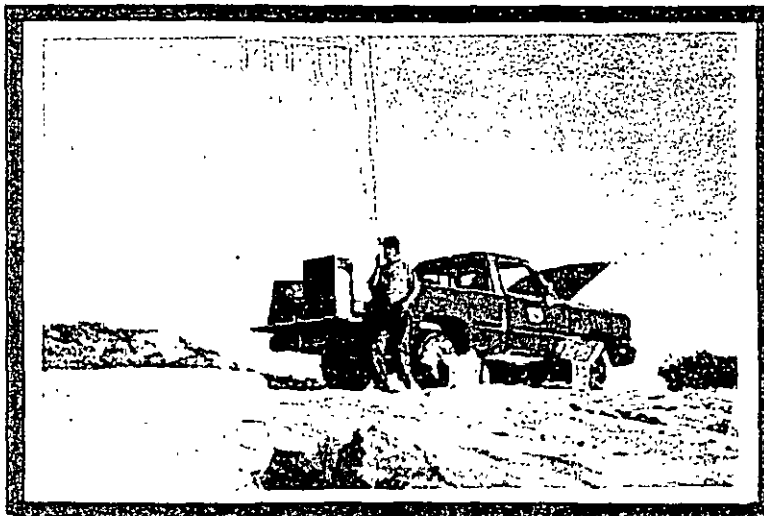
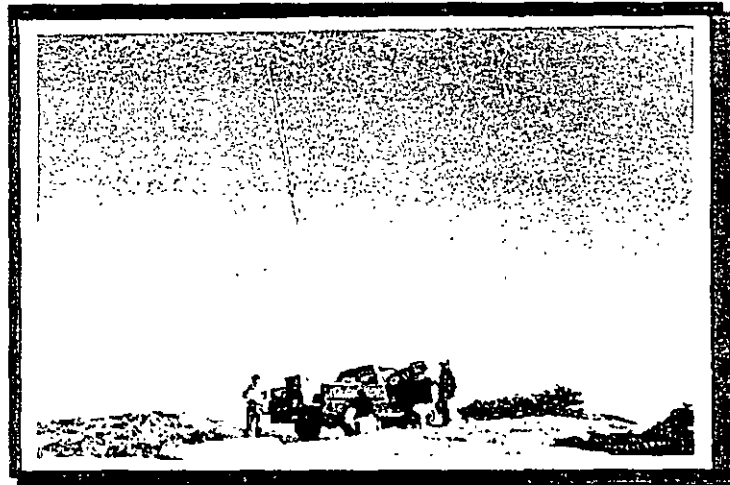


Repetidor Mca. Motorola Modelo Mitrek o similar instaladas en la parte trasera del asiento siendo su fuente de energía la batería del mismo Pick Up.



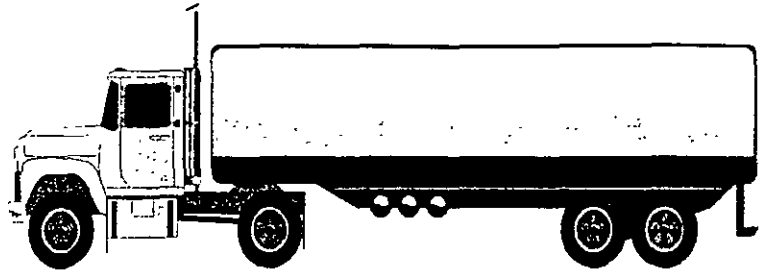
Montada en mástiles de 15 mts.
Con 3 tirantes de alambre
galvanizado de número 12 con
tensores de 3/8".

Utilizando 2 antenas de
las mismas características,
una colocada a 3.0 mts. y
la otra a 15 mts.

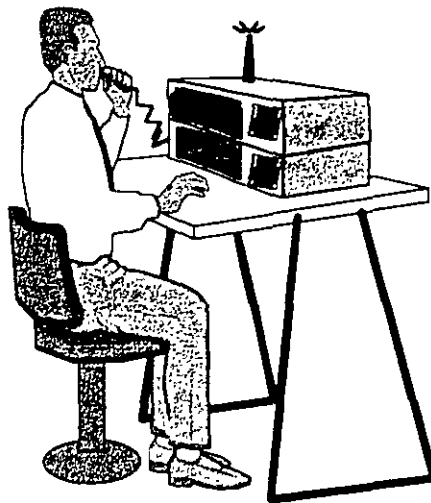


a12.- Se preverá la disponibilidad de una planta de luz portátil a base de combustible, de por lo menos 4HP.

a13.- Se deberá prever el almacenamiento de combustible en lugares estratégicos.



a14.- Se elaborará un inventario de radioaficionados.

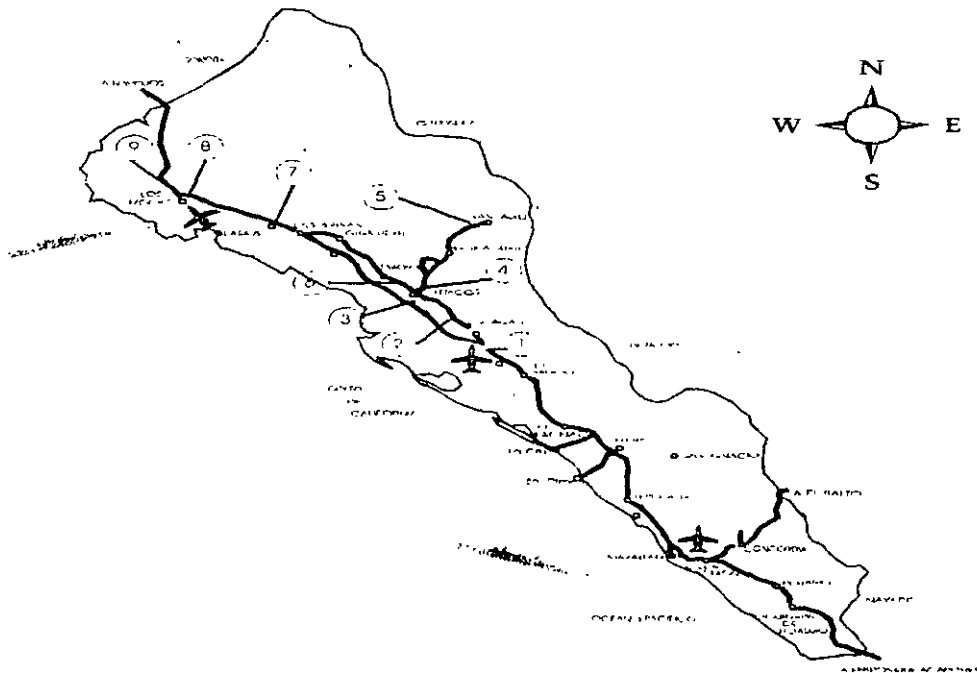


a15.- Será necesario contar con una lista de bancos y almacenes de materiales en la que se incluya su ubicación y capacidad, se tendrá una cantidad destinada a emergencia de todo tipo de material de que se disponga, que cumpla con la calidad especificada en las normas de la SCT.

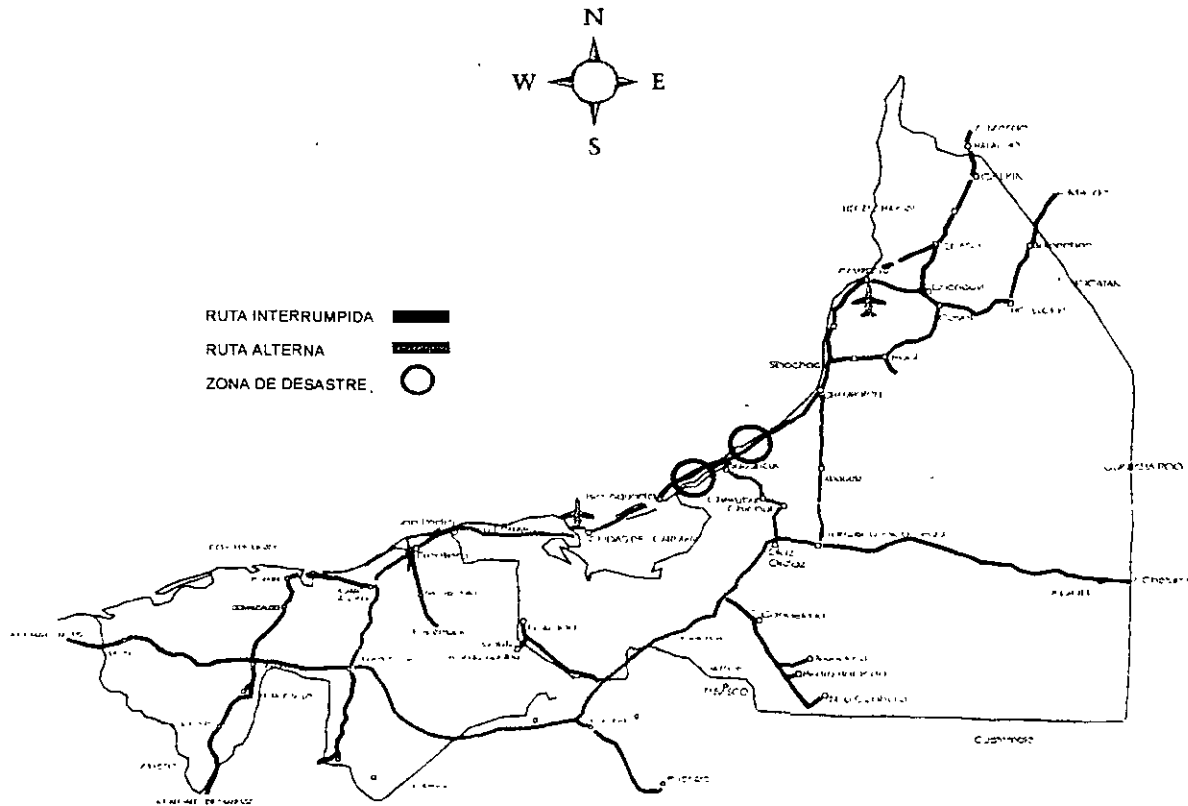


INVENTARIO DE BANCOS DE MATERIALES DEL ESTADO DE SINALOA

NUMERO Y NOMBRE	CARRERA Y TRAMO	KILOMETRO Y DESVIACION	FECHA ESTUDIO Y TIPO DE PROPIEDAD	TIPO MATERIAL Y TRATAMIENTO	VOL (1000 M ³) (ESTIMADO) (EST. DESPALLETE)	USOS PROBABLES Y USOS DE PLANTAS	RESERVA ECOLOGICA Y ESPECIFICACION
0001 RIO CULIACAN	CULIACAN LOS MOCHIS CULIACAN-QUAMUCHIL	000-000 117500	1/1/95 FEDERAL	GRAYA ARENA TFC	0400 000	SB BA SA SE CH NO REQUIERE	CONSIDERABLE NO RECOMENDABLE
0002 CERRO PRIETO	CULIACAN LOS MOCHIS CULIACAN-QUAMUCHIL	070-800 103000	1/1/95 FEDERAL	ANDESITA TFC	0800 000	HAL SB BA ACEPTABLE	POSIBLE ACEPTABLE
0003 MARIQUITAS	CULIACAN LOS MOCHIS CULIACAN-QUAMUCHIL	037-100 103300	1/1/95 FEDERAL	ANDESITA TFC	0350 010	HAL SB BA SIN RESTRICION	POSIBLE CONVENIENTE
0004 RADIOAGUATO	CULIACAN LOS MOCHIS CULIACAN-QUAMUCHIL	044-000 0 70500	1/1/95 FEDERAL	BASALTO TFC	0200 005	SB BA SA SE CH SIN RESTRICION	POSIBLE NO RECOMENDABLE
0005 RIO RADIOAGUATO	CULIACAN LOS MOCHIS CULIACAN-QUAMUCHIL	044-000 0 38500	1/1/95 FEDERAL	GRAYA ARENA TFC	0275 000	SB BA SA SE CH NO REQUIERE	NO EXISTE ACEPTABLE
0006 ARRIO DE FRIGIOS	CULIACAN LOS MOCHIS CULIACAN-QUAMUCHIL	045-000 0 00000	1/1/95 FEDERAL	GRAYA ARENA TFC	0650 000	HAL SB BA CH NO REQUIERE	NO EXISTE RECOMENDABLE
0007 RIO SINALOA	CULIACAN LOS MOCHIS QUAMUCHIL-LOS MOCHIS	144-500 0 10500	1/1/95 FEDERAL	GRAYA ARENA TFC	0250 000	SB BA SA SE CH NO REQUIERE	NO EXISTE NO RECOMENDABLE
0008 CHARATROGATE	LOS MOCHIS CD ORRAGON LOS MOCHIS SIN FROS SIN	300-000 0 38200	1/1/95 FEDERAL	GRAYA ARENA TFC	0900 000	SB BA SA SE CH NO REQUIERE	NO EXISTE NO RECOMENDABLE
0009 CERRO BLANCO	CULIACAN LOS MOCHIS GUASAVE-LOS MOCHIS	101-000 0 03500	1/1/95 FEDERAL	RIOLITA TFC	0200 000	SB BA SA SE CH NO REQUIERE	POSIBLE CONVENIENTE



- 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 VIII), que permita repasar por las autoridades del Centro SCT y de nivel central todas las actividades previas, 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 y equipo 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, Comisión Nacional del Agua (vía INTERNET, ver hoja 19) y Dependencias del Gobierno del Estado.
- b5.- Preparar un informe sobre la situación que guarda el sector cada 12 horas y/o 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.).
- b8.- Repasar el punto a18 (check list).

Termina etapa durante la emergencia



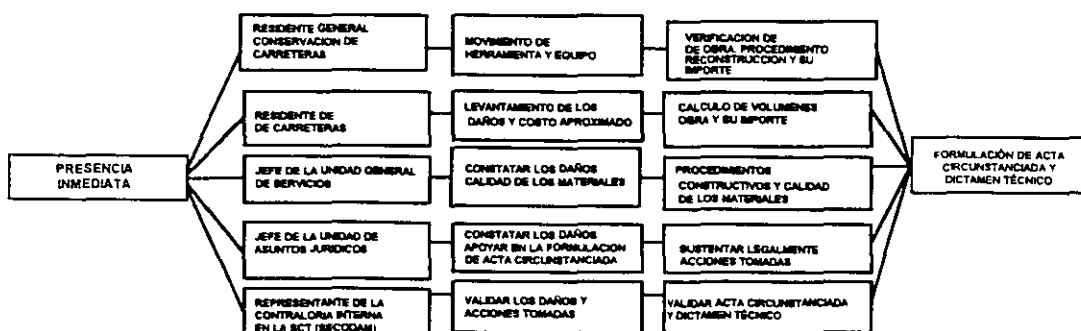
DESPUES DE LA EMERGENCIA

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 especial; 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 no deben de exceder 15 días naturales, 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 24 a 29.

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 IX.

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 elcho 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 X.

B) Implementar lo necesario para colocar estructura BAYLE, ver anexo IX.

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 preverse el uso de explosivos.

B) Se verá la posibilidad de recuperar la sección cortando sobre la cama del camino, lo que implicará incrementar la pendiente, sin embargo se logrará dar paso en el menor tiempo posible.

Termina etapa

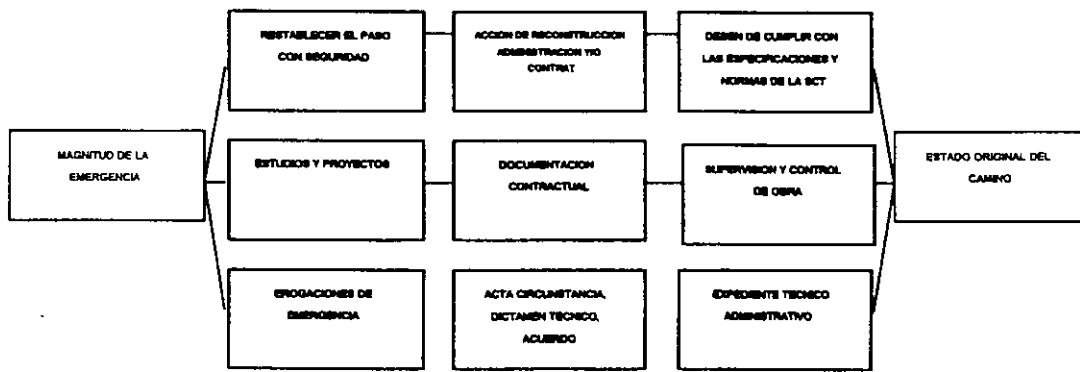
Reconstrucción de la obra dañada

En forma paralela a los trabajos de atención inmediata que permitan la operación de la carretera en forma provisional se integran los siguientes documentos:

- A) Terminación del acta circunstanciada, donde se señalan los daños (anexo II).
- B) Elaboración de los estudios y proyectos por contrato o por administración.
- C) Con base en la experiencia práctica del personal técnico del centro S.C.T. se presentan en el anexo IV algunos conceptos generales acerca de la socavación, fenómeno que principalmente provoca el colapso de los puentes, y se definen procedimientos constructivos para los tramos dañados, incluyendo puentes y obras mayores.
- D) El Centro S.C.T. integra el catálogo de conceptos, volúmenes de obra, presupuesto con precios unitarios del tabulador de la dependencia, programa de obra; todos estos documentos son provisionales y con cifras aproximadas y con esto se elabora el dictamen técnico (anexo III). En el caso particular de los puentes dañados, el proyecto ejecutivo y el presupuesto de obra deberá incluir invariablemente los accesos de la estructura, sean de pequeña o gran longitud y que involucren volúmenes menores o de gran magnitud.
- E) Se analizan las empresas con capacidad técnica y financiera y con respuesta inmediata.
- F) Con estos documentos la Subsecretaría de Infraestructura emite acuerdo a la Dirección General de Conservación de Carreteras con sustento en el artículo 81 fracción, II de la L.A.O.P. incluye el envío del oficio de notificación a SECODAM (ver anexo V).
- G) Al mismo tiempo la Dirección General de Conservación de Carreteras solicita autorización a la Subsecretaría de Infraestructura para contratar la supervisión de los trabajos de reconstrucción (recursos centralizados).
- H) Se inician las gestiones ante la superioridad planteando las necesidades de recursos para cubrir el monto de la emergencia (cifras aproximadas) trabajos por contrato puntos 7 y 8 (anexo VII)
- I) Estando los trabajos de reconstrucción en proceso se reciben los estudios y proyectos definitivos, procediendo a efectuar los ajustes a los contratos con base al artículo 70 de la L.A.O.P.

- J) Cuando un compromiso contractual rebase el año fiscal, solicitar la autorización ante la S.H.C.P. de acuerdo a los Artículos, 30 de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal, 7 y 27 de la Ley de Adquisición y Obras Públicas (ver anexo VI).
- K) Todas estas actividades se deben de efectuar dentro de un período no mayor a 15 días hábiles.

Termina etapa después de la emergencia



SOLICITUD DE RECURSOS FINANCIEROS PARA ENFRENTAR LA EMERGENCIA

Dentro del programa que autoriza la S.H.C.P. para la ejecución del Programa Nacional de Conservación de Carreteras Federales libre de peaje no contempla recursos para la atención de emergencias, situación que obliga a efectuar gestiones ante la Comisión Intersecretarial Gasto-Financiamiento, para obtener recursos del fondo de contingencias y atender de esta manera los compromisos que se efectúan por administración y contrato, para devolver a las carreteras el estado en que se encontraban antes de la emergencia.

La aplicación de estos recursos, será de acuerdo con la reglamentación del clasificador por objeto del gasto, tanto para obras por administración como por contrato. Generalmente estas gestiones pueden abarcar alrededor de 45 días lo que va a significar que se generan compromisos que se cubran en un lapso de 60 días.

Se recomienda ver anexo VII.

APLICACIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS EN EMERGENCIAS

De acuerdo con el artículo 56 de la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas, vigente los trabajos se ejecutan:

a.- Trabajos por administración (Se efectúan en la etapa 6c1)

b.- Trabajos por contrato

Revisar anexo VII

a.- Para trabajos por administración

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. Se debe elaborar acuerdo de trabajos por administración.

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.

b) **Para trabajos por contrato**

Se elaborará un dictamen de adjudicación directa (anexo VI), el cual servirá de base para el acuerdo que presente el Director General de Conservación de Carreteras ante el C. Subsecretario para su autorización. De acuerdo al artículo 81, fracción II y penúltimo párrafo.

El pago a las empresas constructoras se realizará mediante estimaciones de obra ejecutada al amparo del contrato que para tal efecto se celebre. La partida utilizada para trabajos por contrato es 6100

6100 Obras Públicas por Contrato. Asignaciones destinadas al pago de obras públicas que la Administración Pública Federal contrate con personas físicas o morales. Estas obras pueden ser: construcciones, reconstrucciones, ampliaciones, adaptaciones, mejoras, servicios y estudios relacionados con las mismas. Los presupuestos se presentarán a nivel de costo total de los diversos tipos de obra pública que se contraten; la especificación de los insumos que se requieran para su ejecución se tendrá en los subpresupuestos que los contratistas presenten.

INTEGRACION DOCUMENTAL

Los documentos comprobatorios de los gastos que se generen, de los trabajos ejecutados por contrato serán:

Primera etapa: Regularización mediante acuerdo para la ejecución de la obra.

Acuerdo del C. Subsecretario de Infraestructura, donde se estime el monto de los daños ocasionados, así como los trabajos por ejecutar.

Segunda etapa: Contratación para la reconstrucción de los tramos y puentes dañados.

Dictamen técnico que servirá de base para la reparación de los daños ocasionados.
Invitación inmediata a las empresas que tengan la capacidad técnica y financiera (asentar en bitácora).
Inicio inmediato de los trabajos a ejecutar (asentar en bitácora).
Datos básicos de costos de: materiales puestos en el sitio de los trabajos, la mano de obra, uso de la maquinaria de construcción (costos horarios) (provisional).
Análisis de precios unitarios (forma E-5) (provisional).
Análisis de costos indirectos (provisional).
Análisis del costo de financiamiento (provisional).

Programas de: (provisionales) Ejecución de los trabajos, (forma E-6.a) Utilización de la maquinaria y equipo de construcción, (forma E-6.b) Adquisición de materiales y equipo de instalación permanente Utilización de personal técnico, administrativo y de servicios encargado de la dirección, supervisión y administración de los trabajos. Catalogo de conceptos (forma e-7)
Contrato.
Especificaciones generales
Aviso de iniciación y control de obra (AICO)
Fianzas para garantizar el cumplimiento
Fianzas para garantizar la correcta inversión de los anticipos.

Tercera etapa: Ejecución de los trabajos.

Estimaciones, números generadores.
Revalidaciones a contrato
Convenios modificatorios Convenios de ampliación Convenios adicionales
Secciones transversales (áreas en corte, terraplén y en balcón).
Oficios de solicitud de prórrogas y programas correspondientes.
Oficios de autorizaciones y prórrogas de programas.
Oficios de solicitud de ajuste de costos.
Oficios de autorización de ajuste de costos.
Reportes de control de calidad.
Álbum fotográfico (antes, durante y después de la obra).
Bitácora de obra.
Control de avances de obra (físico y financiero).
Concentrado de volúmenes de obra por concepto
Documentos comprobatorios de pago de estimaciones (pólizas de cheque, cuentas por liquidar certificadas, contrarecibos).
Oficios de solicitud de la contratista de conceptos y precios unitarios extraordinarios y análisis correspondientes.
Oficios de autorización de conceptos y precios unitarios extraordinarios y análisis correspondiente.

Cuarta etapa: Regularización y conclusión

Oficios de comunicación a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y de Contraloría y Desarrollo Administrativo, sobre las adquisiciones efectuadas y los contratos de obra pública celebrados, de acuerdo con el Artículo 80 de la Ley de Adquisiciones y Obra Pública.
Acta circunstanciada (en caso de rescisión o suspensión).
Planos actualizados
Aviso de terminación y recepción de obra.
Estimación de finiquito.
Fianza para garantizar la calidad de los trabajos ejecutados así como de vicios ocultos o de cualquier otra responsabilidad en que hubiera incurrido el contratista.
Acta entrega recepción de los trabajos.
Correspondencia dependencia - contratista y oficinas centrales - residencia de supervisión.

AREAS DE LA S.C.T. Y PRINCIPALES ACTIVIDADES PARA ATENDER EMERGENCIAS EN CASOS DE DESASTRE

AREAS DE LA S.C.T.	Elabora informe de daños. Procura del paso inmediato	Elabora Acta Circunstanciada	Coordina actividades. Elabora informes a Oficinas Centrales y Taller de SECOOPAM	Realización inmediata de recursos financieros	Evaluación de daños y actamen técnico	Solicitud de recursos para el pago de la reparación de daños	Contratación para la reparación de daños	Ejecución de trabajos por administración y a contrato	Asignación de recursos financieros de oficinas centrales	Ejercicio y control de recursos financieros	Prácticas aplicadas a los trabajos ejecutados por administración y contrato
Oficina General de Conservación de Carreteras	X	X			X			X		X	
Oficina General de Carreteras S.C.T.			X			X	X			X	
Cuadro de control de obras por Carreteras S.C.T.		X					X			X	
Oficina General de Servicios Técnicos de Carreteras S.C.T.		X			X						
Oficina Ejecutora Regional de Carreteras		X									X
Subdirección de Administración de Carreteras S.C.T.				X						X	
Comisión de la Dirección Federal de Caminos	X										
Comités de Supervisión Técnica y Financiera	X							X			
Oficina General de Programación, Organización y Presupuesto						X			X		
Oficina General de Conservación de Carreteras						X			X		
Oficina de Planeación de Infraestructura						X			X		
Secretaría de Caminos			X								

Termina información sobre trabajo por contrato

PRINCIPALES LINEAMIENTOS A CONSIDERAR EN UNA EMERGENCIA

EVITAR LA FALTA DE PRECIOS UNITARIOS DEFINITIVOS

Se tendrá un plazo que no exceda de 30 días contados a partir de la fecha en que se reciba la propuesta por parte de la empresa a la que le fue asignada la ejecución de los trabajos.

CONTAR CON LOS SOPORTES TÉCNICOS

Se deberá contar con todas y cada una de las pruebas de verificación por parte del personal de la Dirección General de Servicios Técnicos y Concesiones con la finalidad de tener un soporte para la correcta liquidación de los trabajos ejecutados.

CUIDAR DE NO APLICAR LOS RECURSOS FEDERALES EN LA RED ESTATAL.

Para poder aplicar recursos federales a la red estatal, sólo se podrá siempre y cuando se cuente con la autorización y convenio respectivo.

NO EFECTUAR PAGO DE CONTRATOS DE OBRAS Y DE OTROS CONCEPTOS CON RECURSOS ASIGNADOS PARA LAS EMERGENCIAS, QUE CORRESPONDE A UN COMPROMISO ANTERIOR

No se podrá liquidar ninguna obra o documento ajeno con las asignaciones destinadas para este rubro y que estén consideradas como compromiso anterior.

PAGO DE ARRENDAMIENTO DE EQUIPO POR HORAS CONTAR CON EL SOPORTE DE CAMPO

En lo que respecta a éste concepto se deberá tener especial cuidado de que los volúmenes removidos sean congruentes con las horas liquidadas para cada tipo de maquinaria rentada, tomando especialmente en cuenta su rendimiento.

INTEGRAR DEBIDAMENTE EXPEDIENTES DE OBRA

Se deberá tener especial cuidado en que todos y cada uno de los expedientes sean integrados con todos los documentos necesarios, debidamente requisitados y sellados.

CUIDAR LA CORRECTA APLICACIÓN I DEL FACTOR DE ACTUALIZACION DE ACUERDO AL PROGRAMA DE OBRA

Se deberá de efectuar un estudio para la correcta liquidación de los ajustes, tomando en cuenta todos los incrementos que se encuentren debidamente autorizados a la fecha y dentro del programa de obras del contrato respectivo.

EVITAR EL PAGO DE TRASLADO DE EQUIPO

No se deberá efectuar pago alguno para este concepto si no se encuentra debidamente autorizado.

SE DEBERA DE RETIRAR TODAS Y CADA UNA DE LAS OBRAS AUXILIARES PROVISIONALES PARA DAR TRANSITO

Se deberá de limpiar y retirar todas las obras complementarias que en forma provisional fueron construidas para las desviaciones que fueron utilizadas para no interrumpir el tránsito.

EVITAR COLOCAR APOYOS DE NEOPRENO COLOCADOS FUERA DE ESPECIFICACIONES

No se deberá colocar este tipo de material si no se encuentra dentro de las especificaciones de construcción.

ANEXO I

Formato de Nota informativa

**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DEL CENTRO S.C.T.**

ATENTA NOTA INFORMATIVA

Fecha

PARA:

DE:

**Asunto: SE DEBERA ESCRIBIR MUY BREVEMENTE LA SITUACION QUE
GUARDA LA EMERGENCIA.**

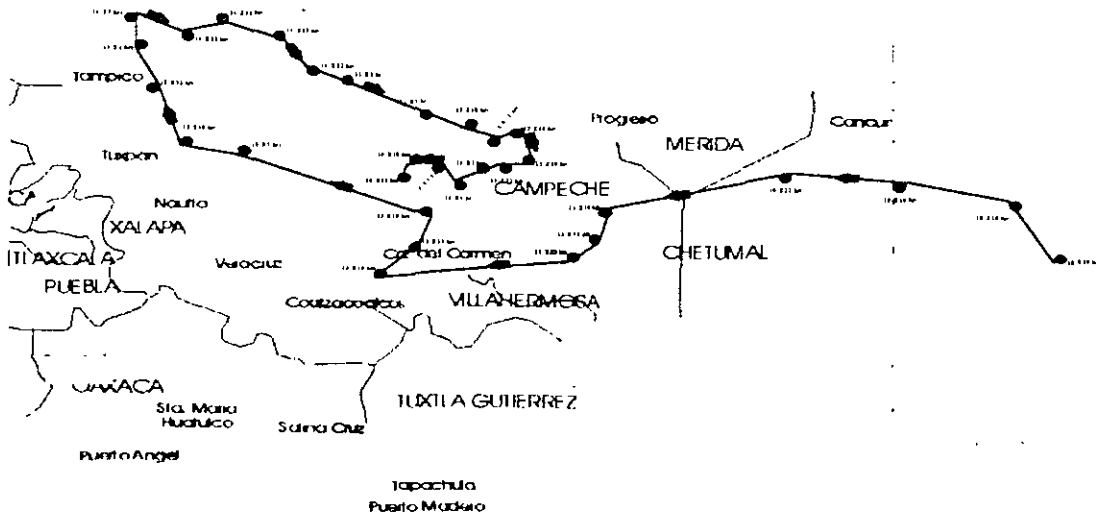
Posteriormente se detallará la situación de cada uno de los daños que haya ocasionado el meteoro

A T E N T A M E N T E

ANEXO I

ANEXOS DE LA NOTA INFORMATIVA

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS						
REPORTE DE EMERGENCIAS					ESTADO	
NUM.	CARRETERA	TRAMO	UBICACION KM	DESCRIPCION DE EMERGENCIA	INTERRUPCION DE TRANSITO	FECHA
TOTAL						



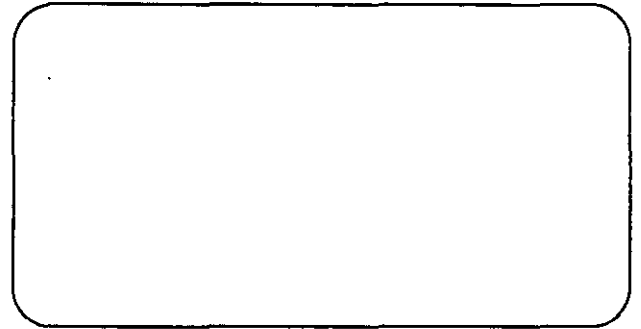
Anexo I

INFORME FOTOGRAFICO

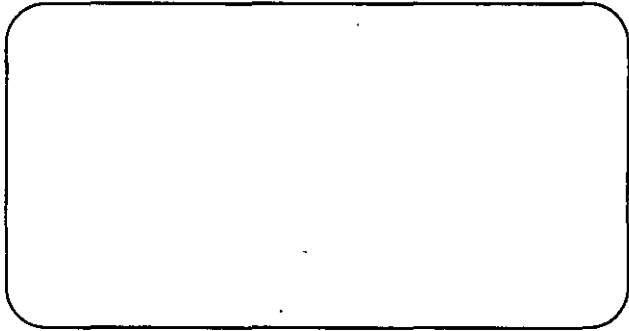
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS

DETALLE FOTOGRAFICO

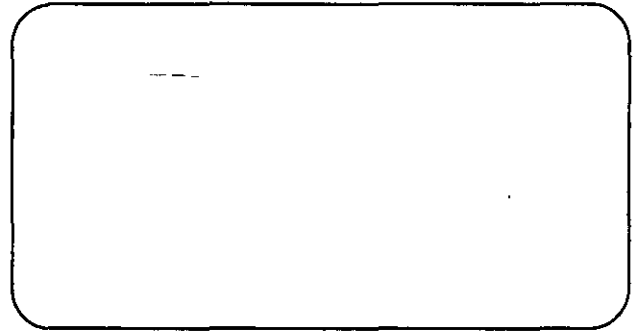
CARRETERA. JIQUILPAN-COLIMA
TRAMO TECALITALAN-PIHUAMO
UBICACION KM 161 + 060
PERIODO DEL 01 AL 17 DE JULIO
DESCRIPCIÓN. SOCAVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODA-
MIENTO



PROCESO DE REPARACION DE LOS DAÑOS



SITUACIÓN DE LA EMERGENCIA



ESTADO ACTUAL DE LA ZONA AFECTADA

ANEXO II

Acta Circunstanciada

ACTA CIRCUNSTANCIADA

LUGAR Y FECHA En el poblado de _____, municipio de _____, siendo la 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

ANEXO III

Dictamen Técnico

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

ANEXO IV

Recomendaciones Técnicas Generales

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°) 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.

Anexo IV

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 forzadamente, 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 forzadamente 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 exist 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
Acuerdo con el C. Subsecretario de Infraestructura

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

No. Acuerdo: _____

No. Asunto: _____

ASUNTO:

Solicitud de autorización para adjudicar en forma directa, los trabajos de emergencia ocasionados por el fenómeno meteorológico "Tormenta Tropical Isis" durante los primeros días del mes de septiembre en curso en el Estado de Baja California Sur.

FECHA:

DIA	MES	AÑO
-----	-----	-----

El Director General del Centro SCT en el Estado de Baja California Sur hizo del conocimiento de esta Unidad Administrativa, que con motivo del fenómeno meteorológico "Tormenta Tropical Isis", que azotó la zona sur de esa Entidad Federativa, durante los días 1 y 2 de septiembre del presente año, se ocasionaron severos daños en la infraestructura carretera federal, con interrupción parcial del tránsito vehicular por destrucción total de un puente, obras de drenaje, cortes de la superficie de rodamiento, deslizamientos, derrumbes, avalanchas etc.; que se presentaron en distintos puntos del tramo Cabo San Lucas - La Paz de la carretera Transpeninsular. Lo que ponía en peligro los servicios públicos y la seguridad de los usuarios con el riesgo de la suspensión total de la comunicación vía terrestre, con la afectación económica, social y política que se generaría en esa región del país.

Por lo anterior, se somete a su superior consideración con fundamento en lo señalado en el Artículo 81 Fracción II de la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas, por tratarse de una emergencia como consecuencia de un desastre producido por un fenómeno natural, autorización para contratar en forma directa, la ejecución de los trabajos necesarios que a continuación se indican. Las empresas que se proponen son las que actualmente llevan a cabo trabajos a contrato en esa Entidad Federativa y cuentan con la capacidad de respuesta inmediata, así como los recursos técnicos, financieros y demás requisitos para atender este tipo de contingencias.

TRABAJOS	CARRETERA TRANSPENINSULAR TRAMO/SUBTRAMO	EMPRESA	COSTO APROX. CDN IVA
Construcción de terracerías, pavimentos y obras de drenaje en tramos aislados	Cabo San Lucas - La Paz km 1 +080 al 60+000	Constructora El Crisol, S.A. de C.V.	\$ 5'731,000.00
Estabilización de taludes en zonas inestables	Cabo San Lucas - La Paz km 15+000 al 45+000	Constructora El Crisol, S.A. de C.V.	\$ 2'000,000.00

...2

Anexos:

Antecedentes:

ACUERDO:

Se comunicará el acuerdo a:

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 80, 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 enviarle 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 ésa 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

AREA RESPONSABLE

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS

PROCEDIMIENTO

ATENCION DE EMERGENCIAS

INTRODUCCIÓN

LAS EMERGENCIAS, CONSIDERADAS COMO EL EFECTO CAUSADO POR UN DESASTRE, REQUIEREN UNA RÁPIDA ATENCIÓN POR PARTE DEL PERSONAL QUE INTEGRA LA RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y SUPERINTENDENCIA GENERAL DE MAQUINARIA, CON EL OBJETO DE REPARAR LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN DAÑADAS, COMO PUENTES Y TRAMOS CARRETEROS PARA RESTABLECER EL PASO VEHICULAR.

ACTUALMENTE CON LA PRESENCIA DE DIVERSOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS, SE HA INCREMENTADO EN EL TERRITORIO MEXICANO LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS QUE GENERAN EN ALGUNOS CASOS, LA UTILIZACIÓN DE RECURSOS HUMANOS, MATERIALES Y FINANCIEROS AL MARGEN DE LO QUE INDICA LA NORMATIVIDAD, TRAYENDO COMO CONSECUENCIA EL INFRINGIMIENTO A LAS DISPOSICIONES LEGALES, QUEDANDO LA DEPENDENCIA Y LOS SERVIDORES PÚBLICOS EN TOTAL ESTADO DE INDEFENSIÓN, POR LA FALTA DE UN PROCEDIMIENTO AUTORIZADO QUE LES PERMITA CUMPLIR CABALMENTE EN LA ATENCIÓN DE LAS EMERGENCIAS.

OBJETIVO

CON EL OBJETO DE NORMAR LAS ACTIVIDADES DE LOS SERVIDORES PÚBLICOS INVOLUCRADOS EN LA ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA, YA SEA EN CAMPO O EN GABINETE, SE ELABORA ESTE PROCEDIMIENTO DIVIDIDO EN TRES ETAPAS QUE PERMITA APLICAR DISCRECIONALMENTE LOS RECURSOS HUMANOS, MATERIALES Y FINANCIEROS Y, EVITAR SE INFRINJA LA NORMATIVIDAD QUE ESTABLECE LA LEY EN LA MATERIA.

PRIMERA ETAPA.- ANTES DE LA EMERGENCIA.
SEGUNDA ETAPA.- DURANTE LA EMERGENCIA.
TERCERA ETAPA.- DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.

ELABORO:

AUTORIZO:

Anexo VII

LINEAMIENTOS DE OPERACIÓN

1. LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, ES LA ENCARGADA DE ELABORAR EL PROCEDIMIENTO DENOMINADO "ATENCIÓN DE EMERGENCIAS", GESTIONAR SU AUTORIZACIÓN, DIFUNDIRLO A LAS INSTANCIAS CORRESPONDIENTES Y MANTENERLO ACTUALIZADO.
2. EN CASO DE PRESENTARSE UNA EMERGENCIA, EL PROCEDIMIENTO SERÁ APLICADO POR EL PERSONAL DEL CENTRO SCT QUE CORRESPONDA.
3. LOS CENTROS SCT AJENOS A LA EMERGENCIA; PERO CERCANOS A SU SIMILAR EN DESGRACIA, DEBERÁN OFRECERLE Y APORTARLE AYUDA TÉCNICA, HUMANA Y MATERIAL.
4. LOS RECURSOS FINANCIEROS UTILIZADOS PARA ATENDER LA EMERGENCIA, SERÁN CON CARGO AL FONDO DE CONTINGENCIA DEL GOBIERNO FEDERAL.
5. LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, GESTIONARÁ LA REGULARIZACIÓN Y REPOSICIÓN DE LOS FONDOS.
6. EL CENTRO SCT QUE ATIENDA LA EMERGENCIA, PREVIO DICTAMEN TÉCNICO Y PROYECTO DEL PROCEDIMIENTO DE RECONSTRUCCIÓN O CONSTRUCCIÓN, DEBERÁ INTEGRAR EL CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y VOLÚMENES DE OBRA APROXIMADOS, CON PRECIOS UNITARIOS DEL TABULADOR DE LA DEPENDENCIA, ACTUALIZADOS CON LOS INDICES DE ACTUALIZACIÓN PARA DETERMINAR EL PROGRAMA DE OBRA CON CIFRAS PROVISIONALES Y CON ELLO ANALIZAR Y SELECCIONAR LAS EMPRESAS CON CAPACIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA CON RESPUESTA INMEDIATA.

ASIMISMO NOTIFICARÁ POR ESCRITO A LA SECODAM, S.H.C.P., SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y A LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS EL ESTADO QUE GUARDA LA EMERGENCIA.
7. LA SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA UNA VEZ ENTERADA POR PARTE DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS DE LA SITUACIÓN Y MONTO ESTIMADO DE LA REPARACIÓN DE LOS DAÑOS OCASIONADOS, EMITIRÁ ACUERDO DE APLICACIÓN DE RECURSOS; SUSTENTADO EN EL ARTÍCULO 81 FRACCIÓN II PUNTOS A Y B DE LA LEY DE ADQUISICIONES Y OBRAS PÚBLICAS.

ELABORO.

AUTORIZO.

Anexo VII

8. TODOS LOS TRABAJOS Y ADQUISICIONES QUE SE REALICEN POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA O POR CONTRATO PARA ATENDER LA EMERGENCIA, SE PODRÁN REALIZAR POR INVITACIÓN RESTRINGIDA O POR ADJUDICACIÓN DIRECTA Y ESTARÁN AMPARADAS LAS OPERACIONES, CON LO INDICADO EN LOS ARTICULOS 80 Y 81 DE LA LEY DE ADQUISICIONES Y OBRAS PÚBLICAS.

9. LA DETERMINACIÓN DE LOS TRABAJOS POR EJECUTAR YA SEA POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA O POR CONTRATO, COMPRENDERÁN ÚNICAMENTE LOS TRAMOS, PUENTES Y OBRAS DE DRENAJE DAÑADOS POR LA EMERGENCIA.

QUEDARÁN EXCLUIDOS DE LO ANTERIOR, LOS TRABAJOS NORMALES DE CONSERVACIÓN LOS CUALES UNA VEZ COMPROBADOS, DARÁN ORIGEN A LAS RESPONSABILIDADES Y SANCIONES QUE MARCA LA LEY EN LA MATERIA.

10. EL SECRETARIO DEL RAMO UNA VEZ INFORMADO DE LA SITUACIÓN DE LA EMERGENCIA Y MONTO APROXIMADO PARA LA ATENCIÓN DE LA MISMA, POR PARTE DE LA SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA EMITIRÁ ACUERDO A LA OFICIALÍA MAYOR PARA INICIAR LA OBTENCIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS QUE INVARIABLEMENTE DEBERÁN SER CON CARGO AL CAPÍTULO PRESUPUESTAL 6000 OBRA PÚBLICA.

11. UNA VEZ CONCLUIDOS LOS TRABAJOS DE REPARACIÓN DE DAÑOS OCASIONADOS POR LA EMERGENCIA, CORRESPONDERÁ A LOS ORGANOS DE CONTROL LA REVISIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS, ASÍ COMO LA VERIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE RECURSOS HUMANOS, MATERIALES Y FINANCIEROS.

ELABORO:

AUTORIZO:

Anexo VII

**DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

PAGINA 1 DE 12
CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT. No.	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO	01	<u>ANTES DE LA EMERGENCIA</u>	
		CONOCE DE UNA POSIBLE EMERGENCIA EN LA JURISDICCIÓN DEL CENTRO SCT.	
SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN	02	ESTABLECE DE INMEDIATO UN CENTRO OPERATIVO A SU CARGO, INTEGRADO POR LOS SIGUIENTES SERVIDORES PÚBLICOS DEL PROPIO CENTRO SCT:	
		- COORDINADOR GENERAL DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO SCT	
		- COORDINADOR OPERATIVO SUBDIRECTOR DE OBRAS	
		- COORDINADOR ADMINISTRATIVO SUBDIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN	
		- EJECUTOR RESPONSABLE RESIDENTE GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	
		- EJECUTOR DIRECTO EN OBRA RESIDENTE DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	
		- UNIDAD DE APOYO TÉCNICO JEFE DE LA UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS	
		- UNIDAD DE APOYO MECÁNICO SUPERINTENDENTE GENERAL DE MAQUINARIA	
		- UNIDAD DE APOYO LEGAL JEFE DE LA UNIDAD DE ASUNTOS JURÍDICOS	
		- UNIDAD DE APOYO VIAL COMANDANTE DEL DESTACAMENTO DE LA POLICIA FEDERAL DE CAMINOS	
	03	PREPARA ARRENDAMIENTO DE TELÉFONOS SATELITALES MOVILES PARA LOS CC. SUBDIRECTOR DE OBRAS, RESIDENTE GENERAL DE CONSERVACIÓN, SUPERINTENDENTE GENERAL DEL PARQUE DE MAQUINARIA Y RESIDENTES DE CONSERVACIÓN Y PUENTES.	CONTRATO DE ARRENDAMIENTO
	04	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 DEPOSITARÁN DE INMEDIATO LOS RECURSOS EXTRAÍDOS.	RECIBOS DE GASTOS POR COMPROBAR DEPÓSITO BANCARIO

ELABORO:	AUTORIZO:	Anexo VII
----------	-----------	-----------

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

PAGINA
2 DE 12

CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT No	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO	
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	05	PREVÉ LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS, SI LA EMERGENCIA SUCEDE EN DIAS INHABILES	RECIBOS DE GASTOS POR COMPRA	
	06	ALMACENA 1000 M3 DE MATERIAL FRICCIONANTE (GRAVA Y ARENA)		
	07	ADQUIERE 2000 COSTALES DE ARENA Y 30 TUBOS DE CONCRETO REFORZADO DE 105 CM. DE DIÁMETRO COMO MINÍMO, CABLES, LÁMINAS, ETC.		
	08	PREPARA LISTA DE BANCOS DE MATERIALES Y ALMACENES DE MATERIALES INCLUYENDO UBICACIÓN Y CAPACIDAD.	RELACIÓN DE BANCOS Y ALMACENES	
	09	RELACIONA RUTAS ALTERNAS 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.	PLANOS Y CROQUIS	
	10	ELABORA LISTA DE POSIBLES DAÑOS EN LOS DISTINTOS TRAMOS DE LA RED CARRETERA, ASI COMO LAS SOLUCIONES PROBABLES EN CADA CASO.	RELACIÓN DE LUGARES Y PROPUESTA	
	11	RECOLECTA SEÑALAMIENTO, EN ESPECIAL DE PRECAUCIÓN E INDICADORES DE PELIGRO.	ORDEN DE TRASLADO	
	12	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	
	13	PREVÉ EL ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE EN LUGARES ESTRATÉGICOS	PEDIDO Y FACTURA	
	14	PREVIENE. LA DISPONIBILIDAD DE LA SIGUIENTE MAQUINARIA Y EQUIPO, PROPIEDAD DE LA DEPENDENCIA, EN UNA ZONA CERCANA A LOS POSIBLES DAÑOS	ORDEN DE TRASLADO	
			- 1 TRACTOR DE ORUGAS - 1 MOTOCONFORMADORA - 4 CAMIONES DE VOLTEO - 1 CARGADOR FRONTAL - 1 COMPACTADOR - 1 RETROEXCAVADORA	

ELABORO.

AUTORIZO.

Anexo VII

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

PAGINA
3 DE 12

CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT. No.	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO
		<p>- 1 TRACTOCAMIÓN CON CAMA BAJA - 1 EQUIPO DE LUBRICACIÓN MOVIL</p> <p>LA DISPONIBILIDAD DE VEHÍCULOS DE APOYO, PROPIEDAD DE LA DEPENDENCIA.</p> <p>HERRAMIENTAS DE CAMPO COMO SON: CARRETILLAS, PALAS, PICOS, AZADONES, ETC.</p> <p>EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA EL PERSONAL COMO SON: CHAMARRAS, IMPERMEABLES, CHALECOS, CASCOS, BOTAS, ETC RESALTANDO EL LOGOTIPO "SCT"</p>	
	15	PREPARA RELACIÓN DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS QUE ESTÉN TRABAJANDO CERCA DEL POSIBLE LUGAR DE LA EMERGENCIA, PARA SU PROBABLE CONTRATACIÓN.	RELACIÓN POR ESCRITO
	16	FABRICA Y COLOCA EN LUGARES ESTRATÉGICOS DEL ESTADO UN NÚMERO NO MENOR DE 6 RAMPAS CONSTRUÍDAS CON TUBERÍA DE ACERO Y LONGITUD MÍNIMA DE 10 METROS.	PEDIDO, FACTURA Y ORDEN DE TRABAJO.
	17	<p>UBICA ESTRATÉGICAMENTE UNA ESTACIÓN REPETIDORA MÓVIL QUE PERMITA LA COMUNICACIÓN POR RADIO.</p> <p>PROPORCIONA RADIOS PORTÁTILES AL RESIDENTE GENERAL, RESIDENTES DE OBRA Y SUPERINTENDENTES DE MANTENIMIENTO.</p> <p>ESTABLECE EN LA CENTRAL DE RADIOCOMUNICACIÓN, LA DISPONIBILIDAD DE PERSONAL LAS 24 HORAS DEL DÍA.</p>	ORDEN DE TRASLADO
	18	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
	19	PREPARA RELACIÓN DE RADIOAFICIONADOS, EN COORDINACIÓN CON LA SUBDIRECCIÓN DE COMUNICACIONES DEL CENTRO SCT.	RELACIÓN ESCRITA
	20	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.	ORDEN DE TRASLADO INDICACIONES VERBALES Y ESCRITAS
ELABORO:		AUTORIZO:	Anexo VII

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

PAGINA
4 DE 12
CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT. No.	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS		<ul style="list-style-type: none"> - PERMANECER EN COORDINACIÓN CON LA RESIDENCIA DE OBRAS, 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 COMUSTIBLES Y LUBRICANTES PARA MAQUINARIA Y EQUIPO. <p style="text-align: center;"><u>DURANTE LA EMERGENCIA</u></p>	
	21	<p>ACUDE A LA ZONA CERCANA EN DONDE SE PRESENTA LA EMERGENCIA, RECABA INFORMACIÓN PRELIMINAR E INSTRUYE A LAS RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN 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>EFFECTUA LA APERTURA DE UN DIARIO DE EMERGENCIAS, DONDE SE ANOTARÁN LAS ORDENES VERBALES Y ESCRITAS DICTADAS A LAS RESIDENCIAS, ASÍ COMO LAS ACCIONES REALIZADAS DURANTE EL DÍA DE QUE SE TRATE.</p> <p>DE IGUAL MANERA PROCEDERÁN LAS RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN, RECONSTRUCCIÓN Y PUENTES</p>	INFORMES VERBALES
	22	INFORMA A LA SUPERIORIDAD DE MANERA CONTINUA LA SITUACIÓN QUE GUARDA LA EMERGENCIA	INFORMES POR RADIO Y TELÉFONO
	23	ESTIMA EL SEÑALAMIENTO MÍNIMO POR UTILIZAR DIURNO Y NOCTURNO.	CÁLCULOS
	24	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
	25	DEFINE RUTAS ALTERNAS POR UTILIZAR	PLANOS Y CROQUIS
26	PERMANECE EN ESTADO DE ALERTA EN EL CENTRO SCT, PARA REALIZAR FUNCIONES DE APOYO Y ENLACE CON OTRAS ÁREAS.	INFORMES POR RADIO, TELEFÓNICOS Y ESCRITOS.	

ELABORO:	AUTORIZO:
	Anexo VII

**DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

PAGINA 51312
CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT No	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO
COMANDANCIA DE LA POLICÍA FEDERAL DE CAMINOS DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	27	COORDINA ACTIVIDADES ENTRE EL CENTRO OPERATIVO Y LA CORPORACIÓN DE LA POLICÍA FEDERAL DE CAMINOS	REPORTES POR RADIO
	28	CONSULTA EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL DE LA SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN, EN LAS DELEGACIONES ESTATALES DE LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL Y DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO DEL ESTADO, LA INFORMACIÓN REFERENTE AL POSIBLE SINIESTRO.	INFORMES POR LA VÍA MÁS RÁPIDA
	29	EMITE INFORMES A LA SUPERIORIDAD SOBRE LA SITUACIÓN QUE GUARDA EL SECTOR, CON PERIODICIDAD DE 12 HORAS.	INFORMES POR LA VÍA MÁS RÁPIDA
	30	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
	31	COORDINA LAS ACTIVIDADES DEL CENTRO OPERATIVO.	INSTRUCCIONES VERBALES Y POR ESCRITO
<u>DESPUÉS DE LA EMERGENCIA</u>			
RESIDENCIA DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, DE RECONSTRUCCIÓN Y DE PUENTES	32	RECORRE EL TRAMO PARA ELABORAR REPORTE DE DAÑOS, OBTENIENDO FOTOGRAFÍAS Y/O VIDEOFILM, CON TODA LA INFORMACIÓN QUE PERMITA DETERMINAR LA MAGNITUD DE LOS MISMOS	INFORMES FOTOGRAFICOS Y/O VIDEO.
	33	ORDENA A SU PERSONAL ATENCIÓN INMEDIATA PARA REPARAR LOS DAÑOS QUE PERMITAN LA OPERACIÓN DE LA CARRETERA Y DE LOS PUENTES.	INSTRUCCIONES VERBALES
	34	EFFECTUA LAS ACCIONES PARA REALIZAR LA COLOCACIÓN DE SEÑALAMIENTO ESPECIAL, TRASLADO DE PERSONAL, MAQUINARIA Y EQUIPO	INSTRUCCIONES VERBALES
	35	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
	36	EVALÚA LOS DAÑOS SUFRIDOS, CALCULA UN COSTO APROXIMADO E INFORMA A LA RESIDENCIA GENERAL.	CROQUIS E INFORMES POR ESCRITO

ELABORO	AUTORIZO:	Anexo VII
---------	-----------	-----------

**DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

PAGINA 6 DE 12
CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT. No	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	37	RECIBE INFORMES, VERIFICA VOLÚMENES DE OBRA, PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN O RECONSTRUCCIÓN, IMPORTES E INFORMA A LA UNIDAD GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS.	INFORME Y CÁLCULOS POR ESCRITO.
CENTRO OPERATIVO	38	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.
UNIDAD DE ASUNTOS JURÍDICOS	39	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.
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS	40	COORDINADAMENTE CON LA RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN, DE RECONSTRUCCIÓN Y DE PUENTES RECORRE LOS TRAMOS AFECTADOS, A FIN DE OBTENER INFORMACIÓN Y ESTAR EN POSIBILIDADES DE EMITIR EL DICTAMEN TÉCNICO, SOBRE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS A SEGUIR, PARA LOS TRAMOS Y TIPO DE OBRAS PARA DRENAJE MAYOR Y MENOR, ASÍ COMO DE PUENTES	PROCEDI-MIENTO CONSTRUCTIVO.
	41	REALIZA PRUEBAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES POR UTILIZAR Y PROPONE BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS POR UTILIZAR	REPORTES POR ESCRITO.
SUBDIRECCIÓN DE OBRAS	42	INTEGRA CON CIFRAS APROXIMADAS CATÁLOGO DE CONCEPTOS, VOLÚMENES DE OBRA, PRESUPUESTO CON PRECIOS UNITARIOS DE TABULADOR DE LA DEPENDENCIA, ACTUALIZADOS SEGÚN LOS AJUSTES DE COSTOS O RELATIVOS DE LA SECODAM, PROGRAMAS DE OBRAS Y EMITE DICTAMEN TÉCNICO, PARA LA AUTORIZACIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS.	DICTAMEN TÉCNICO
	43	DETERMINA DE ACUERDO CON EL DICTAMEN TÉCNICO, LOS TRABAJOS QUE SE REALIZARÁN 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.

ELABORO:	AUTORIZO:	Anexo VII
----------	-----------	-----------

**DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

PAGINA 7 DE 12
CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT. No.	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO
	44	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	45	RECIBE INFORME DE LA SUBDIRECCIÓN DE OBRAS Y SOLICITA OPINIÓN A LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.	INFORME POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	46	RECIBE SOLICITUD DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT Y EMITE OPINIÓN.	OPINIÓN POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	47	RECIBE Y TRASLADA OPINIÓN A LA SUBDIRECCIÓN DE OBRAS, CON INSTRUCCIONES AL RESPECTO	INSTRUCCIONES POR ESCRITO
SUBDIRECCIÓN DE OBRAS	48	RECIBE OPINIÓN E INSTRUCCIONES Y PROCEDE A EJECUTARLAS, COMUNICANDO POR ESCRITO LAS INSTRUCCIONES A LA RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.	INSTRUCCIONES POR ESCRITO
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	49	RECIBE COMUNICACIÓN DE LA SUBDIRECCIÓN 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
		TABAJOS POR CONTRATO	
	50	ENTREGA INVITACIÓN A LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS CERCANAS PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS DE EMERGENCIA, CON PRECIOS PROVISIONALES DE TABULADOR DE LA SCT, ACTUALIZADOS SEGÚN 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	51	RECIBE INVITACIÓN ACEPTADA POR LA EMPRESA Y PROCEDE A ELABORAR CONTRATO DE OBRA PÚBLICA, FUNDAMENTADO EN EL ARTÍCULO 81 FRACCIÓN II DE LA LEY DE ADQUISICIONES Y OBRAS PÚBLICAS, CON CIFRAS PROVISIONALES, INDICANDO EL TIPO DE PRECIOS QUE REGISTRARÁN EN EL CONTRATO.	CONTRATO DE OBRA PÚBLICA

ELABORO:	AUTORIZO:	Anexo VII
----------	-----------	-----------

**DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

RESPONSABLE	ACT. No.	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	52	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. FORMALIZA CONTRATO MEDIANTE FIRMAS DEL PERSONAL DEL CENTRO SCT QUE INTERVIENE Y DE LA PROPIA EMPRESA.	CONTRATO DE OBRA PÚBLICA
	53	INFORMA CONTRATACIÓN A LA SECRETARÍA DE CONTRALORÍA Y DESARROLLO ADMINISTRATIVO, A LA SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO Y OFICINAS CENTRALES.	INFORME POR ESCRITO
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	54	RECIBE INFORME DE CONTRATACIÓN Y ELABORA ACUERDO CON LA SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA PARA CELEBRAR CONTRATOS DE SUPERVISIÓN DE OBRA.	ACUERDO
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y EMPRESA CONSTRUCTORA	55	ANALIZA Y DETERMINA 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
SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN	TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA		
	56	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	57	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
		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

ELABORO:

AUTORIZO:

Anexo VII

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

PAGINA
9 DE 12

CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT. No.	DESCRIPCION	FORMA O DOCUMENTO
SUBDIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN	58	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", FIRMA POR EL PROPIO PERSONAL Y AUTORIZADA POR LA RESIDENCIA GENERAL.	LISTA DE RAYA
		PAGA EN EFECTIVO OTRO TIPO DE 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
	59	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
	60	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
	61	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
	62	REGISTRA OPERACIONES Y DEPOSITA EN BANCO EL EFECTIVO RECOGIDO.	DEPÓSITO BANCARIO
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	63	RECIBE DOCUMENTOS COMPROBATORIOS DE GASTOS Y ESTIMACIONES DE OBRA PÚBLICA A CONTRATO, DERIVADOS DE LA EMERGENCIA, REvisa, AUTORIZA, REGISTRA Y PAGA A LOS BENEFICIARIOS INICIALMENTE CON CARGO A LAS DISPONIBILIDADES PRESUPUESTALES Y POSTERIORMENTE CON CARGO AL FONDO DE CONTINGENCIA.	PEDIDOS, FACTURAS, CONTRATOS DE SERVICIO, NÓMINAS ORDINARIAS Y EXTRAORDINARIAS, VIÁTICOS, GASTOS DE ALIMENTACIÓN, ESTIMACIONES DE OBRA PÚBLICA
	64	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.

ELABORO:

AUTORIZO:

Anexo VII

**DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

PAGINA 10 DE 12
CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT No	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	65	RECIBE INFORME DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT SOBRE EL COSTO DE LA EMERGENCIA Y COMUNICA A LA SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA. 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	66	RECIBE INFORME 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
	67	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	68	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
RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES	69	COMUNICA A LA RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS, LA TERMINACIÓN DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS POR ADMINISTRACIÓN 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 CONSERVACIÓN DE CARRETERAS	70	RECIBE INFORME DE LAS RESIDENCIAS DE OBRA, DE TERMINACIÓN DE LOS TRABAJOS Y COMUNICA A LA SUBDIRECCIÓN DE OBRAS LA TERMINACIÓN DE LOS TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA O POR CONTRATO, REMITIENDO LA FIANZA DE VICIOS OCULTOS	INFORME POR ESCRITO Y FIANZA DE VICIOS OCULTOS.
SUBDIRECCIÓN DE OBRAS	71	RECIBE INFORME DE LA RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y ELABORA OFICIO PARA COMUNICAR LA TERMINACIÓN DE TRABAJOS A LA SECRETARÍA DE CONTRALORÍA Y DESARROLLO ADMINISTRATIVO, SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO Y A OFICINAS CENTRALES DE LA SCT, CON LA FIRMA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT.	OFICIO DE TERMINACIÓN DE TRABAJOS
DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO SCT	72	RECIBE, FIRMA Y ENVÍA OFICIO A LAS DIVERSAS AUTORIDADES, COMUNICANDO LA TERMINACIÓN DE LOS TRABAJOS.	OFICIO

ELABORO :

AUTORIZO :

Anexo VII

**DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

PAGINA 11 DE 12
CODIFICACION

RESPONSABLE	ACT. No	DESCRIPCIÓN	FORMA O DOCUMENTO
SUBDIRECCIÓN DE OBRAS, RESIDENCIA GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS Y SUPERINTENDENCIA GENERAL DEL PARQUE DE MAQUINARIA	73	<p>INTEGRA DOCUMENTACIÓN COMPROBATORIA DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA Y POR CONTRATO :</p> <p>POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA</p> <ul style="list-style-type: none"> • DOCUMENTOS PAGADOS CON FONDO REVOLVENTE • DOCUMENTOS PAGADOS VÍA LÍNEA DE CRÉDITO. <p>POR CONTRATO :</p> <ul style="list-style-type: none"> • DIARIO DE OBRA • ACTA CIRCUNSTANCIADA • ALBUM FOTOGRÁFICO DE DAÑOS SUFRIDOS • ACUERDO DEL SUBSECRETARIO DE INFRAESTRUCTURA DONDE SE ESTIME EL MONTO DE LOS DAÑOS OCASIONADOS Y LOS TRABAJOS POR EJECUTAR • DICTAMEN TÉCNICO • INVITACIÓN INMEDIATA A LAS EMPRESAS • INICIO INMEDIATO DE LOS TRABAJOS (BITÁCORA) • DATOS BÁSICOS DE COSTOS • ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS, DE COSTOS INDIRECTOS Y DE COSTOS DE FINANCIAMIENTO • 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 • CATÁLOGO DE CONCEPTOS • CONTRATO • ESPECIFICACIONES GENERALES • AVISO DE INICIACIÓN Y CONTROL DE OBRA • FIANZA PARA GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO • FIANZAS PARA GARANTIZAR LA CORRECTA INVERSIÓN DE LOS ANTICIPOS • ESTIMACIONES Y NÚMEROS GENERADORES • REVALIDACIONES Y CONVENIOS AL CONTRATO • SECCIONES TRANSVERSALES 	<p>DOCUMENTOS VARIOS</p> <p>PEDIDOS, FACTURAS, CONTRATOS, RELACIÓN DE PAGOS EXENTOS DE COMPROBACIÓN ETC.</p>

ELABORO :	AUTORIZO :	Anexo VII
-----------	------------	-----------

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

PAGINA
12 DE 12
CODIFICACION

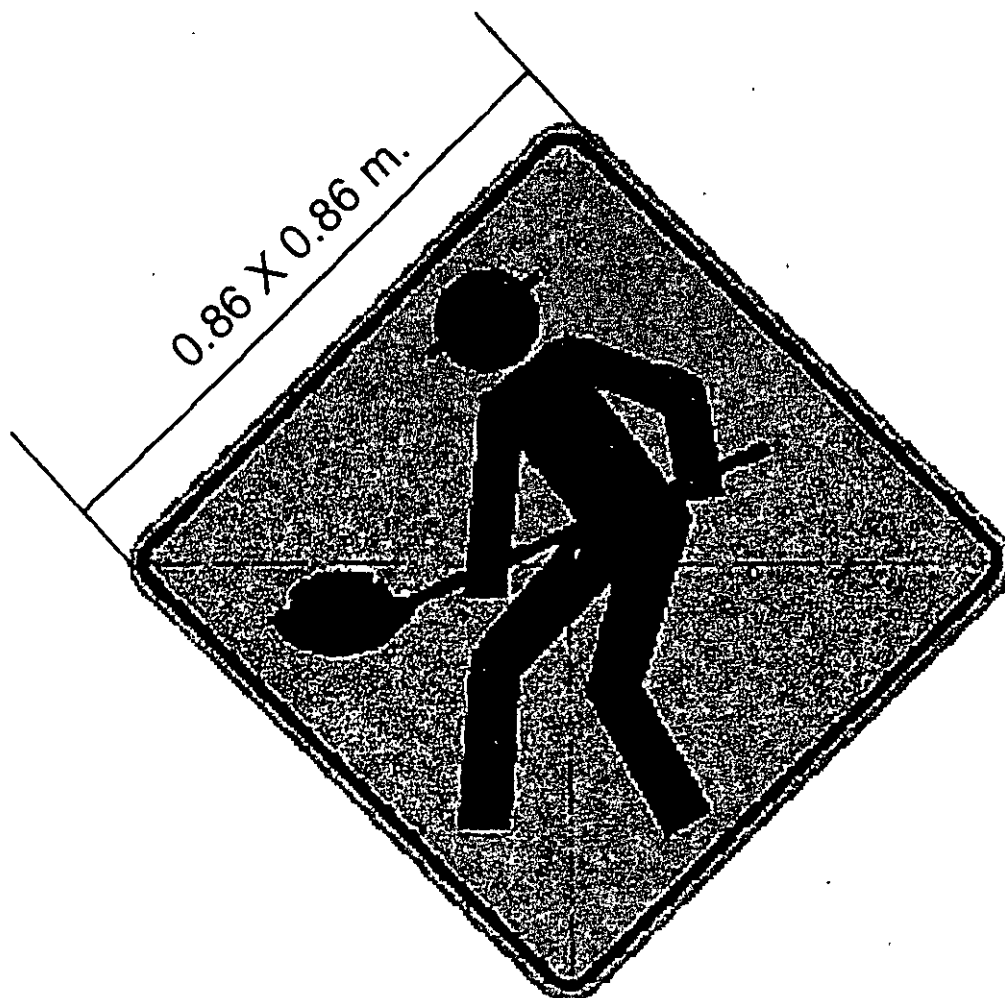
RESPONSABLE	ACT No.	DESCRIPCION	FORMA O DOCUMENTO
ÓRGANOS DE CONTROL	74	<ul style="list-style-type: none"> • OFICIOS DE SOLICITUD DE PRORROGAS AL PROGRAMA Y DE LA AUTORIZACIÓN CORRESPONDIENTE • OFICIOS DE SOLICITUD DE AJUSTE DE COSTOS Y DE AUTORIZACIÓN CORRESPONDIENTE • REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD • ALBUM FOTOGRÁFICO (ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LA OBRA) • CONTROL DE AVANCE DE OBRA • CONCENTRADO DE VOLÚMENES DE OBRA POR CONCEPTO • DOCUMENTO COMPROBATORIOS DE PAGO DE ESTIMACIONES • OFICIO DE SOLICITUD Y DE AUTORIZACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS EXTRAORDINARIOS Y ANÁLISIS CORRESPONDIENTES • OFICIO DE COMUNICACIÓN A LA SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO Y A LA SECRETARÍA DE CONTRALORÍA Y DESARROLLO ADMINISTRATIVO SOBRE LOS CONTRATOS DE AUCERDO CON EL ARTÍCULO 81 DE LA LEY DE ADQUISICIONES Y OBRAS PÚBLICAS • ACTA CIRCUNSTANCIADA EN LOS CASOS DE RESCISIÓN O SUSPENSIÓN • PLANOS ACTUALIZADOS • AVISO DE TERMINACIÓN Y RECEPCIÓN DE OBRA • ESTIMACIÓN DE FINIQUITO • FIANZA CONTRA VICIOS OCULTOS O CUALQUIER OTRA RESPONSABILIDAD EN QUE HUBIERE INCURRIDO EL CONTRATISTA • ACTA DE ENTREGA-RECEPCIÓN • CORRESPONDENCIA DEPENDENCIA-CONTRATISTA Y OFICINAS CENTRALES-RESIDENCIA DE SUPERVISIÓN. <p>PRACTICAN AUDITORIAS</p> <p>FIN DEL PROCEDIMIENTO</p>	OFICIO DE COMISIÓN

ELABORO	AUTORIZO :
---------	------------

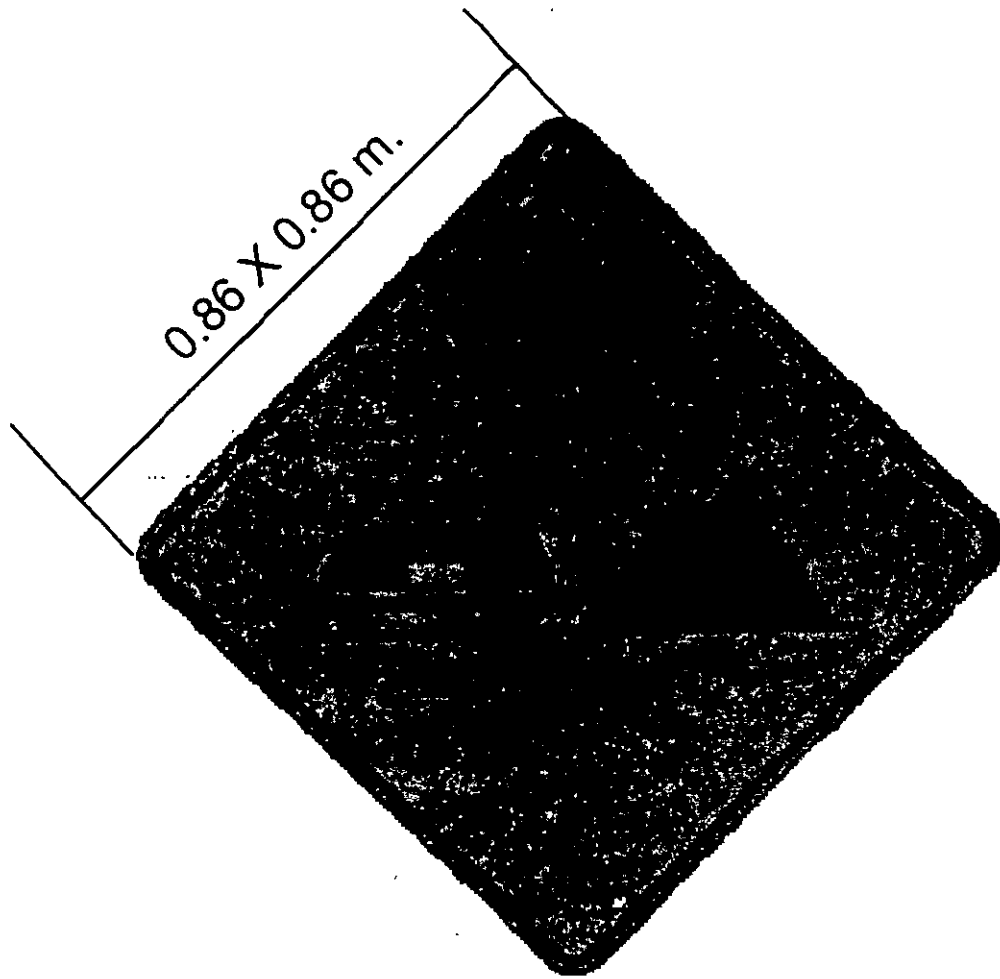
Anexo VII

ANEXO VIII

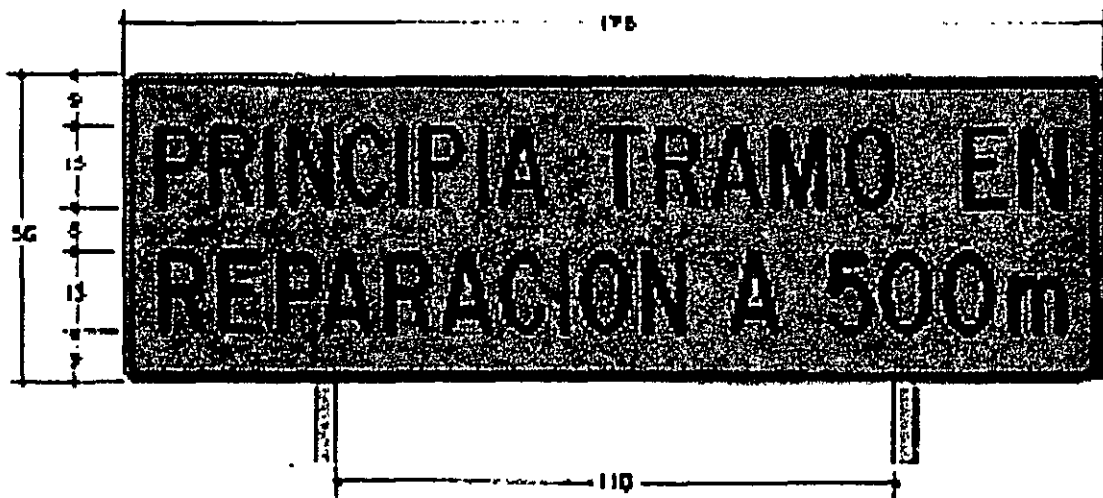
Señalamiento más comúnmente utilizado
en una Emergencia



DPP – OBRAS EN EL CAMINO



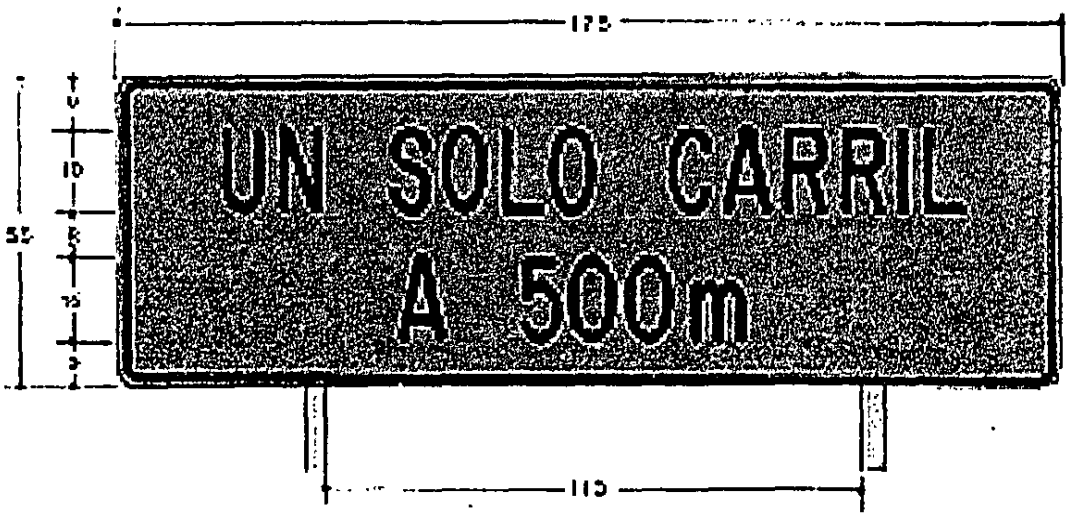
DPP – MATERIAL ACAMELLONADO



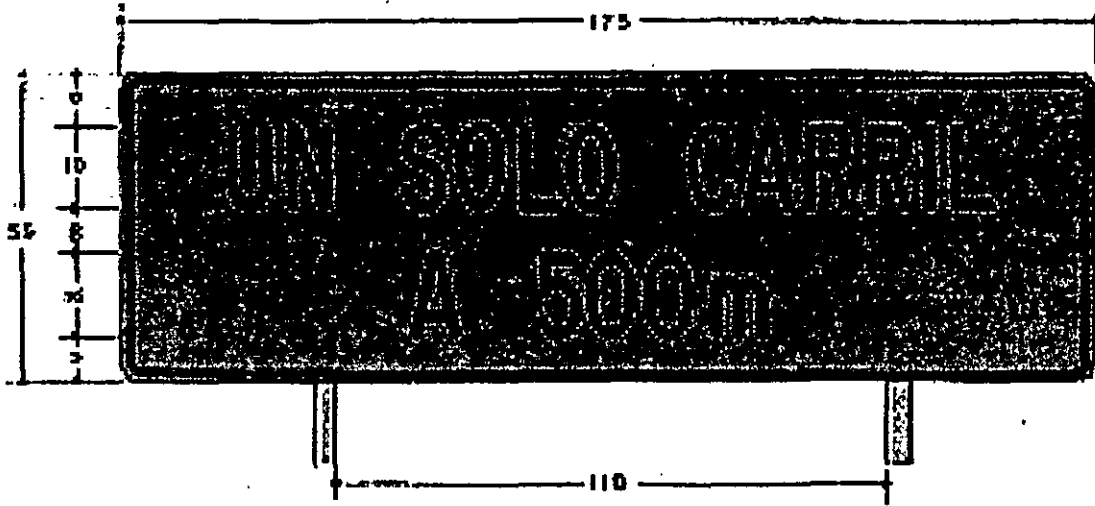
DPI SEÑALES PREVIAS



DPI SEÑALES PREVIAS



DPI SEÑALES PREVIAS



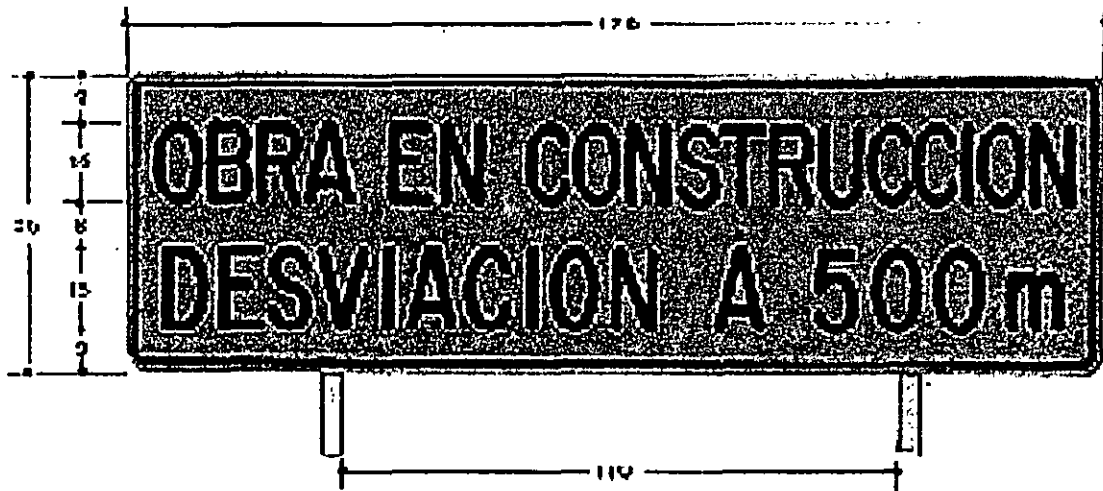
DPI SEÑALES PREVIAS



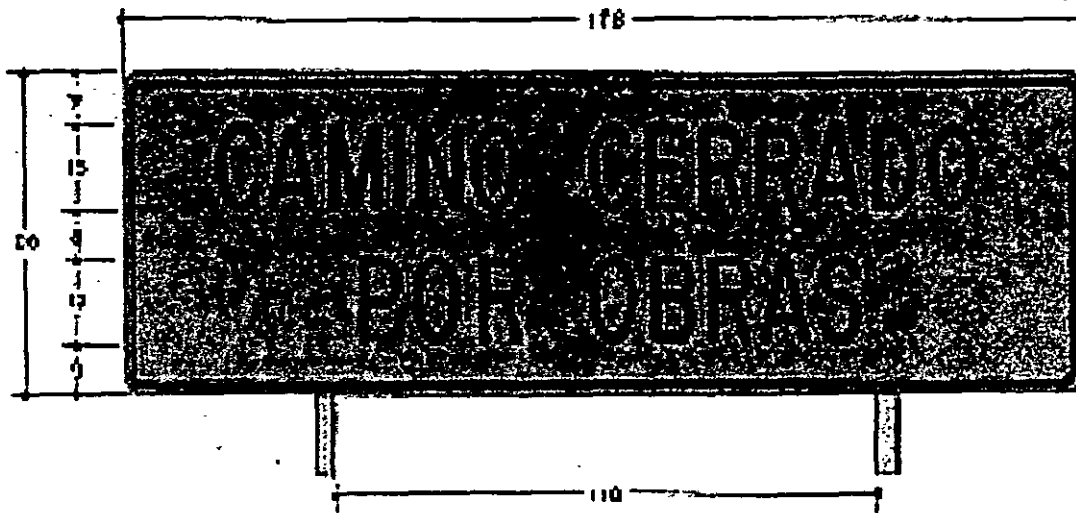
DPI SEÑALES PREVIAS



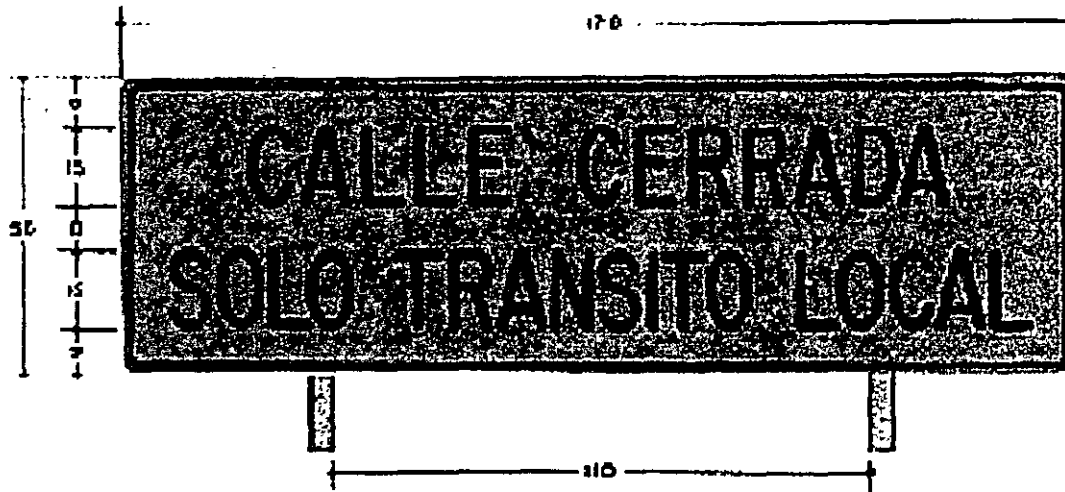
DPI SEÑALES PREVIAS



DPI SEÑALES PREVIAS



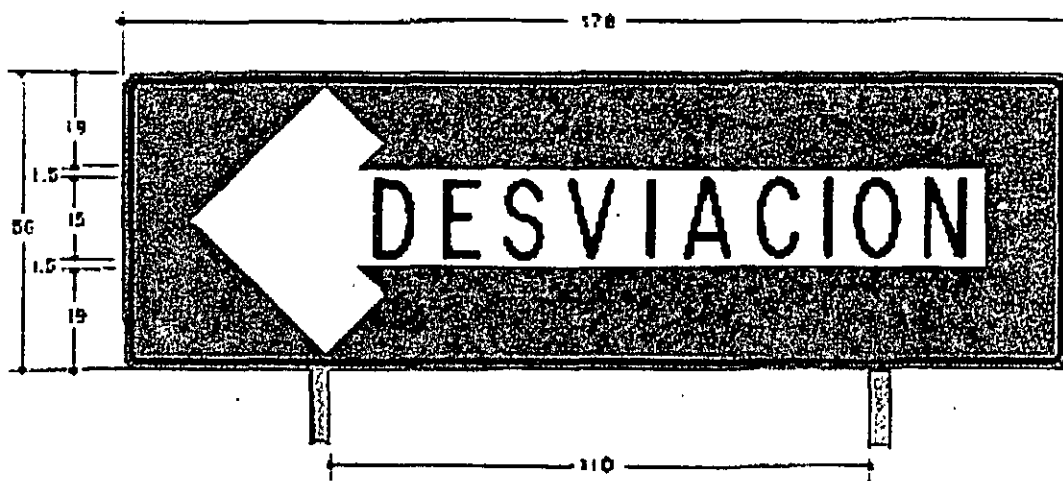
DPI-8 SEÑALES DECISIVAS



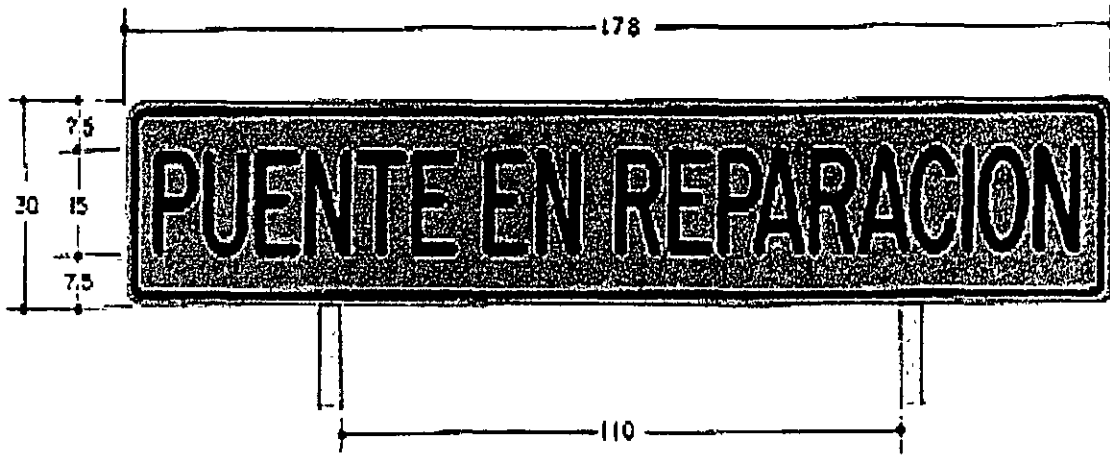
DPI SEÑALES PREVIAS



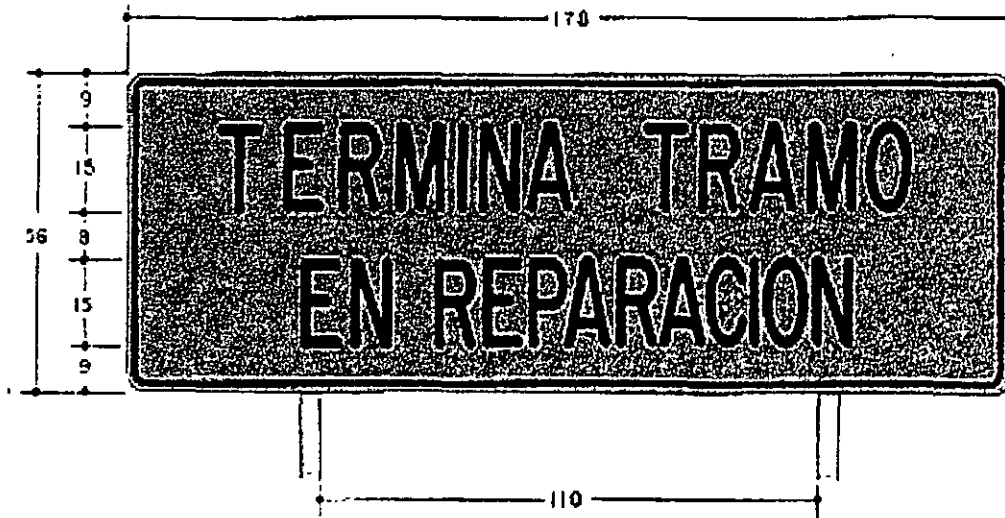
DPI SEÑALES PREVIAS



DPI SEÑALES PREVIAS



DPI-8 SEÑALES DECISIVAS



DPI-9 SEÑALES CONFIRMATIVAS

ANEXO IX

Procedimiento para la elaboración de
puentes tipo BAYLE

PUNTES METALICOS 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.

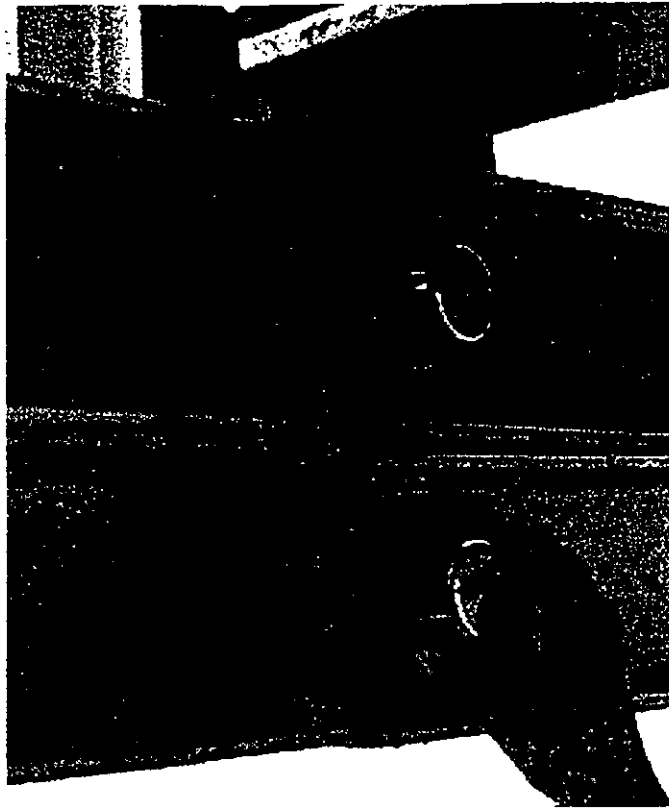


Figura 1. Pernos colocados ya con su seguro.

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

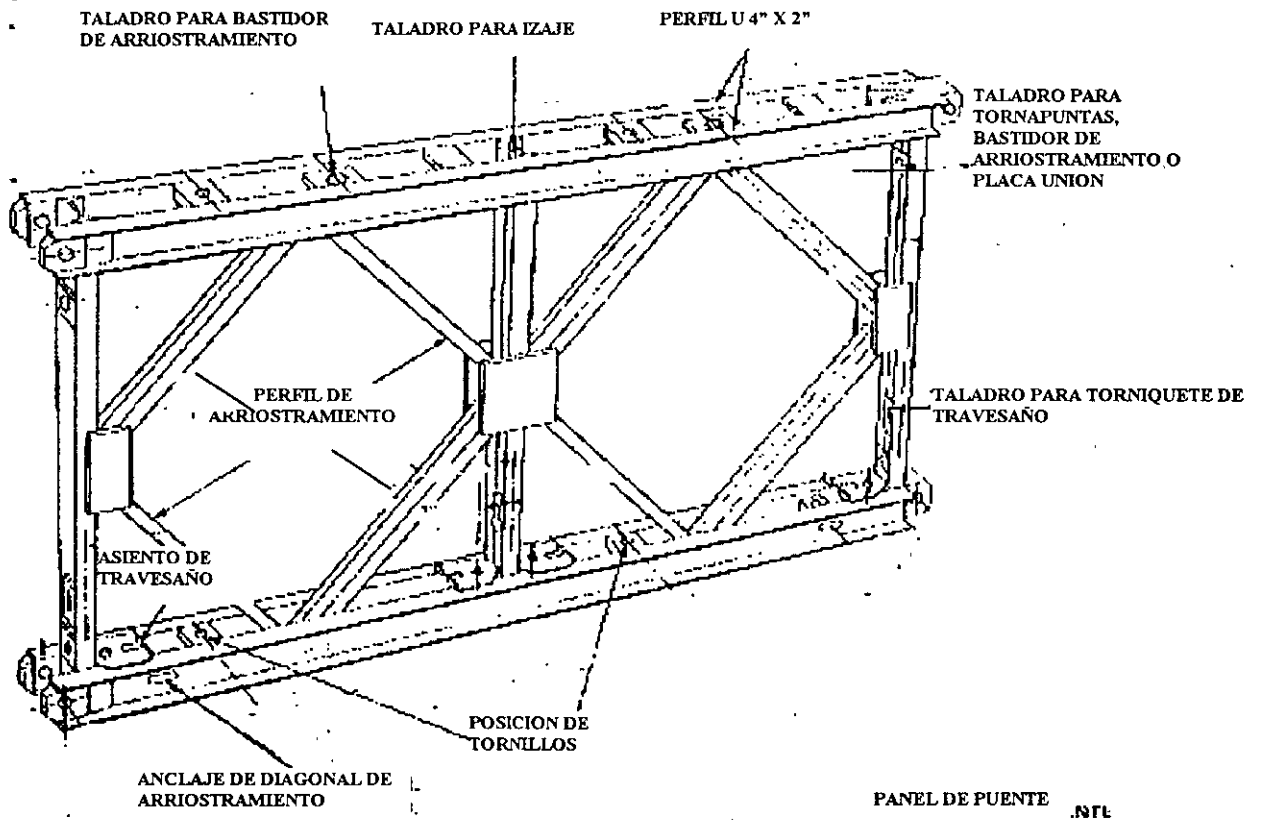


Figura 2. Panel del sistema modular.

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**.

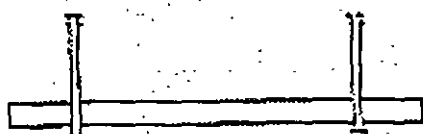
Con esto se puede definir cualquier tipo de puente de viga compuesta por medio de dos palabras, la primera indica el número de paneles situados uno al lado de otro y la segunda indica el número de paneles que van uno encima de otro.

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:

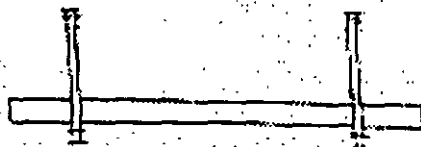
Simple Simple.....	(SS)
Doble Simple.....	(DS)
Triple Simple.....	(TS)
Doble Doble.....	(DD)
Triple Doble.....	(TD)
Doble Triple.....	(DT)
Triple Triple.....	(TT)

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.



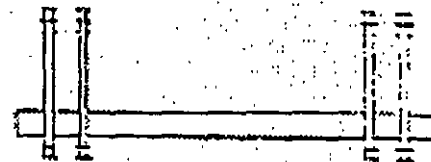
SIMPLE SIMPLE



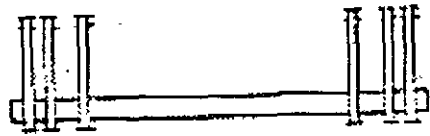
SIMPLE SIMPLE REFORZADO



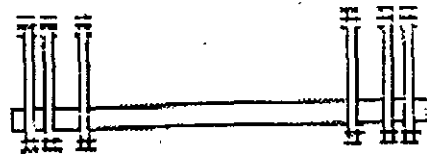
DOBLE SIMPLE



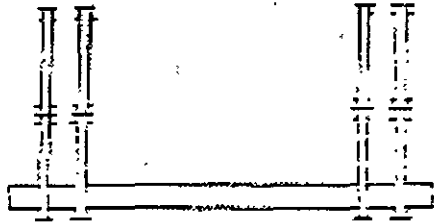
DOBLE SIMPLE REFORZADO



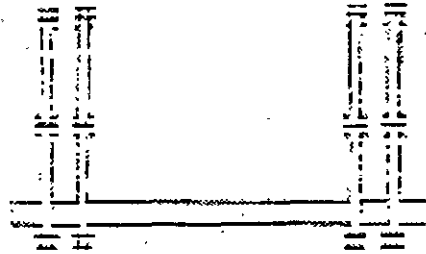
TRIPLE SIMPLE



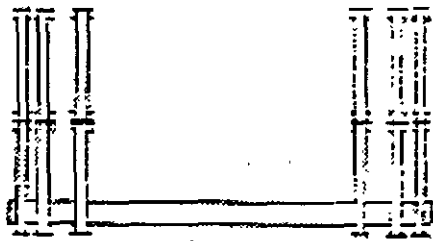
TRIPLE REFORZADO



DOBLE DOBLE



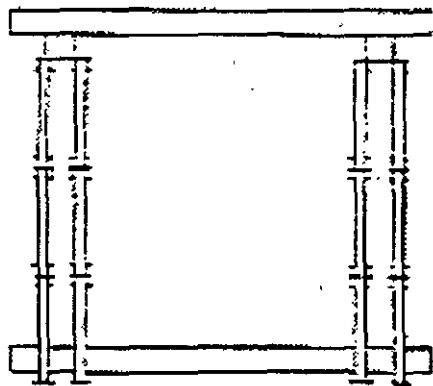
DOBLE DOBLE REFORZADO



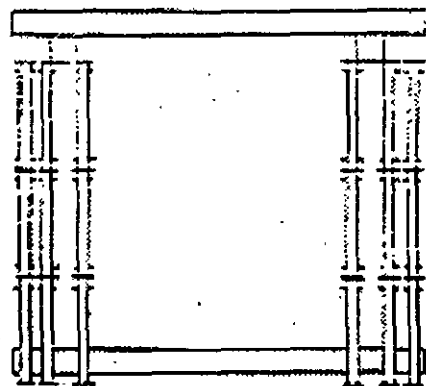
TRIPLE DOBLE



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.

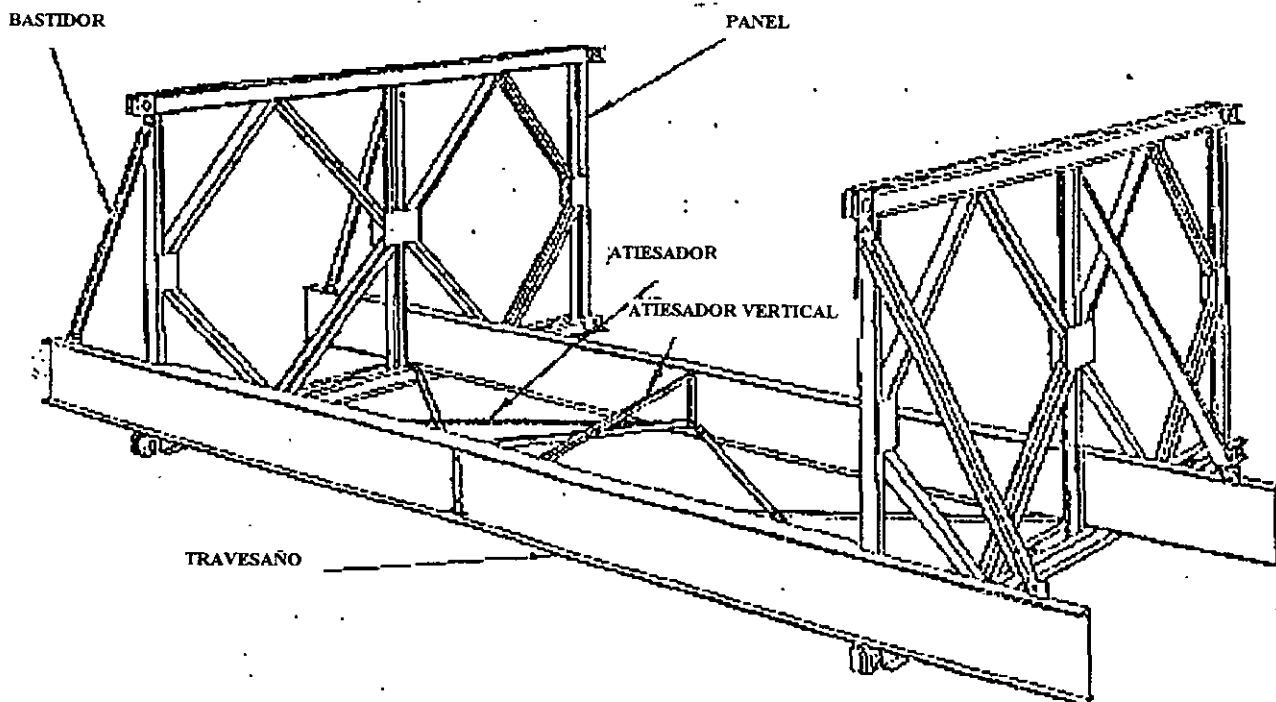


Figura 4.

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 lanzado.

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 provoque deformaciones y esfuerzos no deseables, éstos principalmente de torsión.



Figura 5. Apréciase el rodillo basculante, que es recomendable que se coloque en la parte más cercana al borde del terraplén 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 de 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/h.



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 primer 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 trapecial 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.

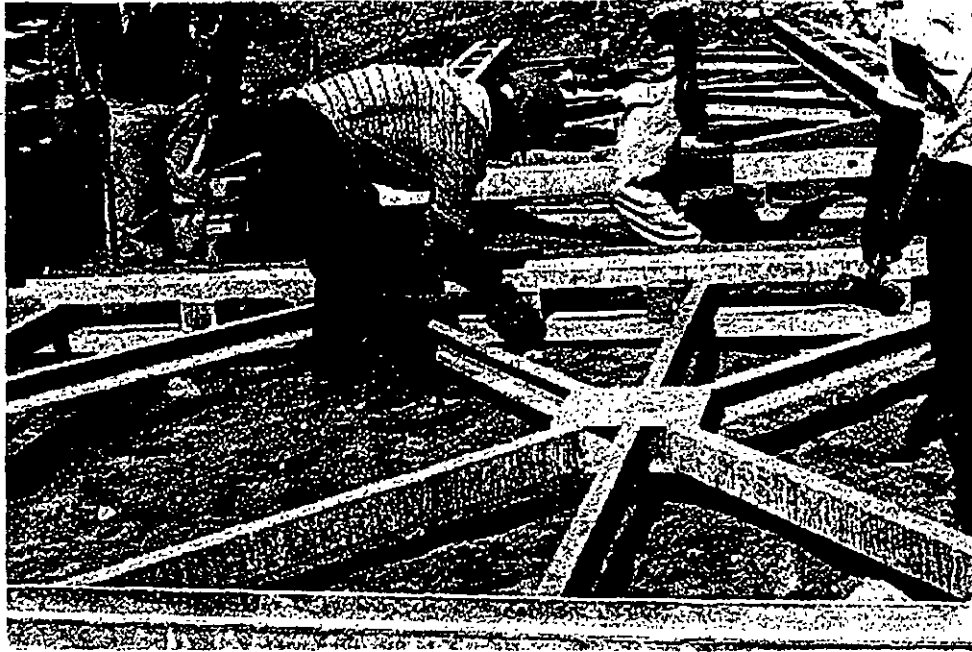


Figura 7.

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.

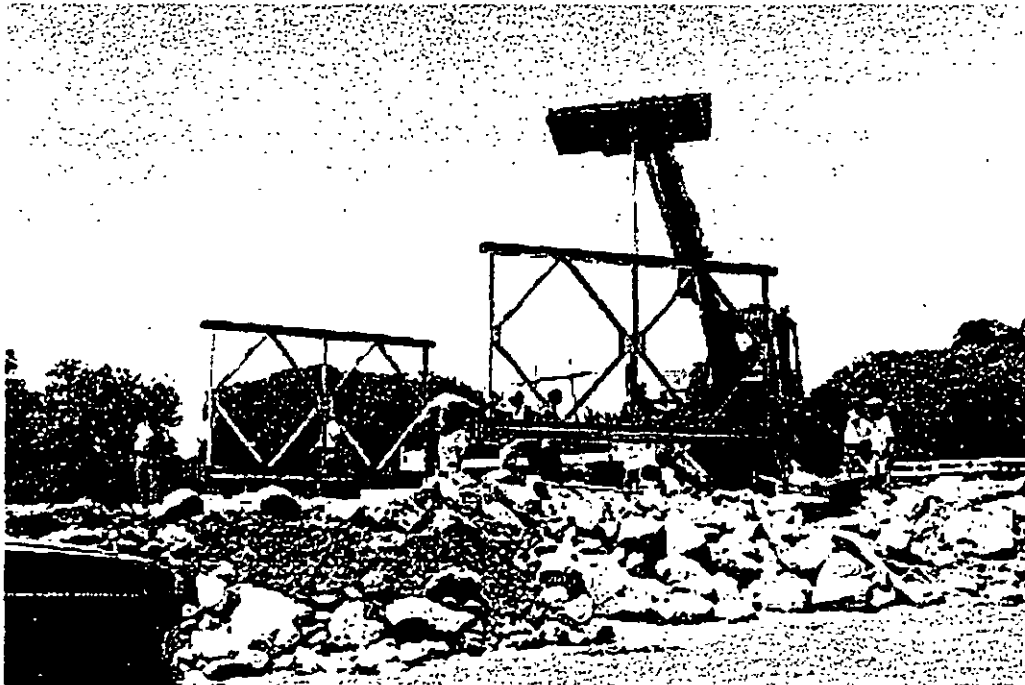


Figura 8.

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 rodillos 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).

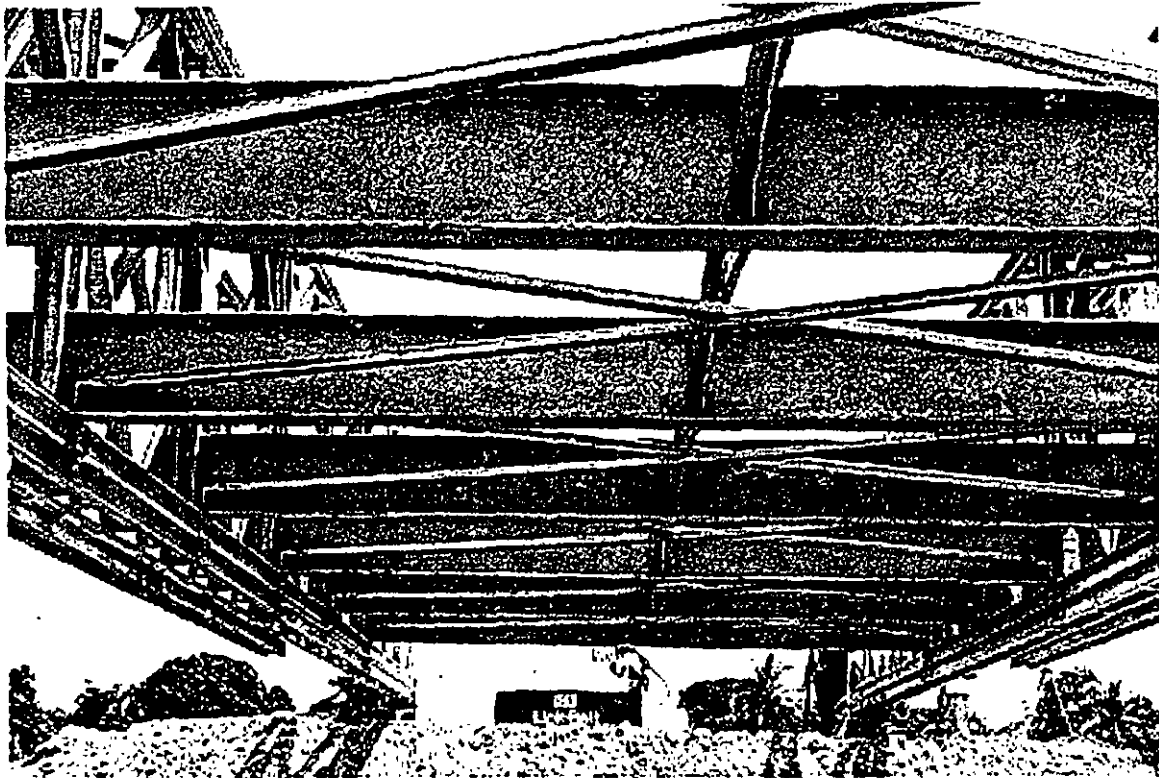


Figura 9. Obsérvese los atiesadores horizontales y verticales.

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 ensamblajes.

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.

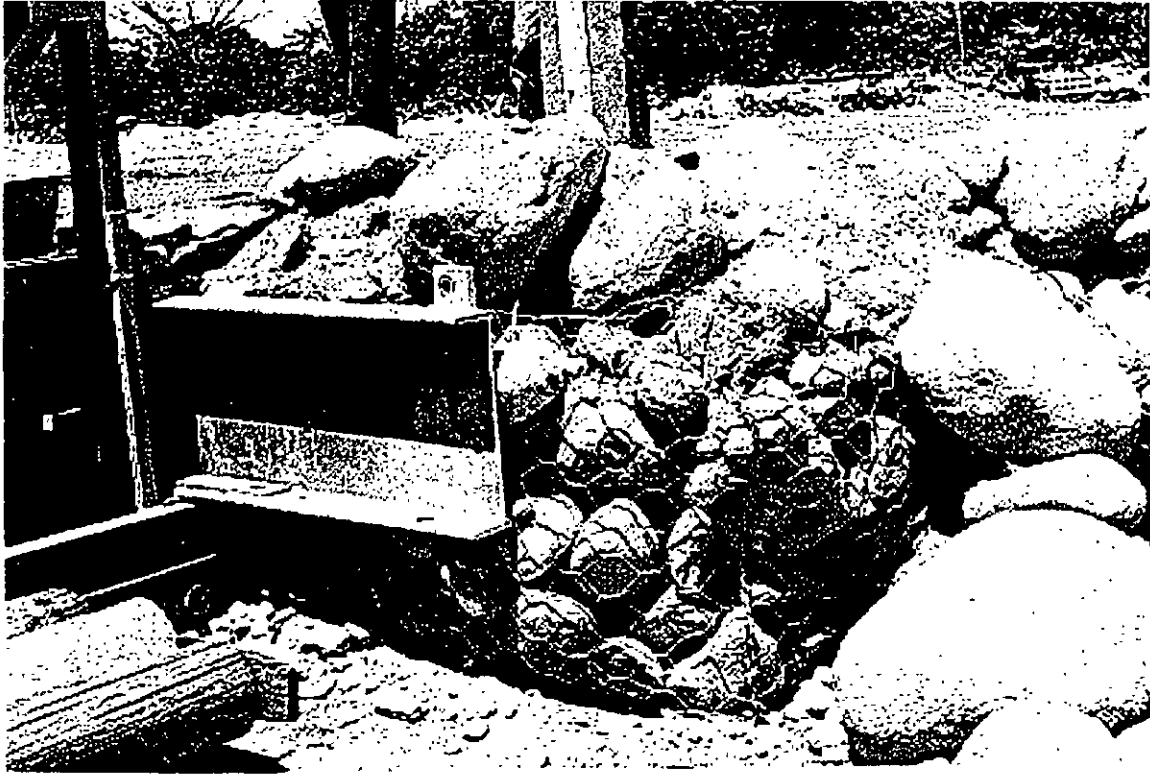


Figura 11. Panel de extremo reforzado con una solera en la base.

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).

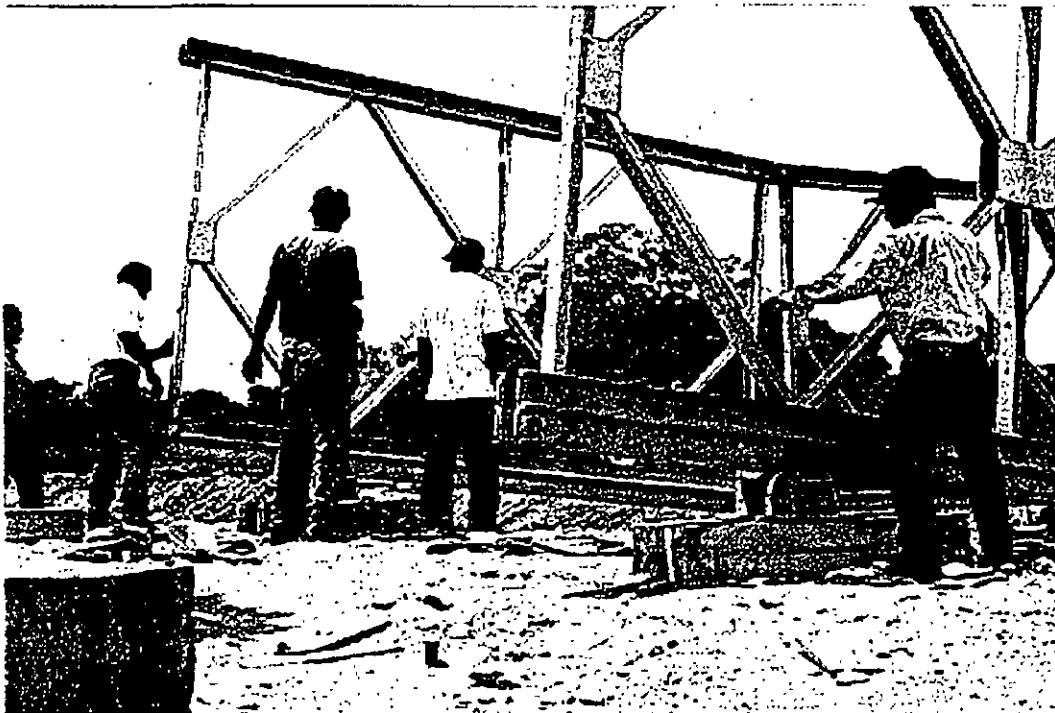


Figura 12. Empujado final.

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.

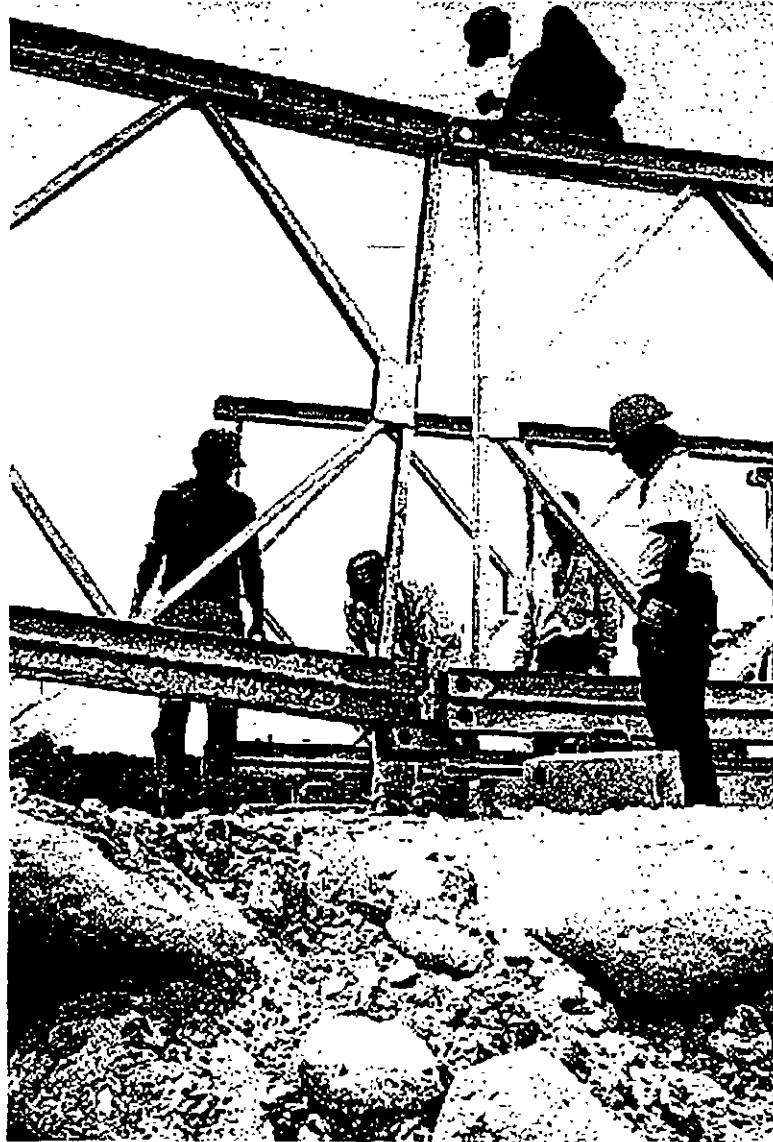


Figura 13. Vista de como se retira el acoplador de la parte inferior de los módulos. Posteriormente se retira el perno del cordón superior para el retiro de la nariz.

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.

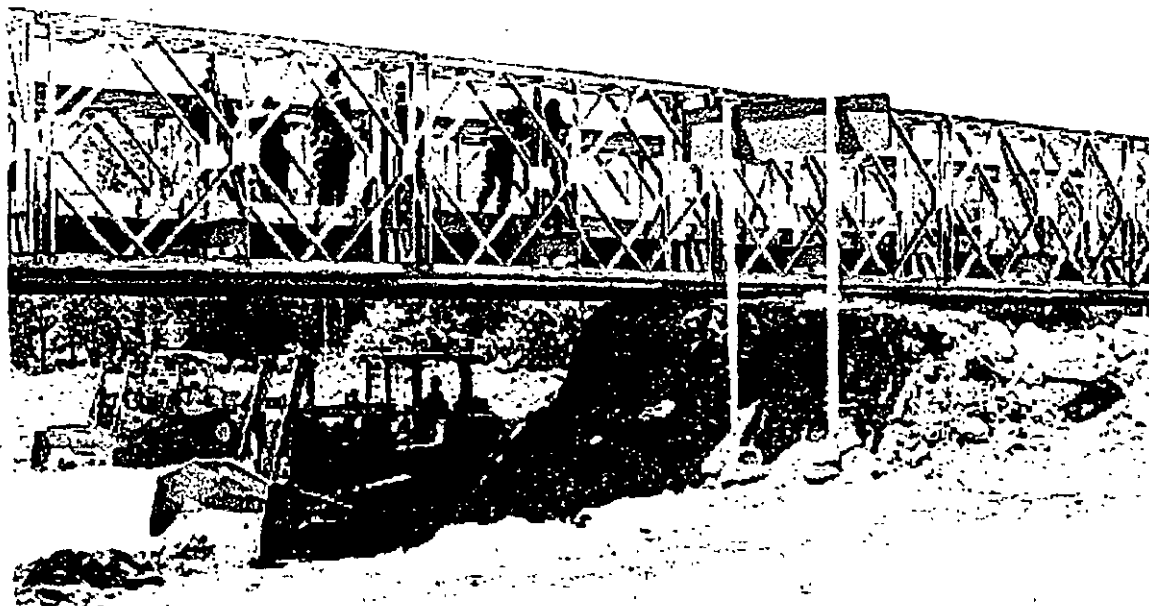


Figura 14. Demolición del terraplén provisional.

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.

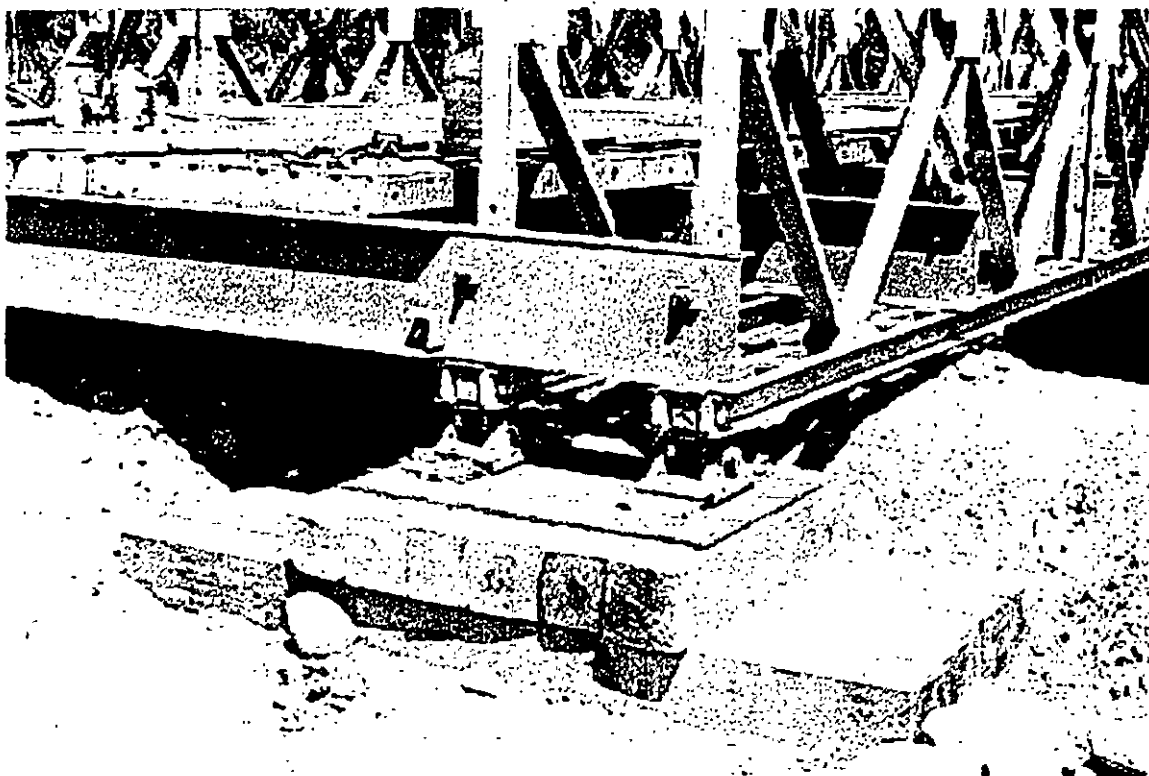


Figura 15. Vista de los apoyos definitivos.

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 terraplenes 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 vehículos 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.

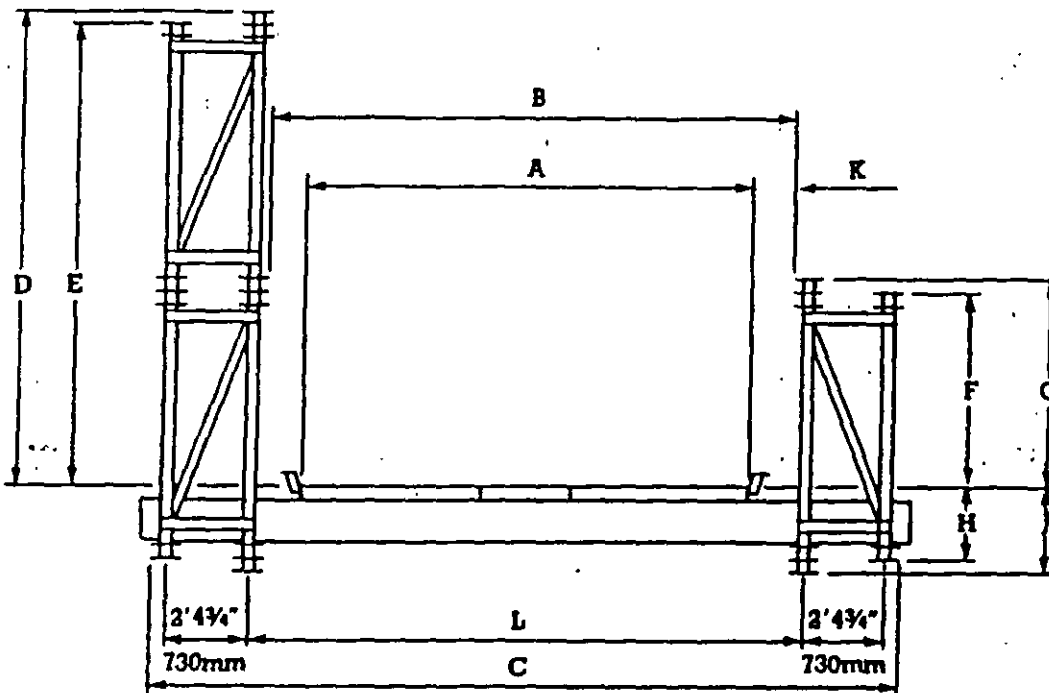


Mabey & Johnson

**MABEY
UNIVERSAL
Super Panel**

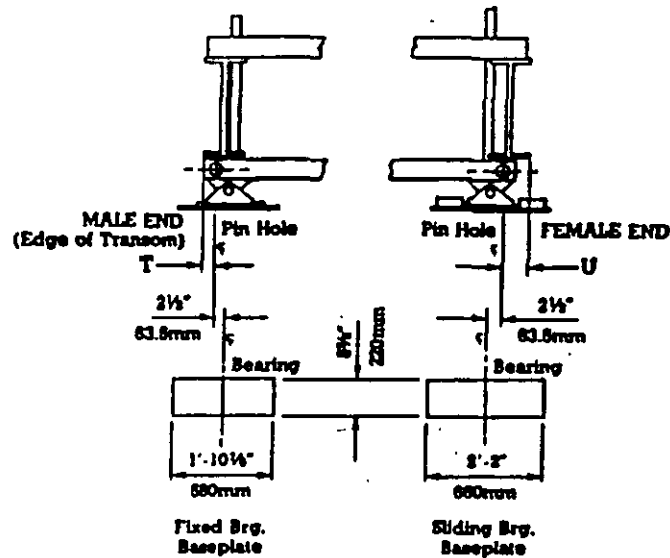
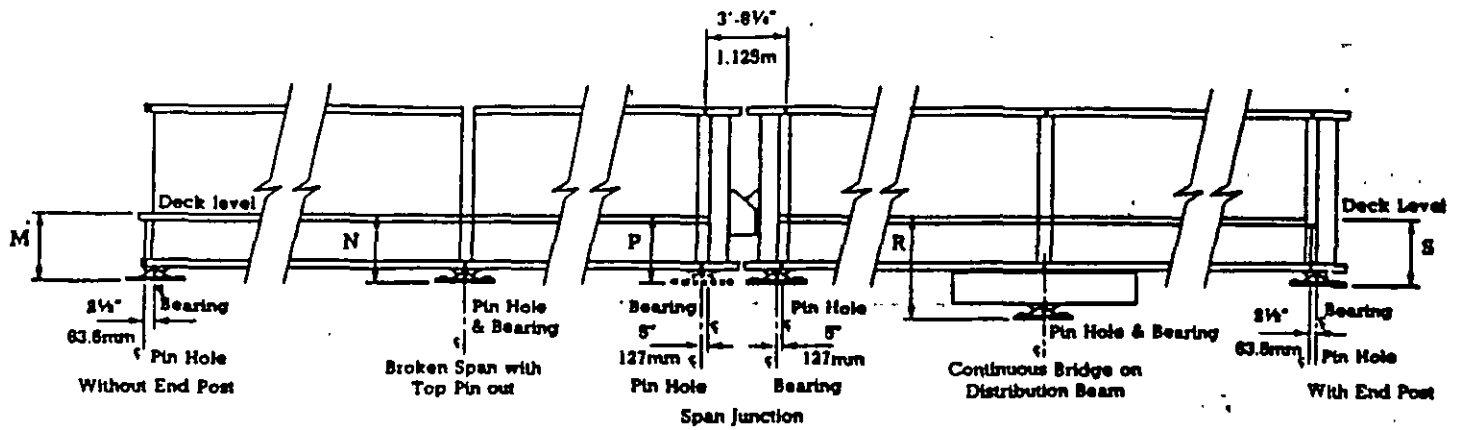
TECHNICAL DATA

BRIDGE DIMENSIONS



Roadway Width		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
Standard Single Lane	ft in	10' 4"	12' 1 1/2"	19' 2 1/2"	14' 6 1/2"	14' 1 1/2"	5' 11 1/2"	6' 4 1/2"	2' 2 3/4"	2' 7 1/2"	10 1/2"	12' 10 1/2"
	mm	3150	3703	5850	4431	4304	1817	1944	670	797	277	3932
Extra Wide Single Lane	ft in	13' 9 1/2"	15' 6"	22' 5 1/2"	14' 6 1/2"	14' 1 1/2"	5' 11 1/2"	6' 4 1/2"	2' 2 3/4"	2' 7 1/2"	10 1/2"	1'
	mm	4200	4724	6850	4426	4299	1812	1939	675	802	262	4853
Two Lane Carriageway	ft in	24' 1 1/2"	26' 3"	32' 6 1/2"	13' 10 1/2"	13' 5 1/2"	5' 3 1/2"	5' 8 1/2"	2' 10 1/2"	3' 3 1/2"	12 1/4"	27' 0"
	mm	7350	8001	9920	4226	4099	1612	1739	875	1002	326	8230
Three Lane Carriageway	ft in	34' 5 1/2"	37' 3 3/4"	43' 7 1/2"	13' 7"	13' 2"	5' 0 1/2"	5' 5 1/2"	3' 1 1/2"	3' 6 1/2"	17 1/4"	38' 0 1/2"
	mm	10500	11375	13294	4141	4014	1527	1654	960	1087	438	11604

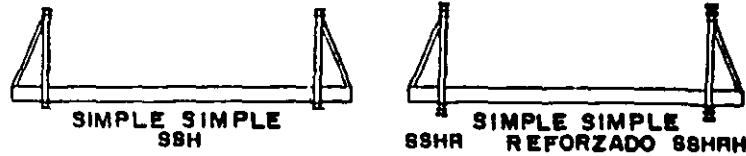
ABUTMENT, PIER and DECK MEASUREMENTS



Roadway Width		M	N	P	R	S	T	U
Standard Single Lane	ft in	2' 10"	3' 1 1/8"	3' 1 1/8"	4' 11 1/8"	2' 10"	2 1/4"	6 1/8"
	mm	862	957	957	1515	862	58	158
Extra Wide Single Lane	ft in	2' 10 1/4"	3' 1 1/8"	3' 1 1/8"	4' 11 1/8"	2' 10 1/4"	2 1/4"	6 1/8"
	mm	867	962	962	1520	867	58	158
Two Lane Carriageway	ft in	3' 6"	3' 9 3/8"	3' 9 3/8"	5' 7 3/8"	3' 6"	2 3/8"	6 1/8"
	mm	1067	1162	1162	1720	1067	67	161
Three Lane Carriageway	ft in	3' 9 3/8"	4' 1 1/8"	4' 1 1/8"	5' 11 1/8"	3' 9 3/8"	3 1/4"	6 1/8"
	mm	1152	1247	1247	1805	1152	82	173

GIRDER CONSTRUCTIONS

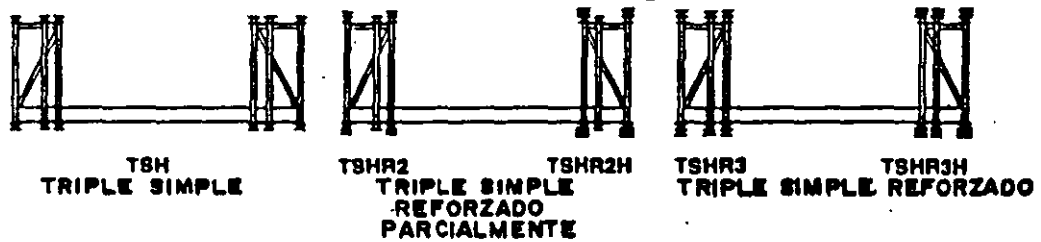
SINGLE TRUSS



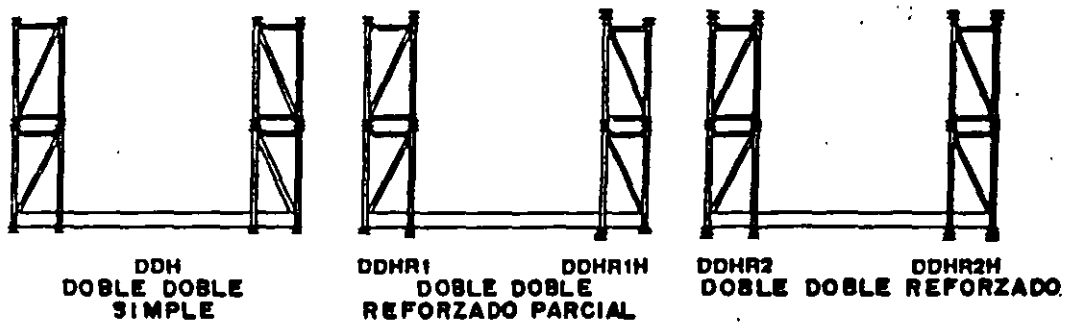
DOUBLE TRUSS



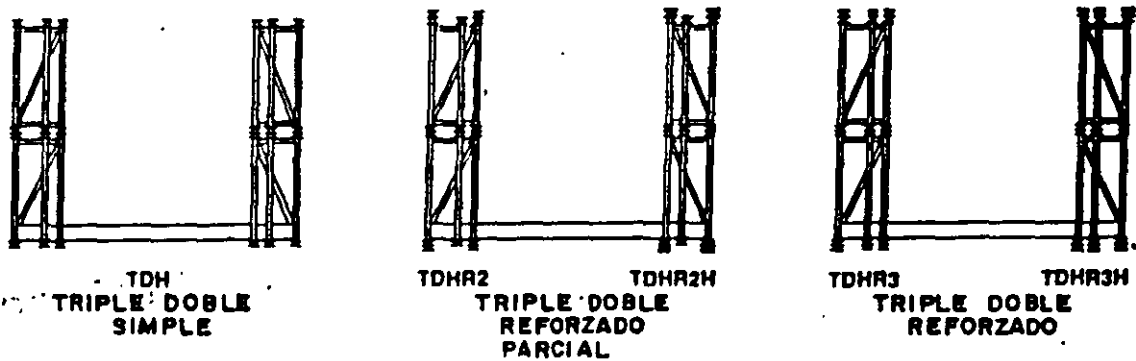
TRIPLE TRUSS



DOUBLE TRUSS - DOUBLE STOREY



TRIPLE TRUSS - DOUBLE STOREY



PROPERTIES and WEIGHTS

PROPERTIES

METRIC UNITS			KIPS UNITS		
MOMENT	SHEAR (I)		MOMENT	SHEAR (K)	
Lm	Std	H.S.	KR	Std	H.S.
499	71	101	3815	158	223
897	71	101	8491	158	223
989	71	101	7155	158	223
1088	128	183	7873	282	403
1873	98	137	11380	211	302
1890	98	137	12233	211	302
2059	128	183	14899	282	403
2293	128	183	18594	282	403
1564	192	274	11322	422	604
2494	160	229	18043	353	504
2718	160	229	19871	353	504
2980	192	274	21420	422	604
3298	192	274	23849	422	604
1998	237	258	14468	524	584
2796	178	192	20233	393	422
2981	178	192	21870	379	408
3897	237	258	28029	524	584
3988	237	258	28712	524	584
4998	388	384	31890	788	848
4597	298	320	33258	654	708
4963	298	320	35911	654	708
5399	358	384	39081	788	848
5949	358	384	43045	788	848

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

WEIGHTS PER BAY

	TABLE A	
	I	K
SSH	1.308	2.884
SSHR	2.098	4.828
SSHRH	2.214	4.881
DSH	2.751	6.085
DSHR1	3.528	7.778
DSHR1H	3.654	8.058
DSHR2	4.304	9.489
DSHR2H	4.637	10.002
TSH	4.080	8.951
TSHR2	5.813	12.375
TSHR2H	5.845	12.888
TSHR3	6.389	14.085
TSHR3H	6.738	14.855
DDH	5.558	12.248
DDHR1	6.332	13.960
DDHR1H	6.448	14.215
DDHR2	7.108	15.870
DDHR2H	7.340	16.182
TDH	8.208	18.089
TDHR2	9.758	21.513
TDHR2H	9.990	22.024
TDHR3	10.538	23.228
TDHR3H	10.883	23.992

HIGHWAY (1050 DECK)				
R	10' 4"	13' 0"	24' 1"	34' 0"
m	3.15	4.20	7.35	10.50

TABLE B				
HS20				
K	5.038	6.308	12.608	20.277
I	2.288	2.881	5.873	9.188
HS25/MS250				
K	5.038	6.877	13.648	21.268
I	2.288	3.028	6.144	8.883

TABLE C				
K	3.285	4.302	7.345	10.388
I	1.490	1.951	3.331	4.711

DESIGN WEIGHTS PER BAY

	DECKED	UNDECKED
HIGHWAY	A + B	A + B - C

CONVERSION TABLE

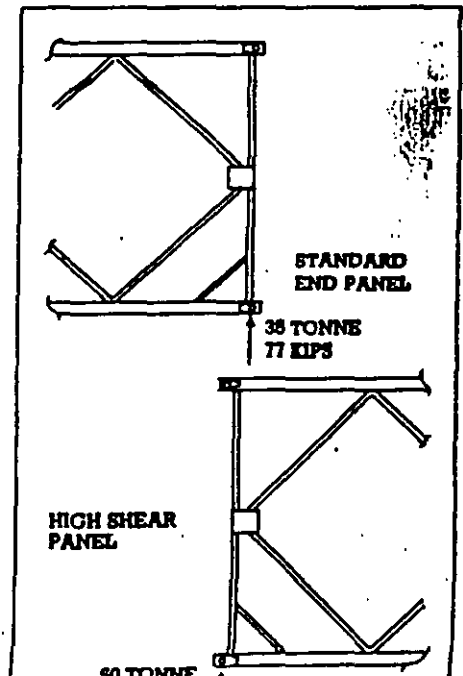
K = KIP = 1000 lbs
I = tonne = 2205 lbs = 1000 kg

Design Notes

- Bay weights are based upon latest available production drawings for standard loadings. Add 2% for galvanising and finishings.
- 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 TABLE

Super Panels - Extra Wide Single Lane - 4.2m

SPAN			HIGHWAY LOADING			
Bays	Feet	Metres	HS20	HS25	MS250	HA (BS5400)
4	59.1	18.00	SSH	SSH	SSH+	SSH
4½	66.4	20.25	SSH	SSH	SSH+	SSH+
5	73.8	22.50	SSH	SSH	SSHR+	SSHR+
5½	81.2	24.75	SSH	SSH+	SSHR+	DSH
6	88.6	27.00	SSH	SSHR+	SSHR+	DSH
6½	96.0	29.25	SSH	SSHR+	SSHR+	DSH
7	103.3	31.50	SSHR	SSHR+	SSHR+	DSHR1+
7½	110.7	33.75	SSHR	SSHR+	SSHR+	DSHR1+
8	118.1	36.00	SSHR	SSHR+	SSHR++	DSHR1+
8½	125.5	38.25	SSHR	SSHR+	SSHR++	DSHR2
9	132.9	40.50	SSHR	SSHR+	SSHRH++	DSHR2
9½	140.3	42.75	SSHR	SSHR+	SSHRH++	DSHR2+
10	147.6	45.00	SSHR	SSHRH+	DSHR1	DSHR2+
10½	155.0	47.25	SSHR	SSHRH++	DSHR1	DSHR2+
11	162.4	49.50	SSHR+	DSHR1	DSHR1+	DSHR2H+
11½	169.8	51.75	SSHRH+	DSHR1+	DSHR1+	DSHR2H+
12	177.2	54.00	DSHR1	DSHR1+	DSHR1+	TSHR2
12½	184.5	56.25	DSHR1	DSHR1+	DSHR1H+	TSHR2
13	191.9	58.50	DSHR1	DSHR1H+	DSHR2	TSHR2H
13½	199.3	60.75	DSHR1	DSHR1H++	DSHR2	TSHR3
14	206.7	63.00	DSHR1+	DSHR2	DSHR2	TSHR3
14½	214.1	65.25	DSHR1H+	DSHR2	DSHR2H	TSHR3H
15	221.5	67.50	DSHR2	DSHR2	DSHR2H+	TSHR3H
15½	228.8	69.75	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR2
16	236.2	72.00	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR2
16½	243.6	74.25	DDHR1	DDHR1	DDHR1H	DDHR2
17	251.0	76.50	DDHR1	DDHR1H	DDHR2	DDHR2H
17½	258.4	78.75	DDHR1	DDHR2	DDHR2	DDHR2
18	265.7	81.00	DDHR1H	DDHR2	DDHR2	DDHR2H

SINGLE VEHICLE LOADING (tonnes)						
20	30	40	50	60	70	80
SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
SSH	SSH	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+
SSH	SSH	SSH	SSH	SSHR+	SSHR+	SSHR+
SSH	SSH	SSH	SSHR	SSHR+	SSHR+	SSHR+
SSH	SSH	SSHR	SSHR+	SSHR+	SSHR+	SSHR+
SSH	SSH	SSHR	SSHR+	SSHR+	SSHR++	SSHR++
SSH	SSHR	SSHR	SSHR+	SSHR+	SSHR++	SSHR++
SSH	SSHR	SSHR	SSHR+	SSHR+	SSHRH++	SSHRH++
SSH	SSHR	SSHR+	SSHR+	SSHRH++	DSH	DSH
SSHR	SSHR	SSHR+	SSHR+	DSH	DSH	DSHR1+
SSHR	SSHR	SSHR+	SSHRH++	DSH	DSHR1+	DSHR1++
SSHR	SSHR	SSHRH+	DSHR1	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1++
SSHR	SSHR	DSH	DSHR1+	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1++
SSHR	SSHRH	DSHR1	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1H++	DSHR1H++
SSHR	DSH	DSHR1	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1H++	DSHR2+
SSHR	DSHR1	DSHR1	DSHR1+	DSHR1H++	DSHR2	DSHR2+
SSHRH	DSHR1	DSHR1	DSHR1H+	DSHR2	DSHR2+	DSHR2H+
DSHR1	DSHR1	DSHR1	DSHR2	DSHR2	DSHR2H+	DSHR2H+
DSHR2	DSHR2	DSHR2	DSHR2	DSHR2H	DSHR2H+	TSHR3
DDH	DDH	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1
DDH	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1H	DDHR2
DDH	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1H	DDHR2	DDHR2
DDH	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR2	DDHR2	DDHR2
DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1H	DDHR2	DDHR2	DDHR2H

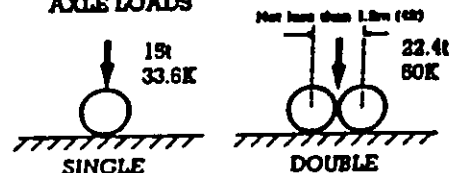
* Denotes Heavy End Panels in End Bays only ** Denotes use Heavy End Panels in two End Bays only

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 Mabey engineers with specific vehicle details and required frequency of use for a more accurate design check.

MAXIMUM AXLE LOADS



CONSTRUCTION TABLES

Super Panels - Two Lane Carriageway - 7.35m

SPAN			HIGHWAY LOADING			
Bays	Feet	Metres	HS20	HS25	MS250	HA (BS2400)
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	DSHR2+	DSHR2+
6½	96.0	29.25	DSH	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+
7	103.3	31.50	DSH	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+
7½	110.7	33.75	DSH	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2+
8	118.1	36.00	DSHR1+	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2+
8½	125.5	38.25	DSHR1+	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2+
9	132.9	40.50	DSHR1+	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2+
9½	140.3	42.75	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2+
10	147.6	45.00	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2H+
10½	155.0	47.25	DSHR1++	DSHR2+	TSHR2+	TSHR3+
11	162.4	49.50	DSHR2+	DSHR2H++	TSHR2+	TSHR3+
11½	169.8	51.75	DSHR2+	DSHR2H++	TSHR2+	TSHR3H+
12	177.2	54.00	DSHR2+	TSHR2+	TSHR2H++	DDHR2+
12½	184.5	56.25	DSHR2H++	TSHR2H++	TSHR3+	DDHR2+
13	191.9	58.50	DSHR2H++	TSHR2H++	TSHR3+	DDHR2+
13½	199.3	60.75	TSHR2+	TSHR3+	TSHR3H+	DDHR2+
14	206.7	63.00	TSHR2H+	TSHR3H+	DDHR2+	DDHR2H+
14½	214.1	65.25	TSHR3	DDHR2	DDHR2+	TDHR2
15	221.5	67.50	TSHR3H	DDHR2H+	DDHR2H+	TDHR2H
15½	228.8	69.75	DDHR2	DDHR2H+	TDHR2	TDHR2H+
16	236.2	72.00	DDHR2H	TDHR2	TDHR2H	TDHR3
16½	243.6	74.25	DDHR2H	TDHR2H	TDHR3	TDHR3H
17	251.0	76.50	TDHR2	TDHR3	TDHR3	TDHR3H
17½	258.4	78.75	TDHR2H	TDHR3H	TDHR3H	-
18	265.7	81.00	TDHR3	TDHR3H	-	-

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+	SSHR+	DSH	DSH	DSH	DSH
SSH	SSHR+	DSH	DSH	DSH	DSH+	DSH+
SSH	SSHR+	DSH	DSH	DSH+	DSH+	DSH+
SSHR	SSHR++	DSH	DSH	DSH+	DSH+	DSH
SSHR+	SSHR++	DSH	DSH	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+
SSHR+	SSHR++	DSH	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+
SSHR+	SSHRH++	DSH	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+
SSHR+	DSH	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+
SSHR+	DSHR1+	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+
SSHRH++	DSHR1++	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2+
DSH	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2+	TSHR2+
DSHR1	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2+	TSHR2+	TSHR2+
DSHR1+	DSHR1++	DSHR2+	DSHR2+	TSHR2+	TSHR2+	TSHR2H++
DSHR1+	DSHR1H++	DSHR2+	DSHR2H++	TSHR2+	TSHR2H++	TSHR3+
DSHR1+	DSHR2	DSHR2+	DSHR2H++	TSHR2H++	TSHR3+	TSHR3H++
DSHR1+	DSHR2+	DSHR2H++	TSHR2H+	TSHR3+	TSHR3H++	TSHR3H++
DSHR1H+	DSHR2+	DSHR2H++	TSHR2H++	TSHR3H+	TSHR3H++	DDHR2
DSHR2	DSHR2H+	TSHR2H+	TSHR3	TSHR3H+	DDHR2	DDHR2H+
DSHR2	DSHR2H+	TSHR2H+	TSHR3H	DDHR2	DDHR2H	DDHR2H+
DSHR2	TSHR2	TSHR3	TSHR3H+	DDHR2	DDHR2H	DDHR2H
DSHR2H	TSHR3	TSHR3H	DDHR2	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H
DDHR1	DDHR1H	DDHR2	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H
DDHR1	DDHR2	DDHR2	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H
DDHR1	DDHR2	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H
DDHR1H	DDHR2	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H
DDHR2	DDHR2	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H
DDHR2	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H	DDHR2H

* 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 Mabey engineers should be sought.

25:1 has been assumed. Full account has been taken of impact factors and eccentricity.

Super Panels - Three Lane Carriageway - 10.5m

SPAN			HIGHWAY LOADING			
Bays	Feet	Metres	HS20	HS25	MS250	HA (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	-	-	-	-

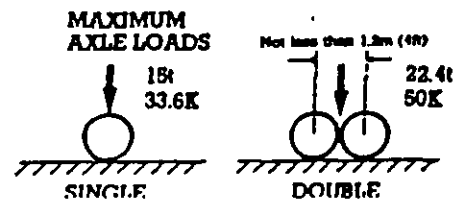
SINGLE VEHICLE LOADING (tonnes)						
20	30	40	50	60	70	80
SSH+	DSH	DSH	DSH	DSH+	DSH+	DSH+
SSH+	DSH	DSH	DSH+	DSH+	DSH+	DSH+
SSH+	DSH	DSH+	DSH+	DSH+	DSH+	DSH+
SSHR+	DSH	DSH+	DSH+	DSH+	DSH+	DSH+
SSHR+	DSH	DSH+	DSH+	DSHR2++	TSH	TSH
SSHR++	DSH	DSHR2+	DSHR2++	TSH	TSH+	TSH+
SSHR++	DSH	DSHR2+	DSHR2++	TSH+	TSHR2++	TSHR2++
SSHR++	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	-	-
DDHR2	TDHR2	TDHR2H	TDHR3	TDHR3H	-	-
DDHR2H	TDHR2	TDHR3	TDHR3H	-	-	-
DDHR2H	TDHR2H	TDHR3H	TDHR3H	-	-	-
TDHR2	TDHR3	TDHR3H	-	-	-	-
TDHR2H	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 Mabey 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.

Super Panels - Extra Wide Single Lane - 4.2m

50

SPAN			HIGHWAY LOADING			
Bays	Feet	Metres	HS20	HS25	MS250	HA (BS5400)
4	59.1	18.00	SSH	SSH	SSH+	SSH
4½	66.4	20.25	SSH	SSH	SSH+	SSH+
5	73.8	22.50	SSH	SSH	SSHR+	SSHR+
5½	81.2	24.75	SSH	SSH+	SSHR+	DSH
6	88.6	27.00	SSH	SSHR+	SSHR+	DSH
6½	96.0	29.25	SSH	SSHR+	SSHR+	DSH
7	103.3	31.50	SSHR	SSHR+	SSHR+	DSHR1+
7½	110.7	33.75	SSHR	SSHR+	SSHR+	DSHR1+
8	118.1	36.00	SSHR	SSHR+	SSHR++	DSHR1+
8½	125.5	38.25	SSHR	SSHR+	SSHR++	DSHR2
9	132.9	40.50	SSHR	SSHR+	SSHR+++	DSHR2
9½	140.3	42.75	SSHR	SSHR+	SSHR+++	DSHR2+
10	147.6	45.00	SSHR	SSHR++	DSHR1	DSHR2+
10½	155.0	47.25	SSHR	SSHR+++	DSHR1	DSHR2+
11	162.4	49.50	SSHR+	DSHR1	DSHR1+	DSHR2H+
11½	169.8	51.75	SSHRH+	DSHR1+	DSHR1+	DSHR2H+
12	177.2	54.00	DSHR1	DSHR1+	DSHR1+	TSHR2
12½	184.5	56.25	DSHR1	DSHR1+	DSHR1H+	TSHR2
13	191.9	58.50	DSHR1	DSHR1H+	DSHR2	TSHR2H
13½	199.3	60.75	DSHR1	DSHR1H++	DSHR2	TSHR3
14	206.7	63.00	DSHR1+	DSHR2	DSHR2	TSHR3
14½	214.1	65.25	DSHR1H+	DSHR2	DSHR2H	TSHR3H
15	221.5	67.50	DSHR2	DSHR2	DSHR2H+	TSHR3H
15½	228.8	69.75	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR2
16	236.2	72.00	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR2
16½	243.6	74.25	DDHR1	DDHR1	DDHR1H	DDHR2
17	251.0	76.50	DDHR1	DDHR1H	DDHR2	DDHR2H
17½	258.4	78.75	DDHR1	DDHR2	DDHR2	DDHR2
18	265.7	81.00	DDHR1H	DDHR2	DDHR2	DDHR2H

SINGLE VEHICLE LOADING (tonnes)						
20	30	40	50	60	70	80
SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH	SSH
SSH	SSH	SSH	SSH	SSH+	SSH+	SSH+
SSH	SSH	SSH	SSH	SSHR+	SSHR+	SSHR+
SSH	SSH	SSH	SSHR	SSHR+	SSHR+	SSHR+
SSH	SSH	SSHR	SSHR+	SSHR+	SSHR+	SSHR+
SSH	SSH	SSHR	SSHR+	SSHR++	SSHR++	SSHR++
SSH	SSHR	SSHR	SSHR+	SSHR++	SSHR+++	SSHR+++
SSH	SSHR	SSHR	SSHR+	SSHR++	SSHR+++	SSHR+++
SSHR	SSHR	SSHR+	SSHR++	DSH	DSH	DSHR1+
SSHR	SSHR	SSHR++	DSH	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1++
SSHR	SSHR	SSHR++	DSH	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1++
SSHR	SSHR	DSH	DSHR1	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1++
SSHR	SSHR	DSH	DSHR1	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1++
SSHR	SSHR	DSH	DSHR1	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1++
SSHR	DSH	DSHR1	DSHR1+	DSHR1++	DSHR1H++	DSHR2+
SSHR	DSH	DSHR1	DSHR1+	DSHR1H++	DSHR2	DSHR2+
SSHR	DSH	DSHR1	DSHR1+	DSHR1H++	DSHR2	DSHR2+
SSHR	DSH	DSHR1	DSHR1H+	DSHR2	DSHR2+	DSHR2H+
SSHR	DSH	DSHR1	DSHR2	DSHR2	DSHR2H+	DSHR2H+
SSHR	DSH	DSHR2	DSHR2	DSHR2H	DSHR2H+	TSHR3
DDH	DDH	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1
DDH	DDH	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1H
DDH	DDH	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR1H	DDHR2
DDH	DDH	DDHR1	DDHR1	DDHR1	DDHR2	DDHR2
DDH	DDH	DDHR1	DDHR1H	DDHR2	DDHR2	DDHR2H

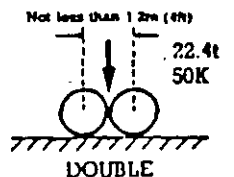
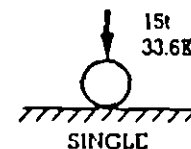
* Denotes Heavy End Panels in End Bays only ** Denotes use Heavy End Panels in two End Bays only

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. Note that they are intended for guidance

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

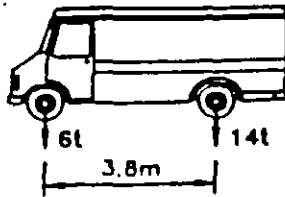
MAXIMUM AXLE LOADS



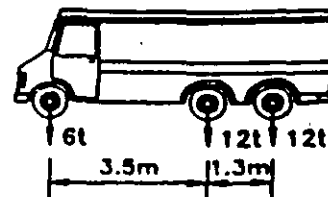
SINGLE VEHICLE/VEHICLE TRAIN DIAGRAMS

CARGAS DE DISEÑO

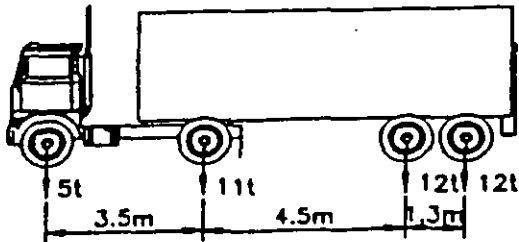
20t



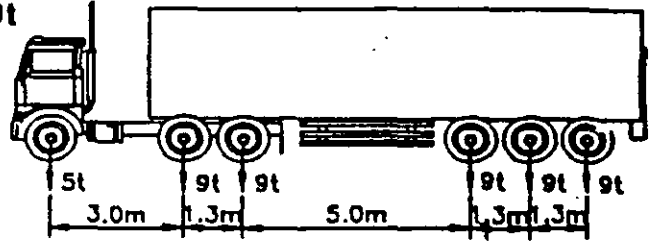
30t



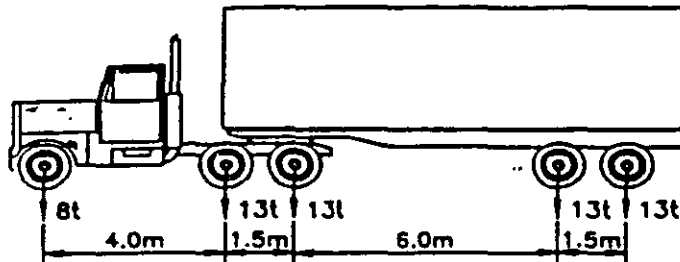
40t



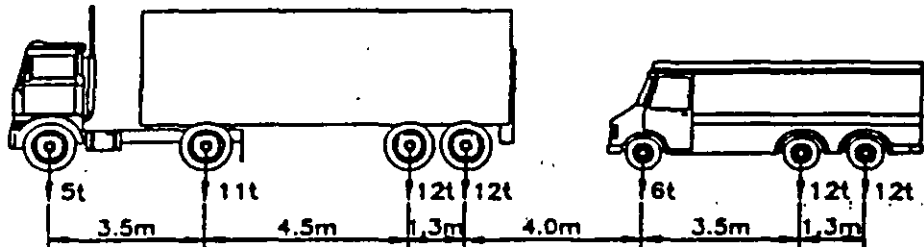
50t



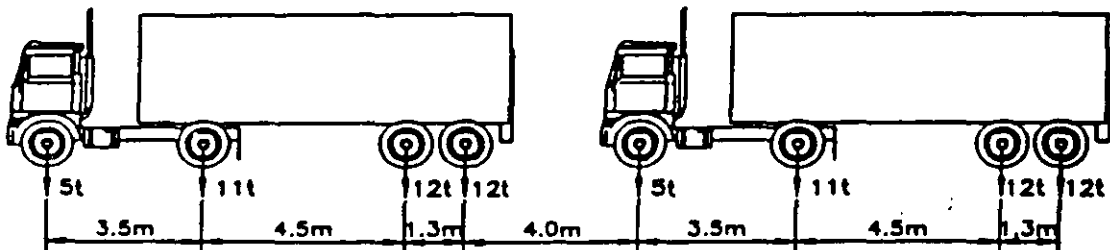
60t



70t (30t + 40t)

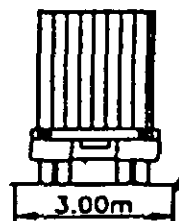


80t (2 x 40t)

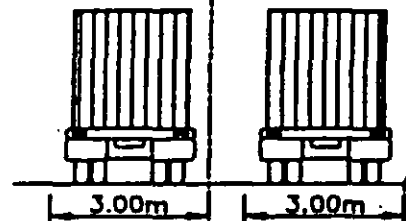


ECCENTRICITY

Single Lane



Two Lane



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

Roadway

ANEXO X

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. INFORMACION TECNICA 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 da 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. DESCRIPCION 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., 6 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. FORMACION DEL TERRAPLEN 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.

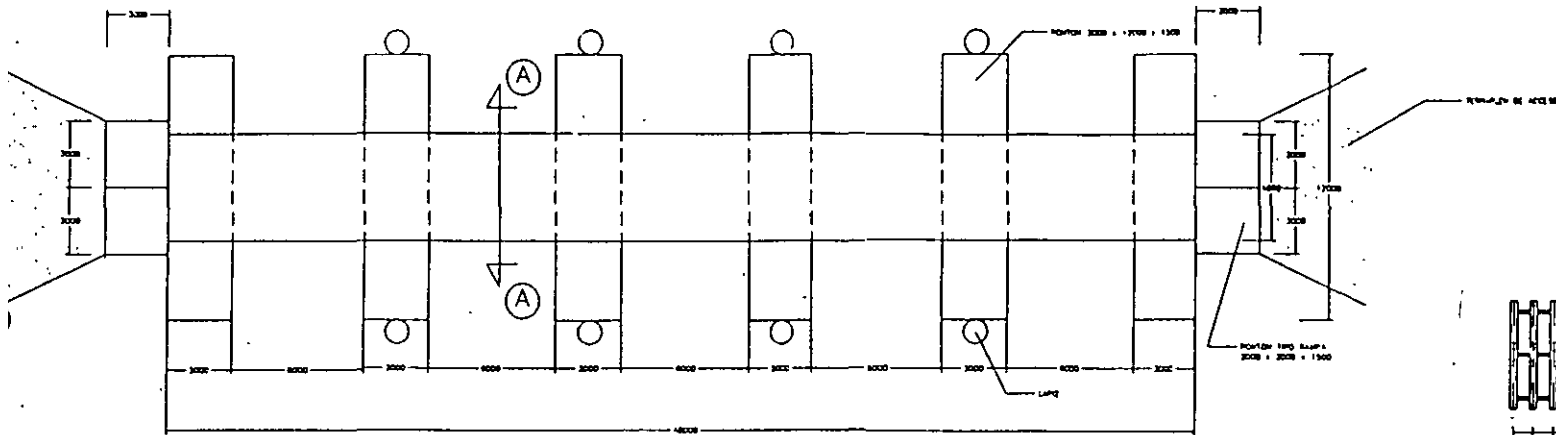
- 8.2.1. Pontón Rendrag Quadrafloat de 3.00 X 1.51 X 12.15 m. o similar.
- 8.2.2. Pontón Rendrag Quadrafloat de 3.00 X 1.51 X 6.05 m. o similar.
- 8.2.3. Rampas Rendrag de 3.00 X 1.51 X 0.29 a 3.03 m. o similar.
- 8.2.4. Estructura de Rodamiento a base de tubo de 8" de diámetro X 3.00 m. o similar.
- 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.

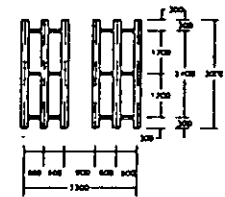
- 8.3.1. Grúa hidráulica.
- 8.3.2. Equipo pesado para la formación del terraplén.

9. ANEXOS

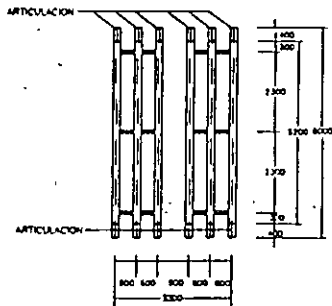
- 9.1. Plano tipo de puente sobre pontones DGCC-PP-01
- 9.2. Plano tipo de puente sobre pontones DGCC-PP-02



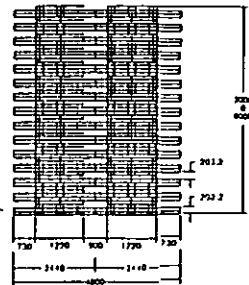
PLANTA PUENTE PONTONES



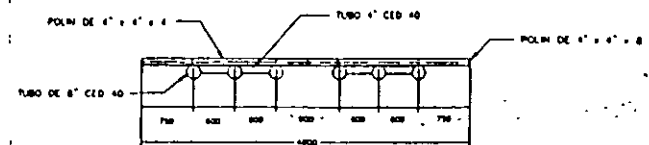
PLANTA DE ESTRUCTURA SOBRE PONTON
LONGITUD 3 00 M



PLANTA DE ESTRUCTURA ENTRE PONTONES
LONGITUD 6.00 M

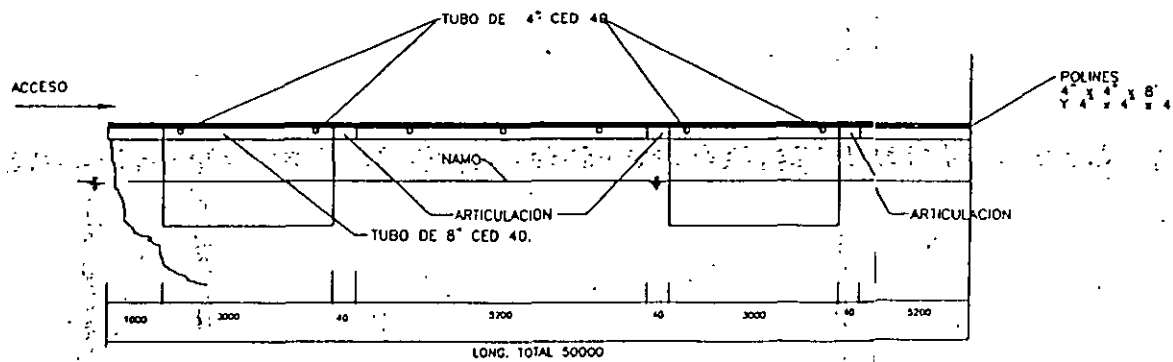
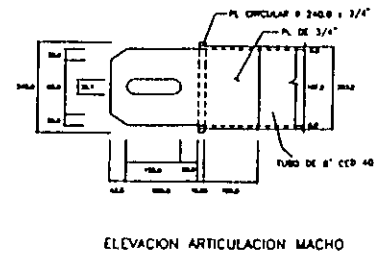
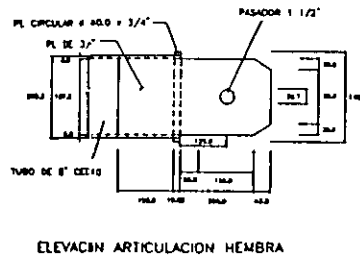
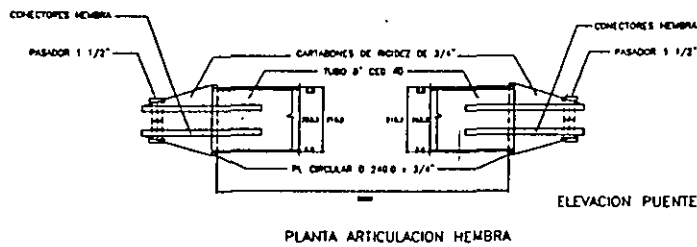
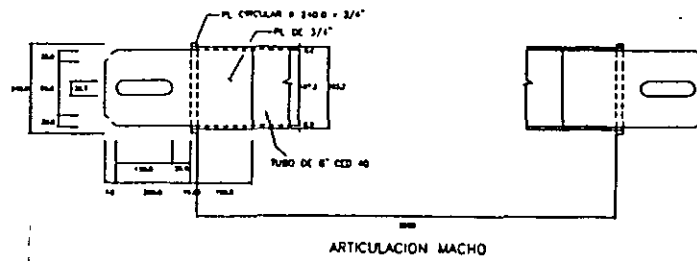
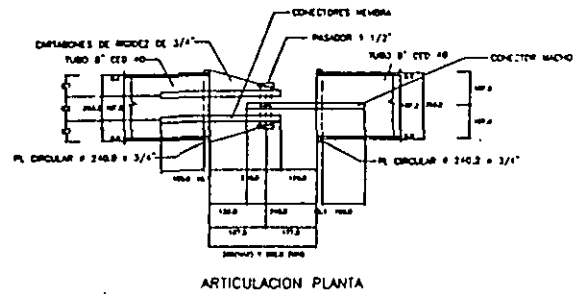


PLANTA DE ESTRUCTURA DE RODAMIENTO



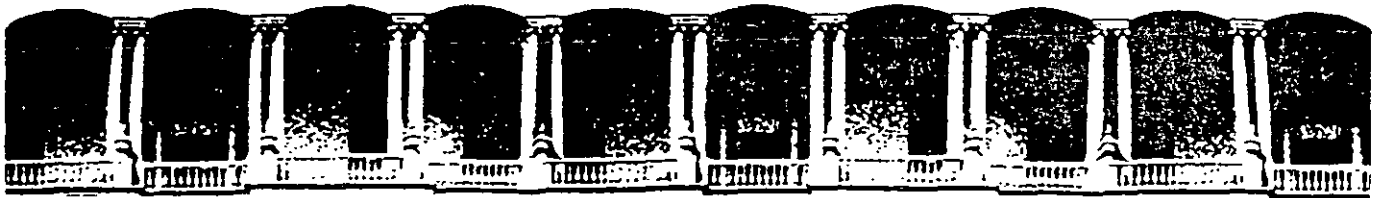
CORTE A-A

DIRECCION DE OBRAS DE CONSTRUCCION DE PUENTES	
DESA	PROYECTO
ELABORADO	REVISADO
DESAJ	TECNOLOGIA
DCCC-PP-C	



131

DIRECCION DE HEHAL DE CONSTRUCCION DE CARRETERAS			
OPERA			
PROYECTO			
ELABORO		REVISO	
DIBUJO	FECHA	PLANO	DGCC-PP-02



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

CURSOS ABIERTOS

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

MODULO III:

CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN DE CARRETERAS

TEMA:

**LOS SISTEMAS DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD
UTILIZADOS DURANTE SU CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN.**

**ING. JOSÉ ARIAS DUFOURQ
ING. ENRIQUE ACEVEDO LOPEZ
PALACIO DE MINERÍA
OCTUBRE 1999**

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 fideicomitidos 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 él 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.

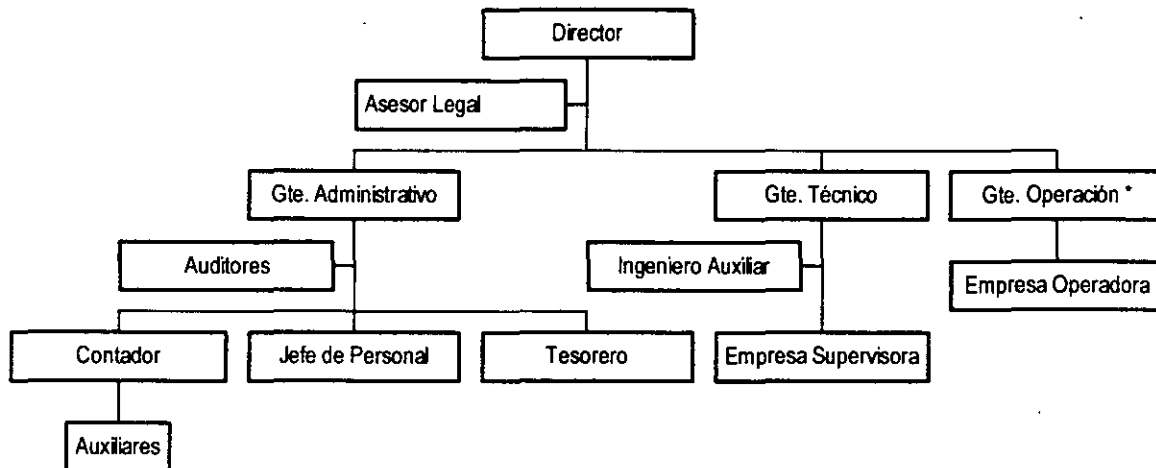
Al hablar de competencia sobre las autopistas, nos referimos a diversas formas, entre las que podemos señalar:

- 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 trailereros, 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 periodos, 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 identificaran la clase de vehículo, y enviaran 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.¹
- Croquis descriptivo de la autopista.¹
- Croquis descriptivo de la operación de cada caseta.¹

- 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.²
- 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.

¹ Una sola vez con el primer informe.

² 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 chófer 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.

- 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).

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.)
- E 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.

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.

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.

- 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 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.

Las acciones de evaluación deberán ser efectuadas conjuntamente por personal de la Gerencia de Mantenimiento y de la Supervisión, a manera de confrontar criterios y alcanzar mejores niveles de detalle.

Existen en la actualidad diversos programas comerciales que pueden ser utilizados para la integración, seguimiento y control de obra, los cuales tienen gran capacidad de manejo de información y versatilidad en la integración de informes o reportes, quedando a juicio del responsable los alcances y tipo de información que deberá manejarse.

Lo importante del sistema es el que la información se maneje con claridad y oportunidad a fin de conocer y determinar las medidas correctivas que habrán de implementarse en los programas y presupuestos correspondientes.

La optimización en la aplicación de los recursos disponibles, generalmente escasos, deberá apegarse a las siguientes prioridades:

- Seguridad del usuario.
- Prolongación de la vida útil del elemento y sus áreas de influencia en la Autopista.
- Mejoramiento de la calidad e imagen de la Autopista.
- Abatimiento de costos.
- Cumplimiento de programas.

Además de los recursos económicos limitados, otro factor que se presenta con determinada frecuencia y que impacta en los programas de Conservación y Mantenimiento, es la escasez de Mano de Obra calificada y la alta rotación de personal en determinadas épocas del año en que se dedican a cultivar sus tierras.

Para ello en los programas de actividades, deberá incluirse un capítulo de adiestramiento y capacitación que mejore la calidad de la Mano de Obra empleada y por lo que respecta a los ciclos agrícolas tratar de identificarlos a fin de prevenir carencias por ausentismo e inclusive prever la posibilidad del manejo de subcontratos que interesen a pequeños empresarios o comuneros de la región.

La integración de cuadrillas para la ejecución de los trabajos, deberá estar limitada según la actividad a desarrollar, la dispersión excesiva del personal encarece su control y transportación, la concentración facilita estos factores pero disminuye el rendimiento cuando no se manejan sistemas de control adecuado.

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 dimensionamiento 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 alcancía, del material desprendido.
- Rehabilitación de muros alcancía.

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.
- Recargue 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.
- Recargue 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 período 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, arroyos 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 periodo 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:

Calificación	Estado físico
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 le 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 via 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:

Calificación	Estado físico
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:

Zona de la sección	Valor relativo
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. Le 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.

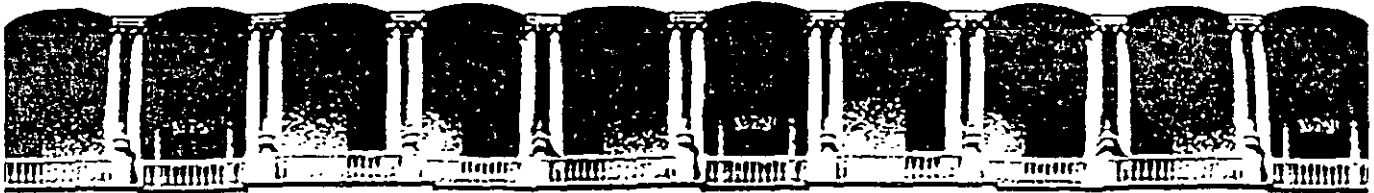
VI.- Conclusiones.

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 DE CARRETERAS

TEMA :

PRACTICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS (ANEXO I)

**ING. ERNESTO ALONSO HERNÁNDEZ PADILLA
PALACIO DE MINERÍA
NOVIEMBRE 1999**

TERRITORIO

División política:	31 Estados y un Distrito Federal
Superficie total:	1 967 183 km ²
Distribución según Clima	Porcentaje del Territorio
<i>Cálido húmedo</i>	4.7%
<i>Cálido subhúmedo</i>	23%
<i>Templado húmedo</i>	2.7%
<i>Templado subhúmedo</i>	20.5%
<i>Seco</i>	28.3%
<i>Muy seco</i>	20.8%

DATOS DEMOGRÁFICOS

Población total	91.2 millones de habitantes ⁽¹⁾
Densidad de población	46.3 hab/km ²

DATOS ECONÓMICOS⁽²⁾

Tasa de crecimiento	2.1% anual
Producto Interno Bruto ⁽³⁾	3,174.8
Tasa de inflación	17.2%

¹ Fuente: Censo de Población y Vivienda 1995 (INEGI)

² Fuente: Banco de México (1997).

³ Miles de millones de pesos (precios corrientes, III 1997)

- Tipo de cambio al primer bimestre de 1998: 1 USD = 8.46 PESOS

INFRAESTRUCTURA CARRETERA⁽⁴⁾

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

RED FEDERAL DE CARRETERAS⁽⁵⁾

Longitud total	41 727 km
<i>Red básica</i>	22 804 km
<i>Red secundaria</i>	18 923 km

PUENTES

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

⁴ Fuente: 4o Informe de Gobierno (Cifras preliminares de 1997).

⁵ Fuente: Dirección General de Conservación de Carreteras (Julio 1997)

- Se refiere exclusivamente a la red libre de peaje

ESTADÍSTICAS DEL SECTOR

COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Total de vehículos que circulan por la Red de Carreteras ⁽⁶⁾	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:

<i>Accidentes ocurridos⁽⁷⁾</i>	61 147
<i>Índice de Accidentes (por millón de veh.-km.)</i>	0.815 (1996)
<i>Puntos Conflictivos en la Red Federal de Carreteras</i>	716 (1997)

⁶ Fuente: (INEGI, Dic. 1996)

⁷ Fuente: 4o Informe de Gobierno (Cifras preliminares de 1997).

CONSERVACIÓN DE LA RED FEDERAL DE CARRETERAS LIBRES DE PEAJE (PROGRAMA DE OBRAS 1998)⁽⁸⁾

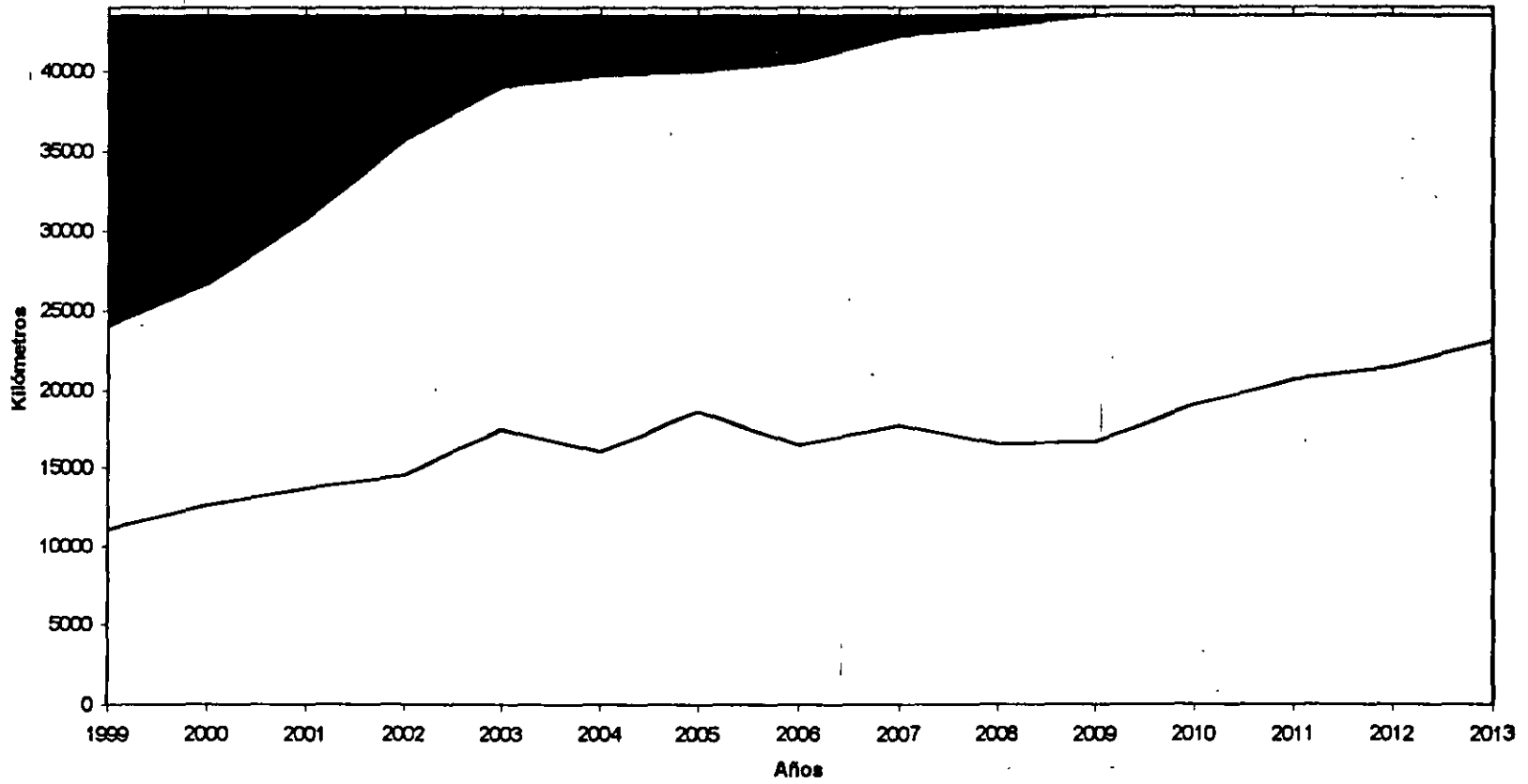
Presupuesto total	2 998.60
<i>Recursos fiscales</i>	2 031.85
<i>Crédito externo</i>	966.75
<i>Reconstrucción de Carreteras</i>	730.03
<i>Reconstrucción de Puentes</i>	110.56
<i>Conservación Periódica</i>	1 195.61
<i>Puntos de Conflicto</i>	94.25
<i>Conservación Rutinaria</i>	679.15
<i>Emulsiones y asfaltos</i>	85.31
<i>Otros Subprogramas</i>	39.0
<i>Gasto Centralizado</i>	64.69

Metas del Programa (km.)

<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

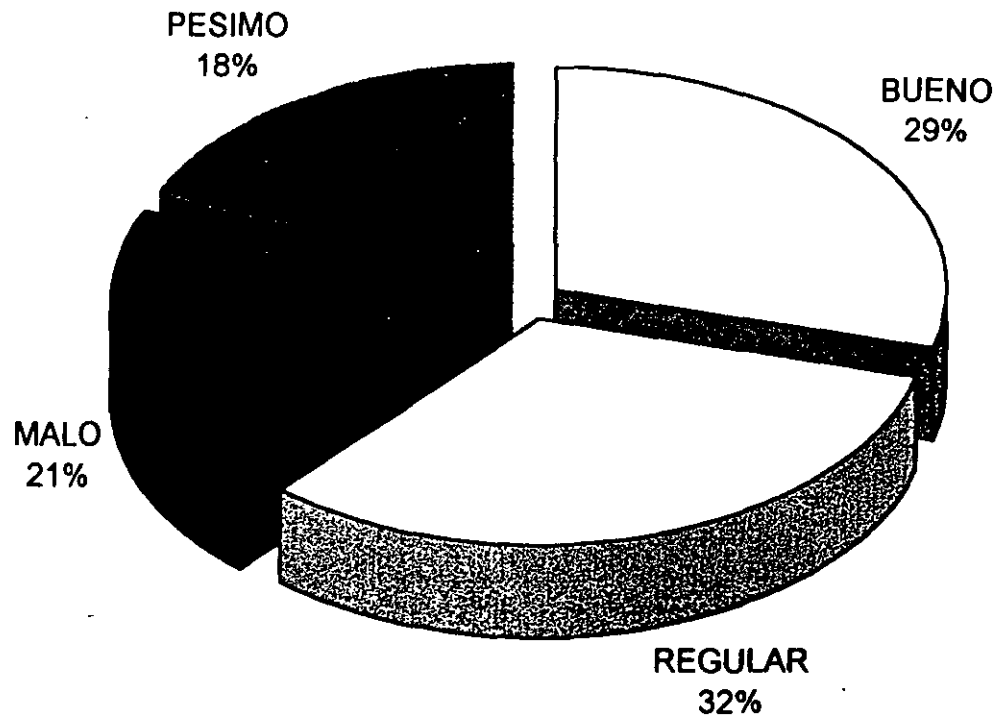
⁸ Cantidades en millones de pesos (precios corrientes).

Evolución del Estado Físico de la Red Estrategia 98

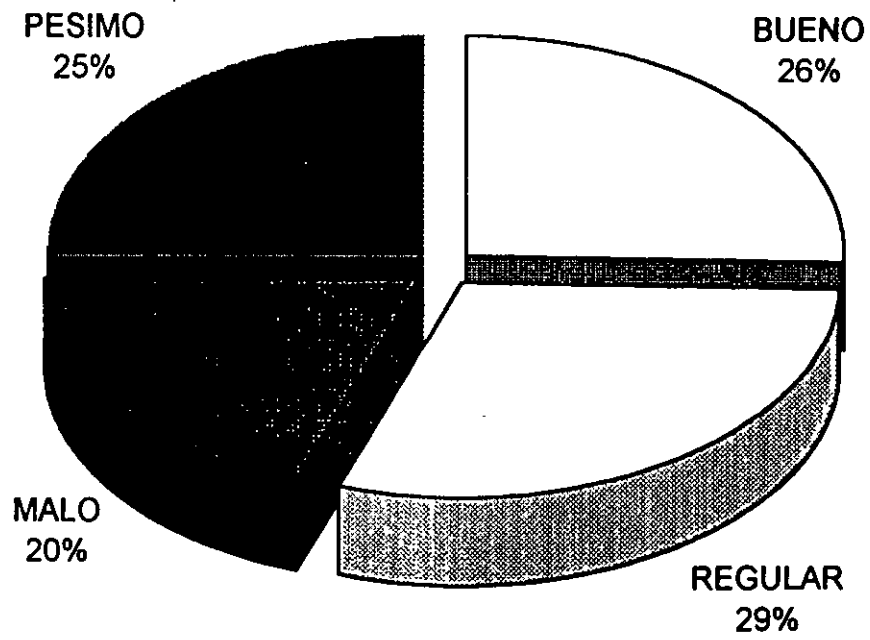


□ BUENO □ REGULAR ■ MALO ■ PESIMO

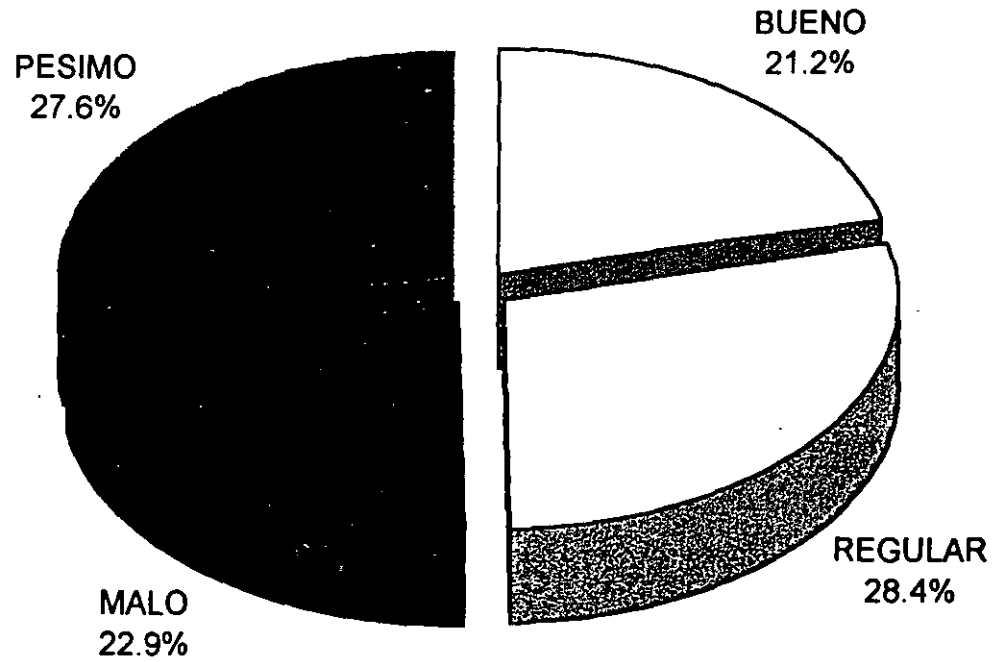
Estado Físico de Red Carretera Federal
Estimado a fines de 1999
Estrategia 98



Estado Físico de la Red Carretera Federal Fines de 1998



Estado Físico de la Red Carretera Federal Inventario a Pie de Fines de 1997





PLAZOS DEL PROCEDIMIENTO DE RESCISIÓN ADMINISTRATIVA POR CAUSAS IMPUTABLES AL CONTRATISTA

(En contratos financiados con Recursos Fiscales y Crédito Externo)

SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

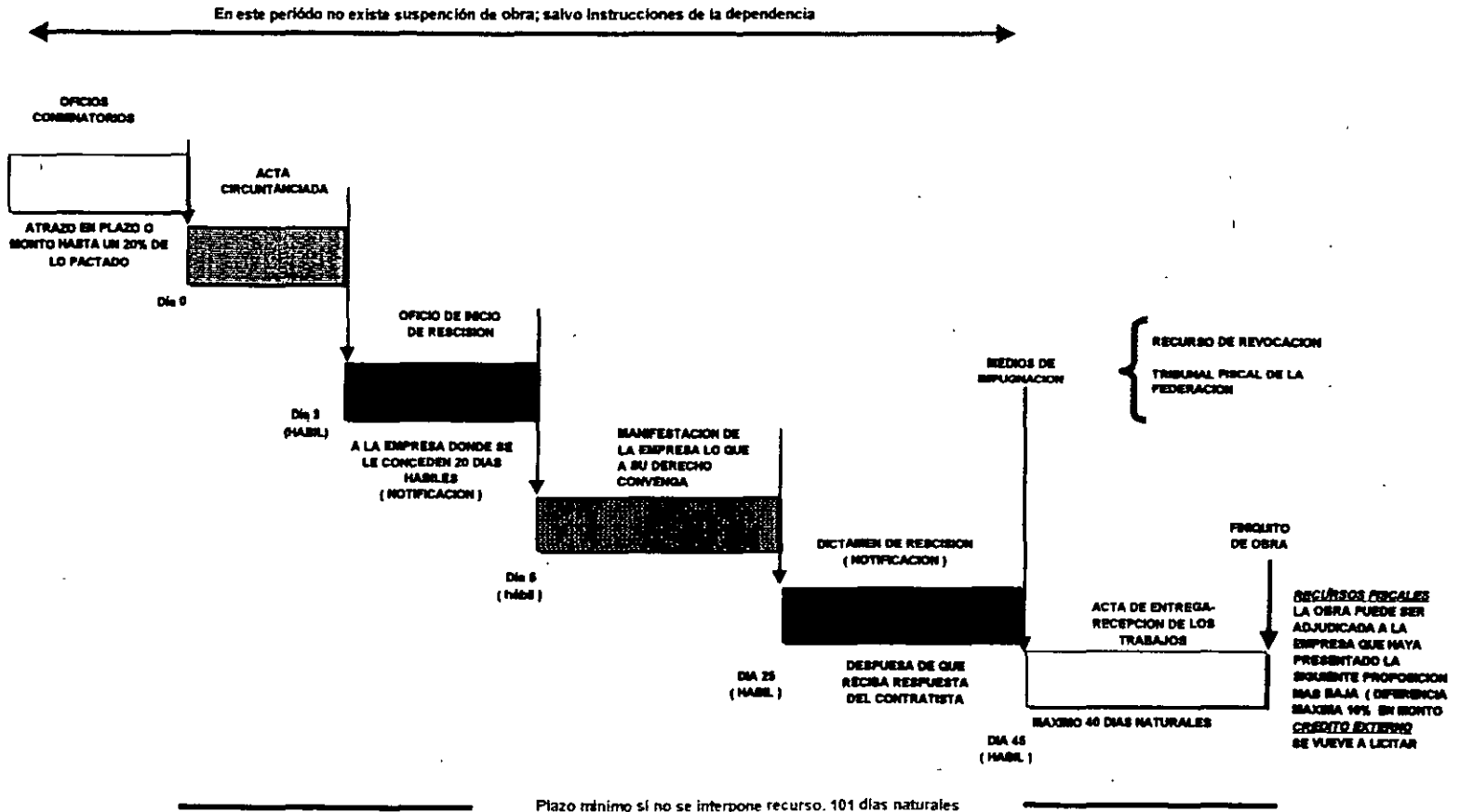
FUNDAMENTOS LEGALES

Art. 52, Fracc. II primer párrafo RLOP
Art. 72, Fracc. II primer párrafo LAOP.

CAUSALES DE RESCISIÓN

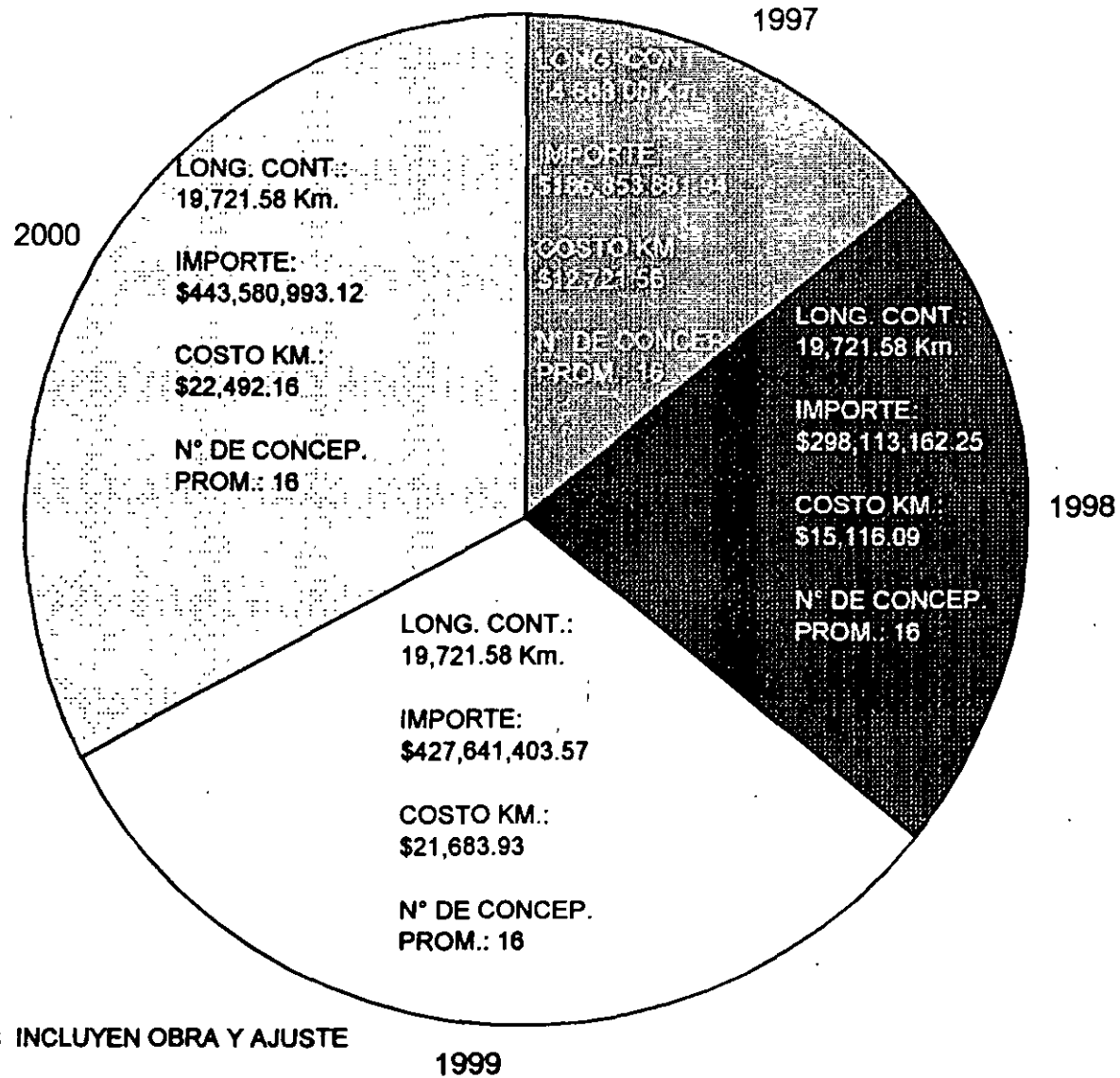
REGLAS GENERALES 3.3.16

- 1 - El contratista no inicie los trabajos en la fecha pactada.
- 2 - Suspenda injustificadamente los trabajos.
- 3 - Si no ejecuta los trabajos conforme a las normas y lineamientos técnicos de la Dependencia.
- 4 - No repara o reponga alguna parte de la obra rechazada, fuera de especificación o norma de calidad. Y si a juicio de la Dependencia el retraso puede dificultar la terminación satisfactoria de los trabajos en el plazo estipulado.
- 5 - Si no cubre oportunamente los salarios a sus trabajadores.
- 6 - Si se declarado en quiebra o suspensión de pagos.
- 7 - Si subcontrata parte de los trabajos.
- 8 - Si cede los derechos de cobro derivados del contrato.
- 9 - Si no da facilidades para la supervisión de la obra.
- 10 - Si cambia de nacionalidad.
- 11 - Si invoca protección de gobierno extranjero.
- 12 - Cualquier otra causa que implique contravención a los términos del contrato.





SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE
CARRETERAS

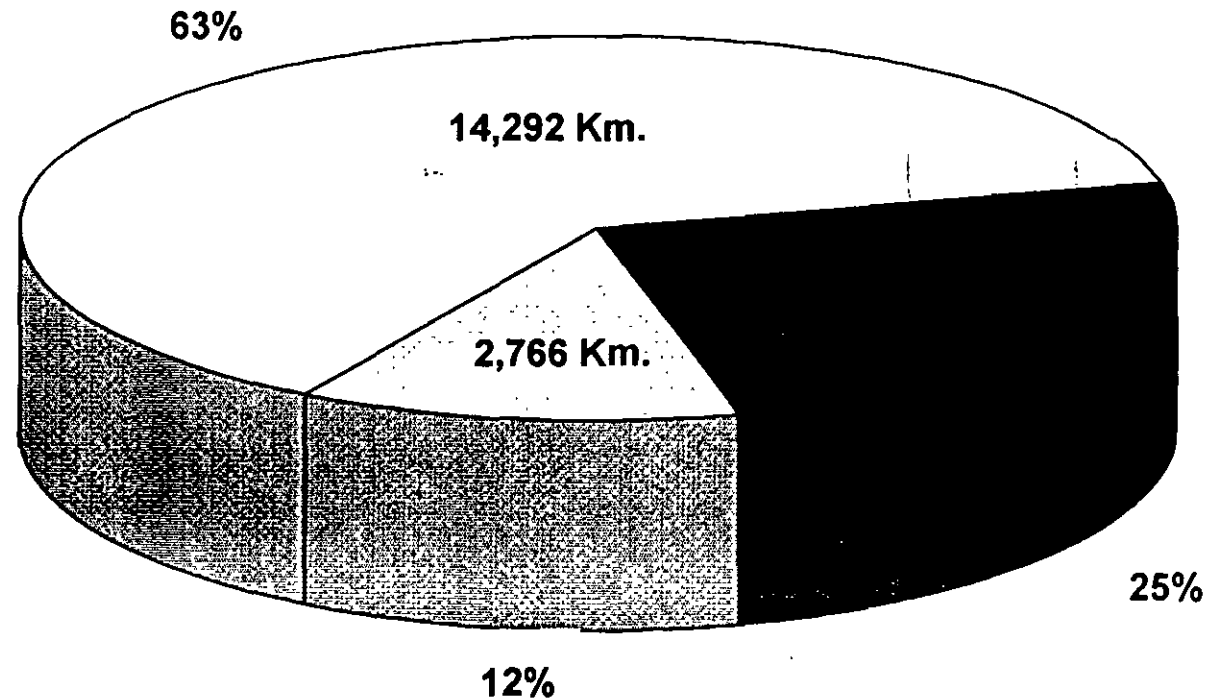


NOTA: LOS COSTOS E IMPORTES INCLUYEN OBRA Y AJUSTE

Contratación Rutinaria Multianual 1999-2000

RED FEDERAL PAVIMENTADA
RED BASICA
RED SECUNDARIA

45,000 Km.
22,700 Km.
22,300 Km.



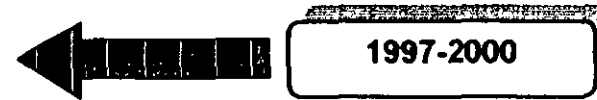
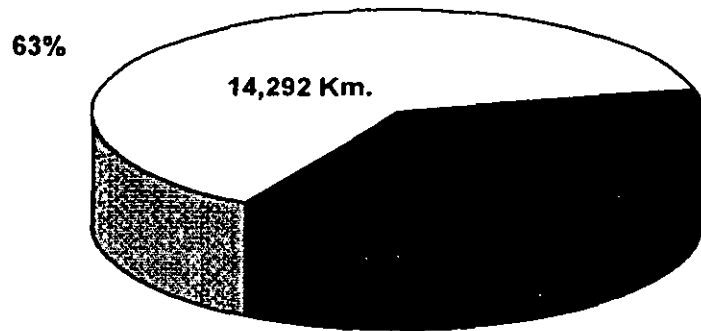
□ 1997-2000 ■ 1998-2000 □ 1999-2000

Contratación Rutinaria Multianual

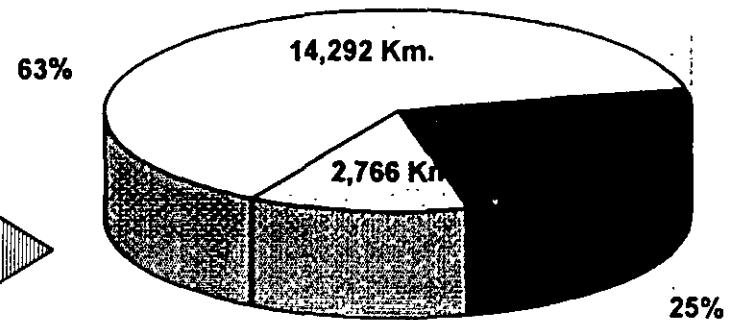
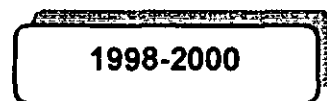
TIPO DE RED
RED FEDERAL PAVIMENTADA
RED BASICA
RED SECUNDARIA

1997-2000
45,000 Km.
22,700 Km.
22,300 Km.

1998-2000
45,000 Km.
22,700 Km.
22,300 Km.



□ Contratado ■ Por contratar



□ 1997-2000 ■ 1998-2000 □ 1999-2000

**CONTRATACIÓN DE OBRAS DE
RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN**

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

GASTOS DE CONSERVACIÓN FUTURA (MILENARIA) POR ZONA



1997 - 2000

Zona	N° entidades	Costo/km prom/año	Número conceptos	Color
01	8	12,073.77	17	□
02	8	17,236.24	19	■
03	7	14,683.57	16	■
04	5	7,882.33	16	■
05	3	10,561.76	15	□

1998 - 2000

Zona	N° entidades	Costo/km prom/año	Número conceptos	Color
01	8	11,232.67	17	□
02	8	21,276.92	14	■
03	7	5,271.27	17	■
04	5	21,917.78	15	■
05	3	15,842.63	17	□

1999 - 2000

Zona	N° entidades	Costo/km prom/año	Número conceptos	Color
01	8	15,203.36	17	□
02	8	26,892.03	14	■
03	7	5,433.51	17	■
04	5	25,173.50	15	■
05	3	17,102.71	17	□



Conservación Rutinaria Multianual

**VENTAJAS
AL
CONTRATAR**

**REDUCIR LA ESTRUCTURA DE LA DEPENDENCIA AL REQUERIR
UNICAMENTE PERSONAL PARA LA SUPERVISION DE LOS TRABAJOS**

**DISMINUIR LOS SOBRE-COSTOS DE OPERACIÓN QUE PADECEN LOS
USUARIOS, COMO CONSECUENCIA DE LA SUPERACION EN EL NIVEL
DEL SERVICIO**

**ASEGURAR QUE LOS TRABAJOS SE EFECTUEN CON CALIDAD Y
PROLONGAR CON ELLO, LA VIDA UTIL DE NUESTRAS CARRETERAS**

**OBTENER UN MAYOR APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS
REFLEJANDOSE EN EL ESTADO FISICO DE LA RED**

**INCREMENTAR LA TENDENCIA A LA INVERSION EN EQUIPO NUEVO
POR PARTE DE LOS CONTRATISTAS, OBTENIENDOSE MAYORES
RENDIMIENTOS**

Conservación Rutinaria Multianual

PROBLEMÁTICA
DE LA
ADMINISTRACION

PLANTILLAS DE
PERSONAL
LIMITADAS

JUBILACIONES
RETIROS VOLUNTARIOS
FALTA TIEMPO EXTRA

MAQUINARIA Y
EQUIPO OBSOLETO
EN 80%

GENERA TIEMPOS MUERTOS
ALTOS COSTOS DE

EXCESO
DE
NORMATIVIDAD

OCASIONA DEMORA EN EL
SUMINISTRO DE INSUMOS

CONTRATACION RUTINARIA MUTIANUAL

Se inicio en el año de 1997, y se ha venido contratando en 1998 y 1999. Los periodos multianuales han sido de 4, 3 y 2 años, es decir se contrataron obras para ejecutarse en los periodos 1997-2000, 1998-2000 y 1999-2000. Los parámetros que se utilizaron para seleccionar obras son:

- Calificación de servicio de 300 puntos.
- Tramos con longitudes de 100 Km. Aproximadamente.

Los resultados fueron:

	1997-2000	1998-2000	1999-2000
Se seleccionaron (tramos)	182	100	62
Se efectuaron (concursos)	99	53	35
Se contrataron (Km.)	14,292	5,642	4,124
Eso significo el (% de Red Básica Nal)	63	24.9	18.2
Longitud promedio de los concursos (Km.)	142.9	56.4	41.2
Monto de lo concursado (\$)	844'063,640	264'417,206	171'066,570
Costo promedio/Km en cada periodo (\$)	59,059	46,869	41,484
Costo promedio/Km en cada periodo por año (\$)	14,765	15,623	20,742

Conservación de carreteras

Es el conjunto de acciones necesarias para mantener una carretera en las mismas condiciones en que fue construida, en todas y cada una de sus partes

Conservación periódica

Trabajos de rehabilitación que en forma periódica o eventual son necesarias para que un camino ofrezca las condiciones adecuadas de servicio. Las principales actividades son: riego de sello, renivelaciones, open grade, carpetas de mezcla en frío y calientes.

Conservación rutinaria

Trabajo permanentes para corregir fallas o deterioros en los pavimentos que son originados por la repetición continua de cargas y por agentes climáticos y que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen el nivel óptimo de operación del camino, los trabajos que se ejecutan son: bacheo (pequeñas renivelaciones), limpieza de cunetas, dezasolve de alcantarillas, señalamiento vertical y horizontal, desyerbe y limpieza del derecho de vía.



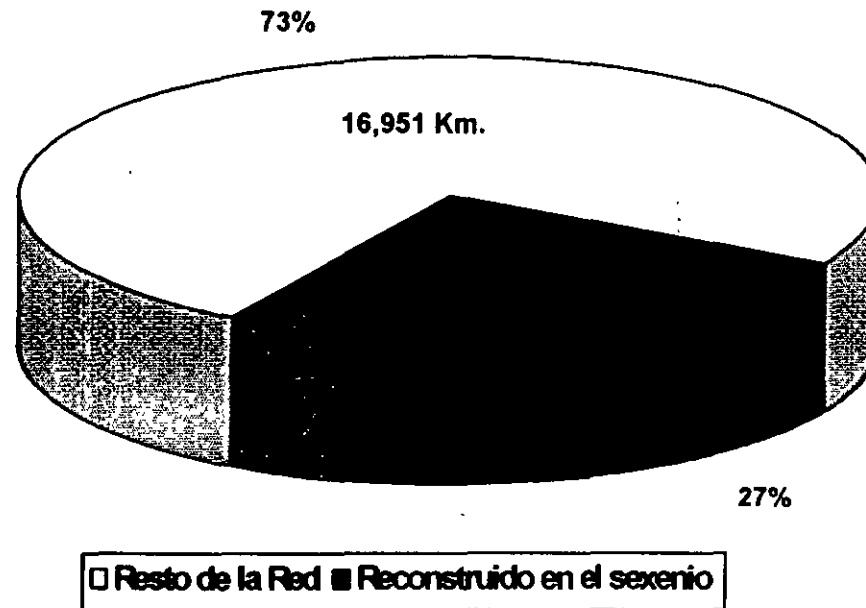
RECONSTRUCCION DE TRAMOS

Red Básica Nacional
(1999)

22,700 Km.

Año	Km.
1999	5,749
Total	5,749

% con respecto a la Red Básica Nacional



DEFINICION

Reconstrucción de carreteras

Actividad completa, ya que se rehabilita totalmente la estructura de los pavimentos, según SISTER, cuando la nota de calidad es menor a 7. En general se proyecta para una vida útil de 15 años. Los trabajos que se efectúan frecuentemente son:

- Recuperación de la carpeta asfáltica hasta la base.
Estabilización con adición de pétreos y aditivos.
Carpeta de concreto asfáltico.
Open grade.
Obras de drenaje.
Señalamiento horizontal y vertical.
Recuperación de acotamientos



**CONTRATACIÓN DE OBRAS DE
RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN**

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

Las licitaciones
públicas podrán
ser:
Art. 32 LAOP

NACIONALES
Participación de
empresas
nacionales

Publicación de la convocatoria
Apertura técnica
Apertura económica
Fallo
Firma del contrato
Pago de anticipos
Inicio de obra

INTERNACIONALES
Conforme establecen los tratados
Participación de empresas nacionales y extranjeras

**FORMA DE
CONTRATAR**
Art. 57 LAOP

- II. **SOBRE LA BASE DE PRECIOS UNITARIOS**
Pago por unidad de concepto de trabajo terminado
- I. **A PRECIO ALZADO**
Pago total al terminar la obra



**CONTRATACIÓN DE OBRAS DE
RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN**

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

**Procedimiento de la
contratación**
Art. 28 LAOP

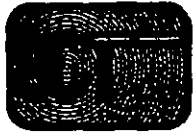
- A. **Por Licitación Pública**
40 días entre publicación y apertura Art. 34 LAOP

- B. **Por Invitación Restringida**
Art. 80 LAOP
 - I. **Invitación cuando menos a 3 contratistas**

 - II. **Adjudicación directa**
(Solo se emplea en situaciones de emergencia)

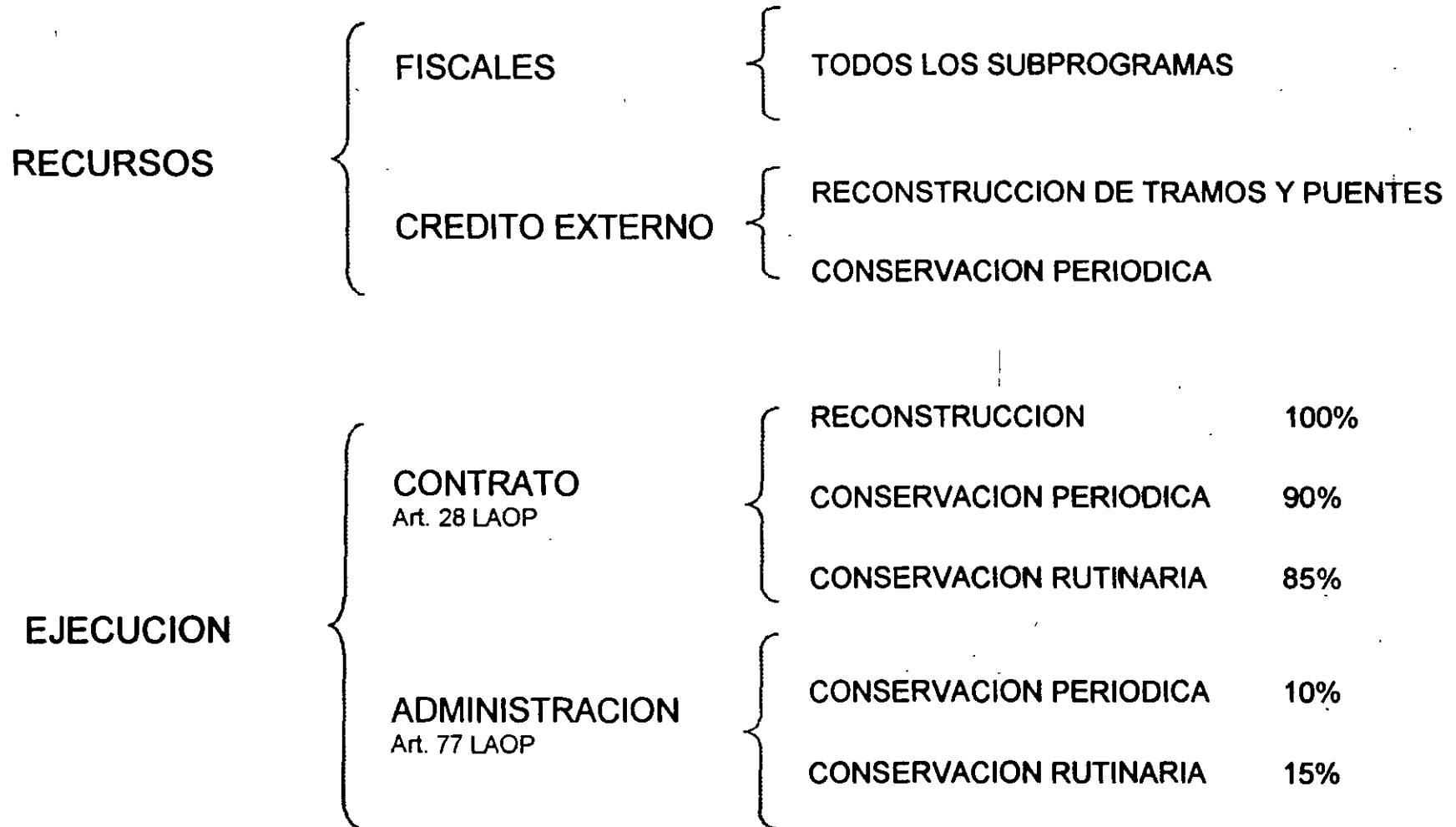
ARTICULO 29

Se podrán convocar y adjudicar contratos solamente cuando se cuente con saldo disponible dentro del presupuesto aprobado en la partida correspondiente, además de contar con estudios y proyectos, las normas y especificaciones y el programa de ejecución.



**CONTRATACIÓN DE OBRAS DE
RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN**

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

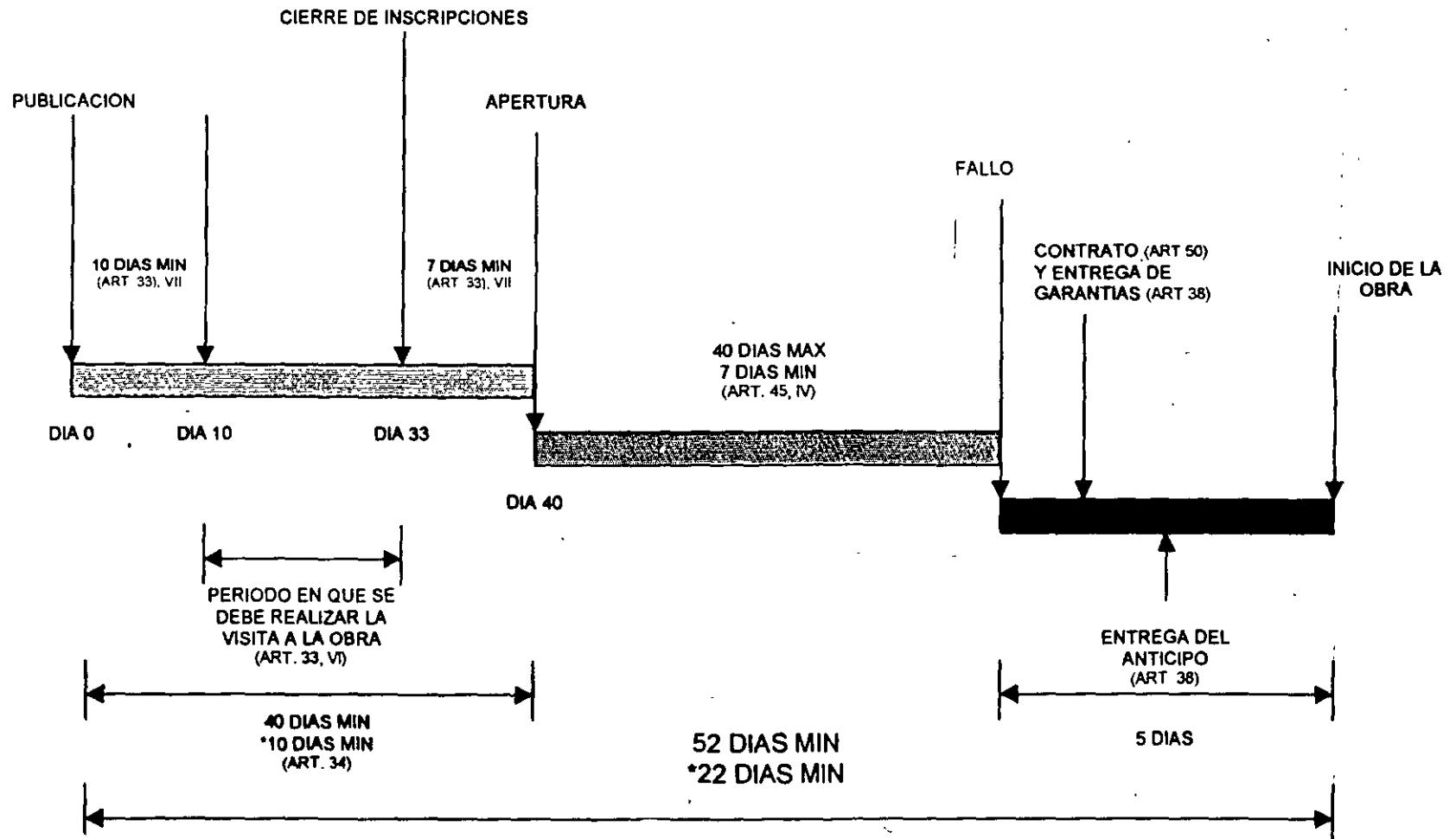




**CONTRATACIÓN DE OBRAS DE
RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN**

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

**PERIODOS ENTRE LA PUBLICACION DE UNA CONVOCATORIA DE OBRA
PUBLICA Y EL INICIO DE LOS TRABAJOS.
ESTA LEY ENTRÓ EN VIGOR EL 1º DE ENERO DE 1994**



* CASOS DE EXCEPCION



**CONTRATACIÓN DE OBRAS DE
RECONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN**

**SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS
DIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL**

**Requisitos de la
convocatoria
pública nacional**
Art. 32 LAOP

Nombre de la Dependencia.

Lugar, fecha y hora de venta de bases.

Lugar, fecha y hora del acto de presentación de proposiciones.

Descripción general de la obra.

Fecha de inicio y terminación de trabajos.

Forma de pago.

Experiencia técnica y financiera requerida.

Información sobre porcentajes de anticipos.

Criterios generales para la adjudicación del contrato.



ETAPAS DE UNA OBRA PUBLICA EN MEXICO

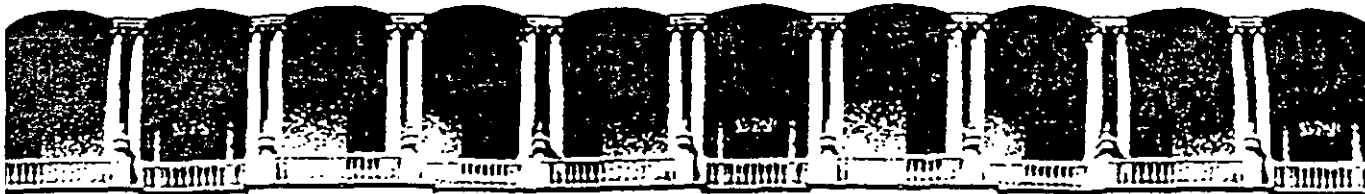
- 1. Planeación, Presupuestación y Programación (Se efectúa un año antes de la ejecución)**
- 2. Estudios y Proyectos (Se efectúa un año antes de la ejecución)**
- 3. Ejecución de los trabajos**

INTRODUCCION

La reconstrucción y conservación de carreteras en México, se rigen por la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas (LAOP), vigente a partir del 1 de enero de 1994.

La presente Ley es de orden público e interés social y regula las acciones de Planeación, Programación, Presupuestación, Gasto, Ejecución, Conservación, Mantenimiento y Control de la Obra Pública.

Para efectos de esta Ley se considera Obra Pública (Art. 4), la construcción, instalación, conservación, mantenimiento, reparación y demolición de bienes inmuebles.



**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 DE CARRETERAS

TEMA :

**TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN Y ASPECTOS ECONÓMICOS
(COMPLEMENTO)**

**ING. RICARDO MÉNDEZ ORTIZ
PALACIO DE MINERÍA
NOVIEMBRE 1999**

**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENERIA
U N A M**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCION Y
CONSERVACION DE CARRETERAS**

TECNICAS DE REHABILITACION Y ASPECTOS ECONOMICOS

**ING. RICARDO MÉNDEZ ORTÍZ
NOVIEMBRE, 1999.**

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

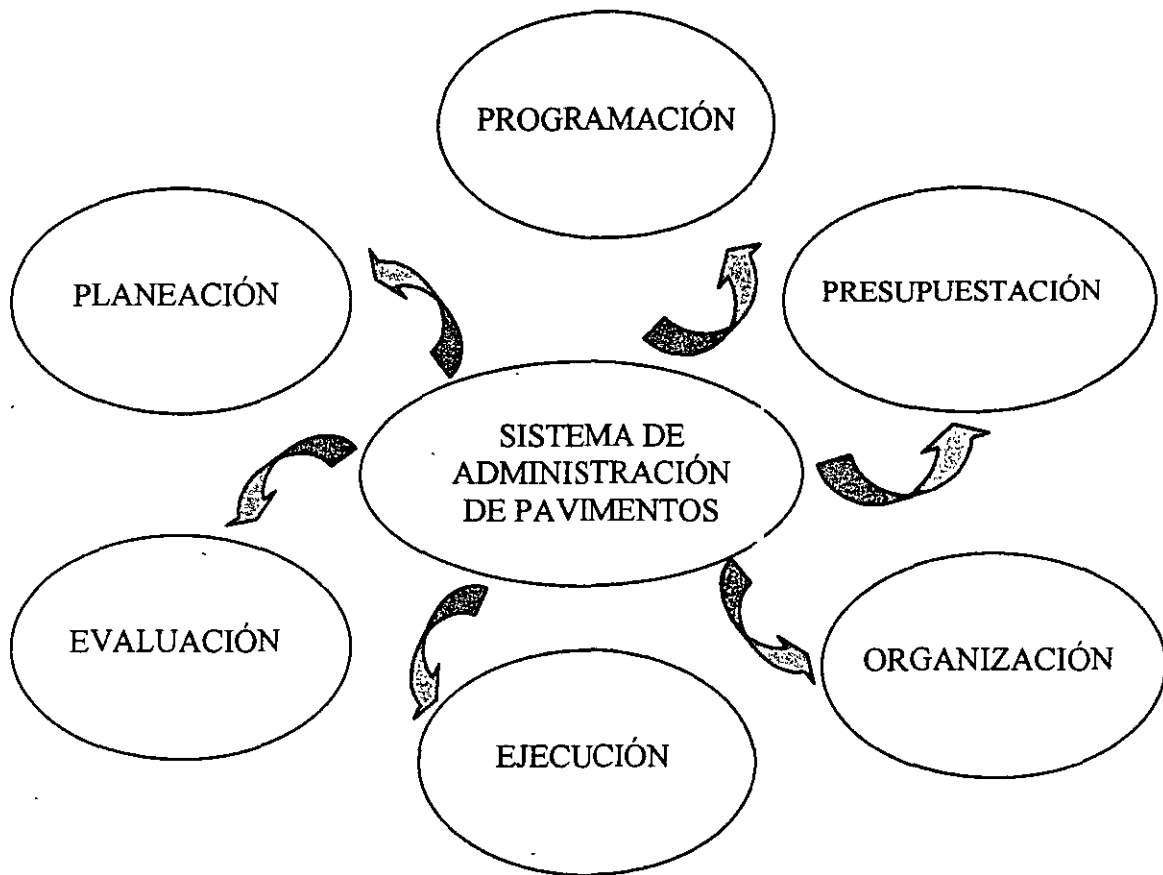
sean máximos los beneficios de la inversión con relación al costo de mantenimiento.

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.

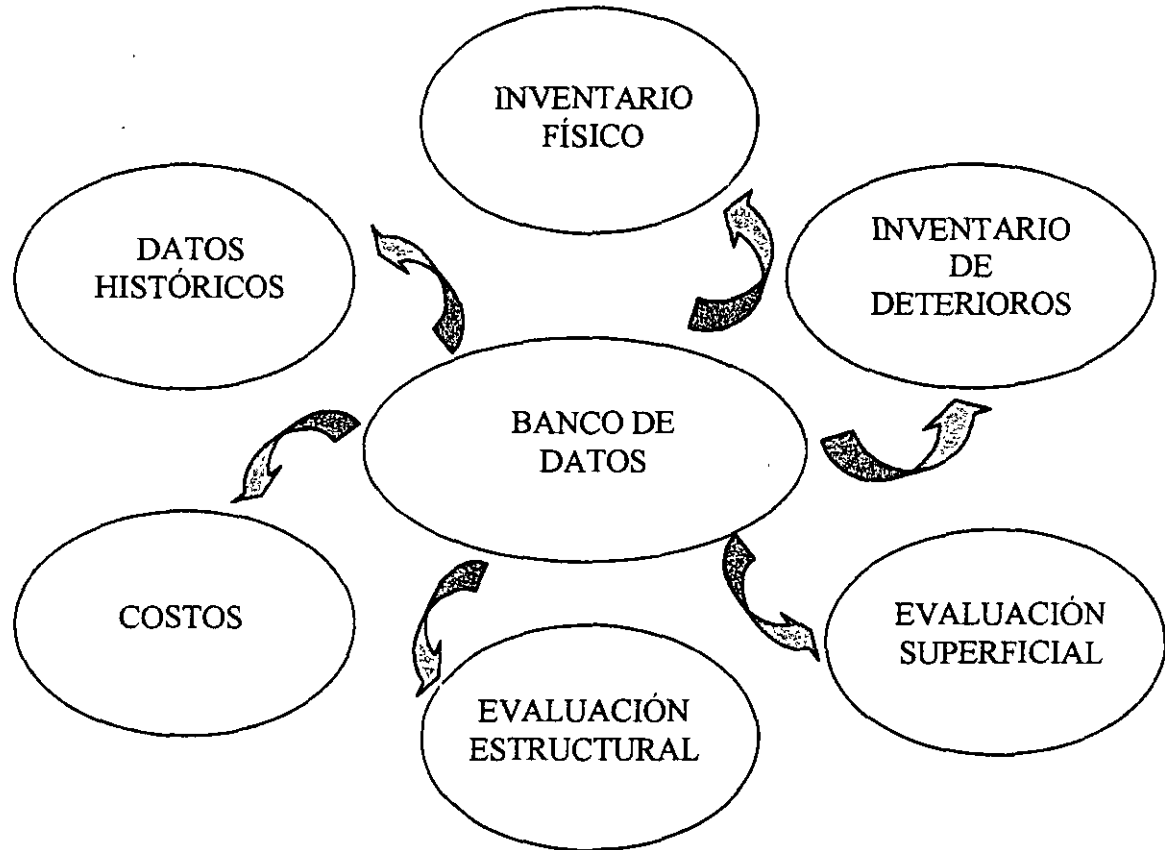
La herramienta que se ha desarrollado para tal efecto son los sistemas de gestión ó administración de pavimentos.

La implantación de un sistema de administración de 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.



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.

De manera muy general el Banco de Datos deberá estar conformado de la siguiente forma:



DATOS HISTÓRICOS.

- 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.

- 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.

Resultados obtenidos de los estudios de capacidad de carga de la estructura del pavimento.

COSTOS.

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:

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:

MALLA	CONDICIONES	3-A	3-E
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 riego de sello son: cemento asfáltico o emulsiones asfálticas.

Las cantidades aproximadas de materiales que se aplican en litros por metro cuadrado estén comprendidas dentro de los límites que se indican a continuación.

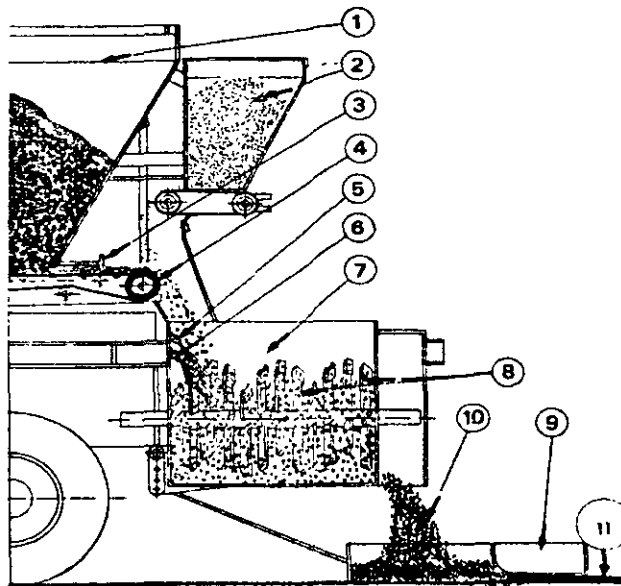
<u>MATERIALES</u>	<u>TAMAÑO DEL MATERIAL</u>	
	3-A	3-E
Cemento asfáltico (lt/m ²)	0.7 a 1.0	0.8 a 1.0
Material pétreo (lt/m ²)	9 a 10	9 a 10

Otro sistema para la aplicación de sellos premezclados consiste en agregar cemento asfáltico al material pétreo en planta a razón de 3 por ciento en peso, posteriormente, modificar el cemento asfáltico con hule molido el cual será utilizado para el riego de liga; con el uso de una petrolizadora especial para riego de cementos ahulados se dosifican 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.



- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 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 ²	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 Wirtgen.

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/cm²
7. Tamaño máximo del agregado: 3/8"
8. Revenimiento: 8+,-, 2cm.
9. Fibra de polipropileno: 900gr./m³.

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 sollicitaciones 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.

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 solicitaciones de carga a que esté sometido. El incremento del volumen 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 acarreos 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.

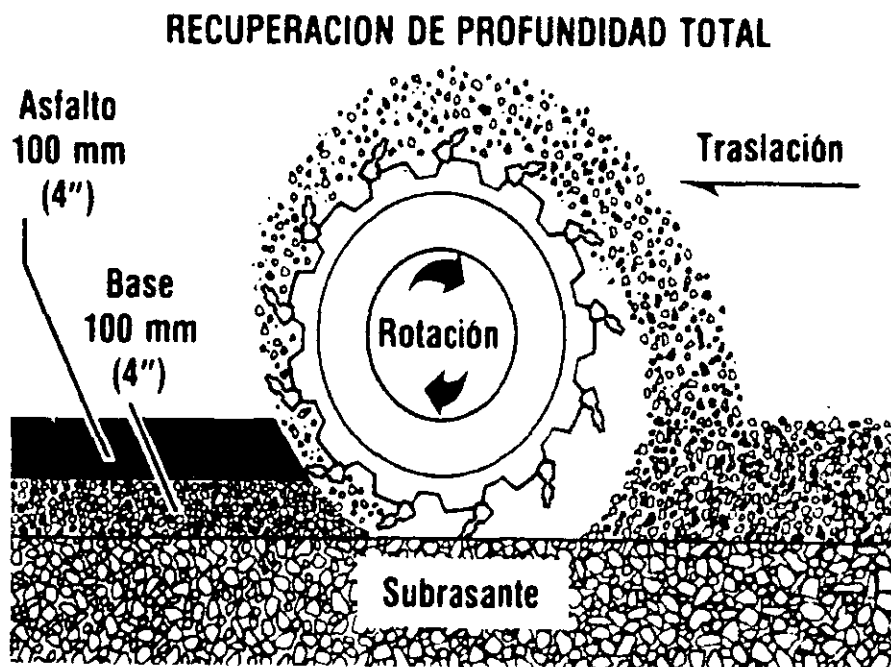
Este procedimiento permite incrementar entre un 8 y un 29 por ciento la estabilidad para contenidos del 2 y 4 por ciento en peso de cal.

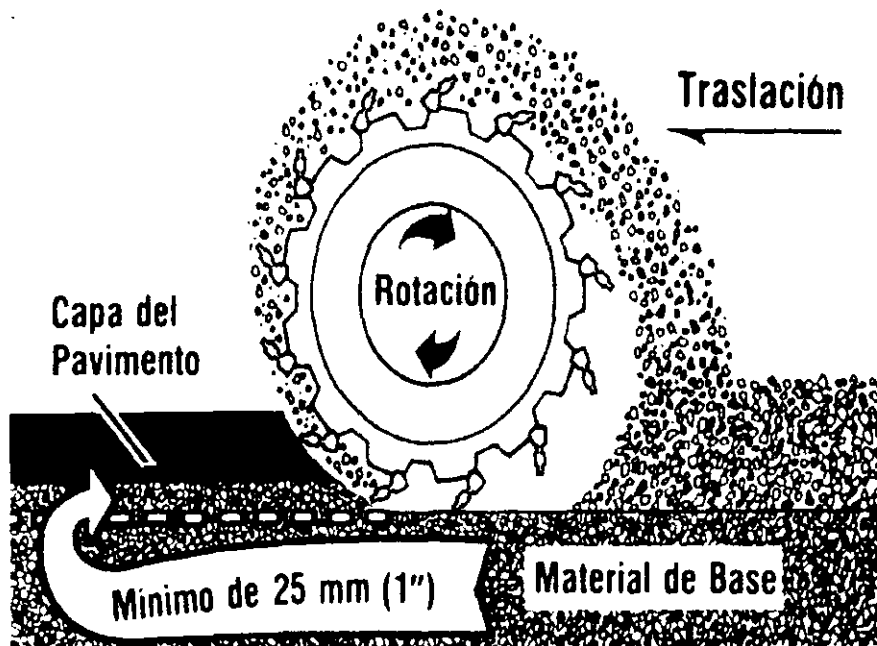
Recuperación de pavimentos con cemento Portland. Esta técnica se desarrolla con la aparición de las máquinas recuperadoras las cuales están dotadas de un rotor diseñado para hacer un corte en frío a profundidad de 10 a 50cm., según sus características de fabricación y de las condiciones de la estructura 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, WIRTEN, 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.





El procedimiento constructivo consiste primeramente en extender sobre la carpeta existente, el cemento portland con equipo diseñado exprofeso, 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./m²; 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/m³, obteniéndose resistencias a la compresión a los 28 días de 250kg/cm² hasta 350kg/cm² y resistencia a la flexión de 35 a 50kg/cm².
- Su colocación puede hacerse mediante una máquina extendedora 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 solicitudes 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.

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.



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

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

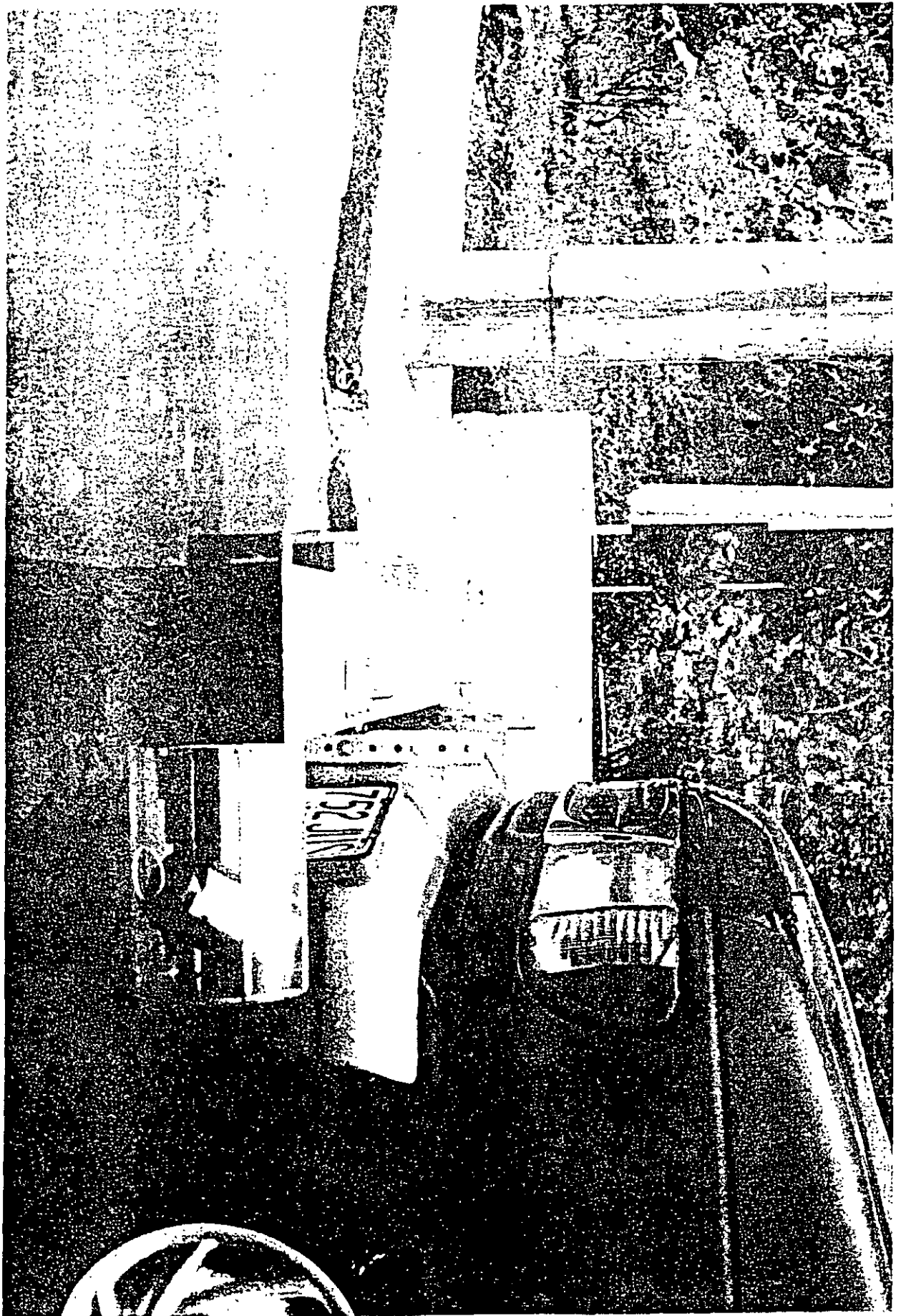
MÓDULO III:

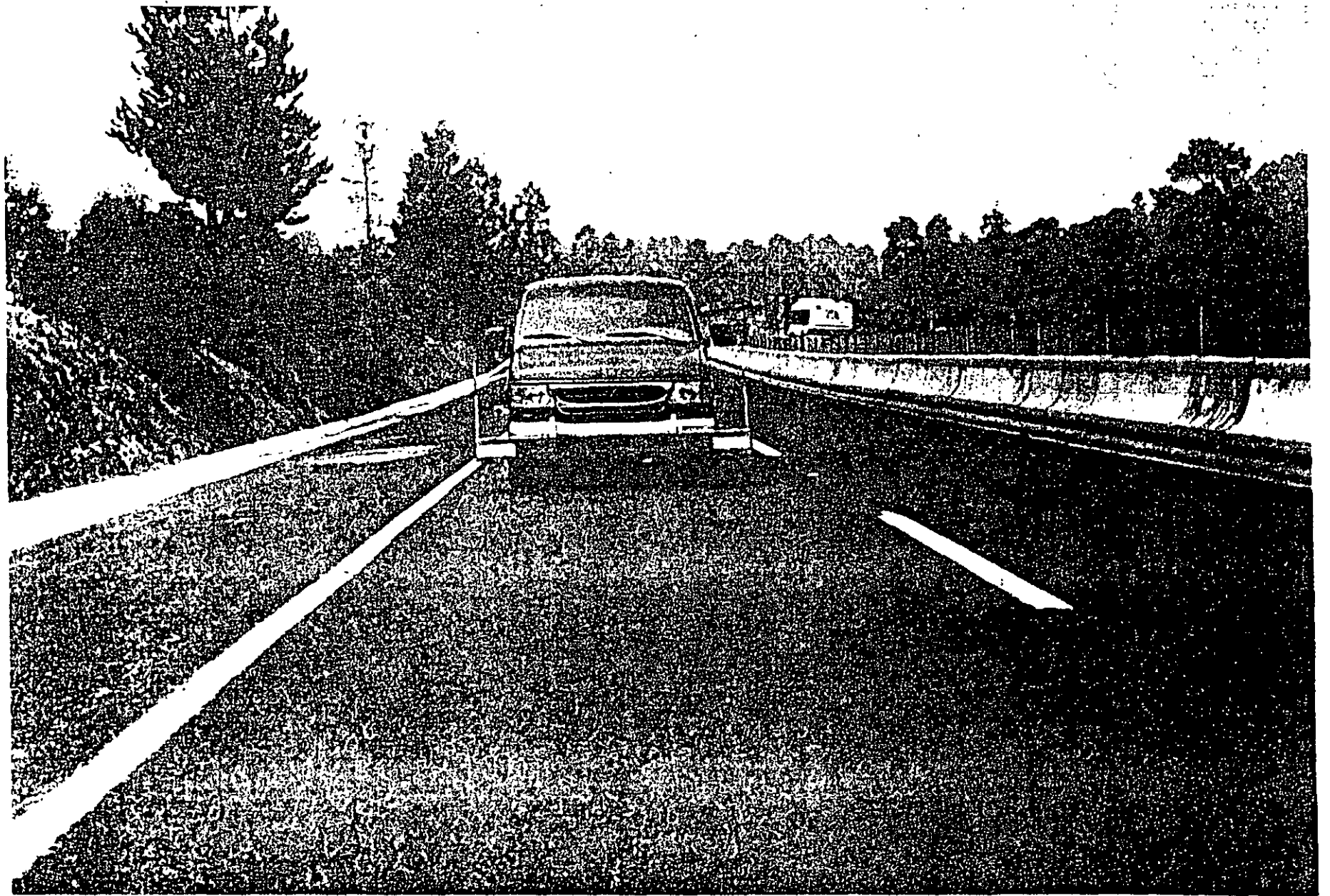
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN DE CARRETERAS

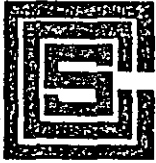
TEMA :

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS
(COMPLEMENTO ANEXO)**

**ING. RICARDO TORRES VELÁZQUEZ
PALACIO DE MINERÍA
NOVIEMBRE 1999**





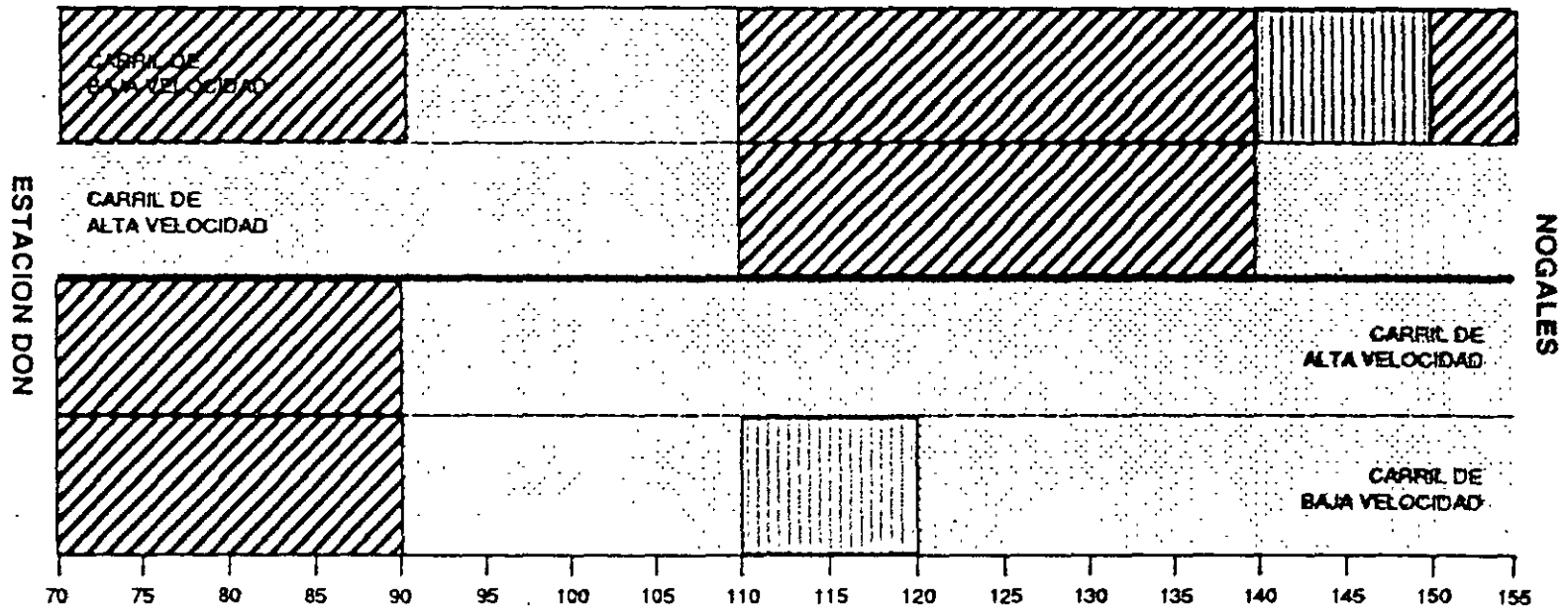


AUTOPISTA ESTACION DON - NOGALES




TRAMO: ESTACION DON - NAVOJOA

SCT-UAC

CLASIFICACION DE TRAMOS DE ACUERDO
A SUS NECESIDADES DE CONSERVACION



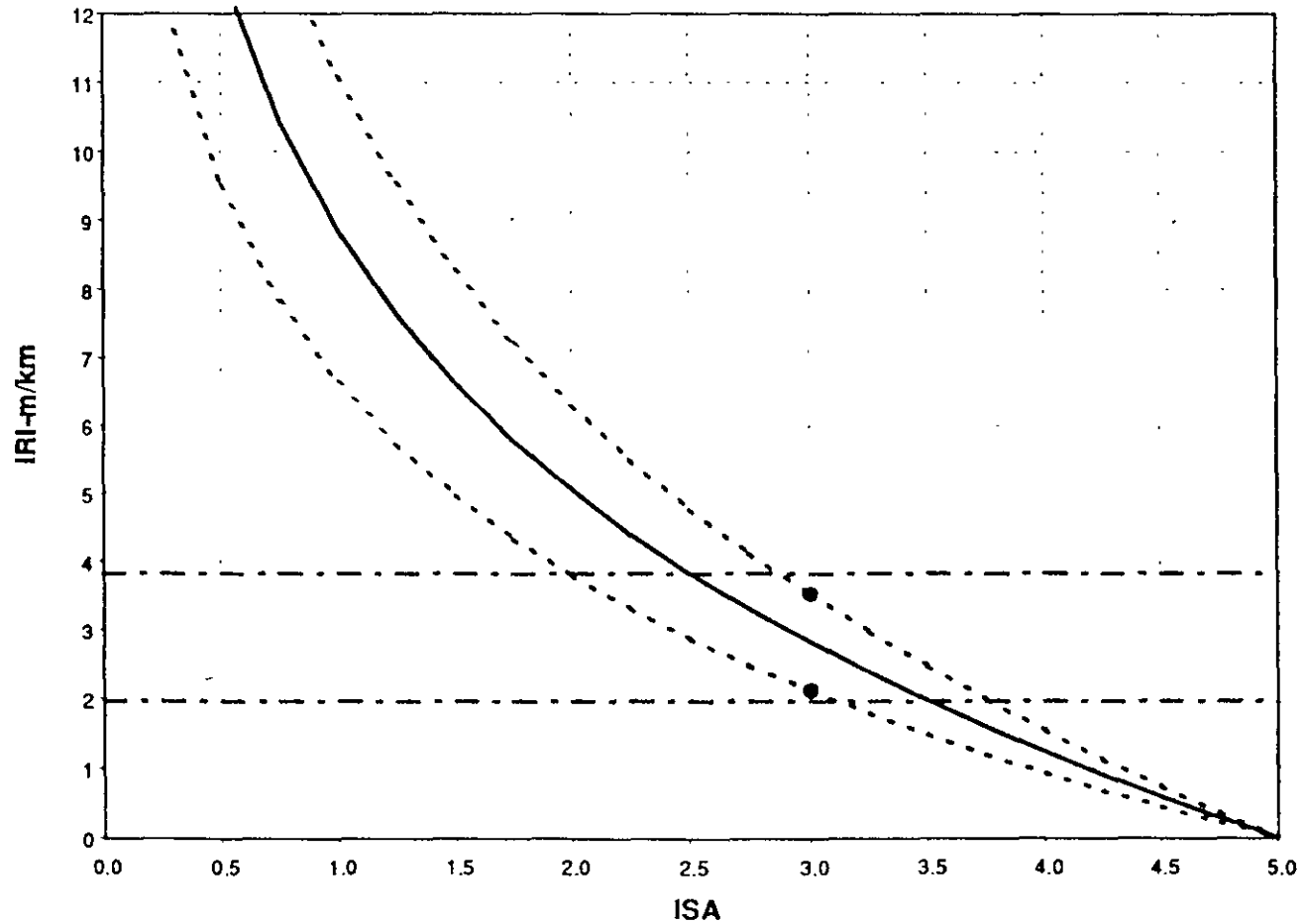
5n

-  CONSERVACION RUTINARIA
-  CONSERVACION PREVENTIVA
-  REQUIERE ESTUDIOS PARA DEFINIR CONSERVACION CORRECTIVA



SCT-UAC

CORRELACION ENTRE ISA E IRI



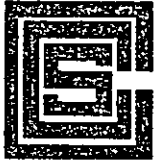
Nota:

Correlación propuesta por el Banco Mundial

- - - Desviación ± 25 %

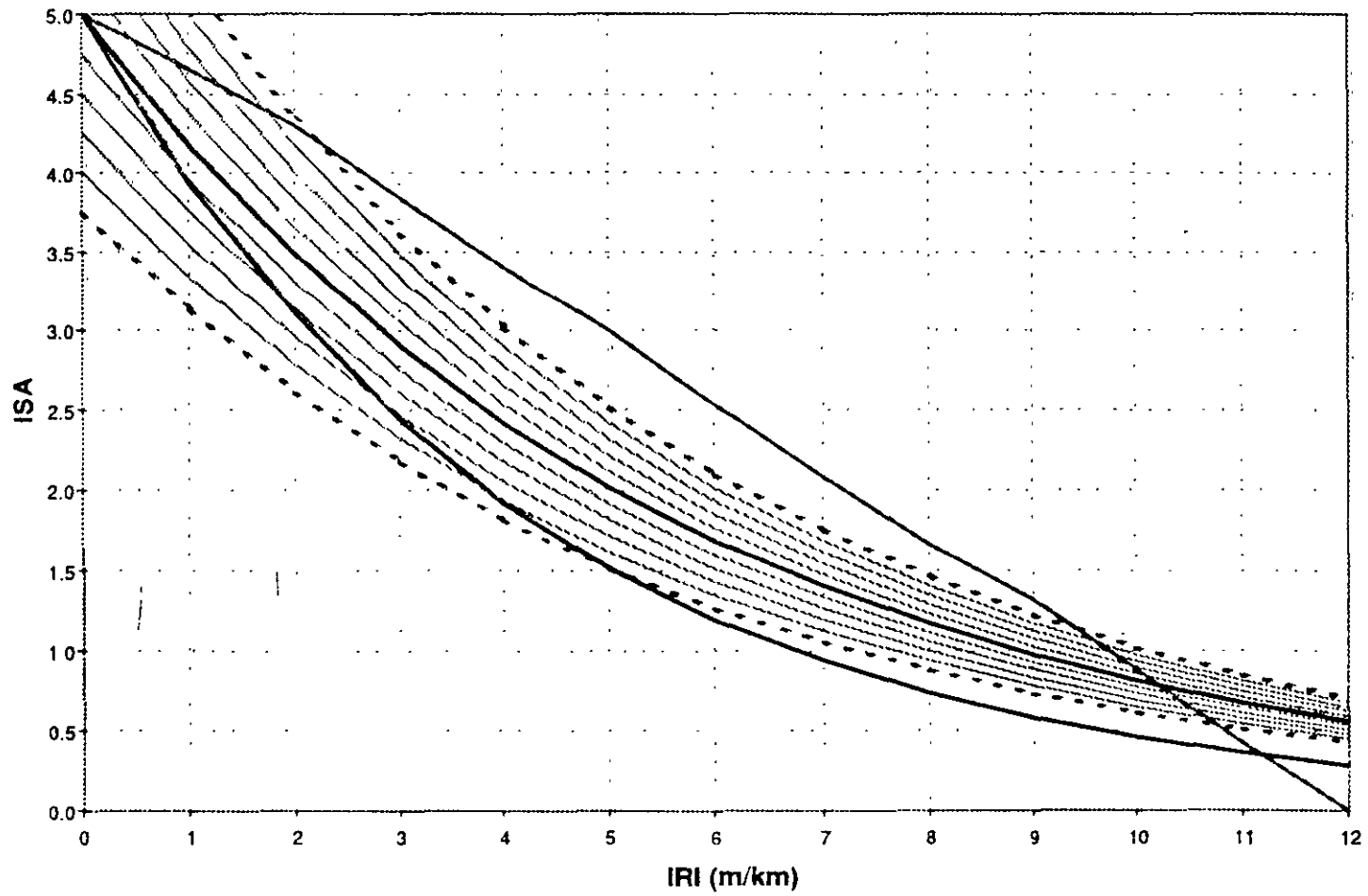
● Límites de IRI para ISA=3

- - - Límites propuestos para IRI



SCT-UAC

IRI Vs. ISA



— IMT — Omani — Banco Mundial — — Desviación ± 25 %

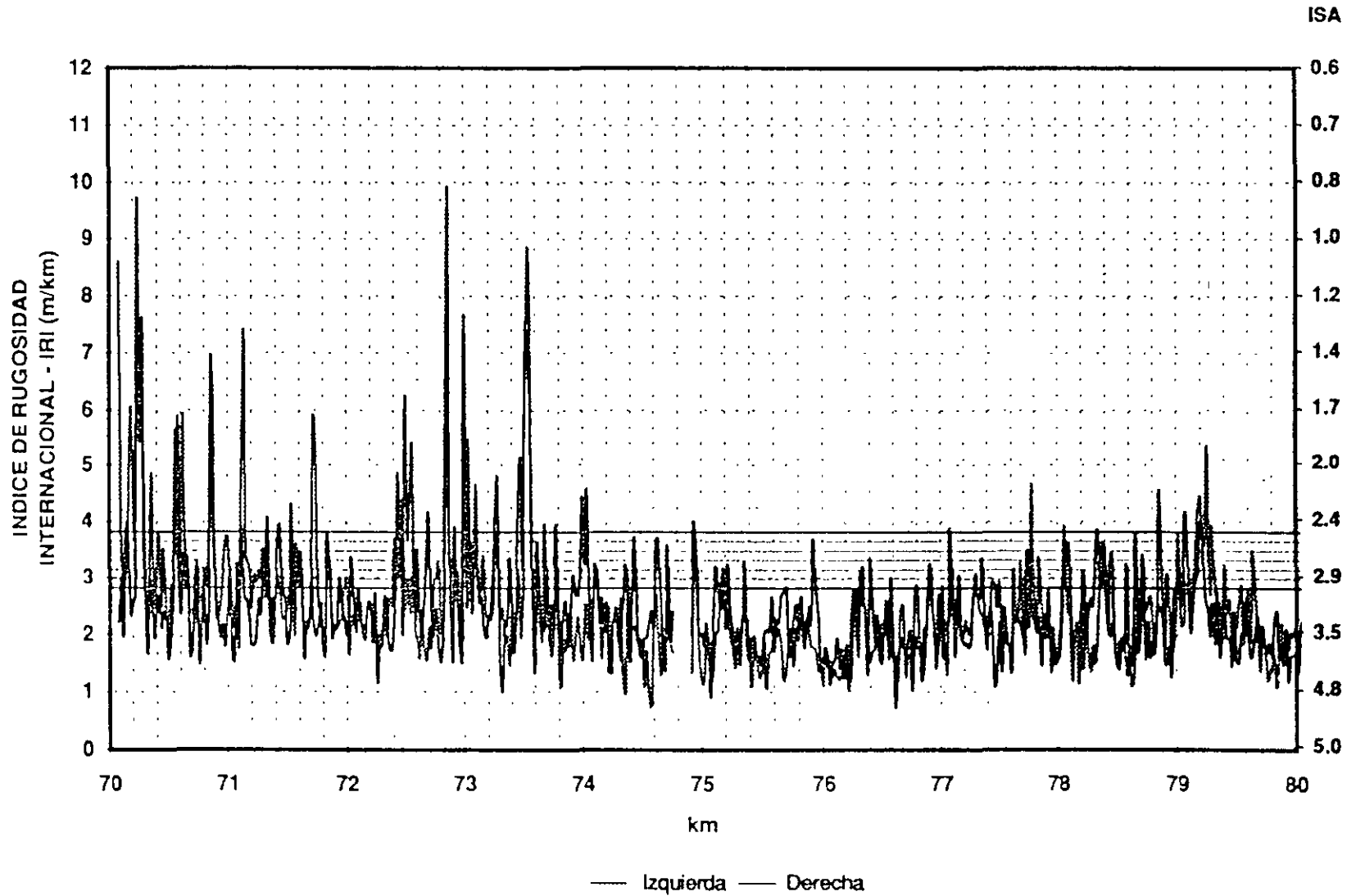
AUTOPISTA: ESTACION DON - NOGALES

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 ≥ 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

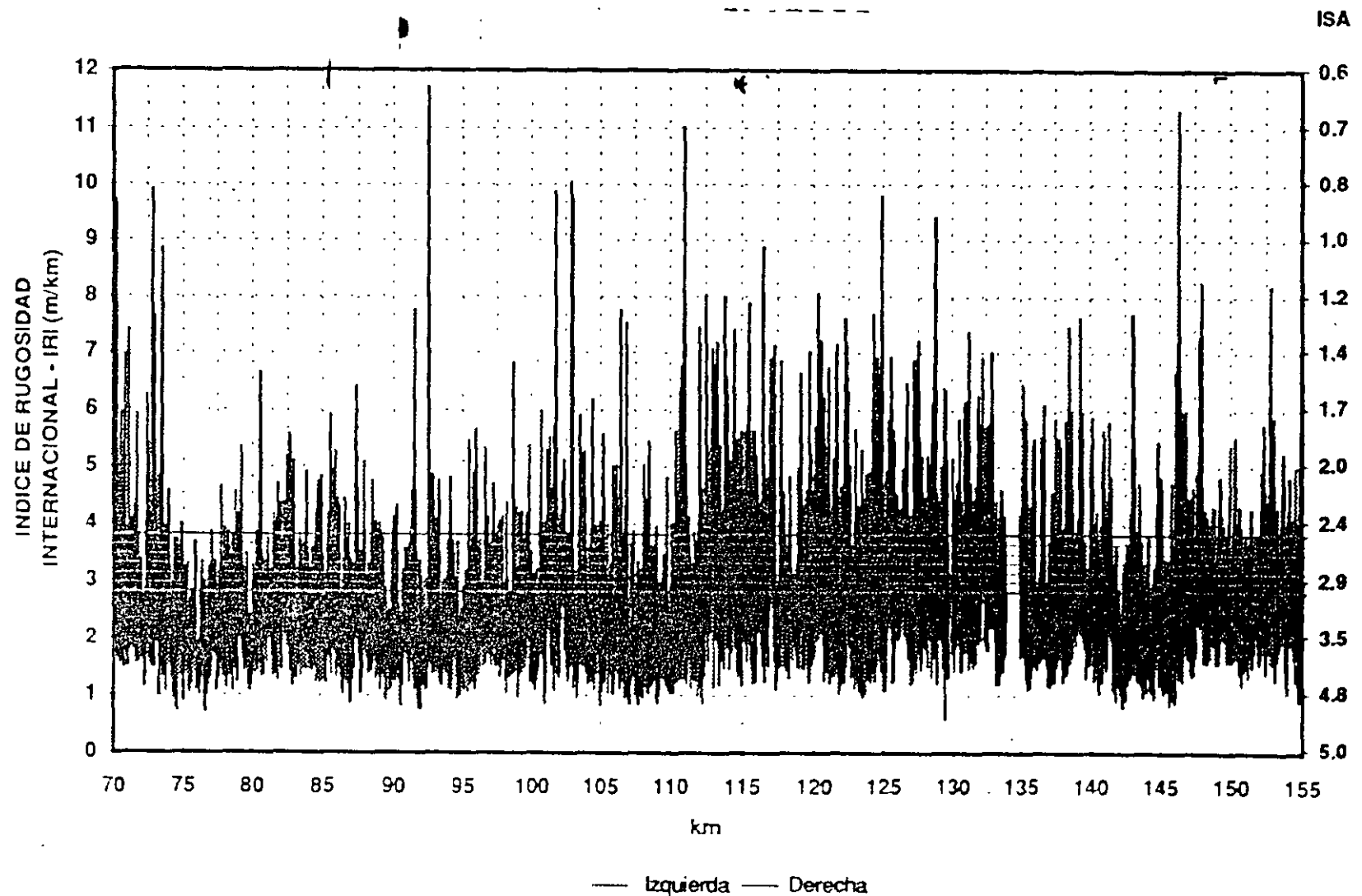
TRAMO: ESTACION DON - NAVOJOA

SENTIDO: NOG - DON

CARRIL: ALTA

ESTUDIO REALIZADO PARA: SCT

MEDICION DE LA RUGOSIDAD ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO



NOTA: 2.81 límite propuesto máximo para tramos ≥ 10 km

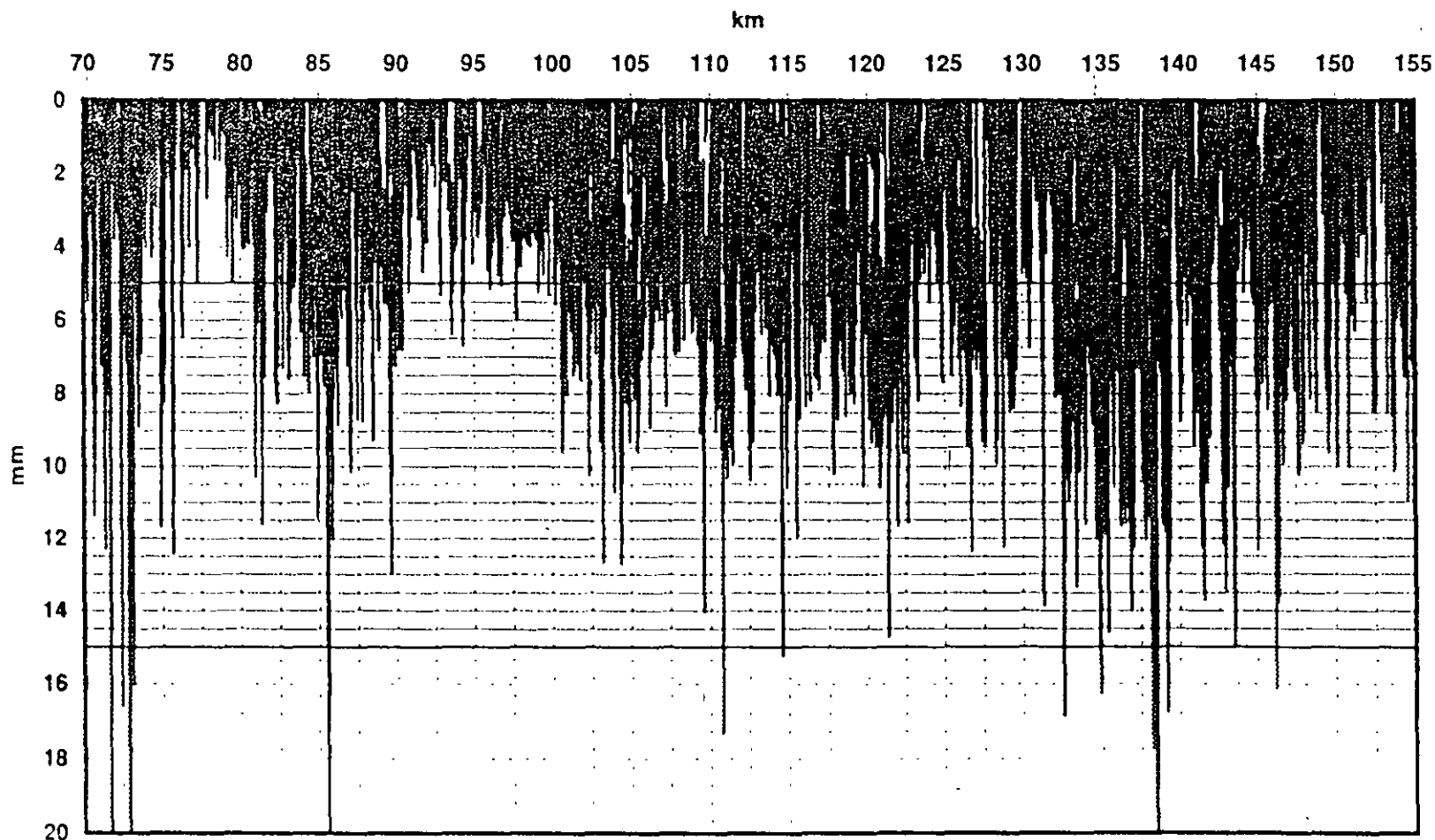
3.81 límite propuesto máximo para tramos < 10 km

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: UAC-SCT

MEDICION DE LA PROFUNDIDAD MEDIA DE RODERA



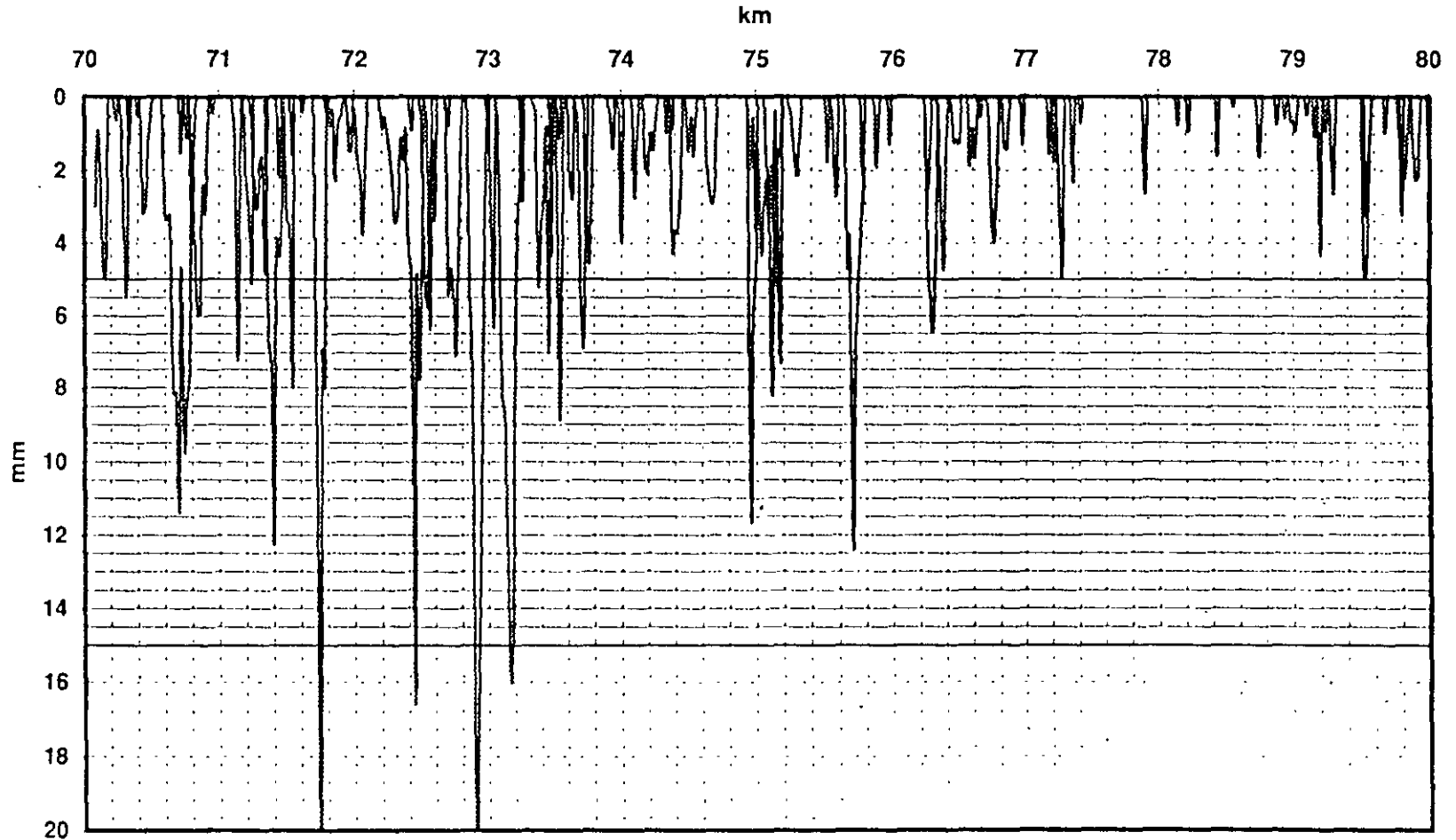
— Rodera Izquierda — Rodera Derecha

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

RAUL VICENTE OROZCO y Cia.
AUTOPISTA: ESTACION DON - NOGALES
TRAMO: ESTACION DON - NAVOJOA
SENTIDO: NOG - DON
CARRIL: ALTA

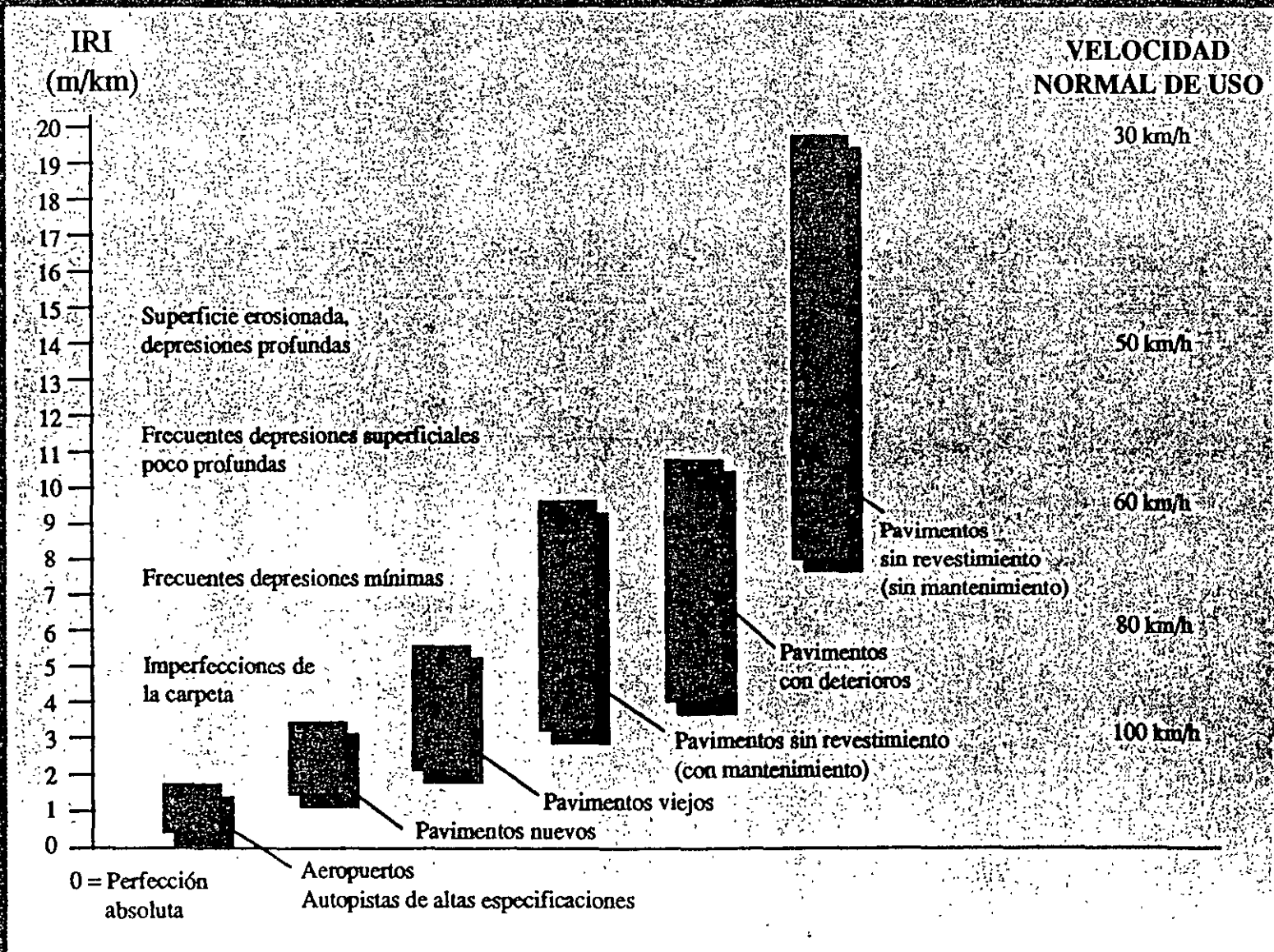
ESTUDIO REALIZADO PARA: UAC-SCT

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



The

Dipstick®

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

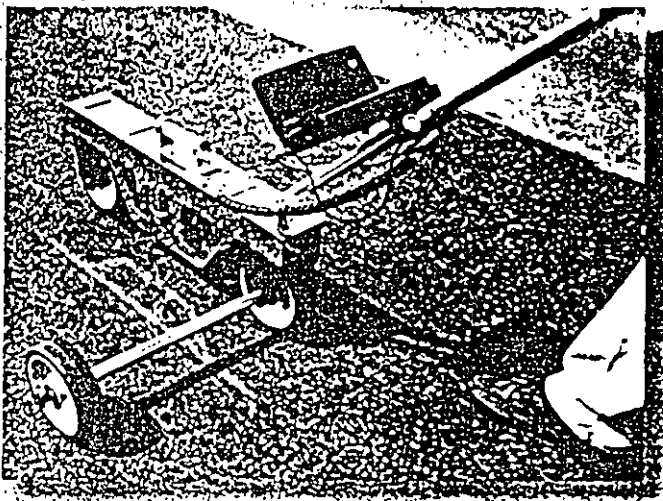
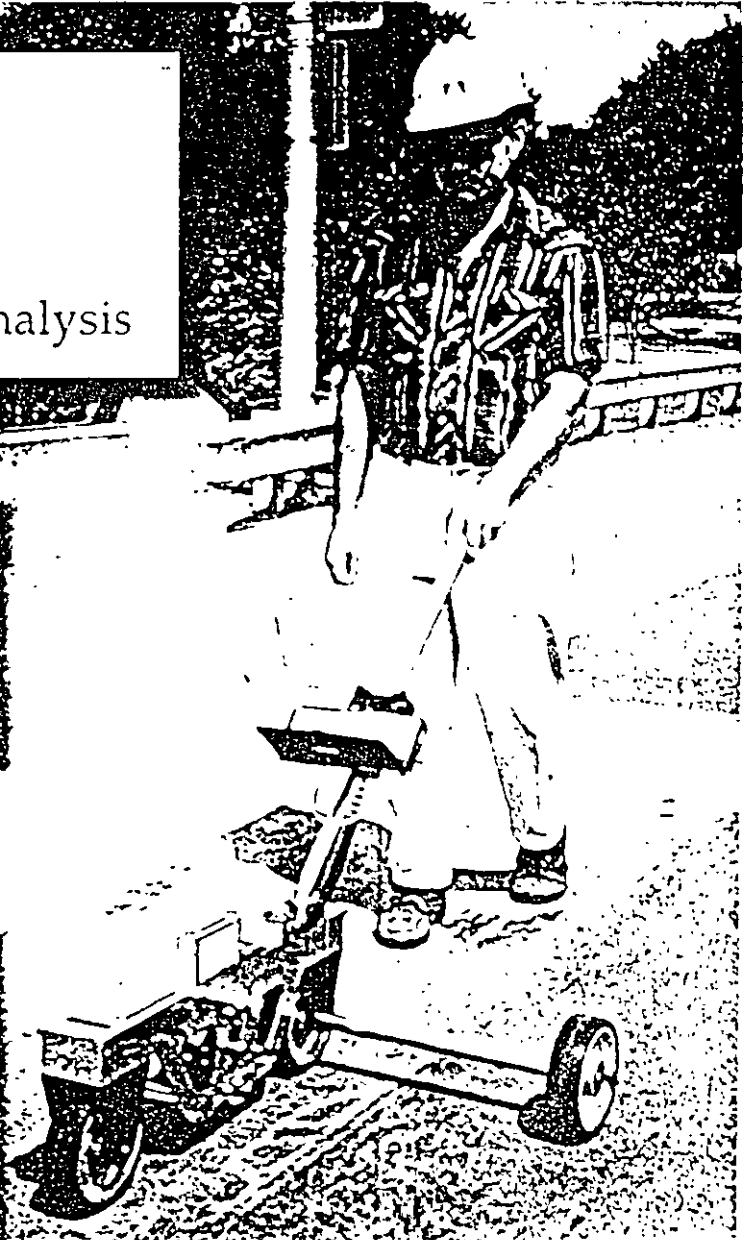
Instant

IRI & Pavement Profile

On-The-Spot

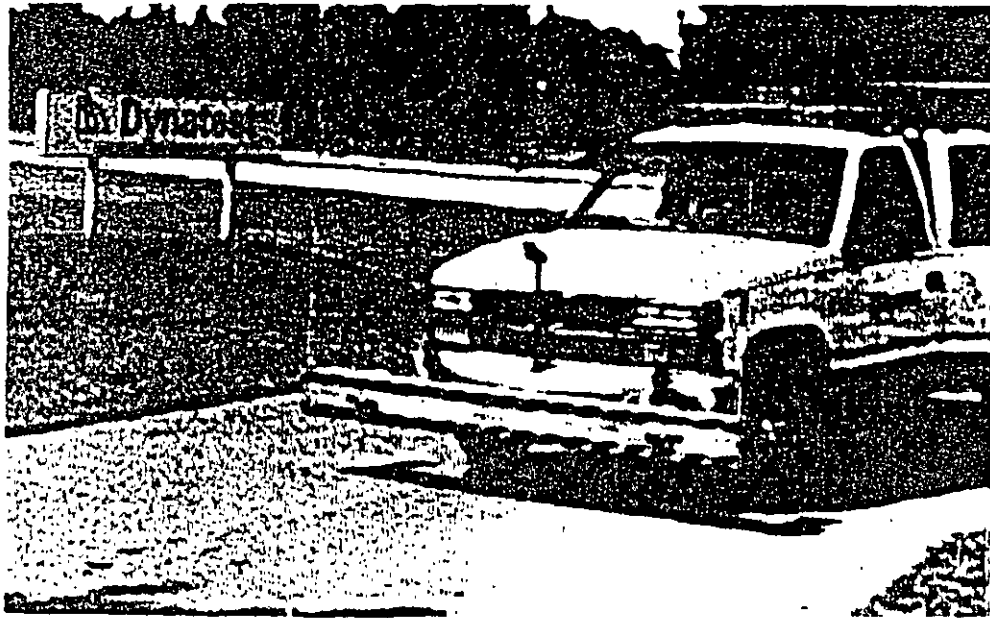
California Profilograph Analysis

- Transports Easily
- Sets up in Minutes
- Collects Data up to 3 MPH
- Produces Reports in Seconds



FACE[®]

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

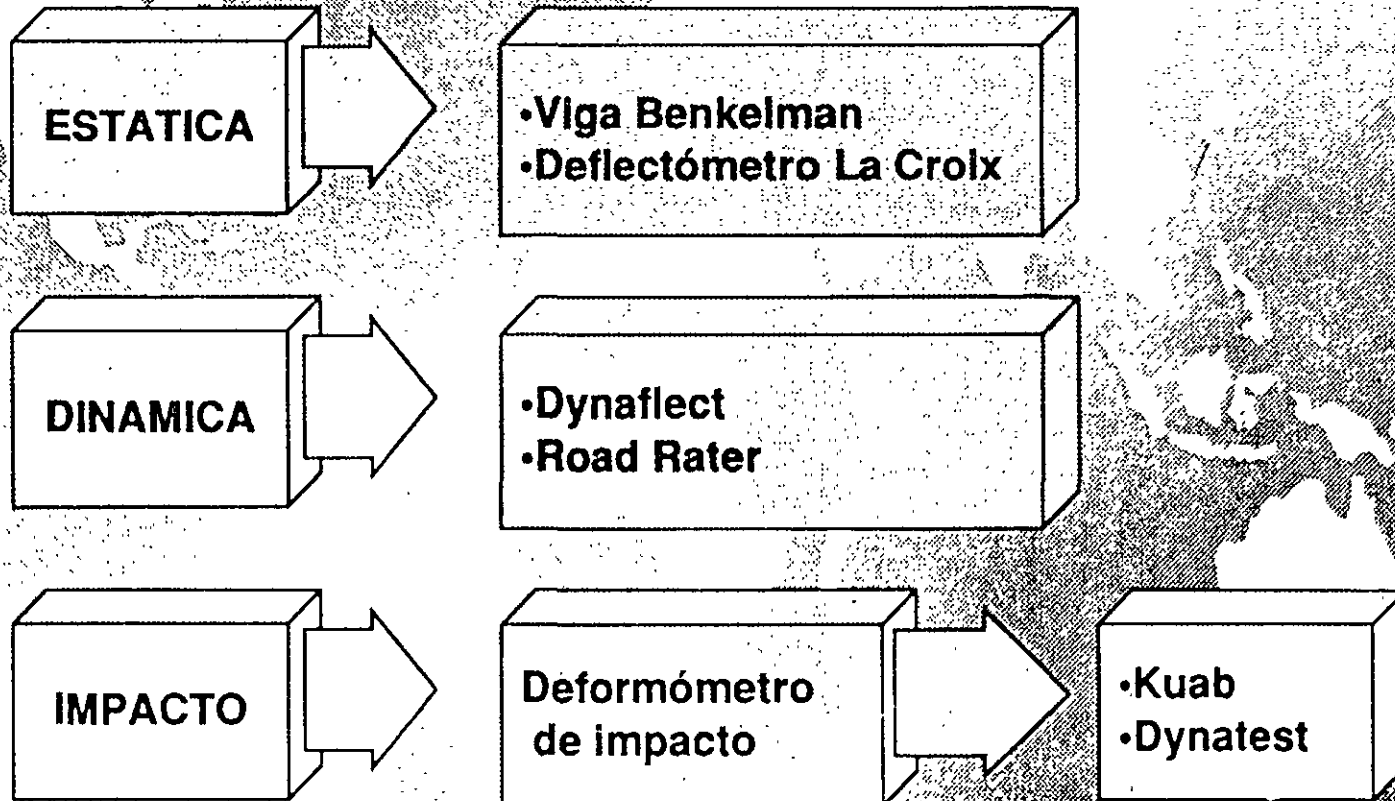


Perfil longitudinal

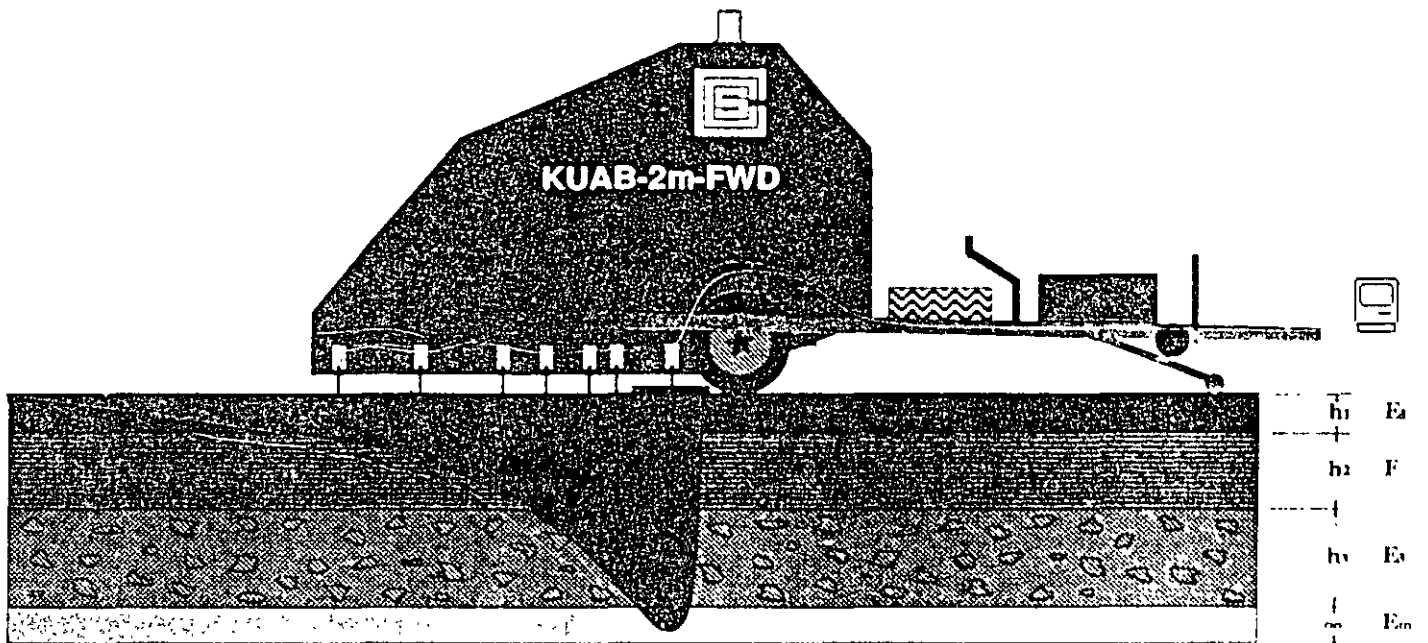


Secciones transversales

EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS



**EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE
PAVIMENTOS CON EL EQUIPO KUAB-2m-FWD
(FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER)**

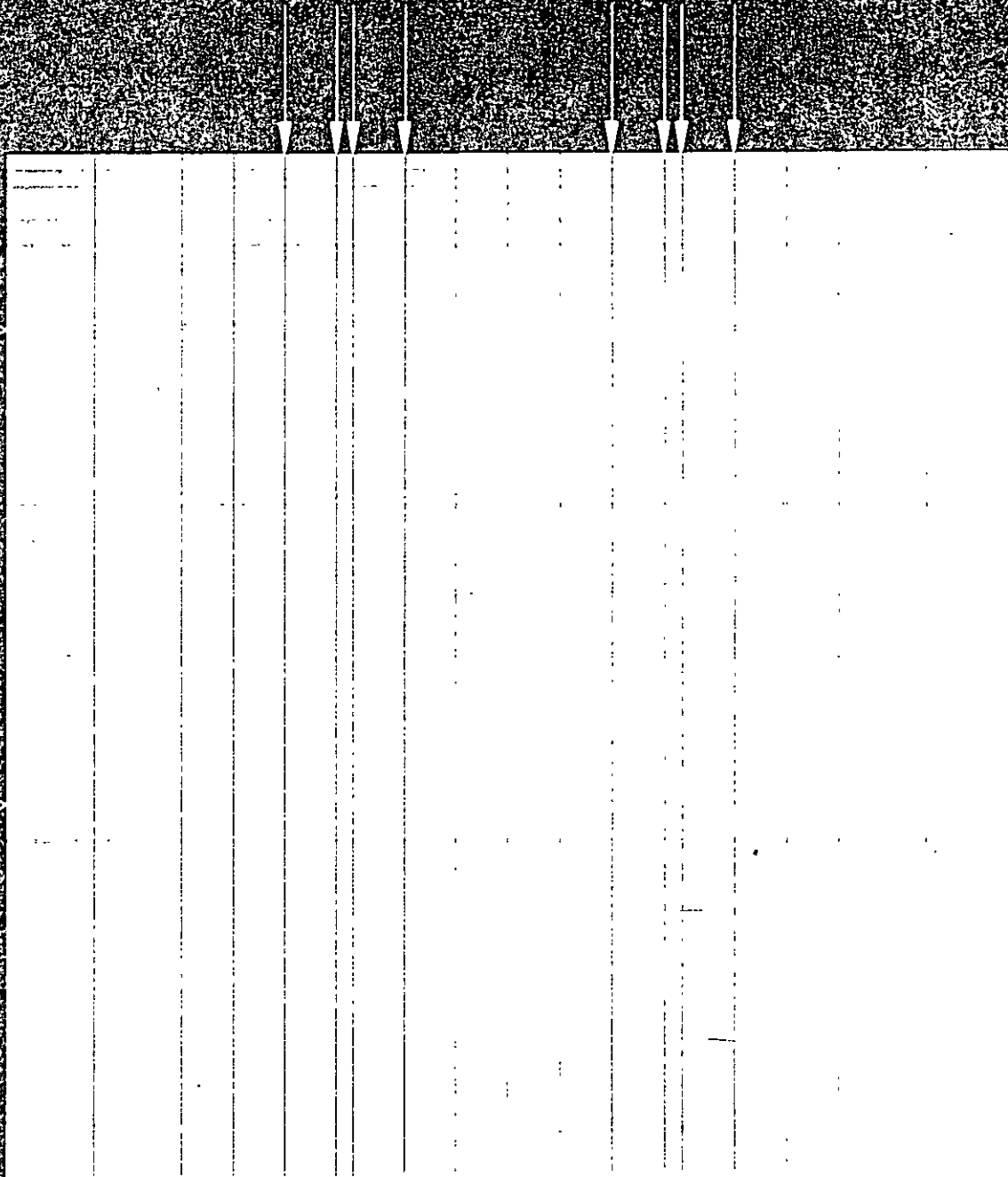


1. MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES POR IMPACTOS
2. CALIFICACION ESTRUCTURAL
3. OBTENCION DE MODULOS ELASTICOS EN LAS CAPAS
4. ANALISIS DE ESTRUCTURACIONES DE PAVIMENTO

CARRETERA: PUEBLA-HUAJUAPAN DE LEON
TRAMO: ATLIXCO-ACATLAN DE OSORIO
SUBTRAMO: DEL km 60 AL km 100

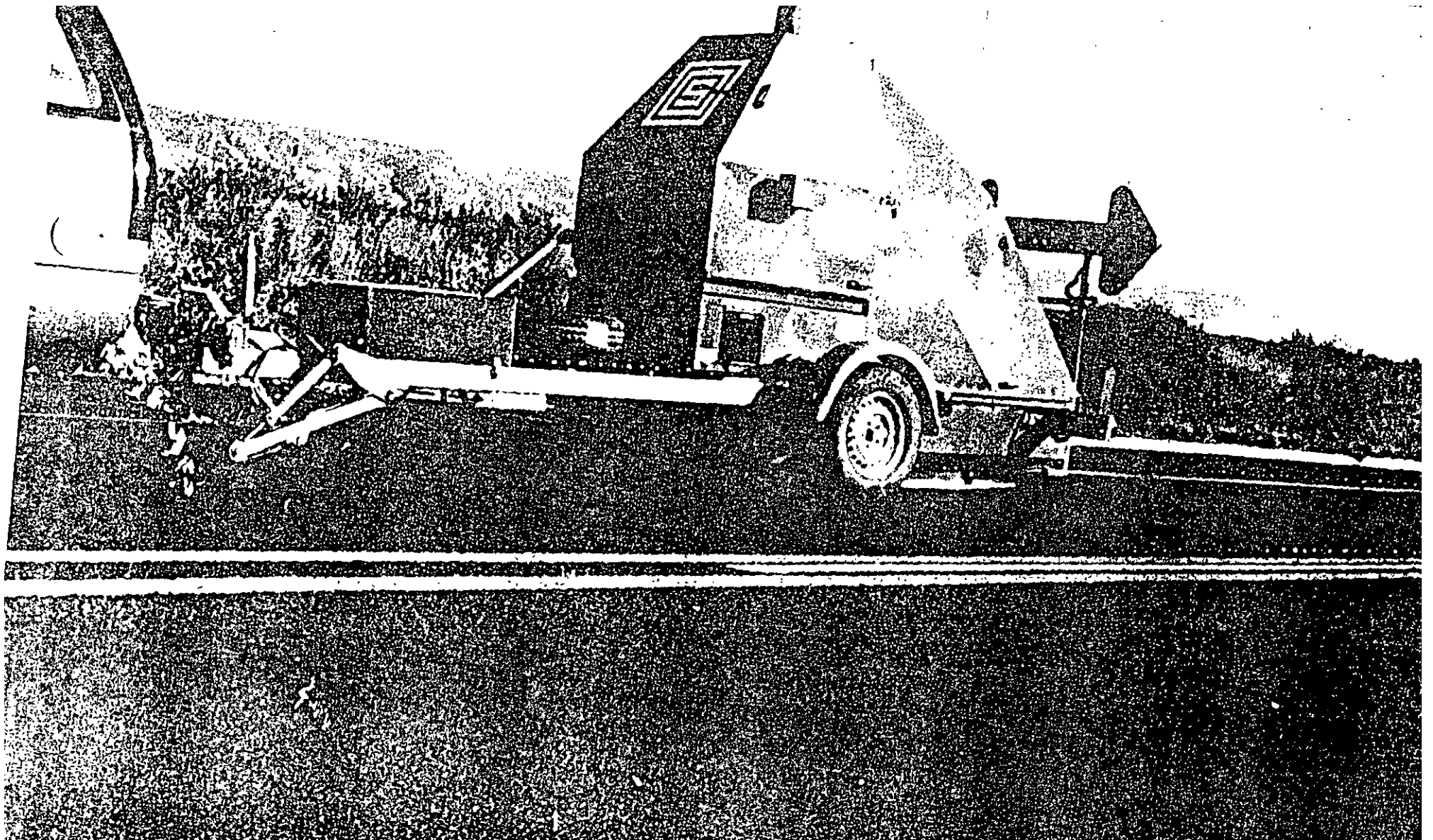
ESTUDIO REALIZADO PARA:
S. C. T.

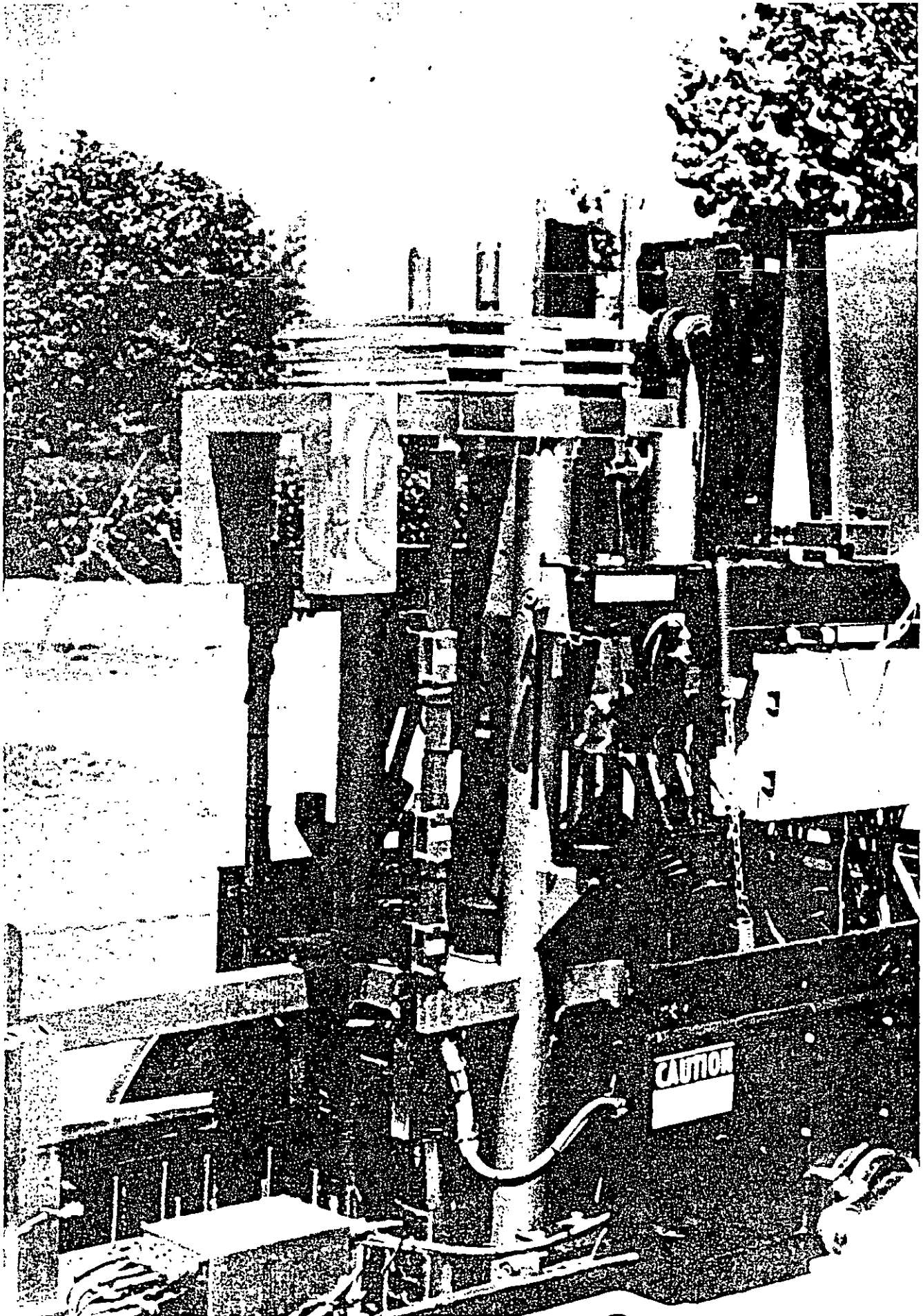
MALLA DE ELEMENTOS FINITOS



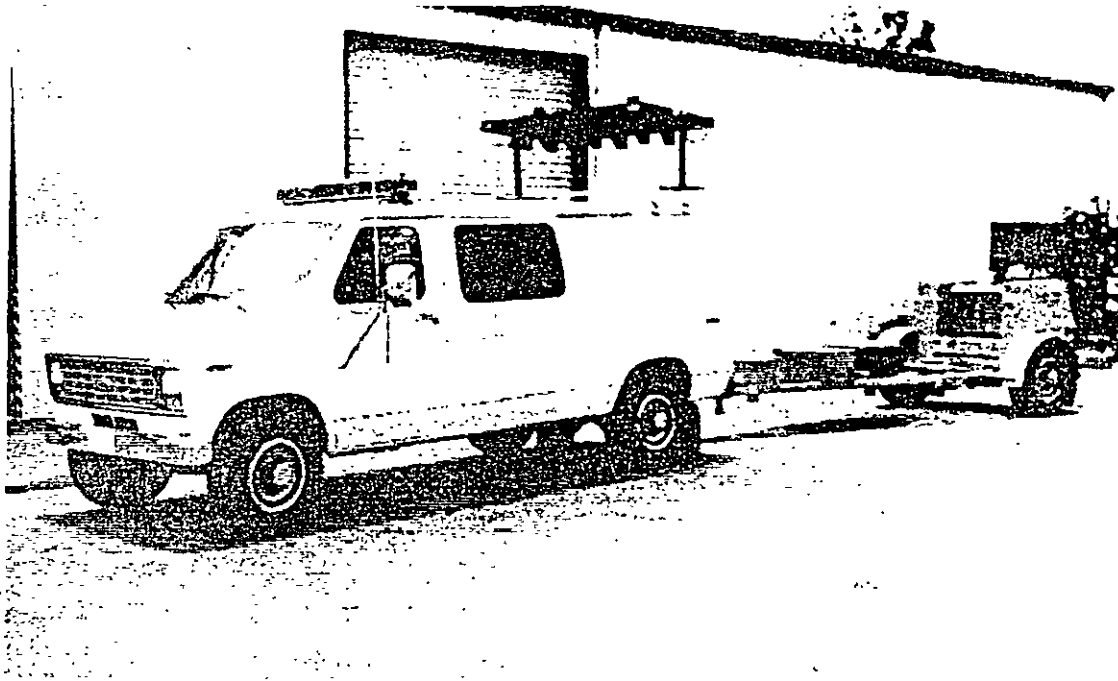




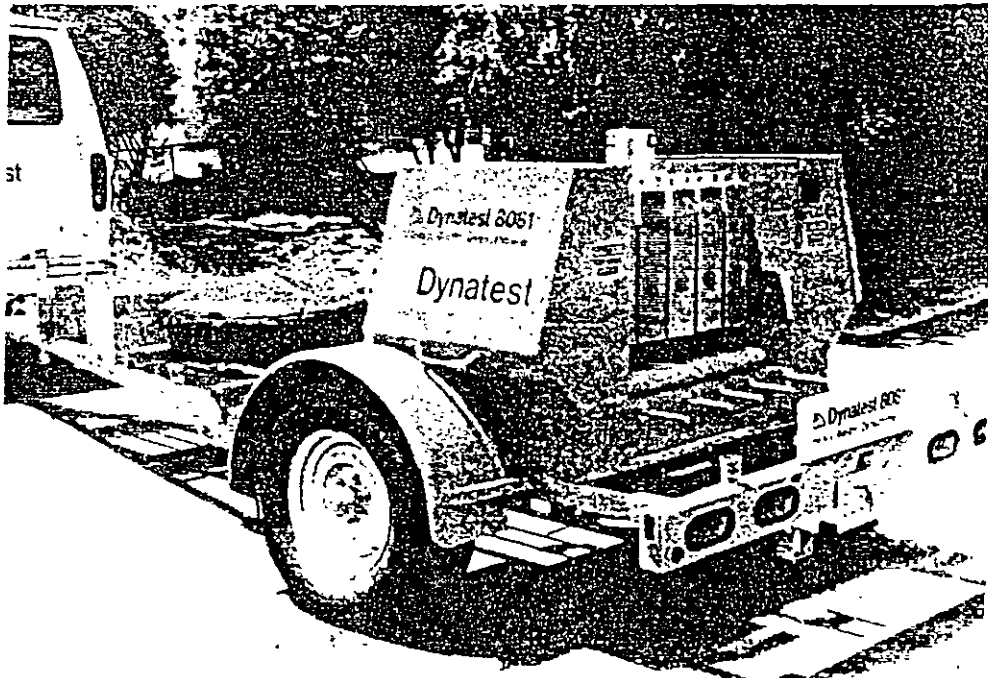




Model 8081 HWD



Model 8081 HWD & Tow Vehicle

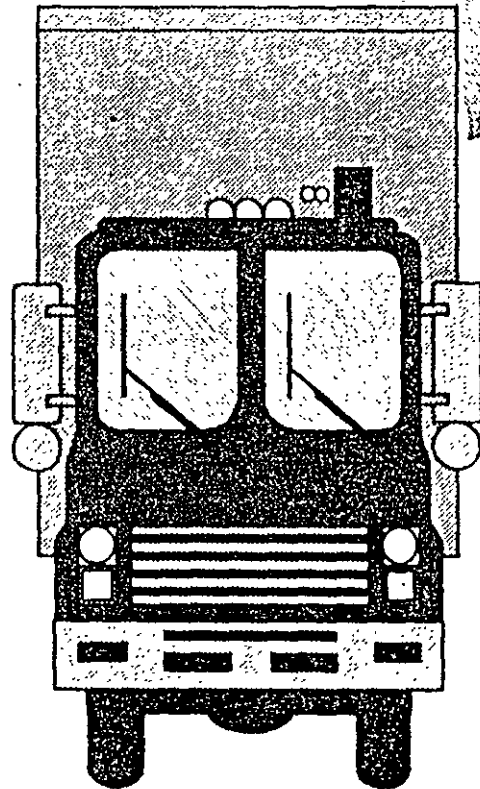


Model 8081 HWD



Dynatest 8081

JN 1487

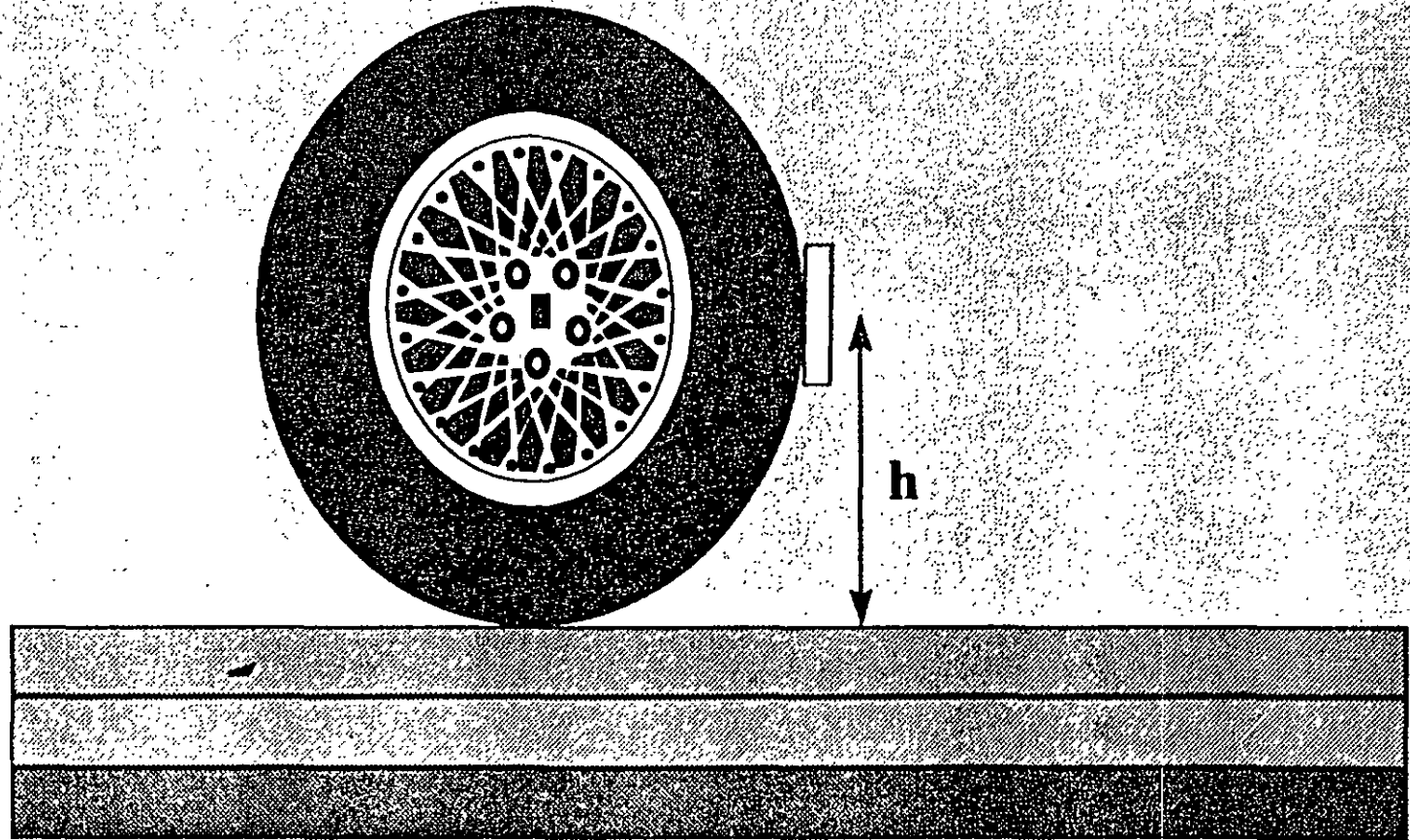


PLATO SEGMENTADO

**EL EQUIPO KUAB
REPRODUCE EL EFECTO
CAUSADO POR EL PASO
DE UN VEHICULO PESADO**

FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER

3



DEFORMOMETRO DE IMPACTO

¿QUE HACE?

- Simula la carga y velocidad de un vehículo pesado
- Obtiene parámetros de esfuerzo-deformación

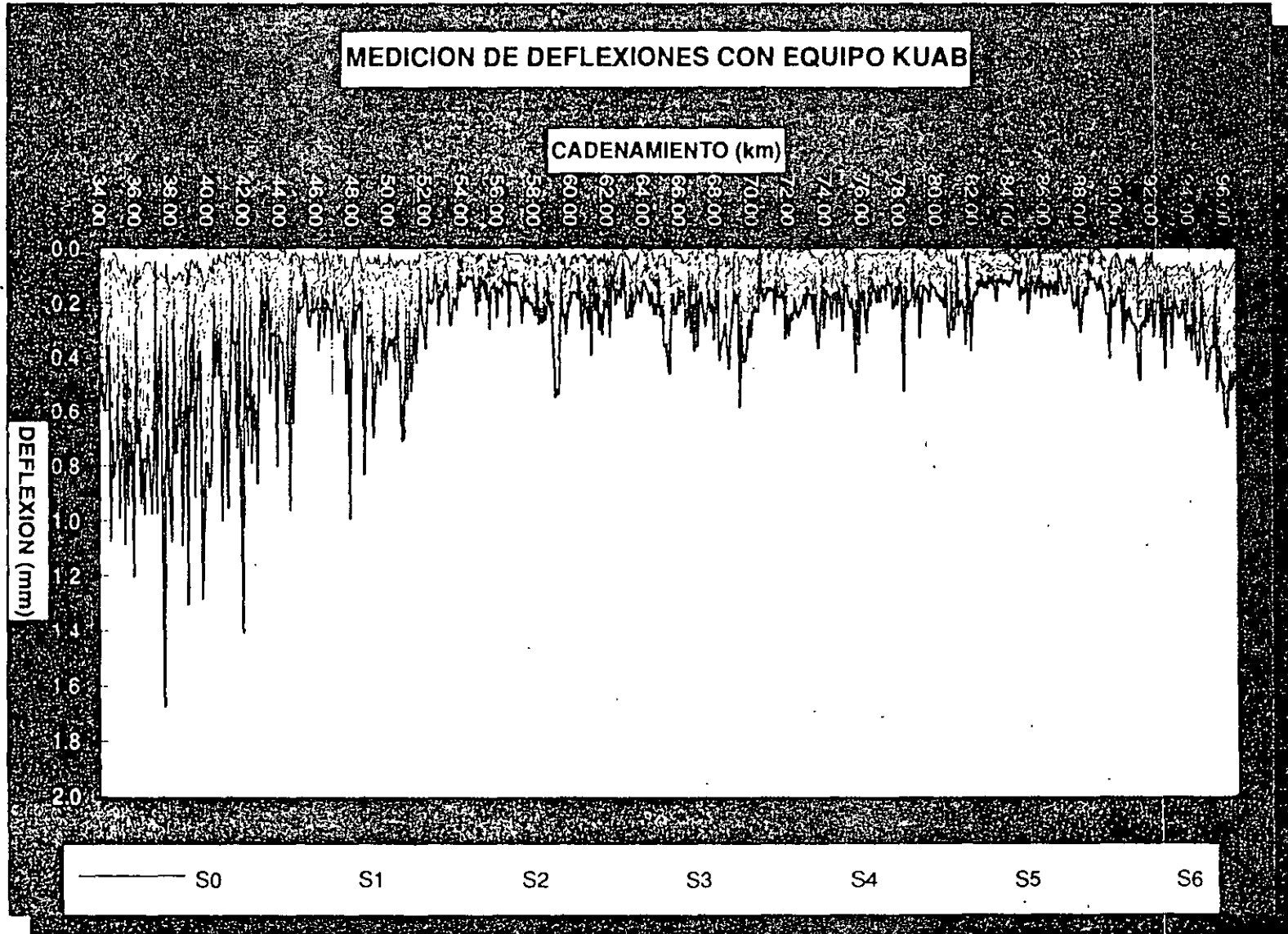
VENTAJAS

- Datos in situ
- Rapidez
- Económico
- Mejor control del tránsito
- Prueba no destructiva

USOS

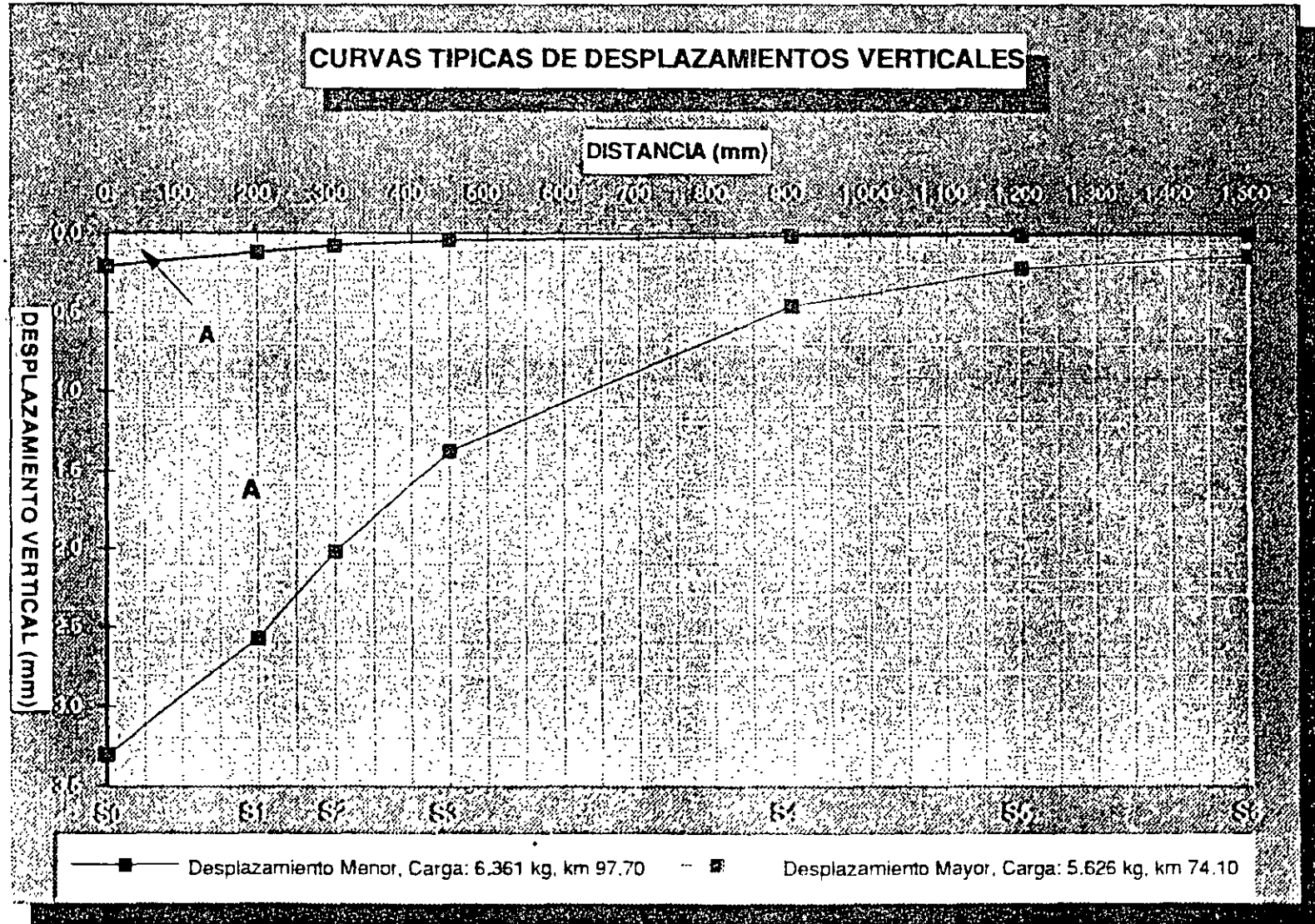
- Aeropuertos y carreteras
- Capa de rodamiento
- Base, sub-base y subrasante
- Pavimentos flexibles
- Pavimentos rígidos





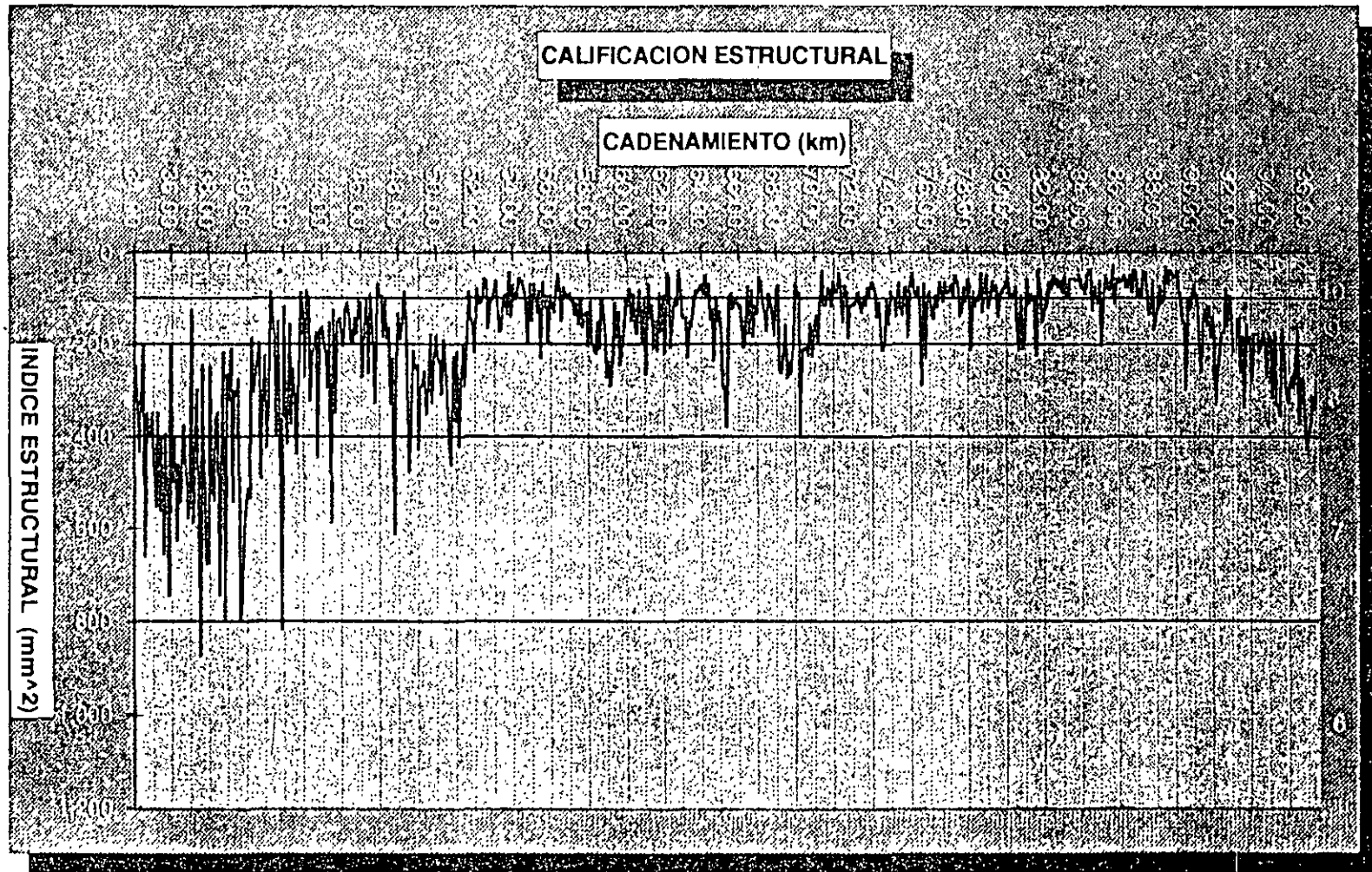
PROMEDIO DE CARGA: 5997 kg

(S=Slismómetro)



A = AREA = INDICE ESTRUCTURAL

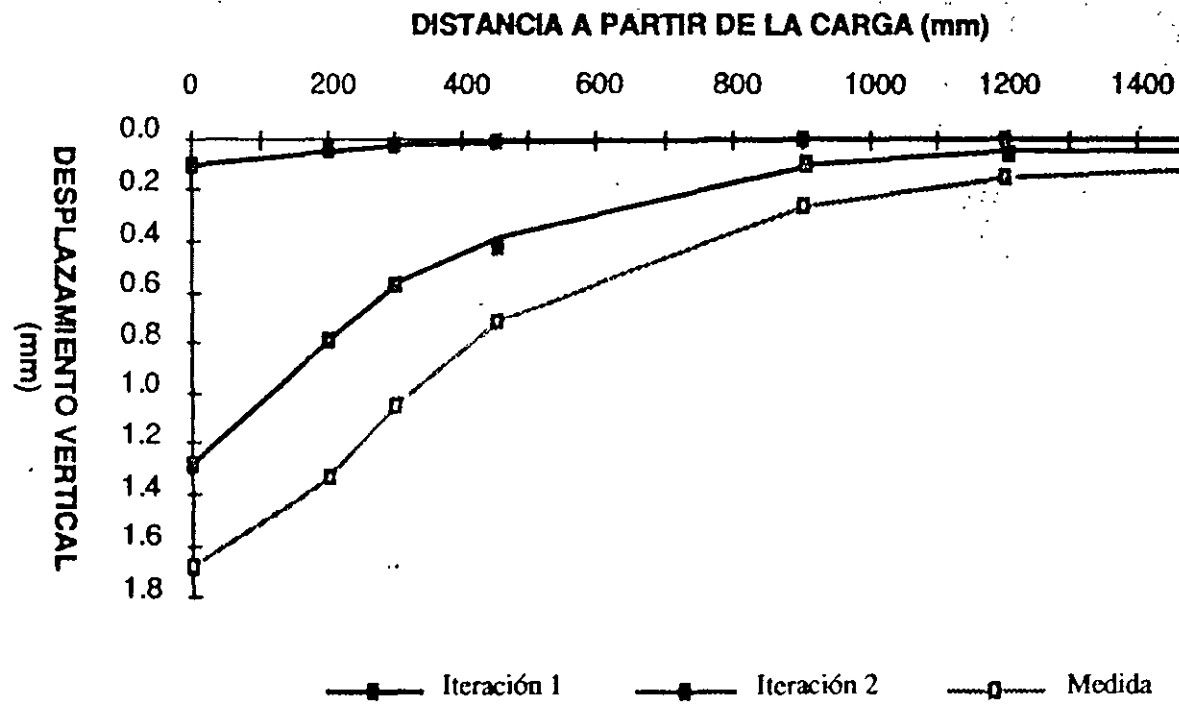
(S = Sismómetro)



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 %

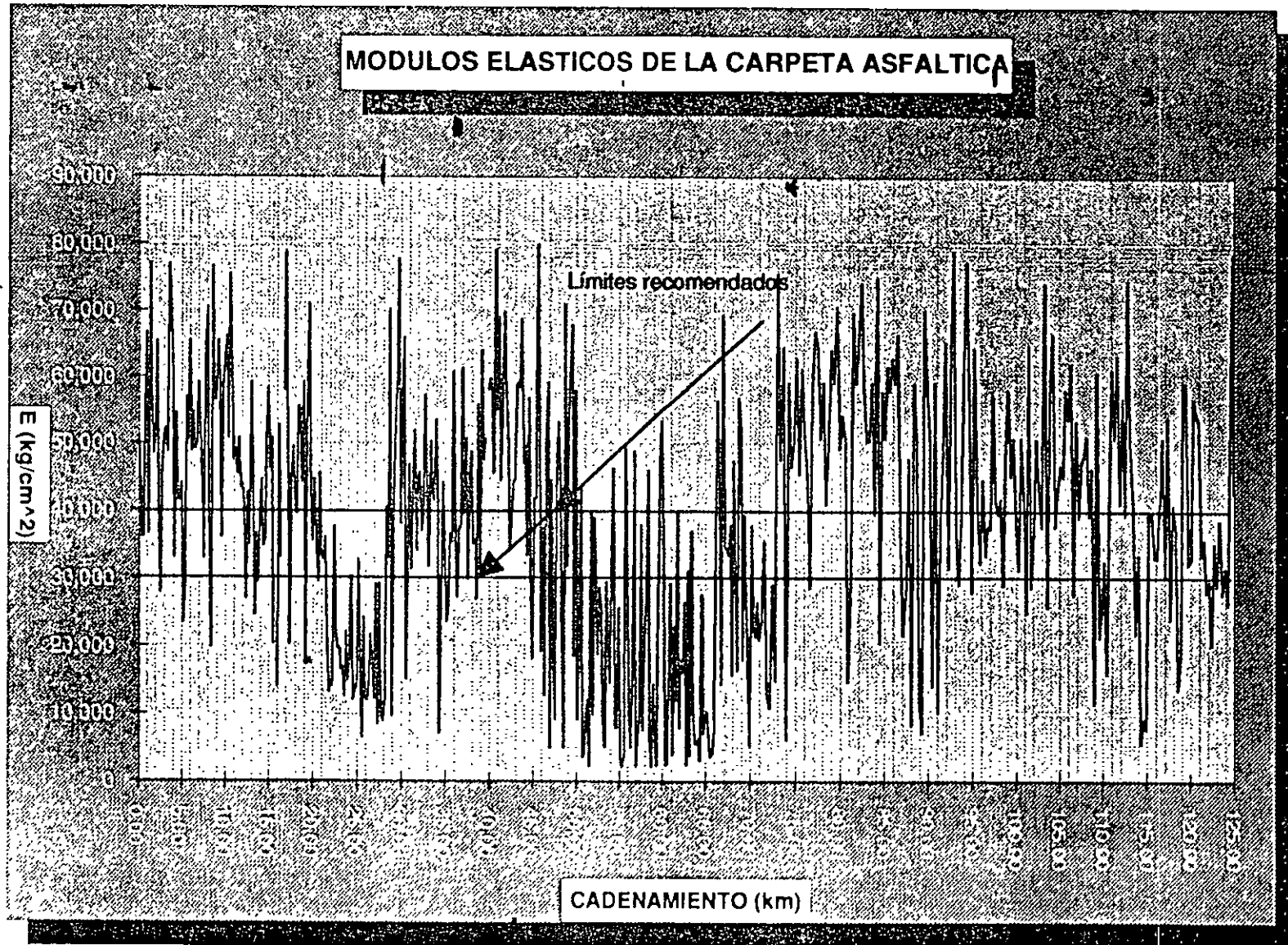
CURVAS TÍPICAS DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES

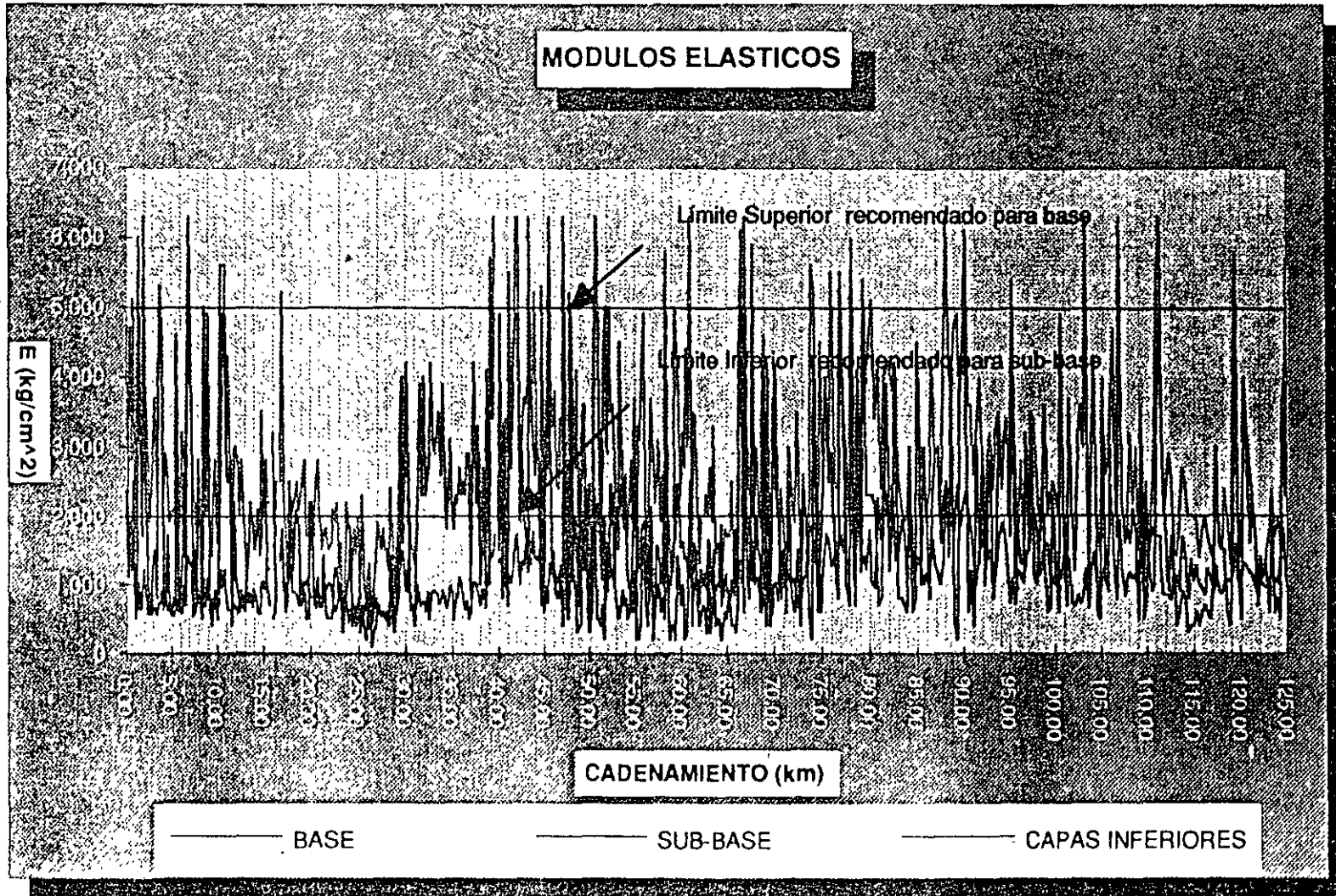


A ESTACION : BENITO JUAREZ (CULIACAN-LOS MOCHIS)

TRAMO: CULIACAN-LAS BRISAS del km 0 al km 125

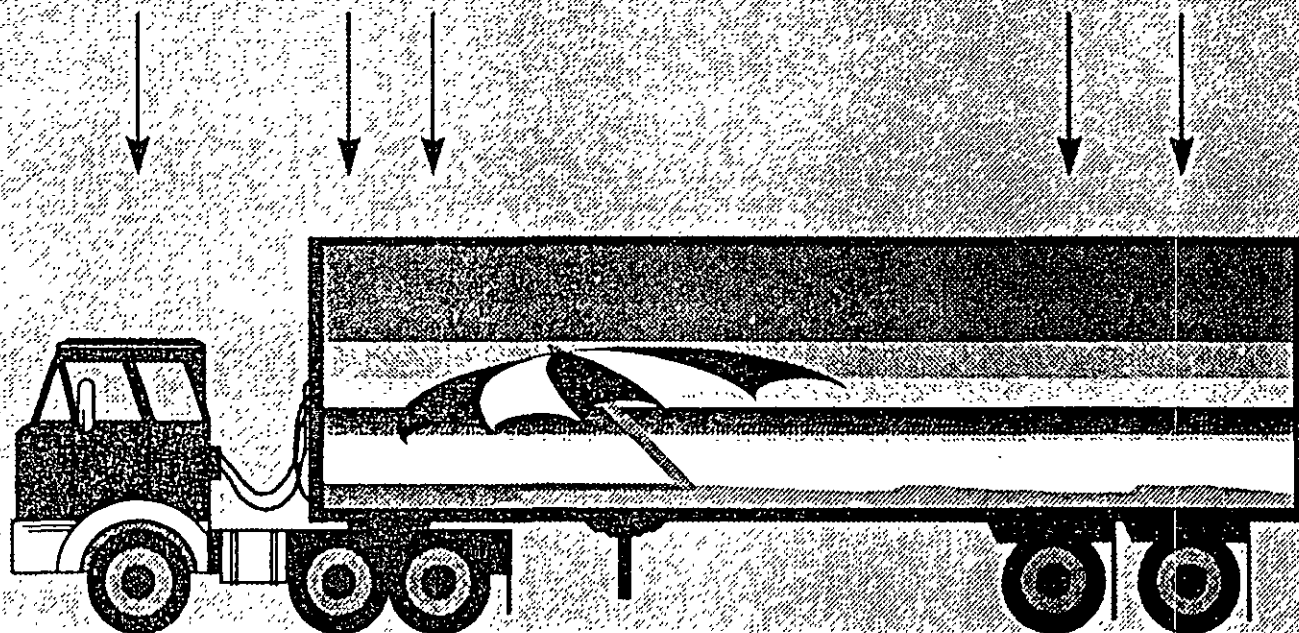
CARRIL 1, CUERPO A





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	3.0	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	5
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 SOLIDOS

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

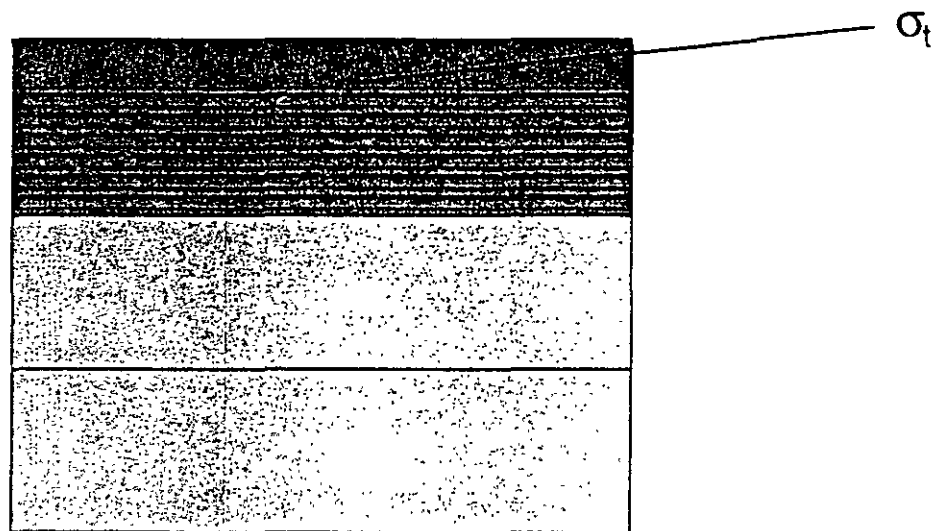
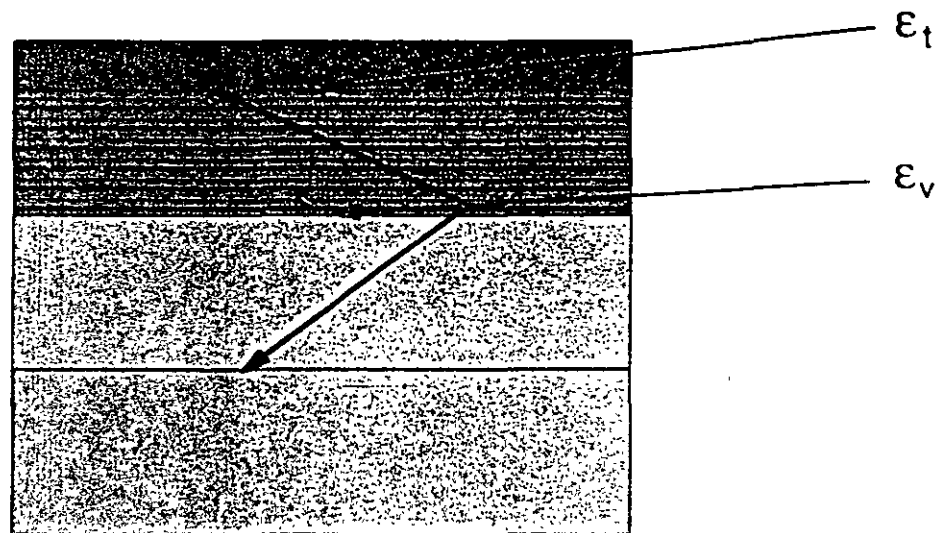
propiedad # 1 =	8000
propiedad # 2 =	0.45
propiedad # 3 =	1.8
propiedad # 4 =	778.7
propiedad # 5 =	0
propiedad # 6 =	0.81
propiedad # 7 =	10.3
propiedad # 8 =	1
propiedad # 9 =	0








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	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	109	110	111	112	113	114	115
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

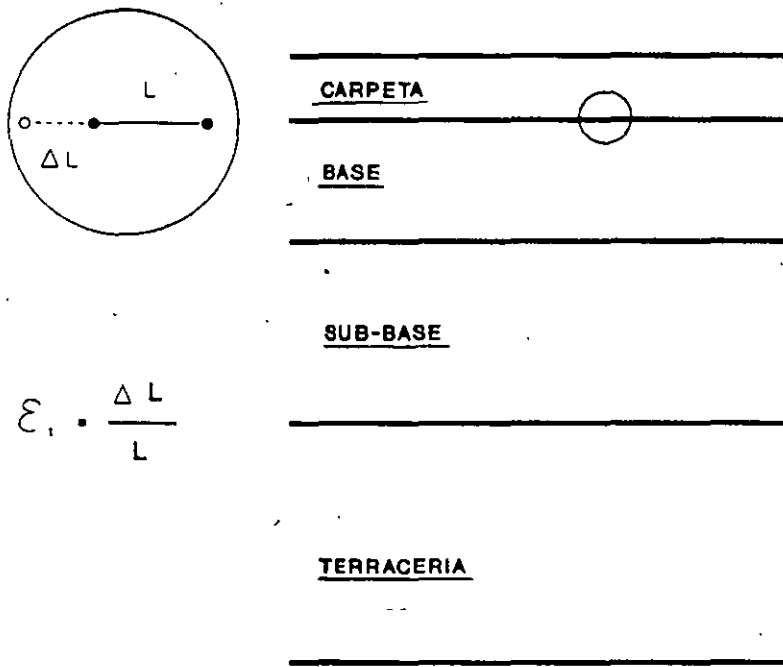


-  Carpeta asfáltica
-  Losa de concreto
-  Base
-  Sub-base
-  Capas inferiores

ϵ_t = Deformación a la tensión

ϵ_v = Deformación a la compresión

σ_t = Esfuerzo a la tensión



$$\epsilon_t = \frac{\Delta L}{L}$$

Fig 4.5 Determinación de las deformaciones a tensión.

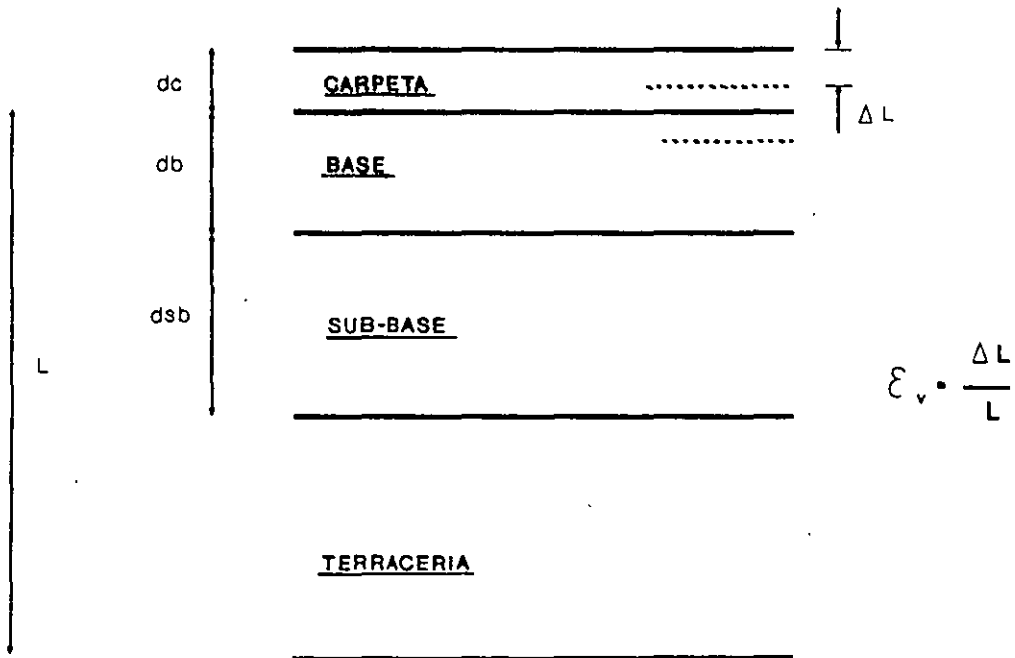


Fig 4.6 Determinación de las deformaciones a compresión.

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	-3.81E-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 1

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	-6.783	-0.111	10000	130	1.537	3.579	-4.303	-2.375	-3.988	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	-5.208	-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

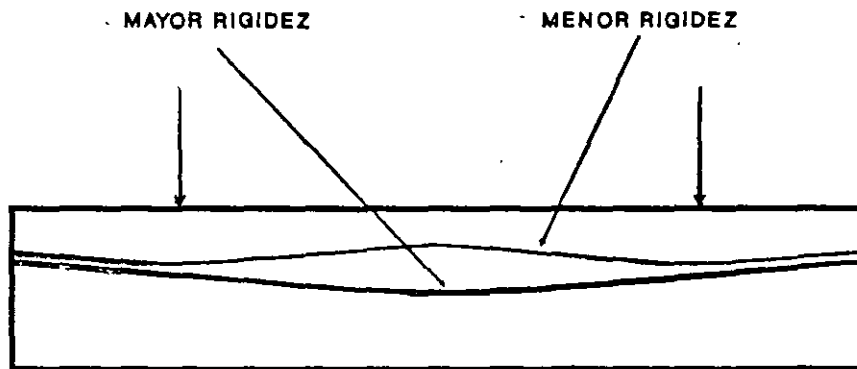


Fig 4.37 *Elástica de un pavimento para diferentes condiciones de rigidez*

dc=8 cm dsb=15 cm

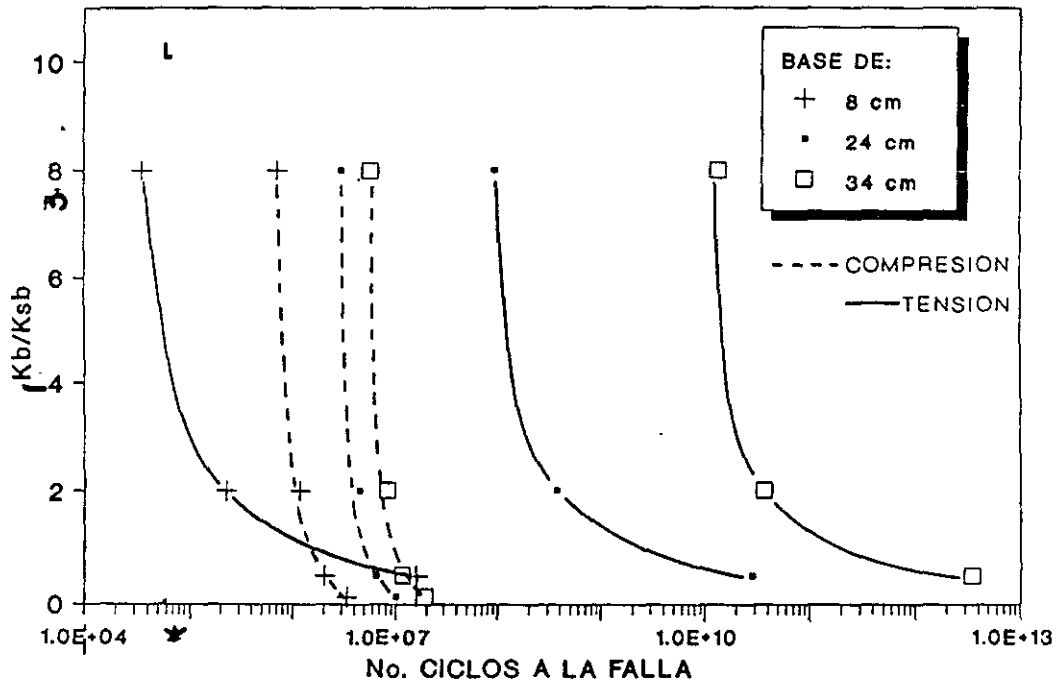


Fig 4.25 Rigidez relativa vs No. de ciclos a la falla.

dc=12 cm dsb=15 cm

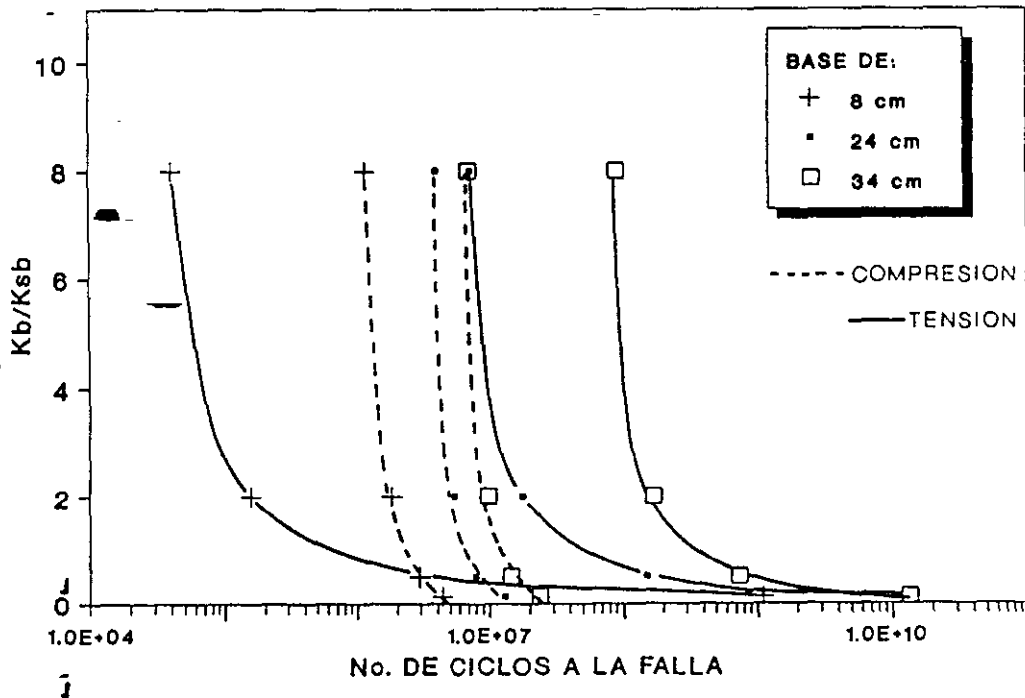


Fig 4.26 Rigidez relativa vs No. de ciclos a la falla.

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 Log ϵ_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

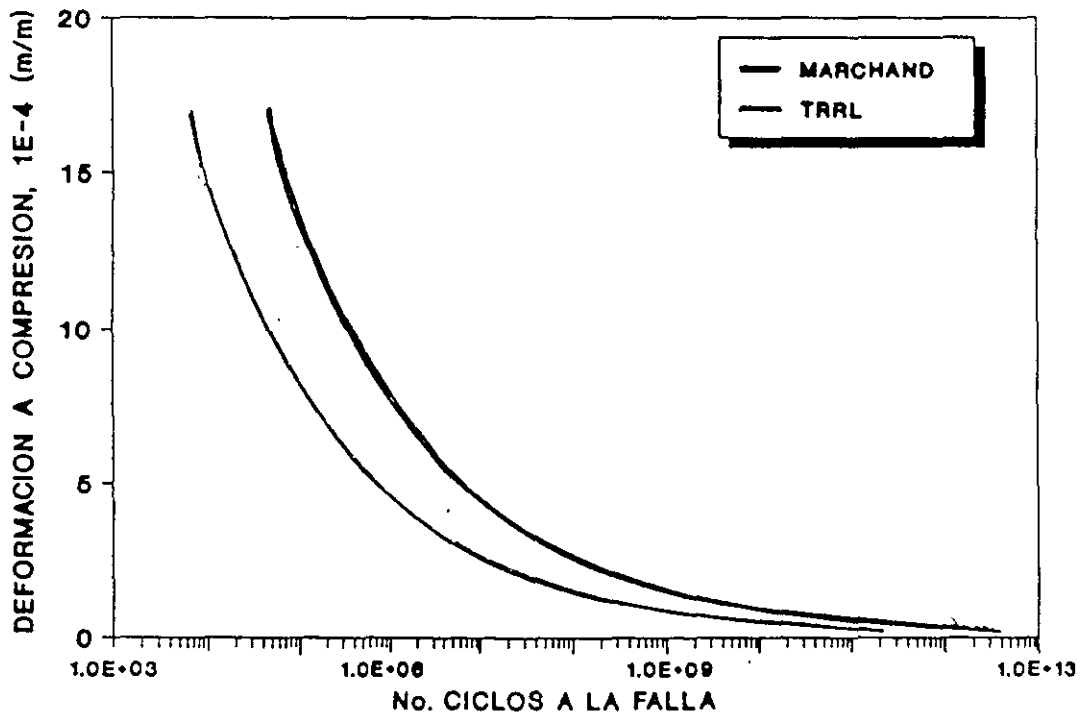
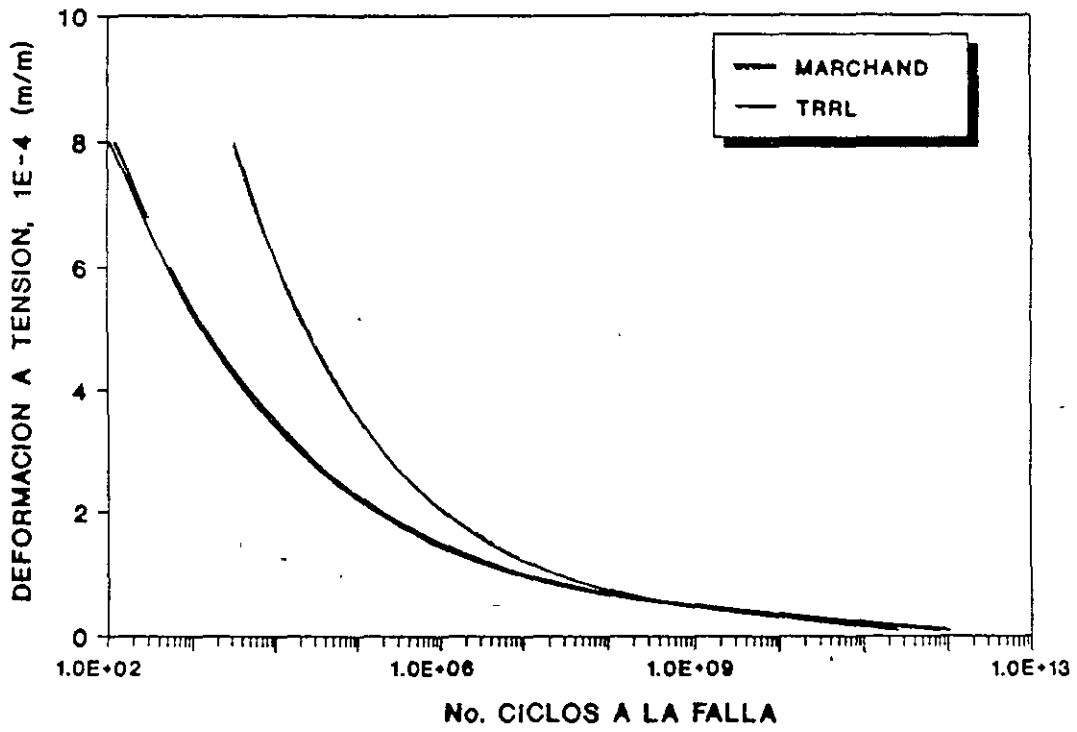
$$N_{fv} = \left[\frac{2.8}{\epsilon_v} \right]^{\frac{1}{0.25}} \quad \text{Compañía Shell (ref 19)}$$

$$N_{fv} = \left[\frac{0.021}{\epsilon_v} \right]^{\frac{1}{0.24}} \quad \text{Marchand (ref 14)}$$

Log N_{fv} = -7.21 - 3.95 Log ϵ_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:

ε_v = deformación unitaria
máxima a compresión

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

en donde:

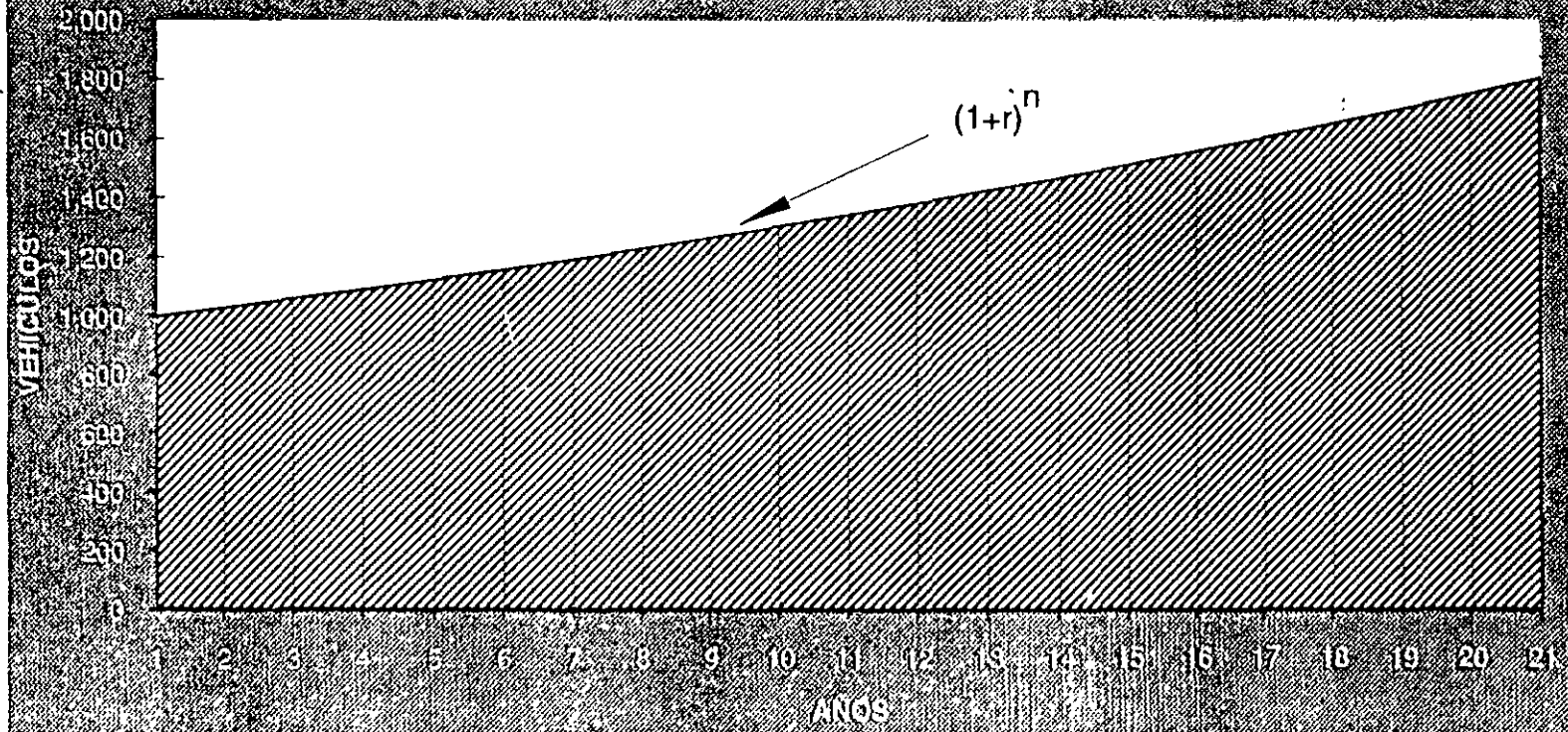
ε_t = deformación unitaria
máxima a tensión

$$N_f = 10 \left[0.8686 \frac{\sigma_t}{21} \right]$$

en donde:

σ_t = esfuerzo máximo de tensión en la parte inferior de la capa rigidizada (kg/cm²)

CRECIMIENTO VEHICULAR



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

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.

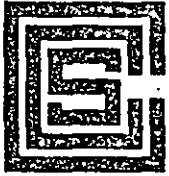
N_i = número de aplicaciones de carga para el eje considerado, que puede resistir el pavimento. Se obtiene al aplicar las ecuaciones de fatiga

e = número total de tipos de ejes considerados

$$\frac{365}{\text{Ln}(1.03)} [1.03^a - 1] \sum_{i=1}^e \frac{E_{oi}}{N_i} = 1$$

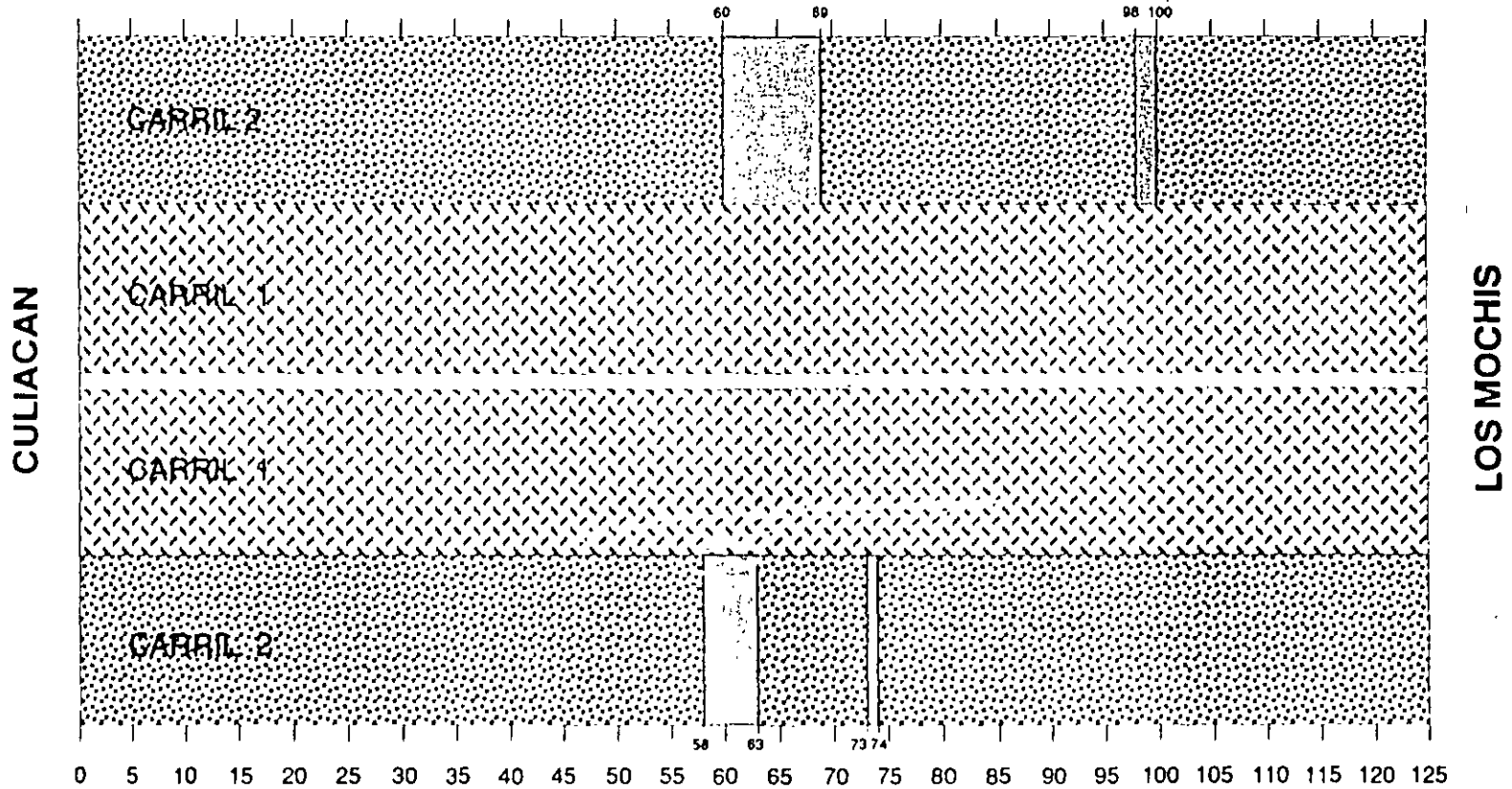
en donde:

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)

CUERPO A

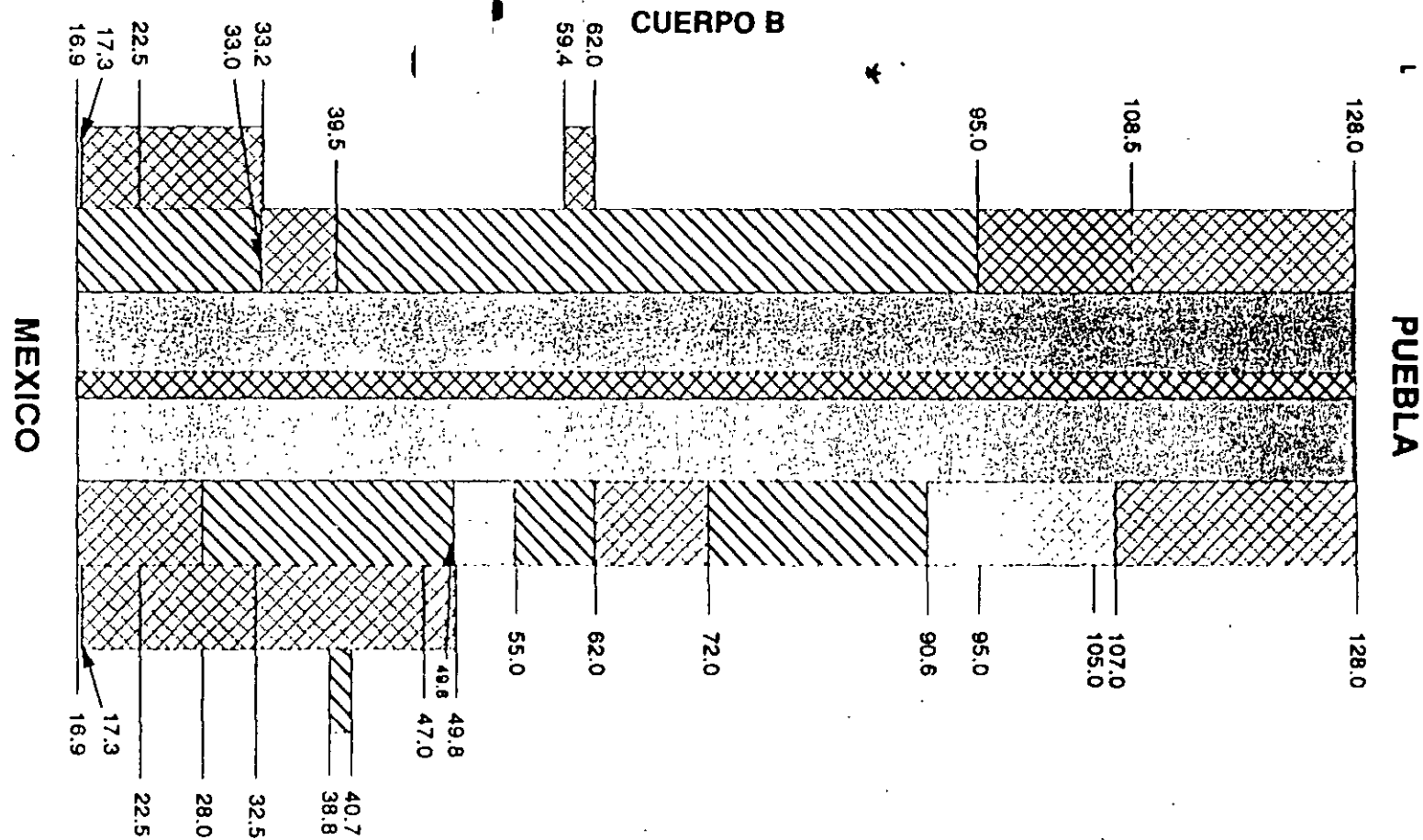
-  ZONA A
-  ZONA B
-  ZONA C









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 ¹
 1 A 3	 MAS DE 5	 MAS DE 5 ²

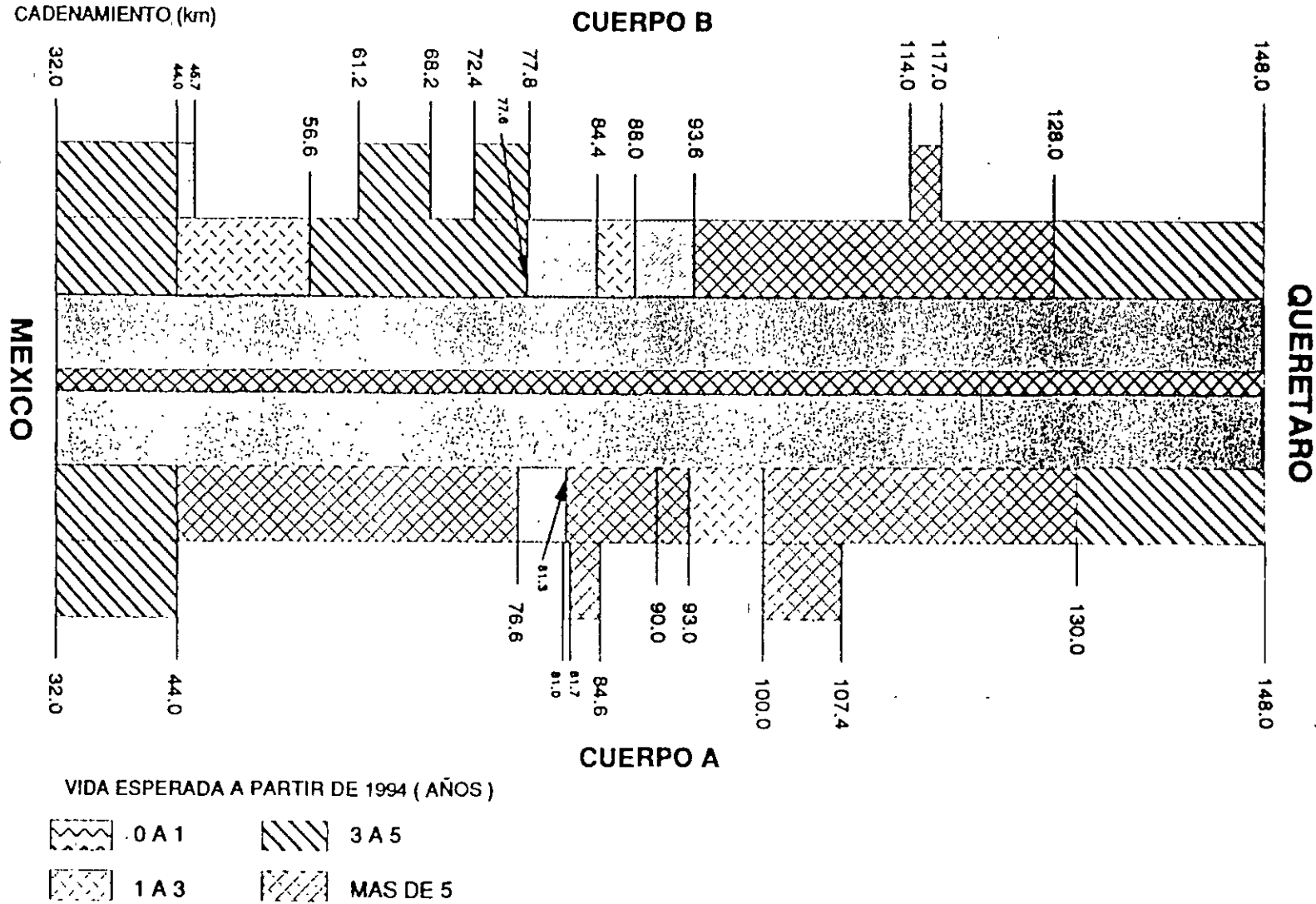
NOTAS: 1 SE RECOMIENDA EFECTUAR RECICLADO DE LA CARPETA DEBIDO A LOS DETERIOROS SUPERFICIALES PRESENTES.
2 ES RECOMENDABLE LA APLICACION DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL



CAMINOS Y Puentes FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

AUTOPISTA: MEXICO - QUERETARO

VIDA ESPERADA COMO RESULTADO DE LA EVALUACION DE
LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CON EL EQUIPO KUAB





CARRETERA: Puebla-Huajuapán de León

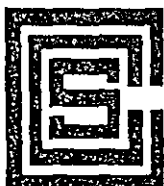
TRAMO: Atlixco-Acullán de Osorio

SUBTRAMO: del km 60 al km 100

**ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA PRIMERA ALTERNATIVA
(PROPIEDADES MECANICAS)**

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO		ESPESOR DE CAPA (cm)	PROPIEDADES MECANICAS			
		km a	km		MODULO ELASTICO (E) (kg/cm ²)	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		
				95.8	97.9	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	
				97.9	100.0	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	

Tabla 1.3

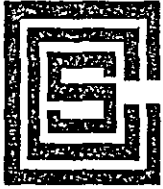


CARRETERA: Puebla-Huajuapán de León
 TRAMO: Atlixco-Acatlán de Osorio
 SUBTRAMO: del km 60 al km 100

**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 ²)	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
		95.8	97.9	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
		97.9	100.0	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		PROPIEDADES MECANICAS	
		km	a km	(cm)		MODULO ELASTICO (E) (kg/cm ²)	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	89.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	5	35,000	0.35
		95.8	97.9	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	95.8	CARPETA ASFALTICA (NUEVA)	5	35,000	0.35
		97.9	100.0	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

Tabla 1.5



CARRETERA: Puebla-Huajuapán de León
 TRAMO: Atlixco-Acatlán 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 (σ_t) kg/cm ²	CICLOS A LA FALLA (Nf)		
		km	a km			COMPRESION 1×10^{-4} (m/m)	TENSION 1×10^{-4} (m/m)		POR COMPRESION 1×10^8	POR TENSION 1×10^8	POR ESFUERZO DE TENSION 1×10^8
11	A	60.0	68.0	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	8.5	3.97	0.21	-	15.20	502.0	-
				BASE HIDRAULICA (NUEVA) 25	11.0	4.54	0.37	-	8.67	33.5	-
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 13	18.0	4.17	0.30	-	12.40	89.9	-
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 15	19.5	4.31	0.33	-	10.80	63.3	-
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300							
12	B	68.0	73.6	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	8.5	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	8.5	4.47	0.37	-	8.25	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	-
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300							
14	D	79.4	89.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	8.5	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	-
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300							
15	E	89.4	95.8	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	8.5	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 TERCERA ALTERNATIVA
 (RESULTADOS)

3

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO		ESPESOR DE CAPA (cm)	CARGA (t)	DEFORMACION UNITARIA		ESFUERZO DE TENSION EN CAPA RIGIDIZADA (σ_t) kg/cm ²	CICLOS A LA FALLA (N _f)		
		km	a km			COMPRESION 1×10^{-4} (mm/m)	TENSION 1×10^{-4} (mm/m)		POR COMPRESION 1×10^6	POR TENSION 1×10^6	POR ESFUERZO DE TENSION 1×10^9
16	A	60.0	68.0	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	8.5	3.29	-	1.29	33.3	-	4.85
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA) 25	11.0	3.89	-	1.91	16.6	-	2.18
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 15	18.0	3.58	-	1.56	24.0	-	3.40
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	19.5	3.66	-	1.69	21.3	-	2.86
17	B	68.0	73.6	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	8.5	3.26	-	1.32	33.8	-	4.69
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA) 25	11.0	3.88	-	1.95	17.1	-	2.05
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 15	18.0	3.52	-	1.59	25.1	-	3.25
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	19.5	3.63	-	1.73	22.0	-	2.73
18	C	73.6	79.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	8.5	3.97	-	1.98	15.2	-	1.95
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA) 25	11.0	4.67	-	2.98	7.7	-	0.54
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 12	18.0	4.24	-	2.45	11.8	-	1.06
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	19.5	4.39	-	2.82	9.9	-	0.84
19	D	79.4	89.4	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	8.5	3.86	-	2.38	17.1	-	1.18
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA) 25	11.0	4.51	-	3.56	8.9	-	0.25
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 8	18.0	4.08	-	2.98	13.6	-	0.53
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300	19.5	4.25	-	3.16	11.5	-	0.42
20	E	89.4	97.9	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 5	8.5	3.88	-	2.09	15.4	-	1.09
				SUB-BASE RIGIDIZADA CON CAL (NUEVA) 25	11.0	4.61	-	3.19	8.1	-	0.40
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 5	18.0	4.20	-	2.81	12.0	-	0.99
				SUB-BASE GRANULAR (EXISTENTE) 16	19.9	4.35	-	2.83	10.4	-	0.84
				CAPAS INFERIORES (EXISTENTES) 300							

Tabla 1.9



CARRETERA: Puebla-Huajuapán de León
 TRAMO: Atlixco-Acatlán de Osorio
 SUBTRAMO: del km 60 al km 100

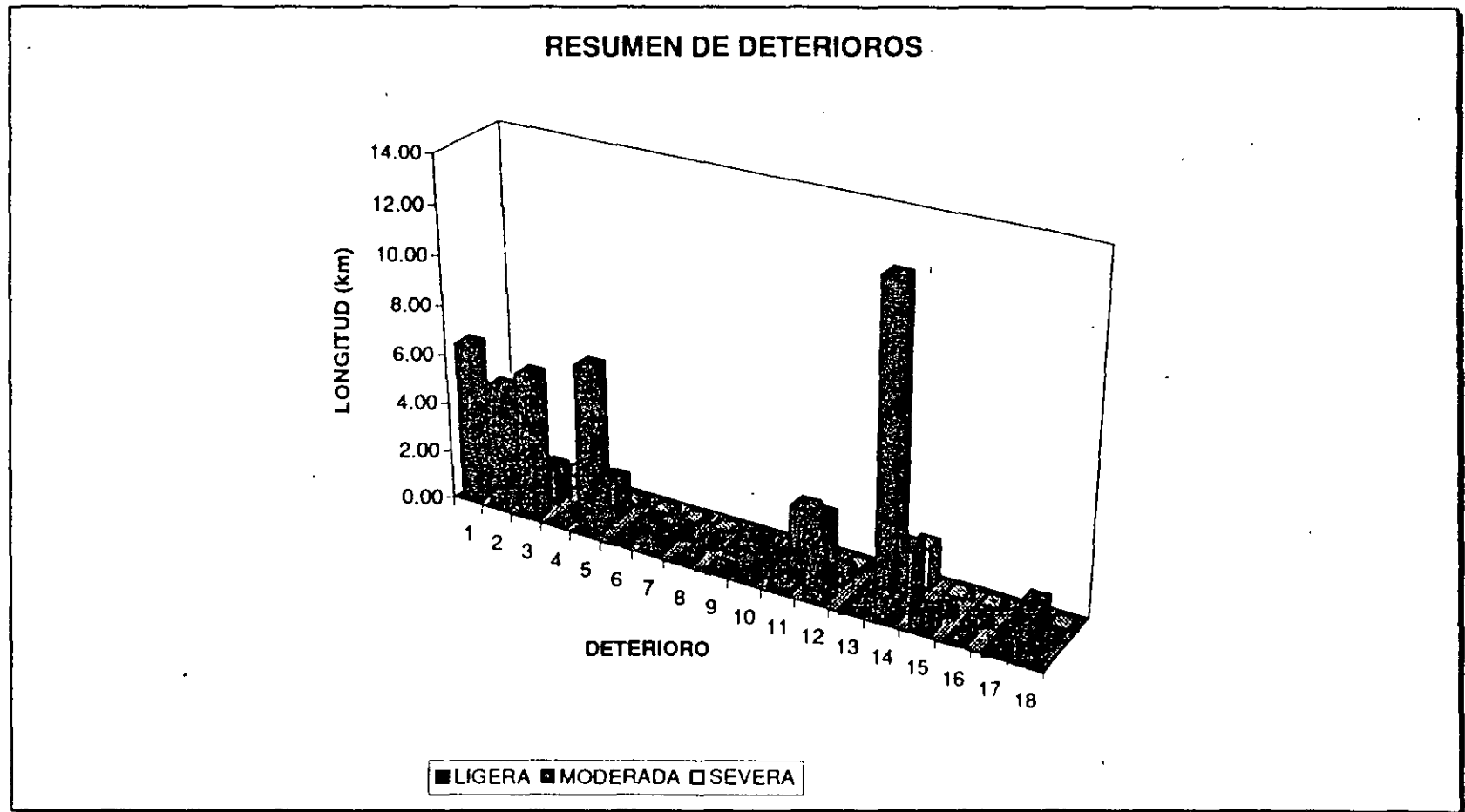
ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA SEGUNDA ALTERNATIVA
 (VIDA ESPERADA)

CASO SIMULADO	ZONA	SUBTRAMO		ESPESOR DE CAPA (cm)	VIDA ESPERADA (AÑOS)
		km	a km		
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	89.4	95.8	CARPETA ASFALTICA (NUEVA) 10	9.1
				BASE HIDRAULICA (NUEVA) 25	
				BASE GRANULAR (EXISTENTE) 14	
				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 "taridem"
 c) La tasa de crecimiento vehicular considerada es 4 % anual

RAUL VICENTE OROZCO y Cía.
AUTOPISTA: MEXICO-CUERNAVACA
TRAMO: TLALPAN-CUERNAVACA
CUERPO: A



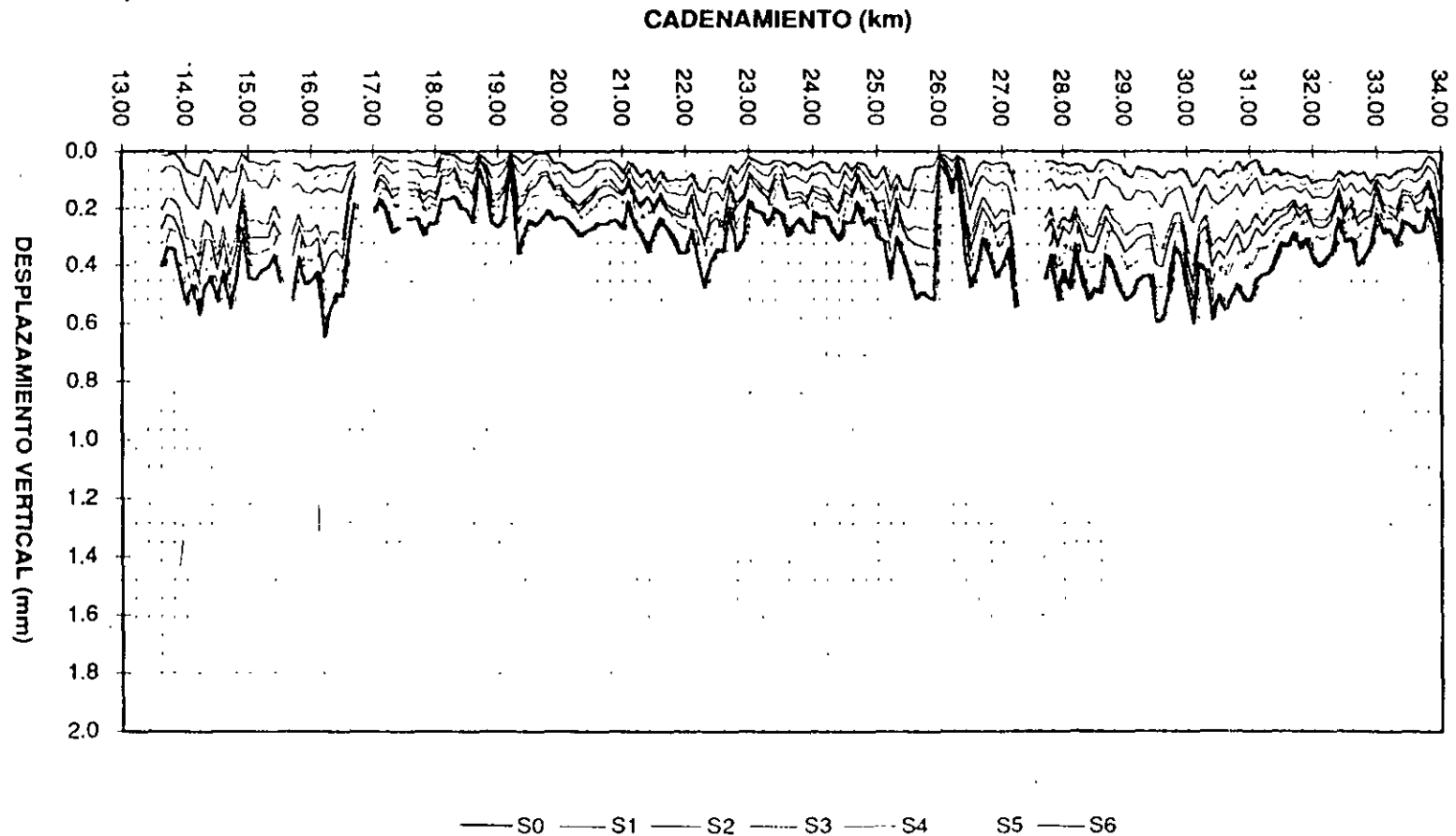
AUTOPISTA CONCESIONADA:

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)

PROMEDIO DE CARGA: 6,173 kg

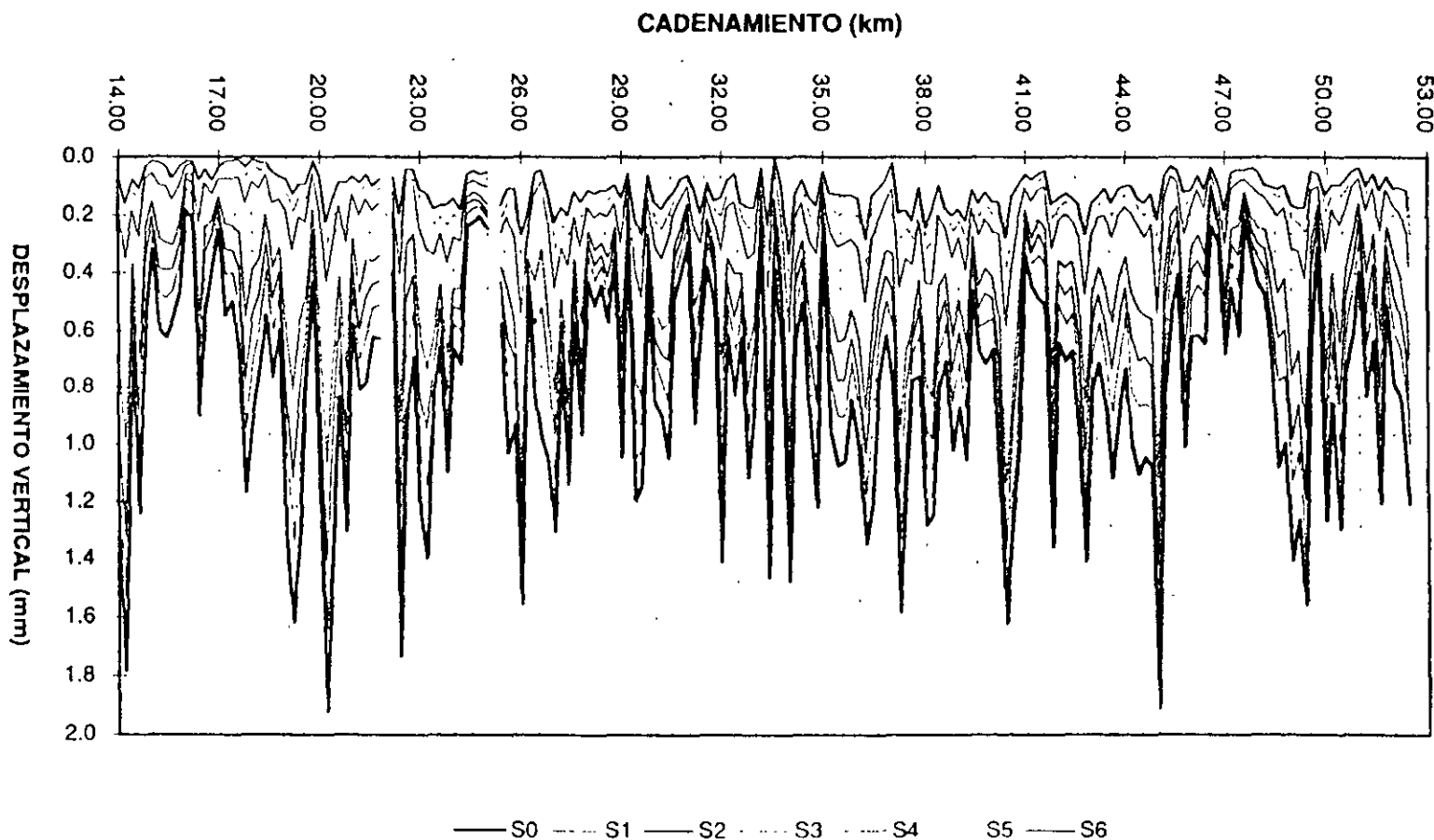
CARRETERA FEDERAL:

MEXICO - TOLUCA

TRAMO: del km 14 al km 51.3, CUERPO A

CARRIL DE BAJA VELOCIDAD

MEDICION DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES CON EQUIPO KUAB



(S=Stsmómetro)

PROMEDIO DE CARGA: 6,159 kg

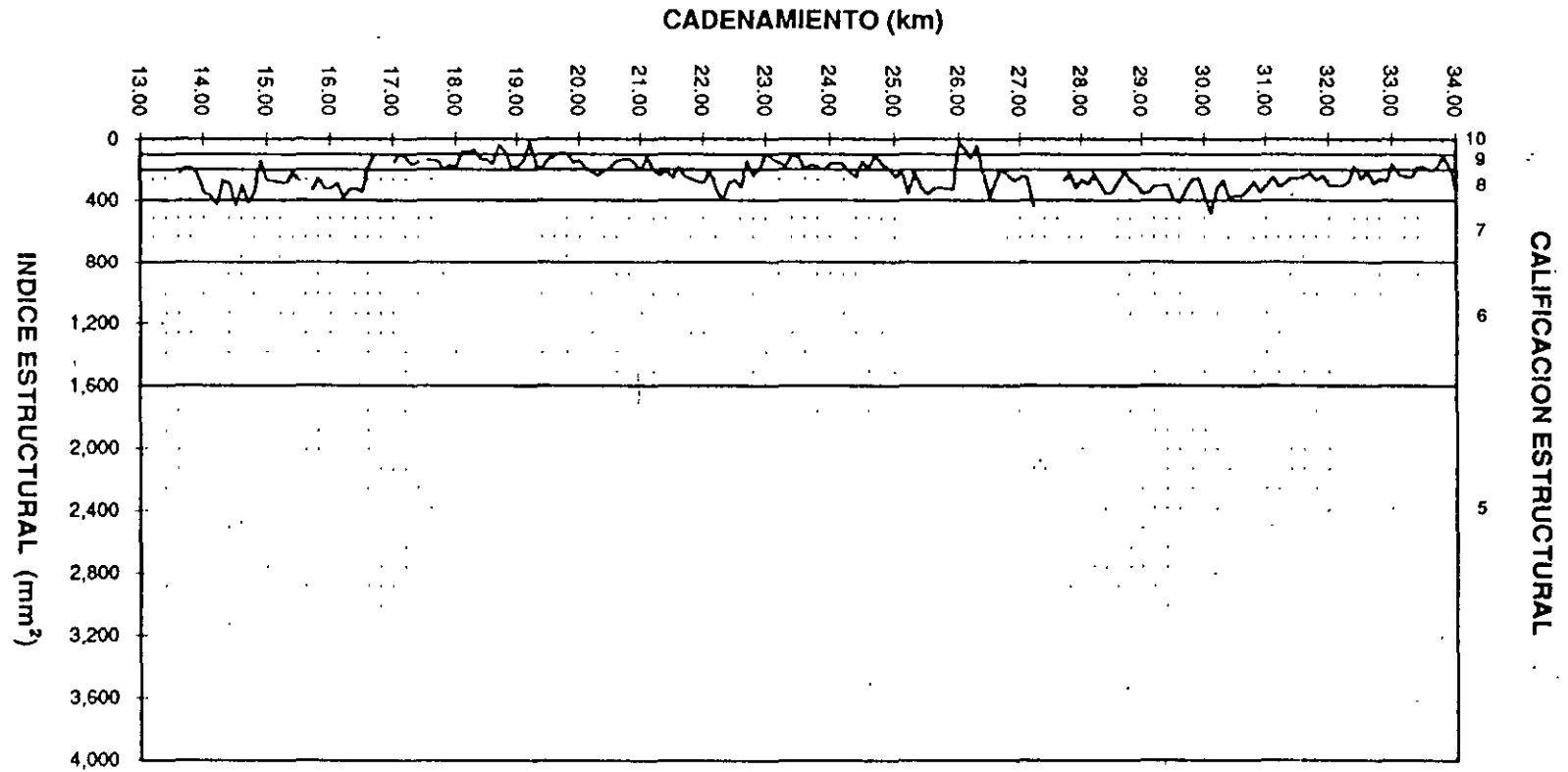
AUTOPISTA CONCESIONADA:

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 %

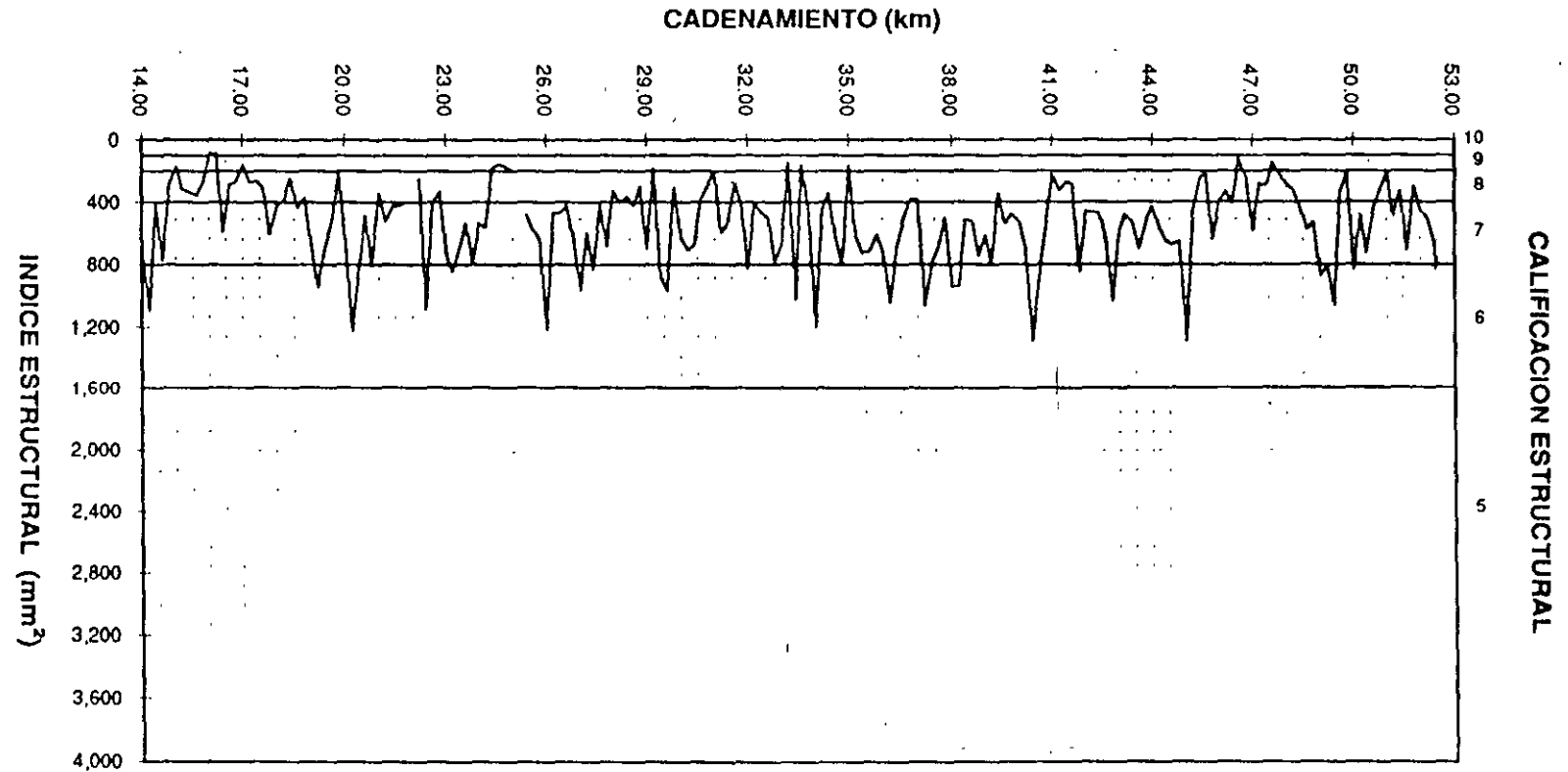
CRRRETERA FEDERAL:

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	ESPEJOR DE CAPA (cm)		VIDA ESPERADA (AÑOS)
				Descripción	Valor	
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	13.6
				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	12.6
				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 11.1 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 %

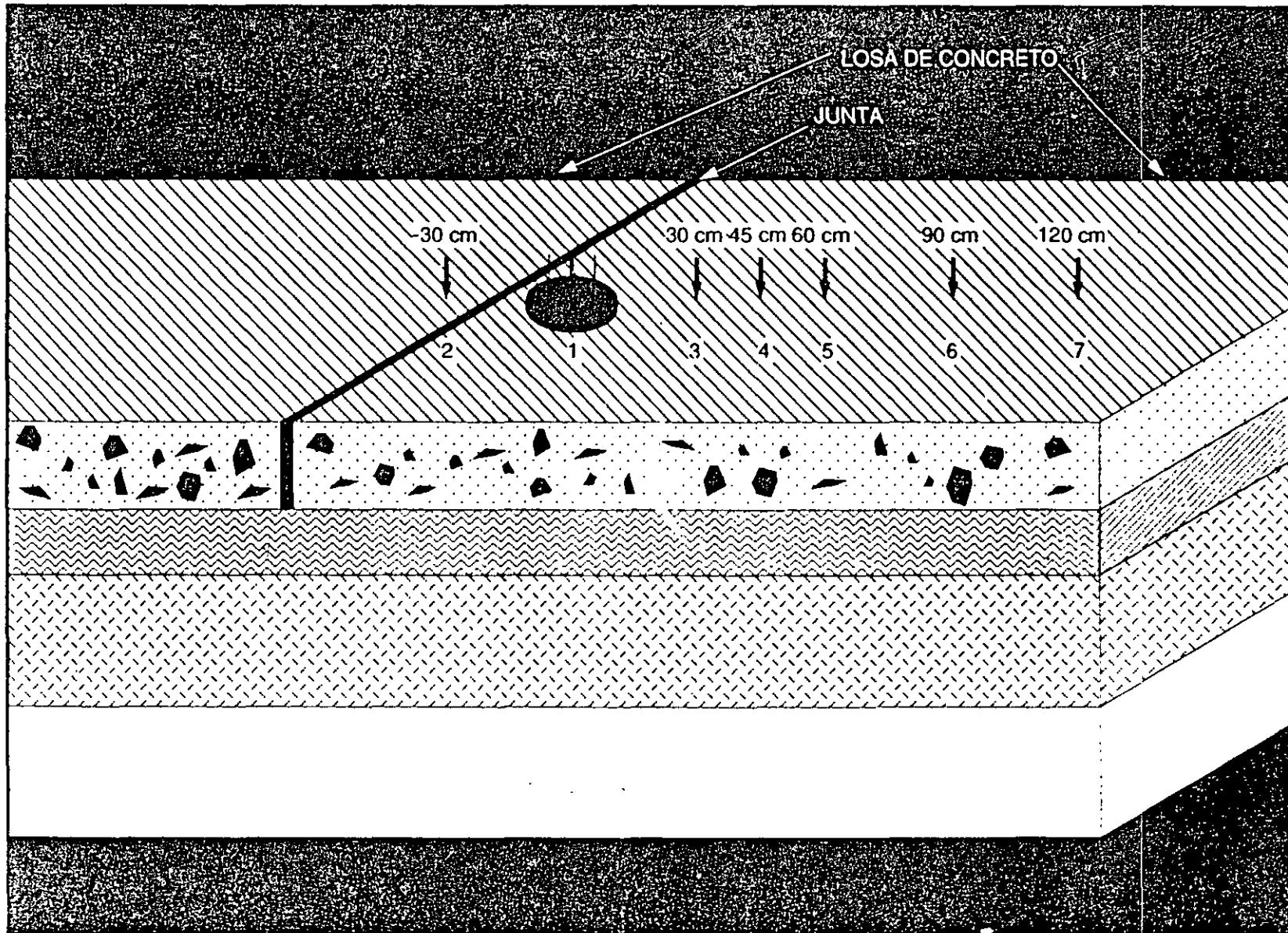
ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA LA SEGUNDA ALTERNATIVA
 (VIDA ESPERADA)

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	140 203	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	203 215	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	

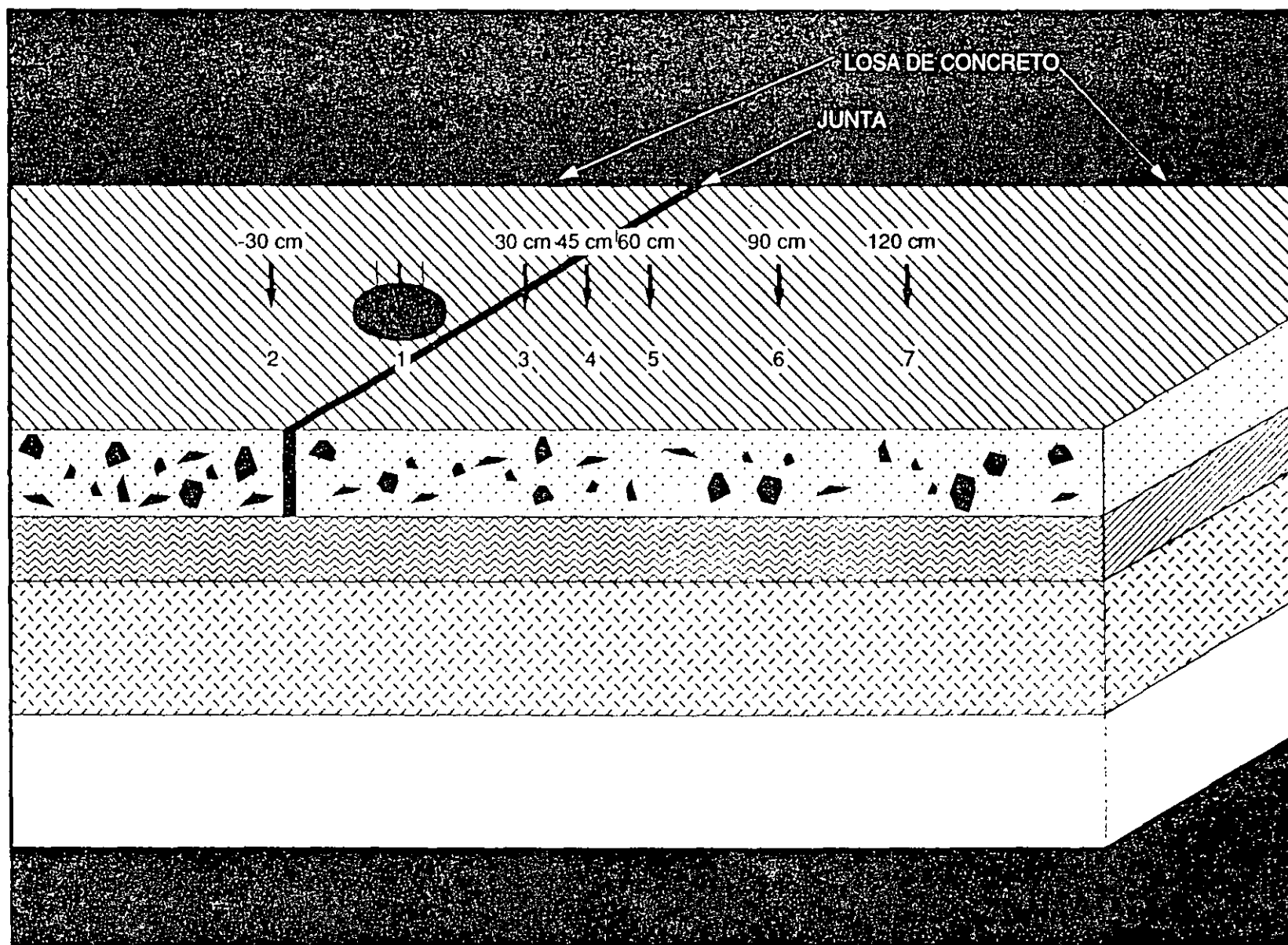
NOTAS:

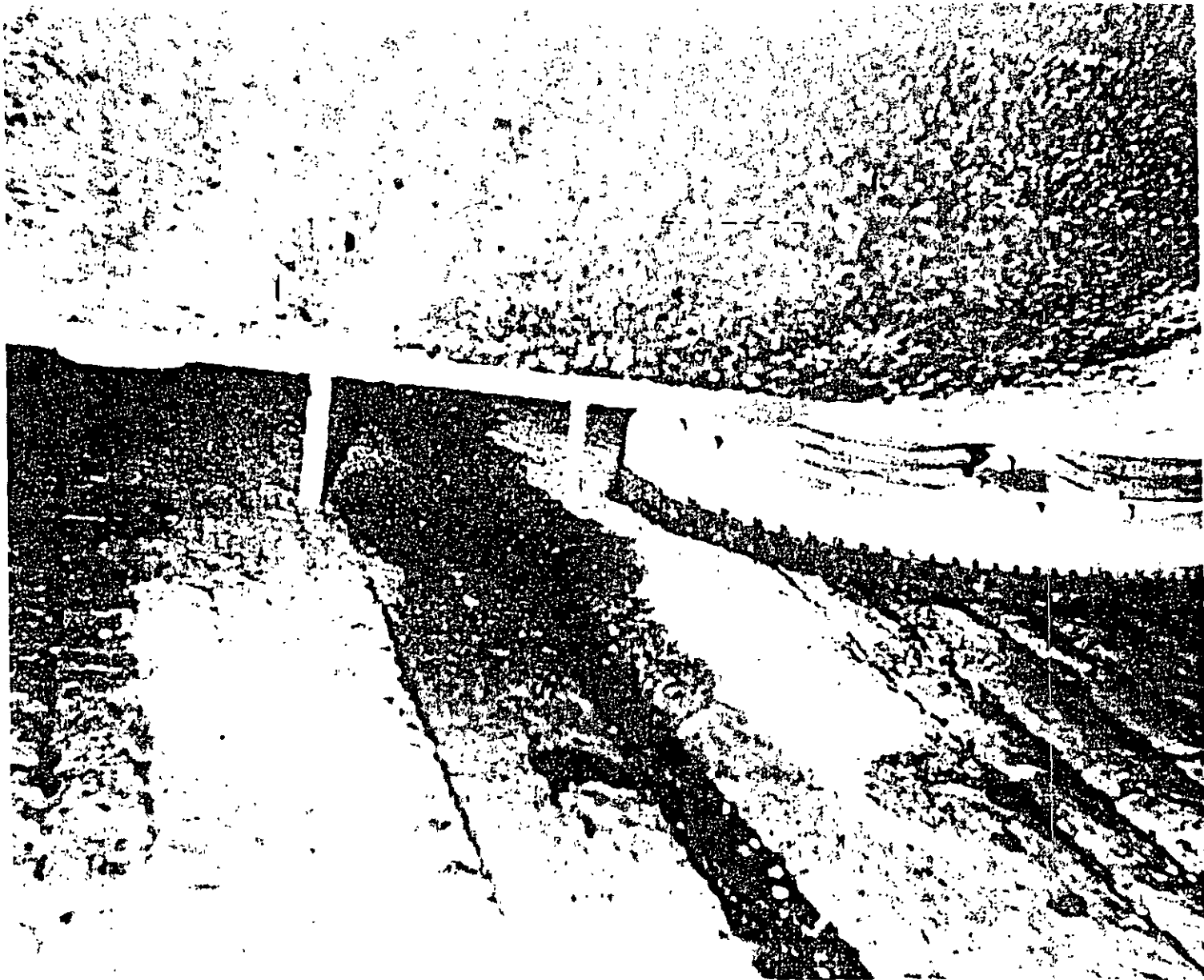
- a) La distribución vehicular considerada es: A = 59 %, B = 4 % y C = 37%
- b) Las cargas consideradas son de 6.5 y 11 t para eje sencillo, 18 y 19.5 t para eje "tandem" y 22.5 t para eje "tridem"
- c) La tasa de crecimiento vehicular considerada es 4.7 %

CONFIGURACION PARA TRANSFERENCIA DE CARGA



CONFIGURACION PARA TRANSFERENCIA 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

A V E N I D A S A N P E D R O

LOSA	I (m)	IMPACTO	CARGA (kg)	DESPLAZAMIENTO VERTICAL (Micr)							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)	IMPACTO	CARGA (kg)	DESPLAZAMIENTO VERTICAL (Micras)							TEMPERATURA (°C)		HORA	TRANSFERENCIA DE CARGA	DIFERENCIA (S2-S3)
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	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	0.826	
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	238	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
	316	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	188	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 (ϵ_t , ϵ_v y σ_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 ϵ_t y ϵ_v (costo alto)

Aumentar el espesor de la sub-base favorece la disminución de ϵ_v pero poco cambio en ϵ_t

Considerar para proyecto el factor económico y técnico

Mayor investigación

Experimentación a escala natural

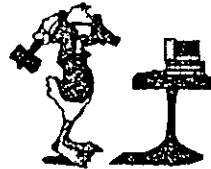
Estricto control de calidad

CONCLUSIONES

- Mayor representatividad de las condiciones reales



- Reducción en la probabilidad de errores



- Prueba no destructiva

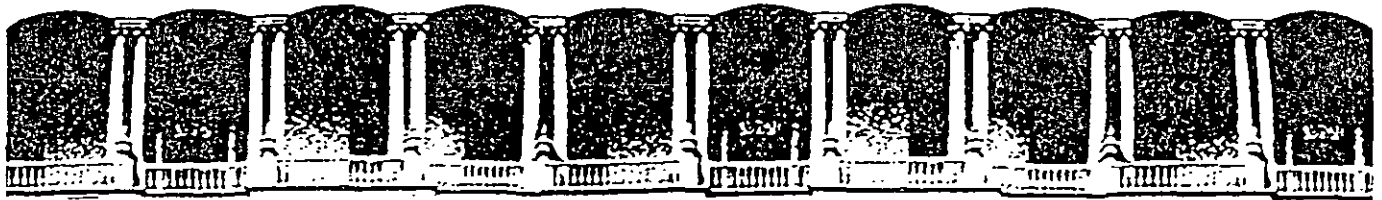
- Datos in situ



- Mayor rapidez

- Económico





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

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

MÓDULO III

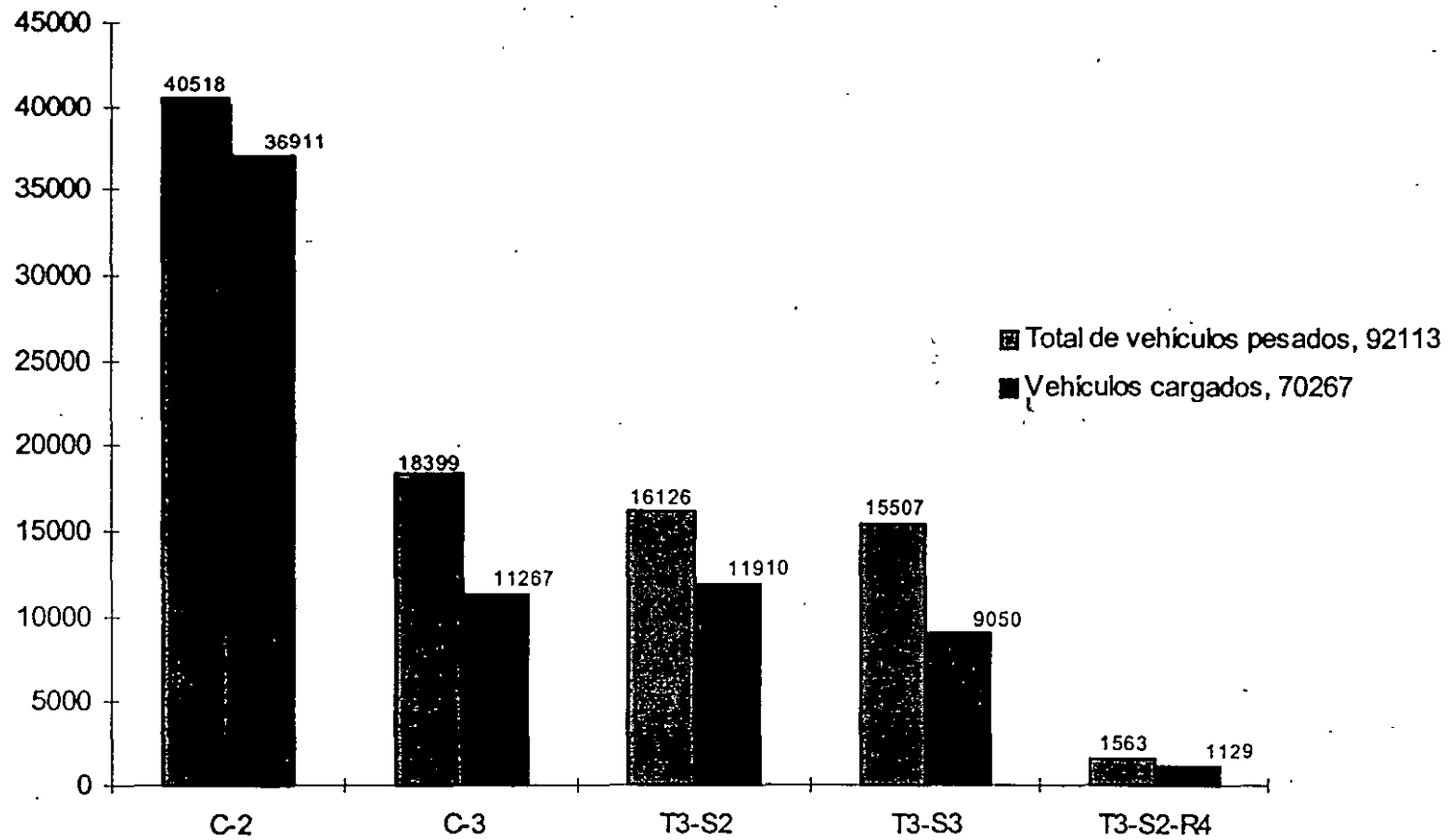
**CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN
DE CARRETERAS**

TEMA

**SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PUENTES Y SU APLICACIÓN EN MÉXICO
(SIAP).CASOS DE APLICACIÓN.**

**ING. MIGUEL BAROUSSE MORENO
PALACIO DE MINERÍA
NOVIEMBRE 1999**

PANORAMA DE LAS CARGAS VIVAS EN MEXICO



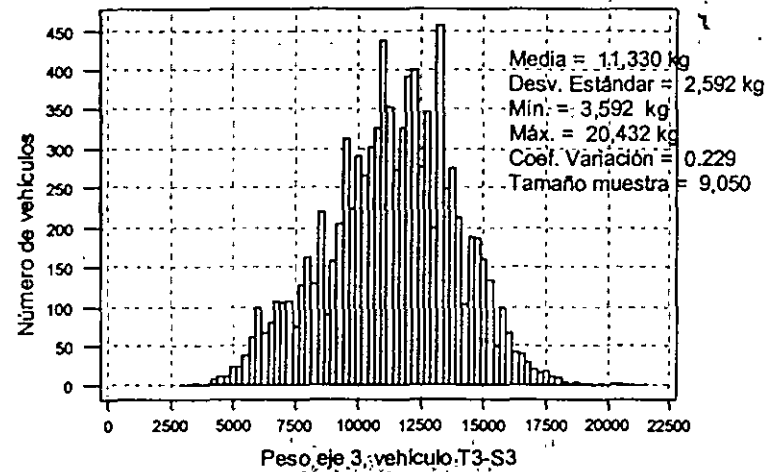
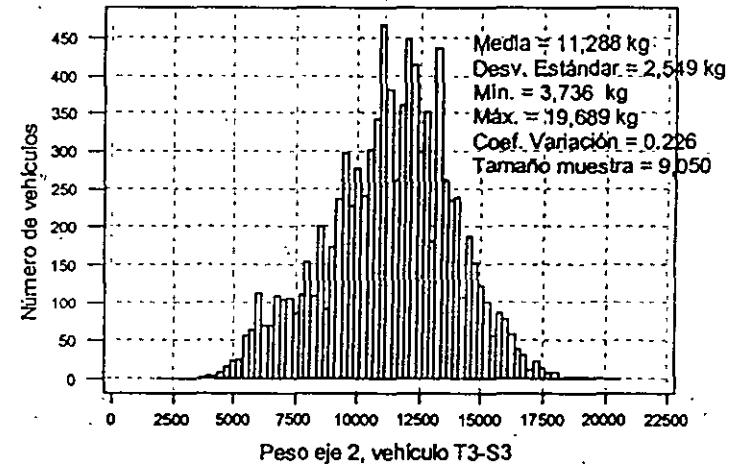
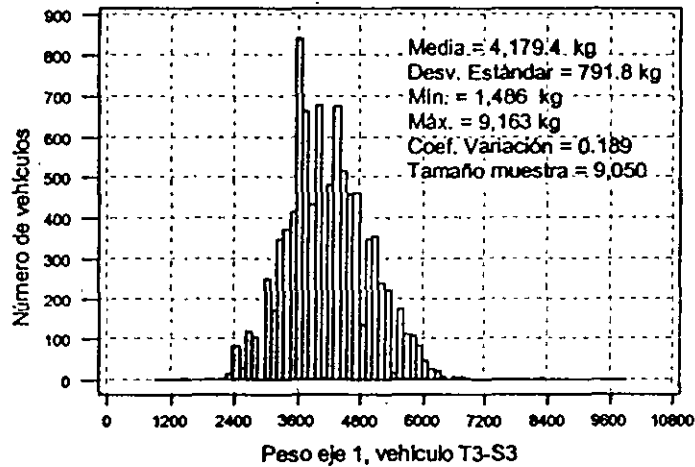
VALORES PROMEDIO DE LOS PESOS BRUTOS VEHICULARES Y
PORCENTAJE DE VEHÍCULOS EXCEDIDOS

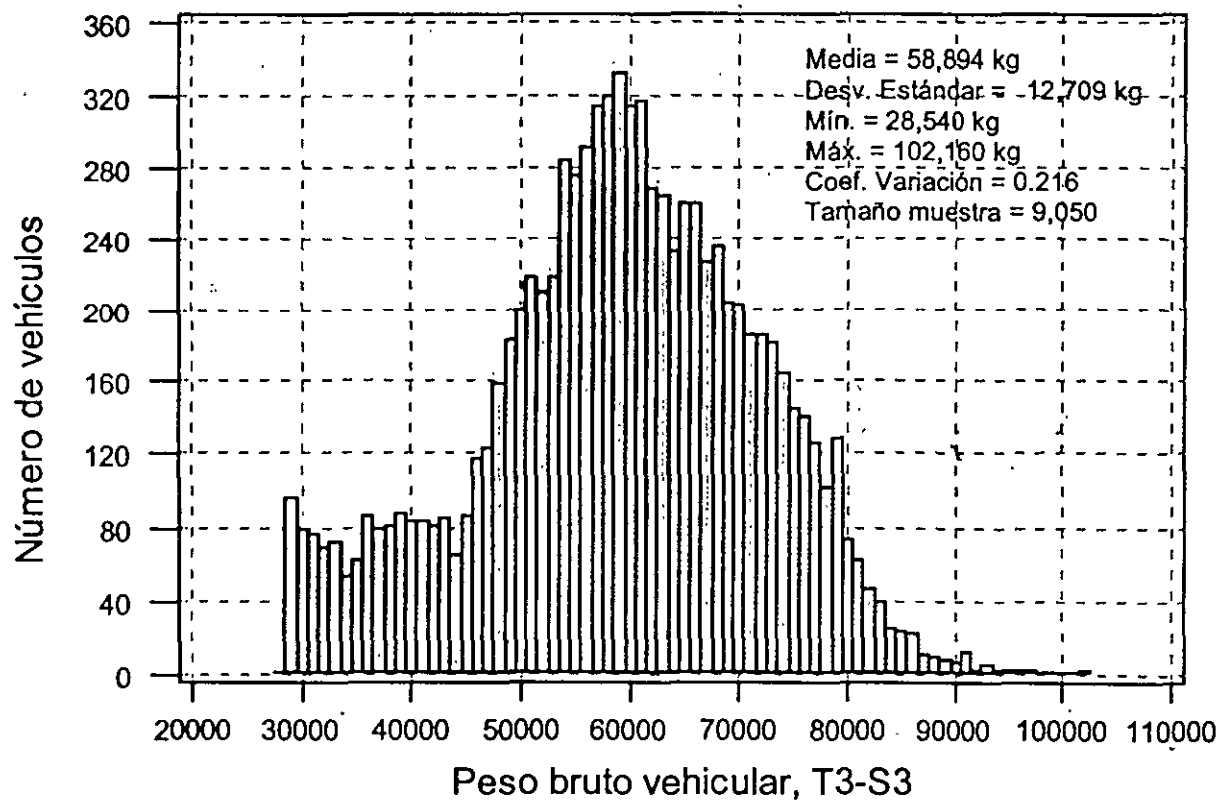
Vehículo	PBV prom. (kg)	PBV autorizado ² (kg)	% de vehículos excedidos ³
C-2	11,268 (0.356) ¹	13,500 (4 llantas) 17,500 (6 llantas)	28.16 (4 llantas) 4.96 (6 llantas)
C-3	22,825 (0.339)	19,000 (6 llantas) 26,000 (10 llantas)	37.86 (6 llantas) 21.56 (10 llantas)
T3-S2	35,557 (0.337)	44,000 (18 llantas)	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)

ACADEMIA MEXICANA DE INGENIERIA

EVALUACION DE RIESGO EN ESTRUCTURAS PARA PUENTES CARRETEROS

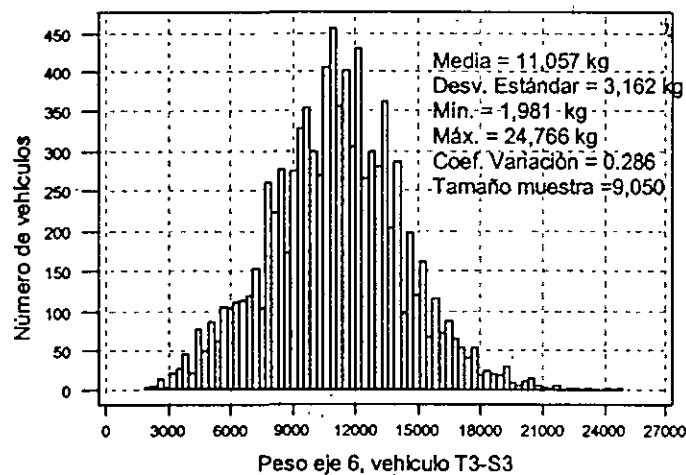
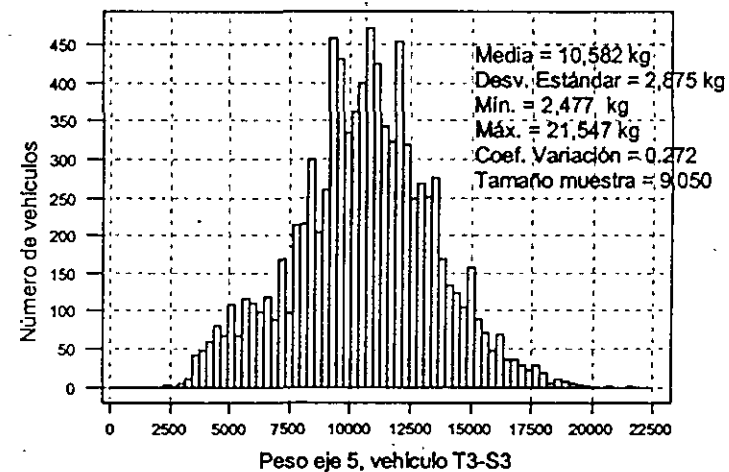
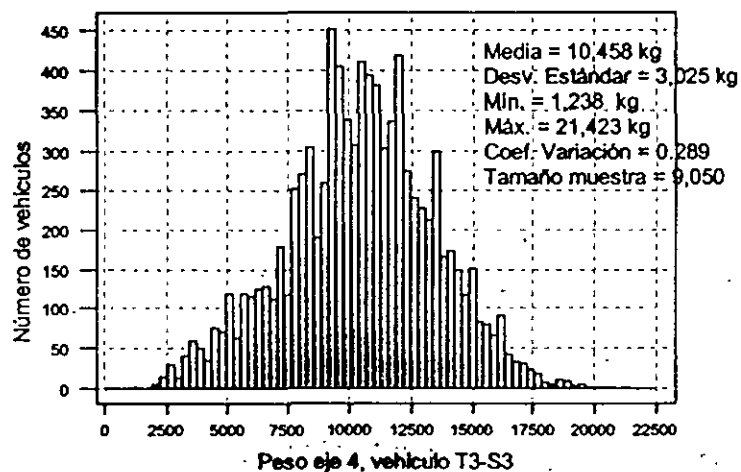
Agosto de 1997

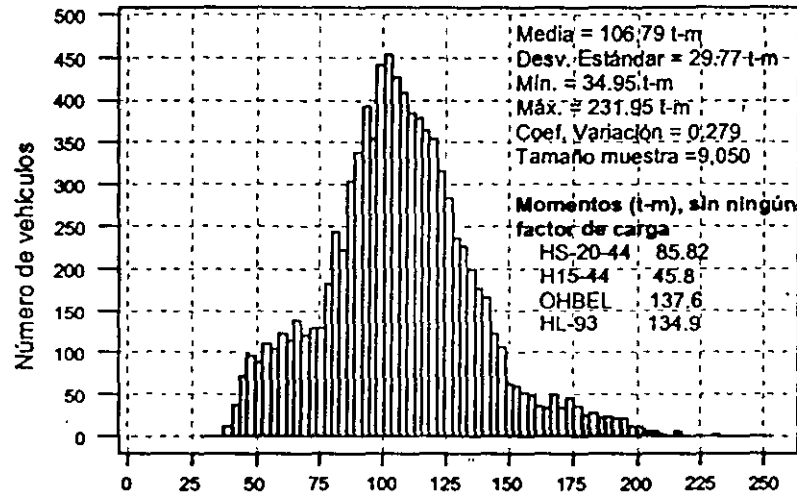




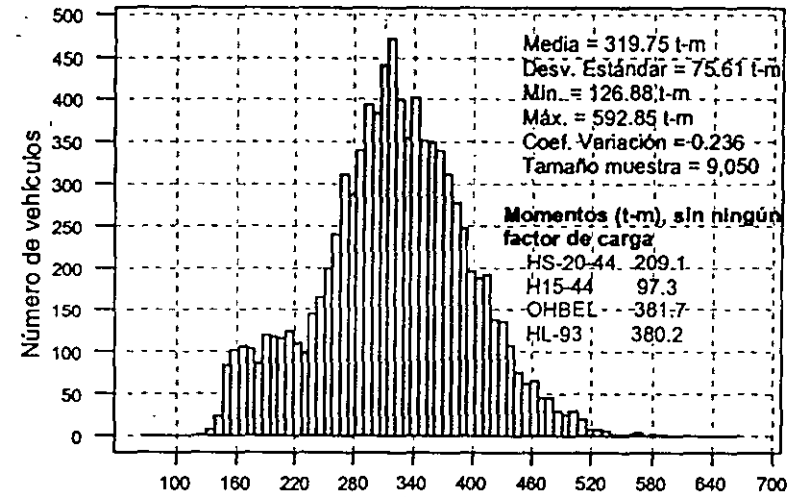
VALORES PROMEDIO DE LAS CARGAS POR EJE EN KG

Vehículo	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	Eje 6	Eje 7	Eje 8	Eje 9
C-2	3,295 (0.348) ¹	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)

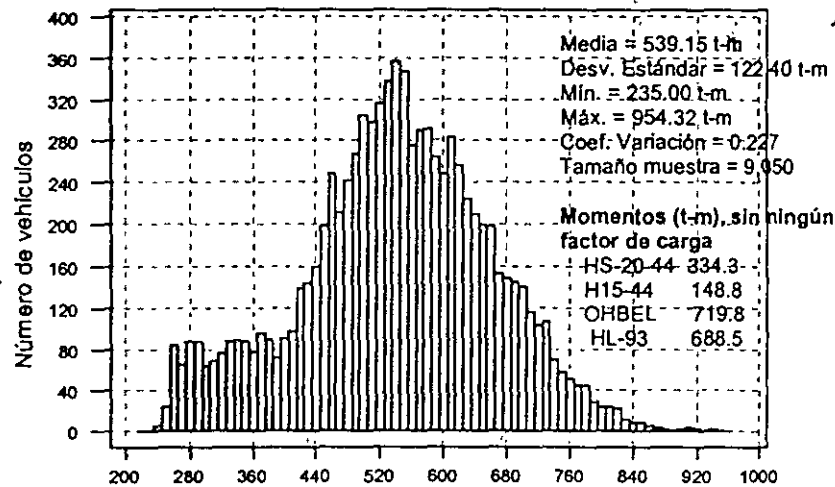




M15, vehículo T3-S3



M30, vehículo T3-S3

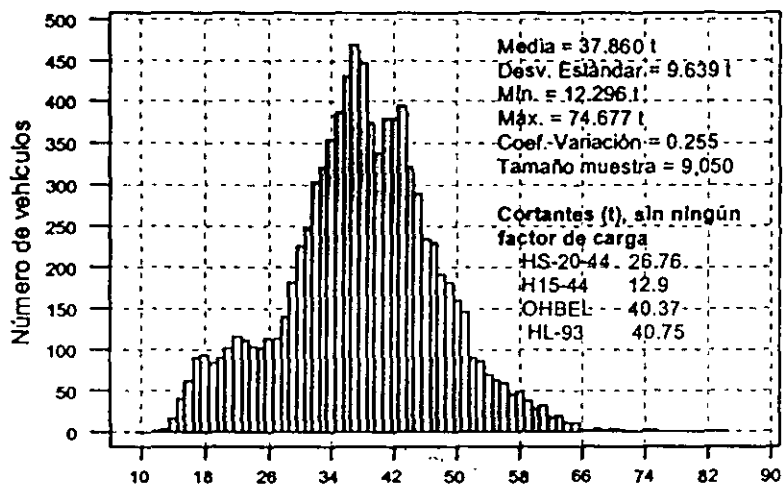


M45, vehículo T3-S3

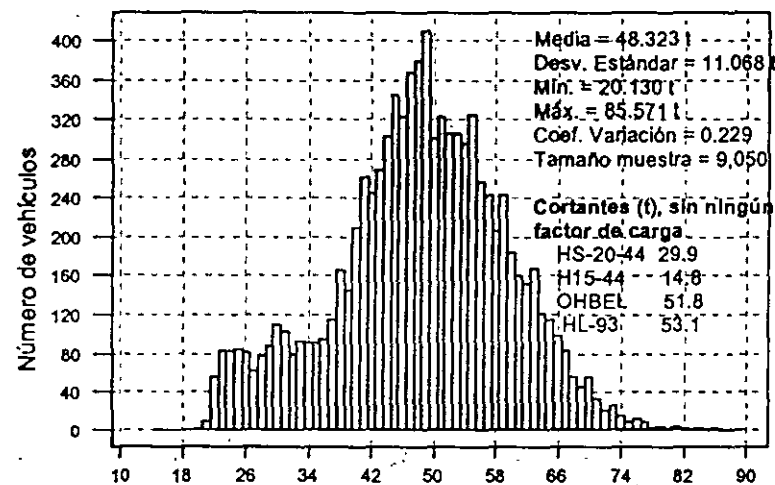
ACADEMIA MEXICANA DE INGENIERIA

EVALUACION DE RIESGO EN ESTRUCTURAS PARA PUENTES CARRETEROS

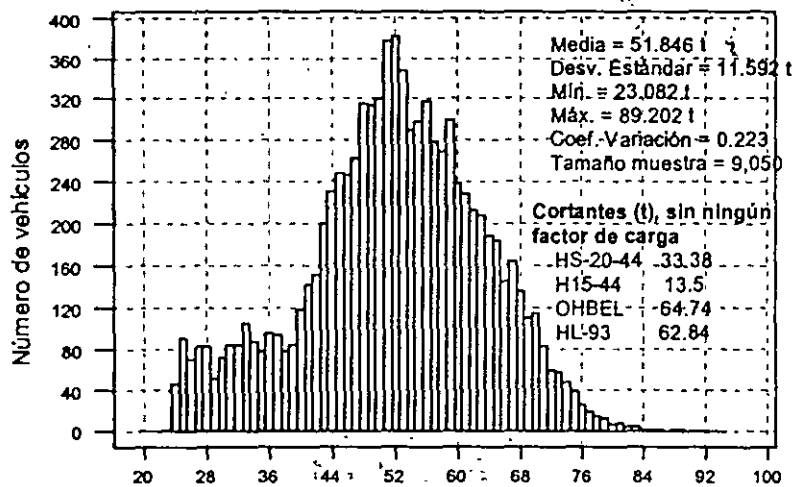
Agosto de 1997



V15, vehiculo T3-S3



V30, vehiculo T3-S3

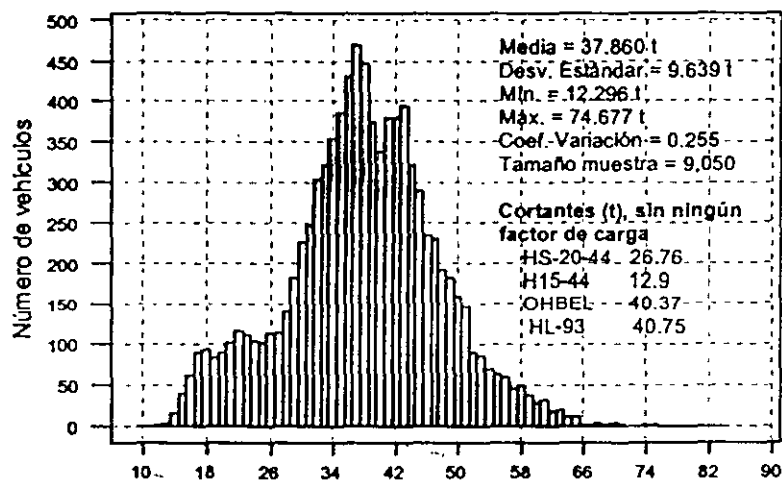


V45, vehiculo T3-S3

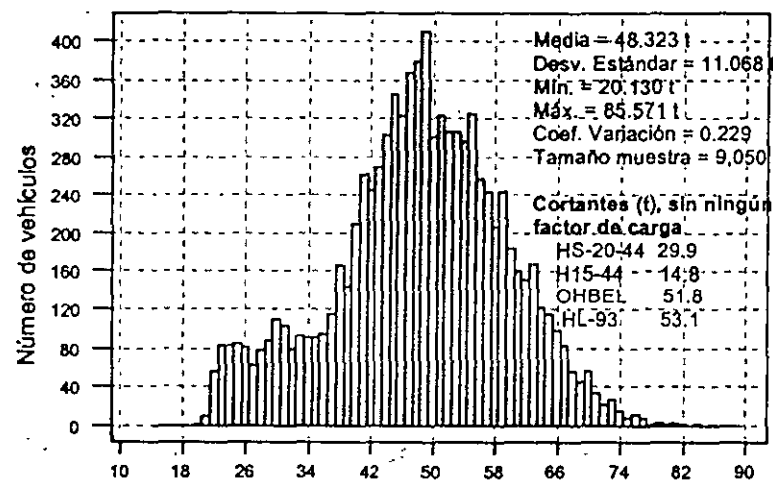
ACADEMIA MEXICANA DE INGENIERIA

EVALUACION DE RIESGO EN ESTRUCTURAS PARA PUENTES CARRETEROS

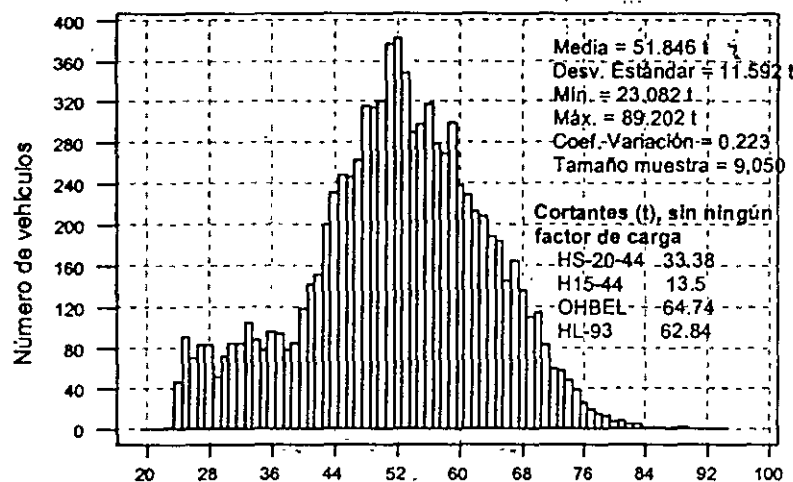
Agosto de 1997



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

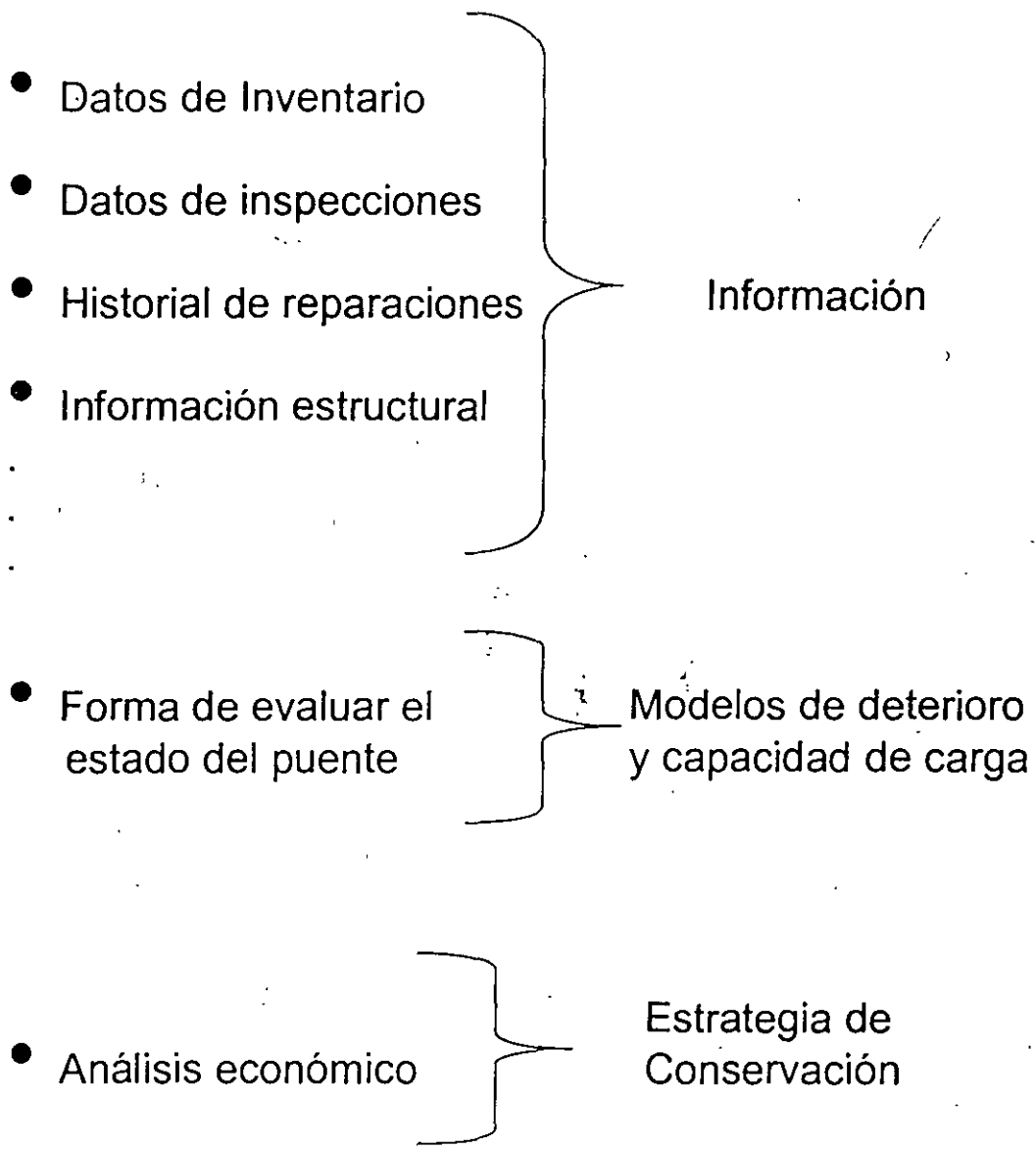
Tipo de vehículo	Momento en t-m, para los tres claros			Cociente entre el momento que produce el vehículo HS- 20-44 y la media de los momentos calculados.		
	15 m	30 m	45 m	15 m	30 m	45 m
C-2	32.87 (0.413) ¹	77.56 (0.343)	122.70 (0.325)	2.611	2.696	2.724
C-3	69.05 (0.369)	154.58 (0.353)	240.15 (0.348)	1.243	1.353	1.392
T3-S2	57.77 (0.386)	184.35 (0.351)	316.69 (0.343)	1.485	1.134	1.055
T3-S3	106.79 (0.279)	319.75 (0.236)	539.15 (0.227)	0.804	0.654	0.620
T3-S2-R4	96.48 (0.374)	317.95 (0.360)	552.91 (0.307)	0.899	0.658	0.605

**CORTANTES PROMEDIO Y SU COMPARACION CON LOS
QUE PRODUCEN EL VEHICULO HS20-44**

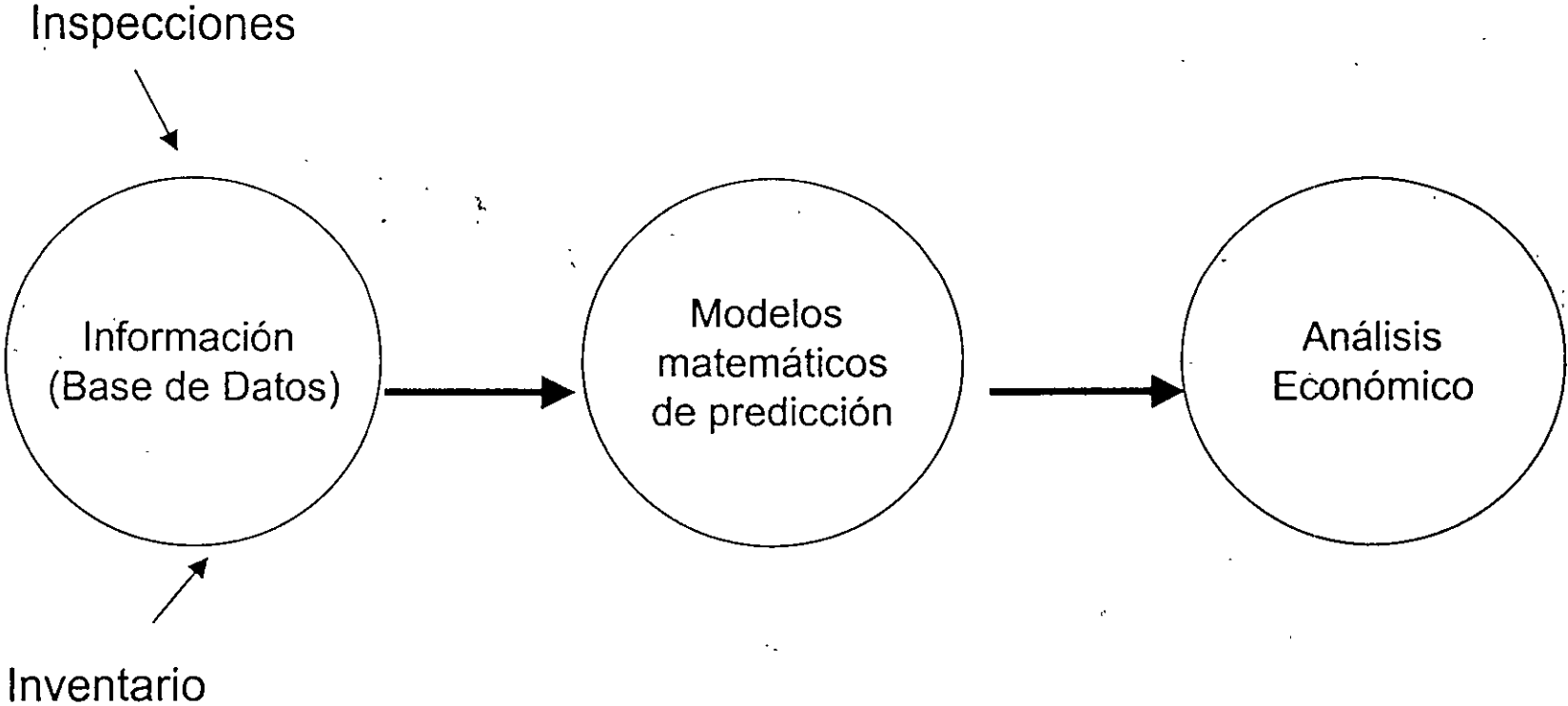
Tipo de vehículo	Cortantes en t, para los tres claros			Cociente entre el cortante que produce el vehículo HS- 20-44 y la media de los cortantes calculados.		
	15 m	30 m	45 m	15 m	30 m	45 m
C-2	10.25 (0.349) ¹	11.17 (0.317)	11.48 (0.309)	2.611	2.677	2.908
C-3	20.22 (0.359)	21.52 (0.348)	21.96 (0.345)	1.323	1.389	1.520
T3-S2	20.66 (0.424)	28.01 (0.369)	30.52 (0.356)	1.295	1.067	1.094
T3-S3	37.86 (0.255)	48.32 (0.229)	51.85 (0.223)	0.707	0.619	0.644
T3-S2-R4	30.40 (0.375)	44.35 (0.365)	54.46 (0.321)	0.880	0.674	0.613

Sistema de Administración de Puentes

Elementos importantes:



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.

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 c. jón.

Material(26b) _____

- 1.- Concreto reforzado
- 2.- Concreto presforzado
- 3.- Acero soldado
- 4.- Acero remachado
- 5.- Mampostería
- 6.- Mixto concreto reforzado y acero
- 7.- Mixto concreto presforzado 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.- Estribos
- 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.- Comprband
- 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) _____

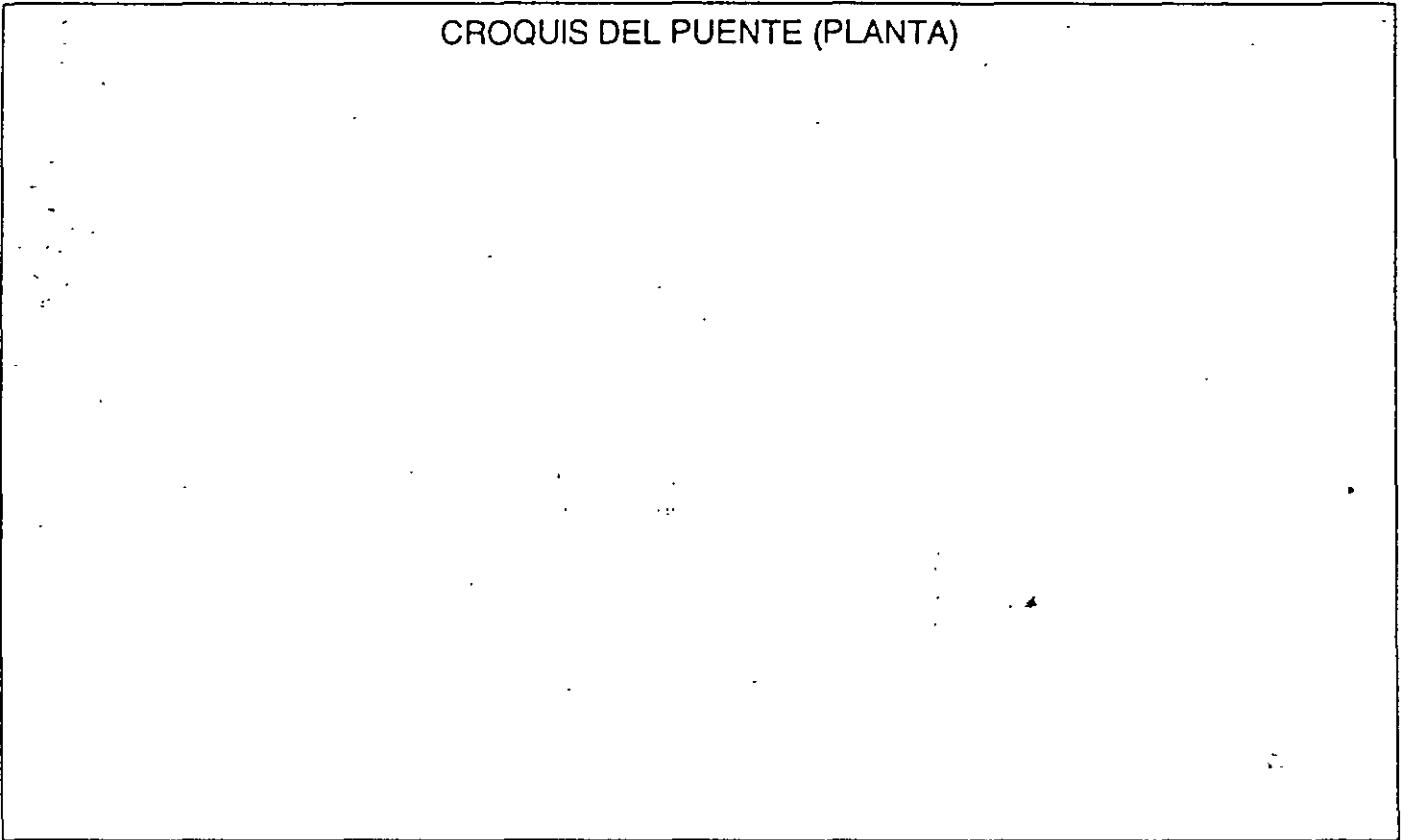
TIPO DE PUENTE

- | | |
|--------------------------------|---------------|
| 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 | |

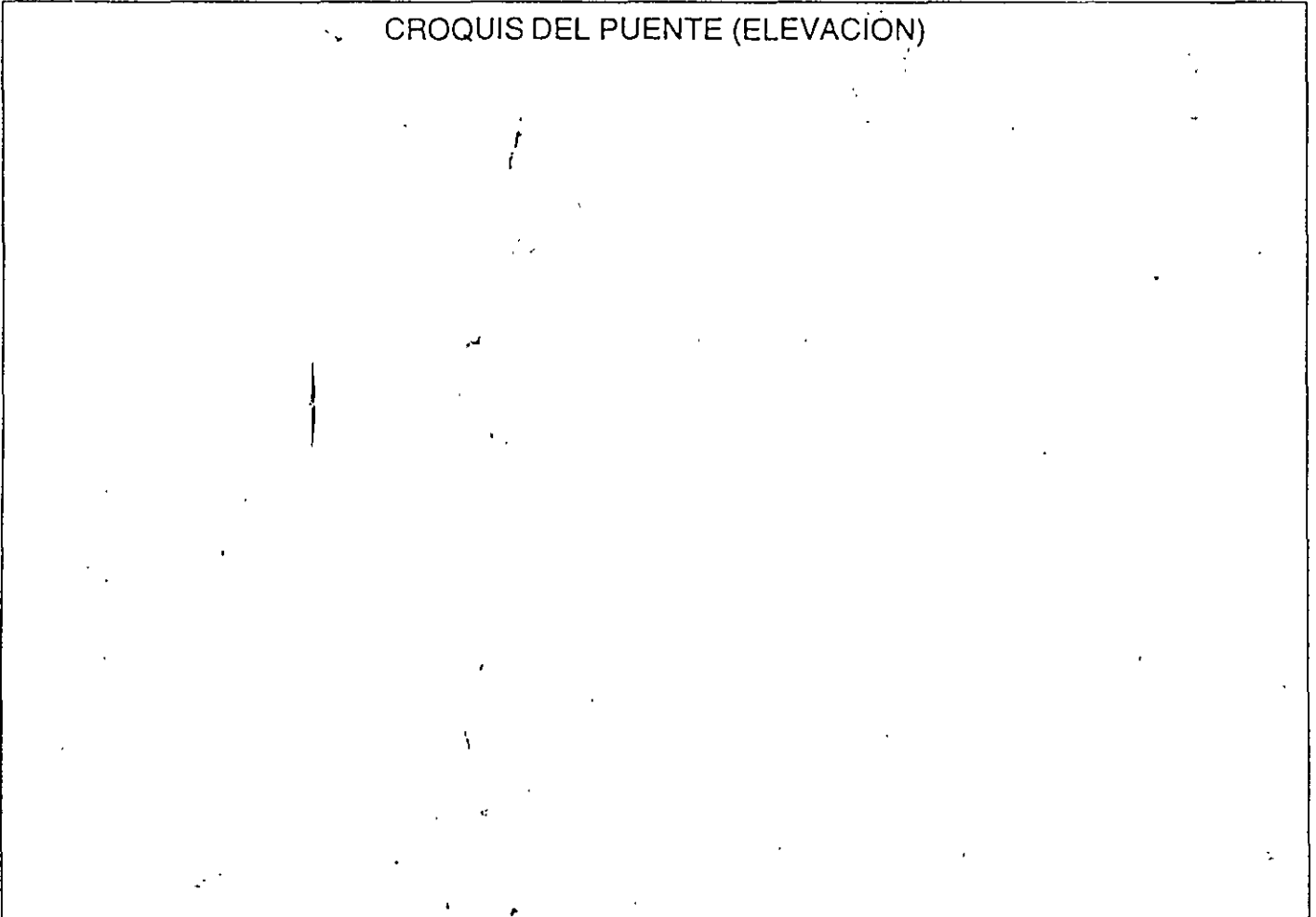
Tipo de superficie de rodamiento(28) _____

- 1.- Concreto hidráulico 2.- Mezcla asfáltica 3.- Otro

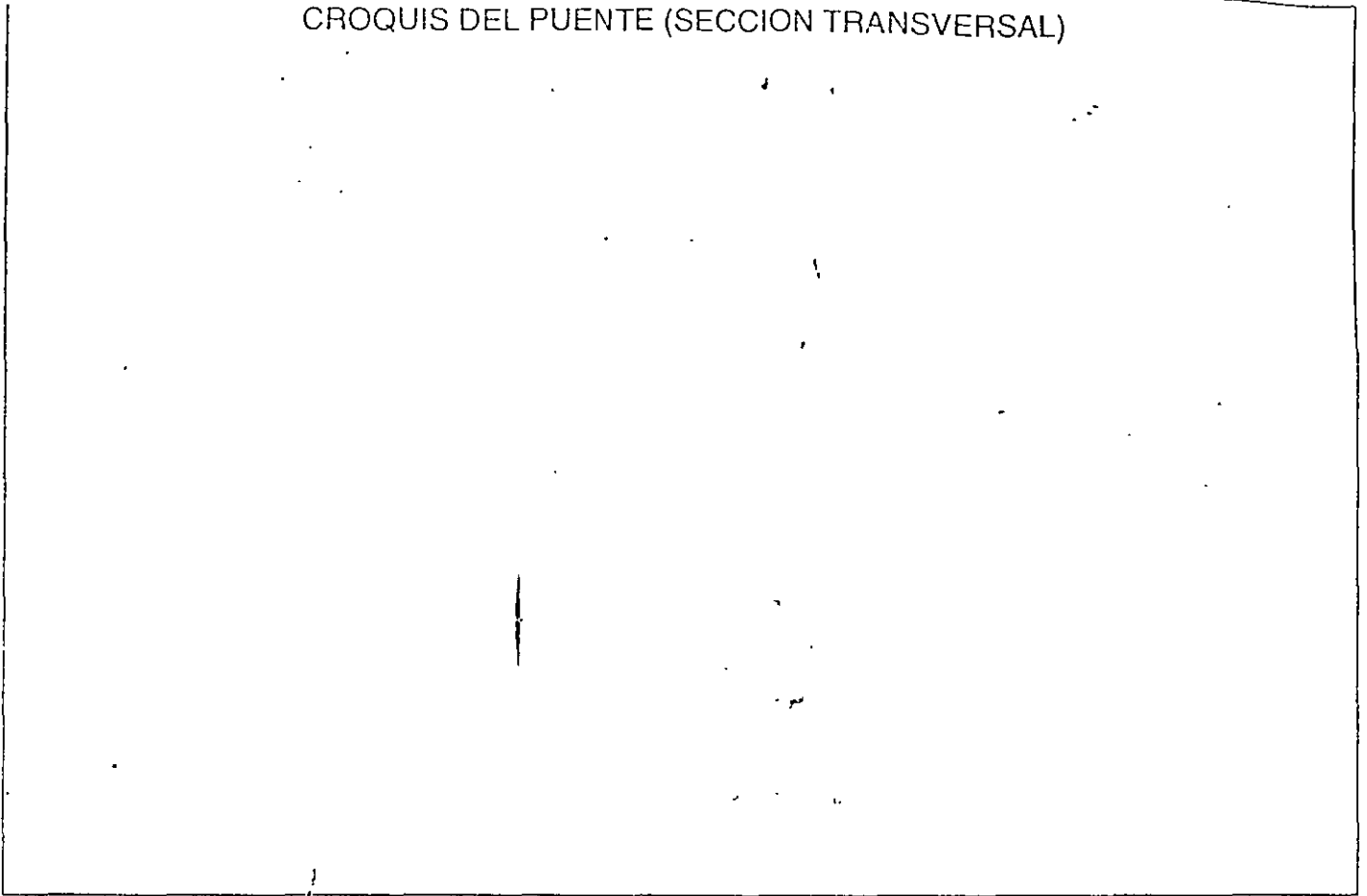
CROQUIS DEL PUENTE (PLANTA)



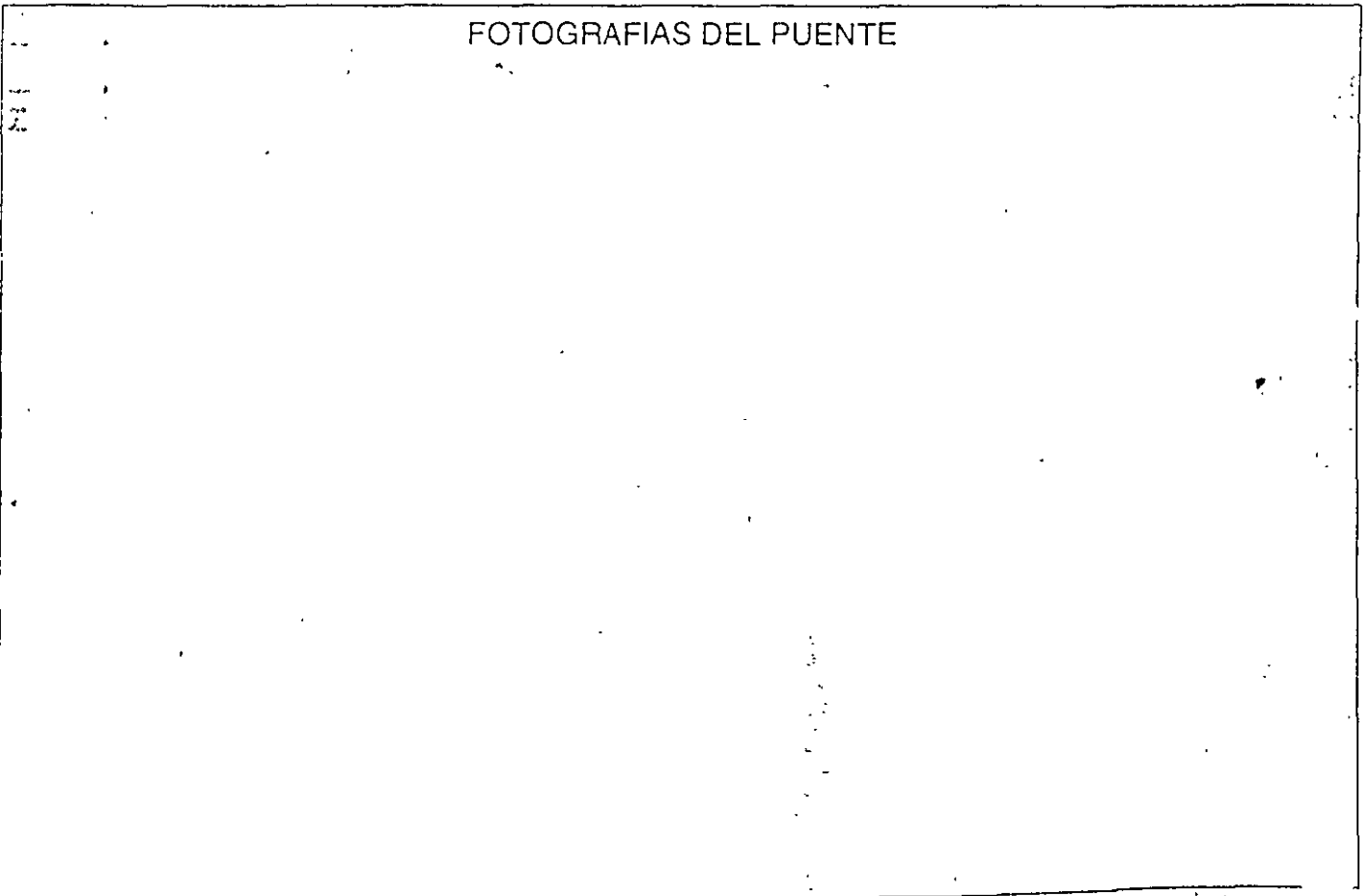
CROQUIS DEL PUENTE (ELEVACIÓN)



CROQUIS DEL PUENTE (SECCION TRANSVERSAL)



FOTOGRAFIAS DEL PUENTE



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.- El cauce es normal 2.- El cauce es ancho
3.- El cauce es estrecho 4.- El cauce es profundo

Señalamiento que indique peligros(46) _____

Señalamiento de seguridad(47) _____

Comentarios _____

SUPERFICIE DE RODAMIENTO

Condición(48) _____

1.- Buena 2.- Regular 3.- Mala

Comentarios _____

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 _____

PUENTES 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 _____

PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO

Ductos o cables expuestos(62) Sí _____
 No _____

Anclajes de presfuerzo sueltos(63) Sí _____
 No _____

Comentarios _____

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) | 4.- Detallada |
| 2.- Evaluación a mediano plazo (máximo 2 años) | 5.- Otro |
| 3.- Evaluación a largo plazo (máximo 3 años) | |

Superficie de Rodamiento(65b) _____

Superestructura(65c) _____

- 1.- Mantenimiento menor
- 2.- Mantenimiento mayor
- 3.- Reparación

Subestructura(65d) _____

- 4.- Substitución
- 5.- Pruebas especiales
- 6.- Otro

Comentarios _____

FOTOS INDICANDO GRIETAS O DAÑOS

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 calculo 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

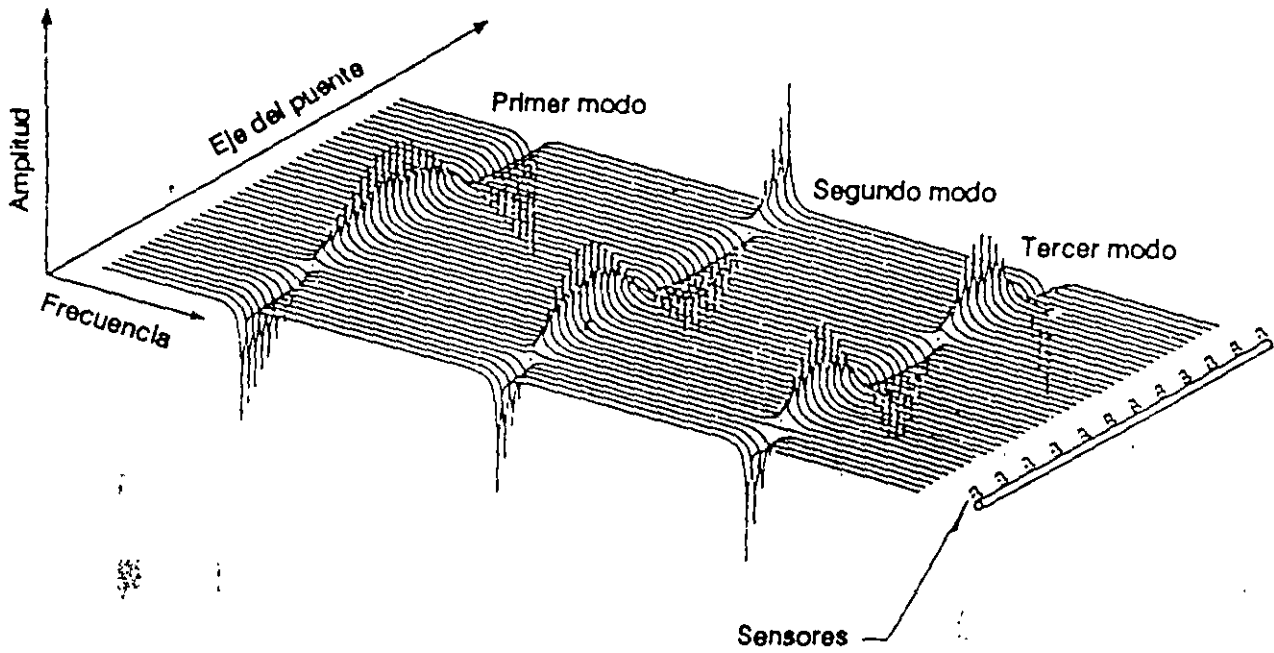


Figura 3 Identificación de modos de vibración

¿ 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

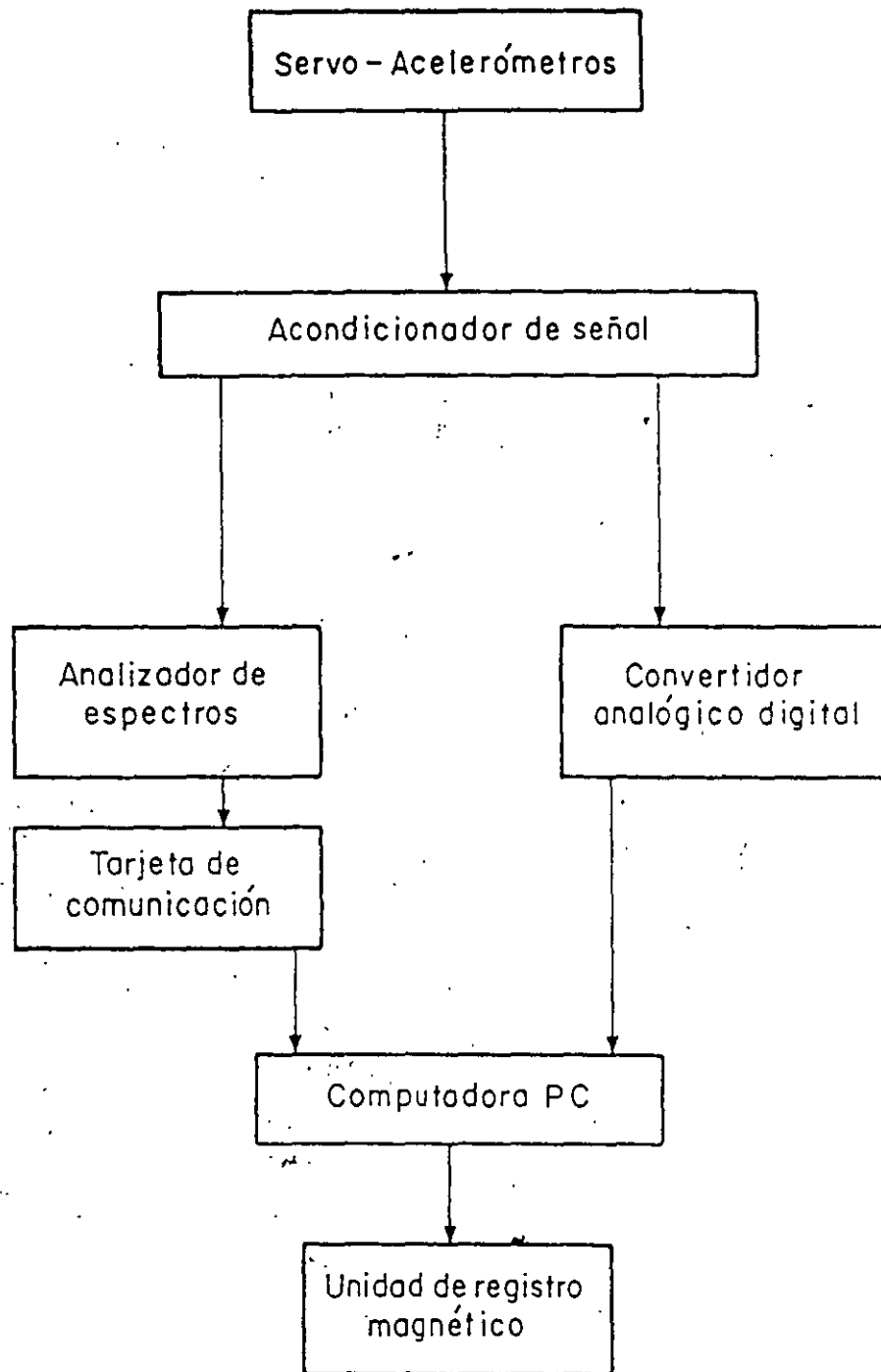


Figura 1 Diagrama de bloques del procesamiento de las señales

Estructura de datos

Fichas de
inspección
rutinaria

Fichas de
inspección
especial

Fotografías
de
inventario

Planos
Autocad

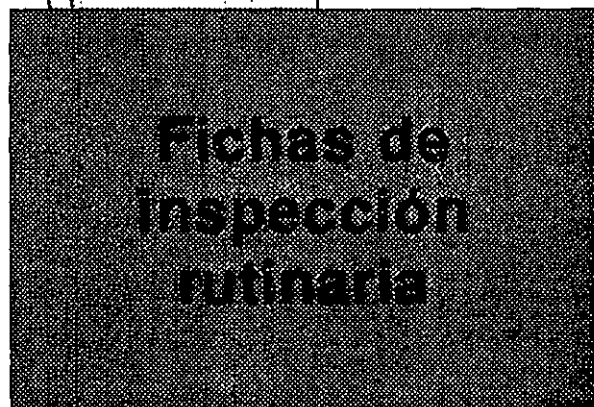
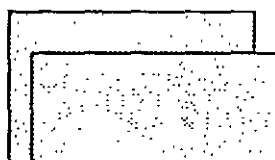
SIG en
Arcview
V1.0

Modelo de
análisis
estructural

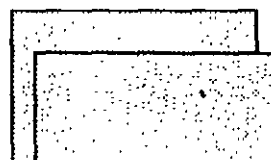


Estructura de datos

Fotografías de inspecciones



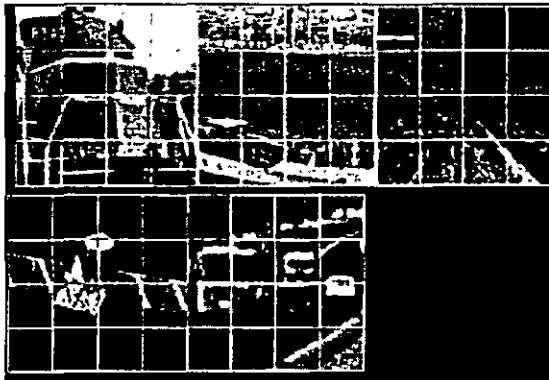
Fotografías de inspecciones





32

Introducción
Sistemas de información geográfica
Sistem de Administración de Puentes
Mediciones



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

Grandes descubrimientos	1480-1540
Colón (Descubrimiento de América)	1492
Viaje de Magallanes	1519

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

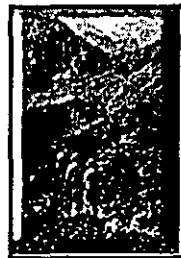
- Revolución francesa (Ideales de libertad)	1789
- Revolución industrial (máquinas textiles y motores de vapor)	1780
- Revolución de EUA	1775-1883

Acontecimientos más modernos

39

- 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.....

40





SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

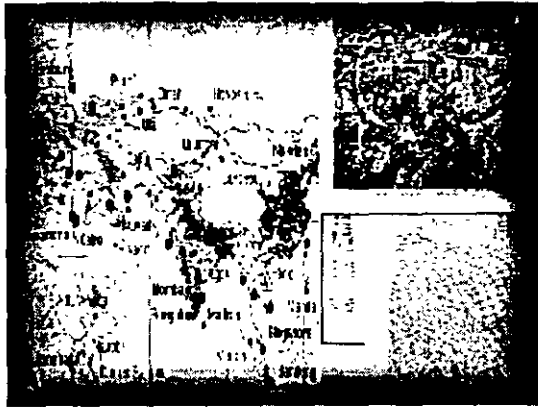
Las organizaciones que están relacionadas con el proyecto, construcción, operación y conservación de carreteras, están realizando esfuerzos importantes para incorporar procedimientos sistémicos en la planeación y administración de sus infraestructuras, con lo cual se ayuda a la optimización de los recursos 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

24



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.

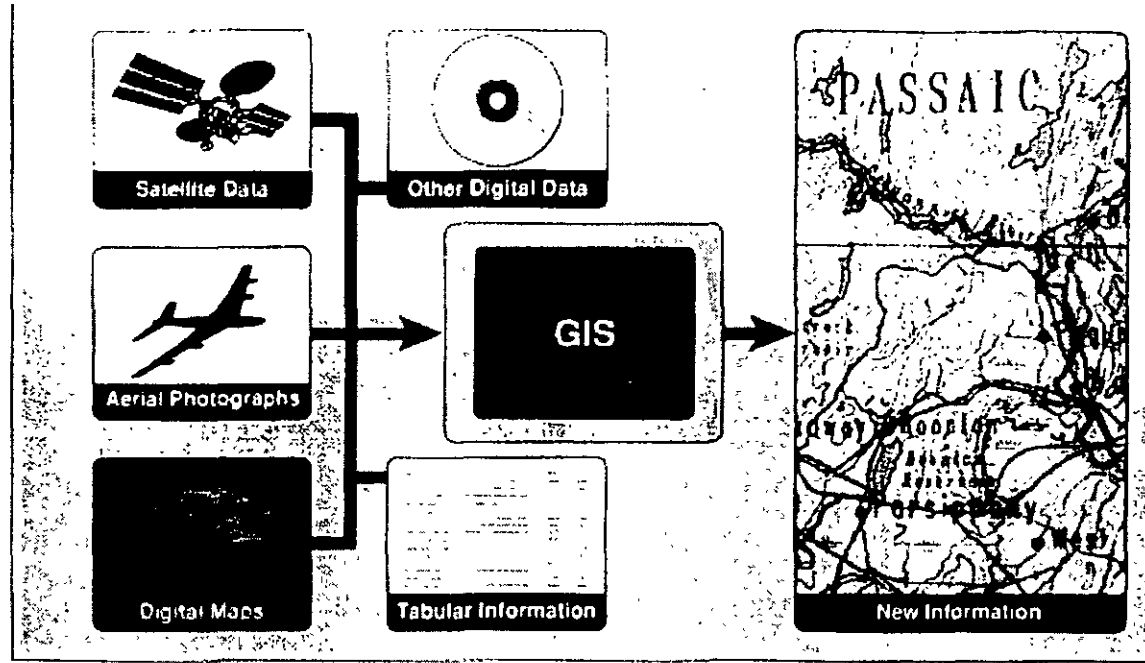
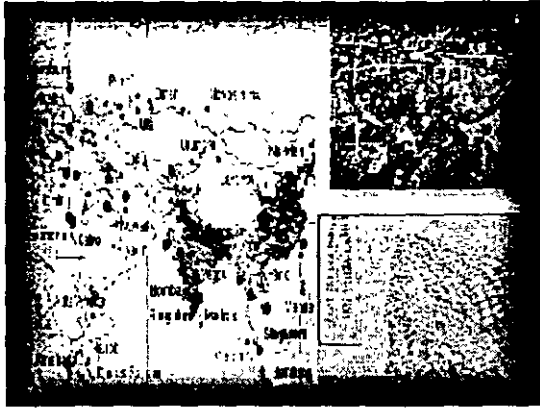


Figure 9 Data integration is the linking of information in different forms through a GIS.



h h

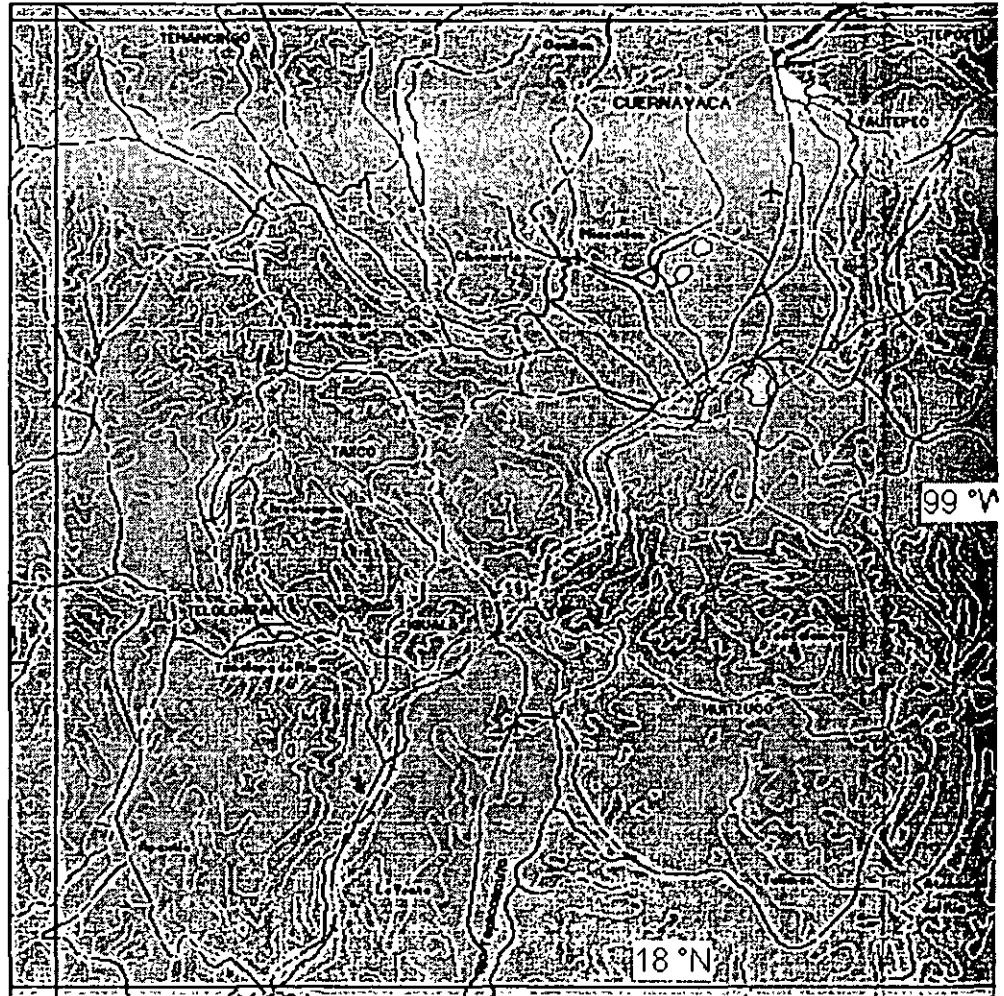
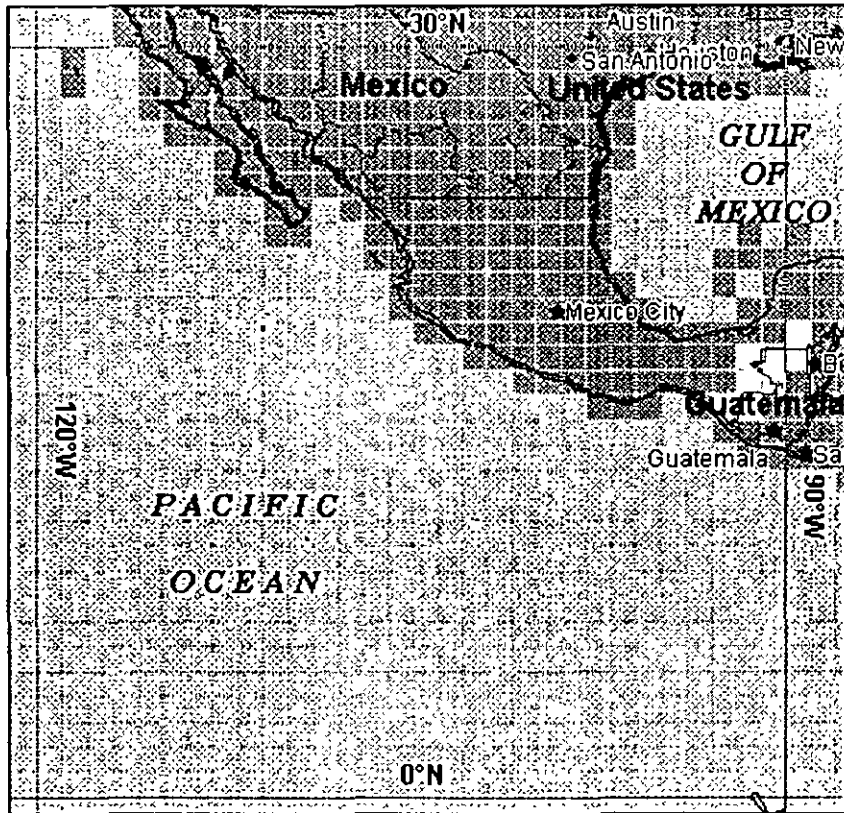


Algunos elementos de un SIG

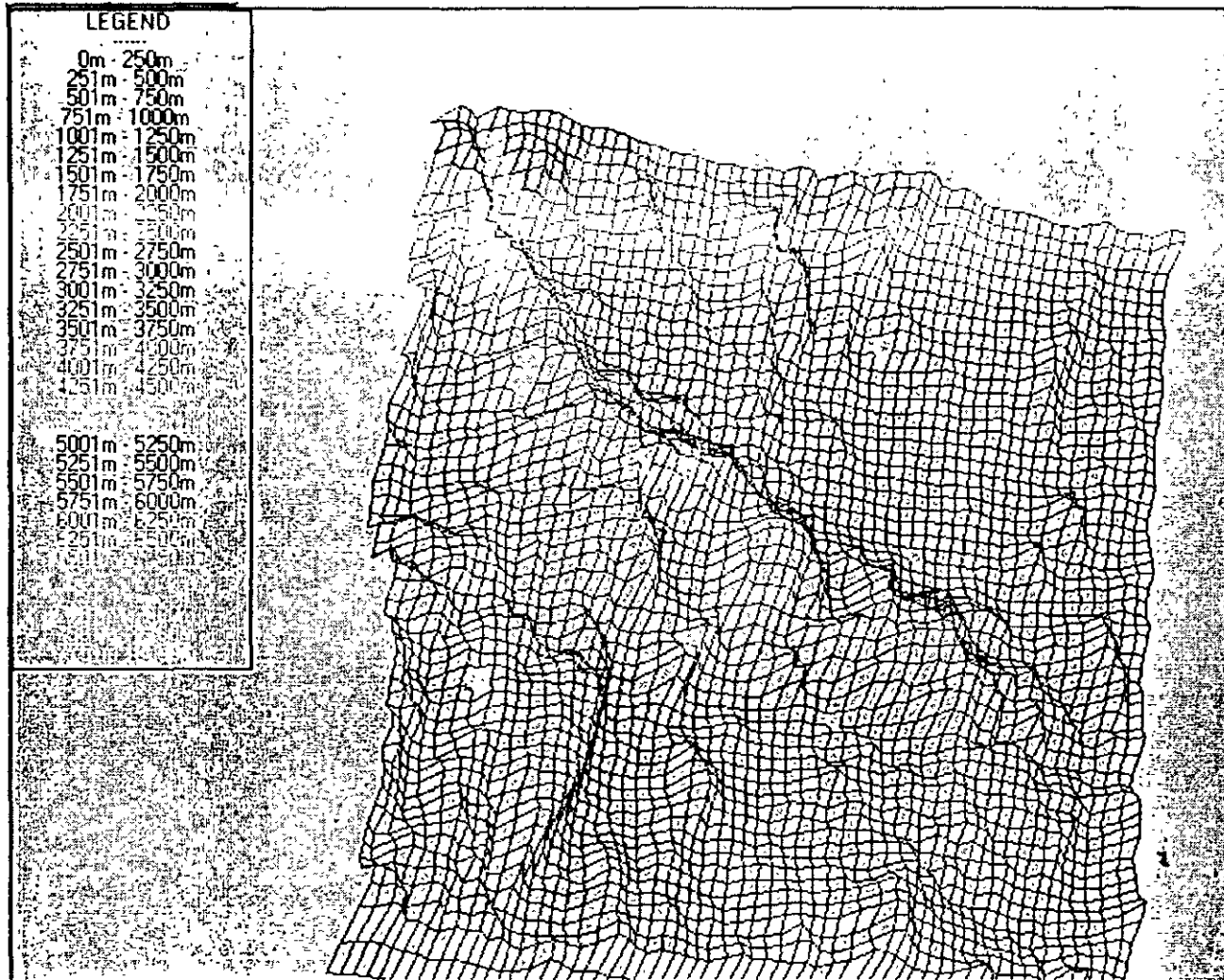
46



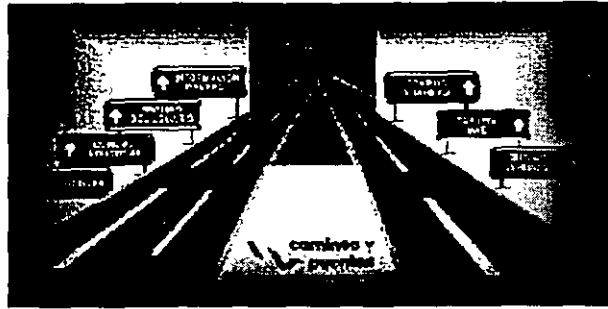
Fotografía aérea



9/5



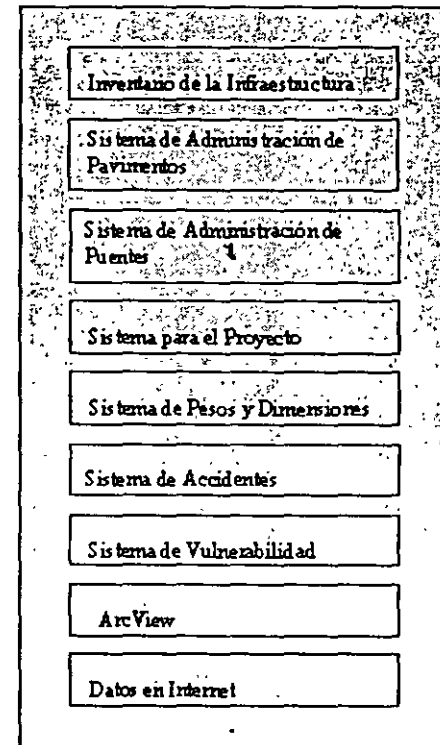
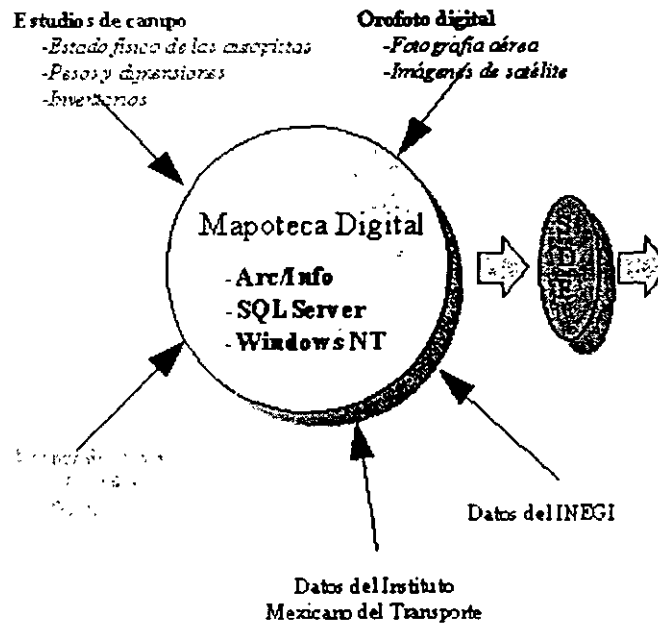
Modelo tridimensional del terreno

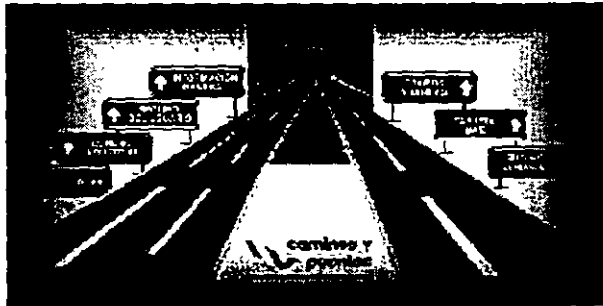


SIDIAP

(Sistema de Información Digital para Autopistas y Puentes)

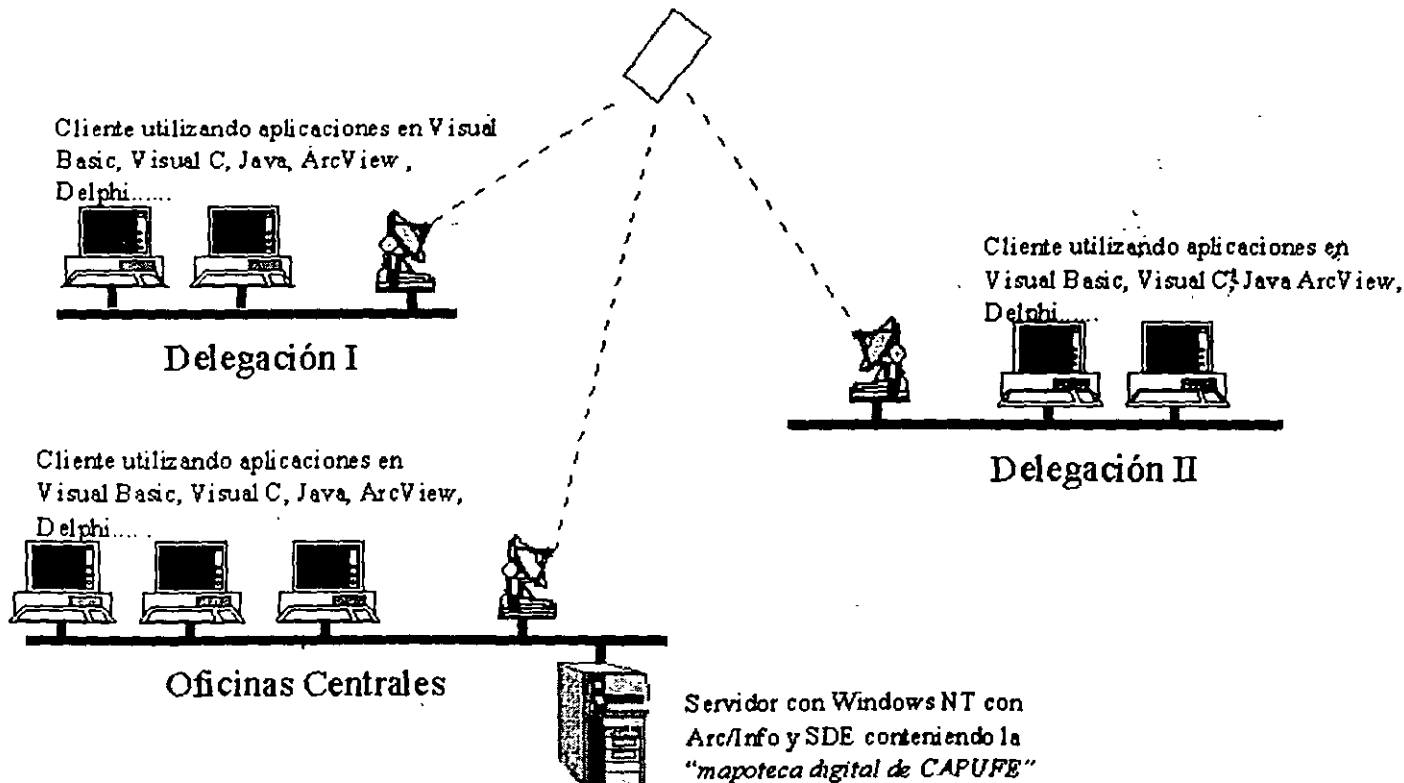
Aplicaciones

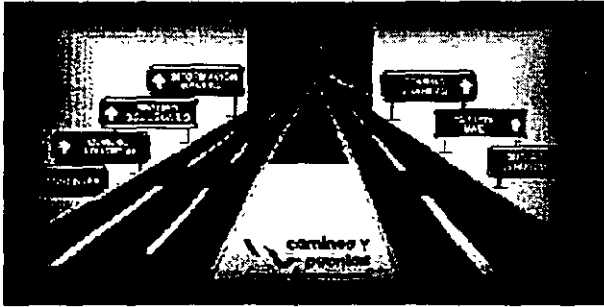




SIDIAP

(Sistema de Información Digital para Autopistas y Puentes)

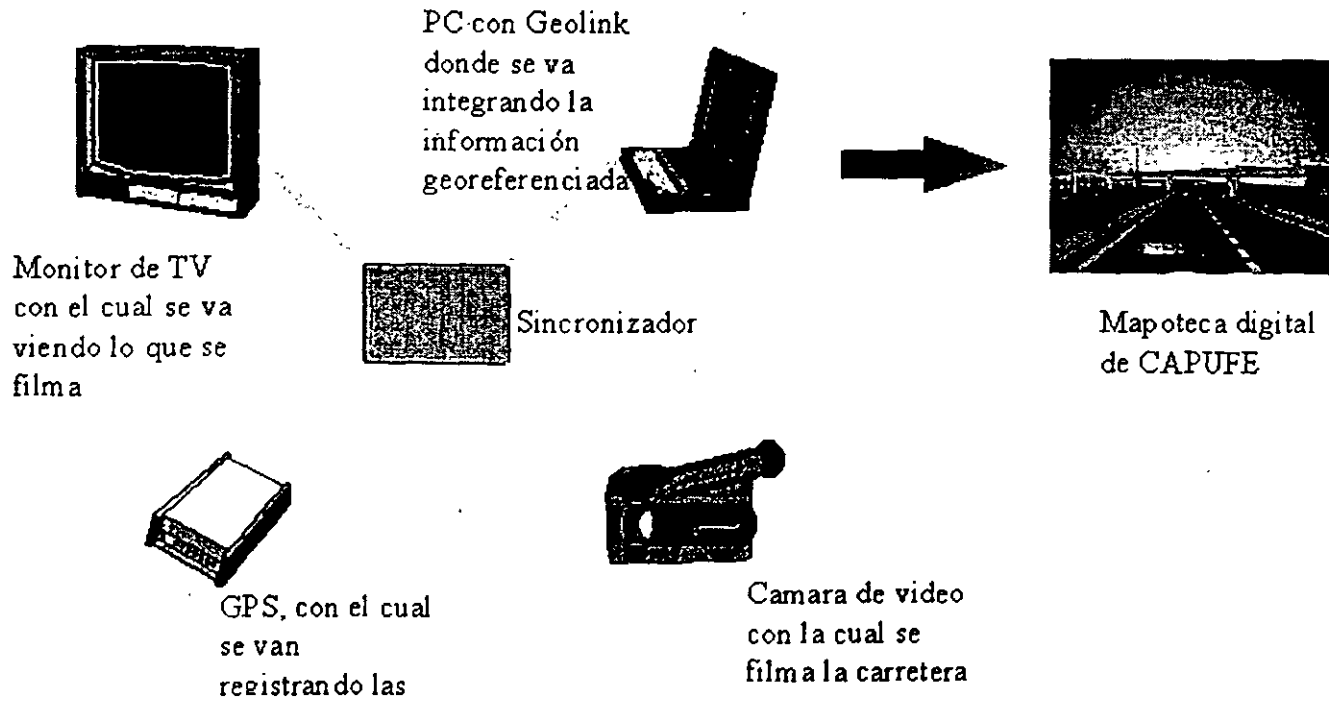




SIDIAP

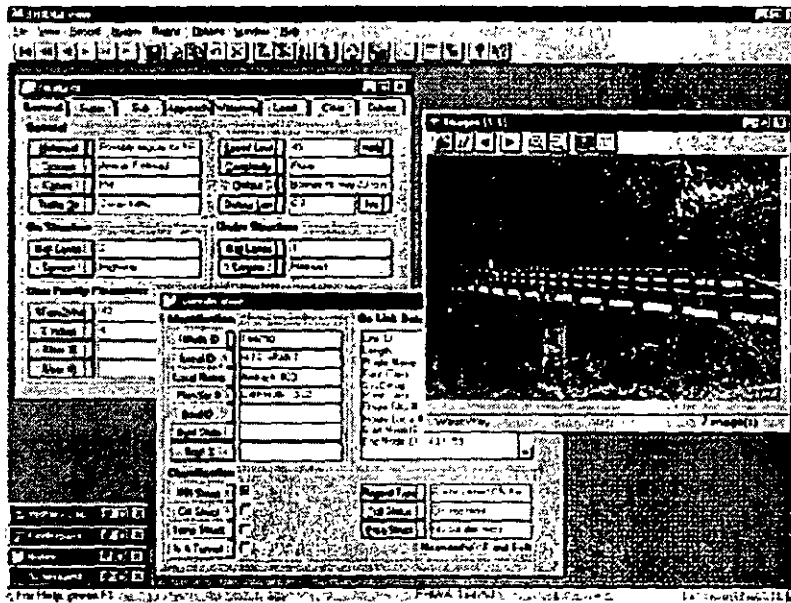
(Sistema de Información Digital para Autopistas y Puentes)

50

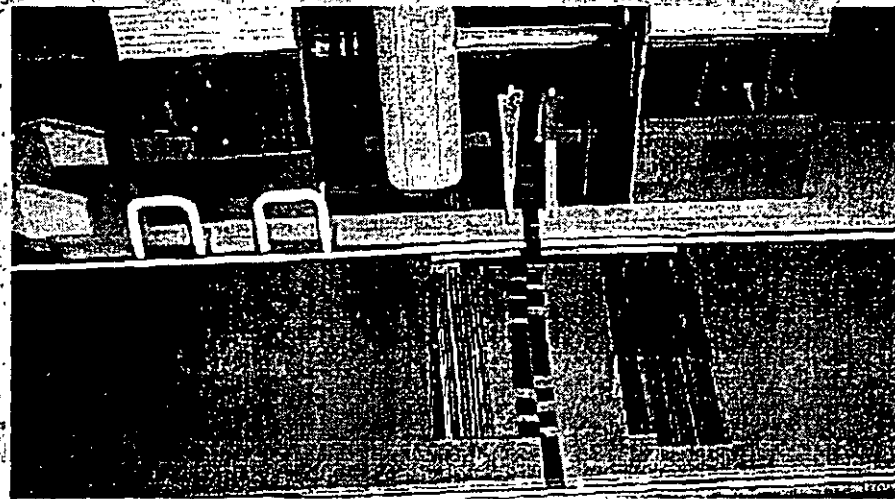
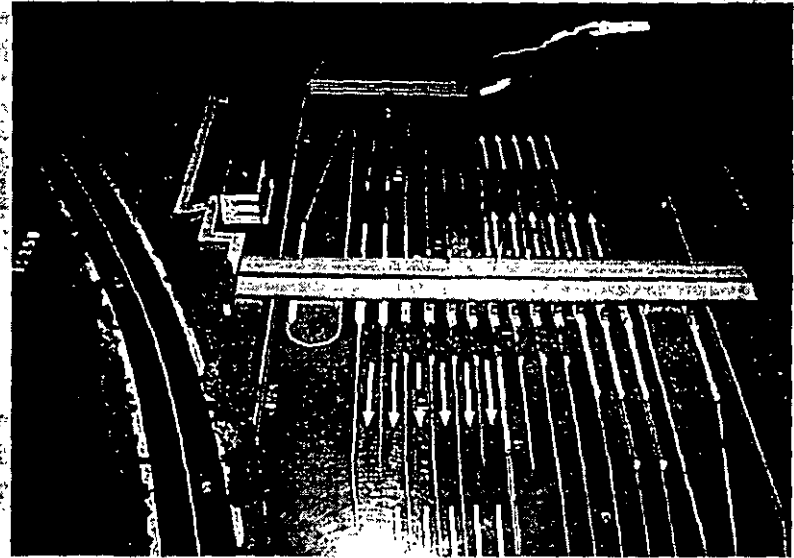
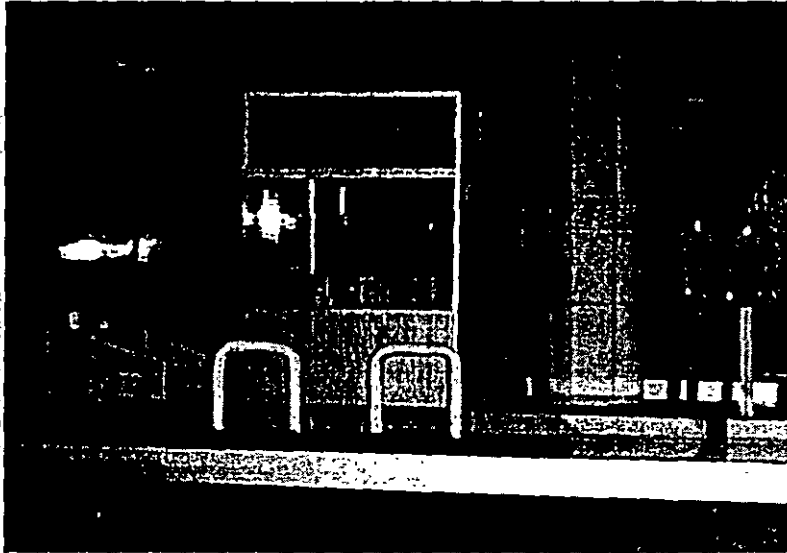


SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE PUENTES

51



Proyecto de Modernización



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

PAGO TARJETA **PAGO EFECTIVO**



AIRE ACOND. DE CABINA
INDICADOR VISUAL DE CLASE

CAMARA

PUPITRE DE CABINA

GABINETE TECNICO DE ISLETA

BARRERA MANUAL DE ENTRADA

LUZ DE DESTELLO

BARRERA DE PASO

SENSORES DE PISO Y BUCLE

BARRERA OPTICA (Receptor y Emisor)

SEMAFORO DE PASO

PANTALLA VP

PANTALLA VL

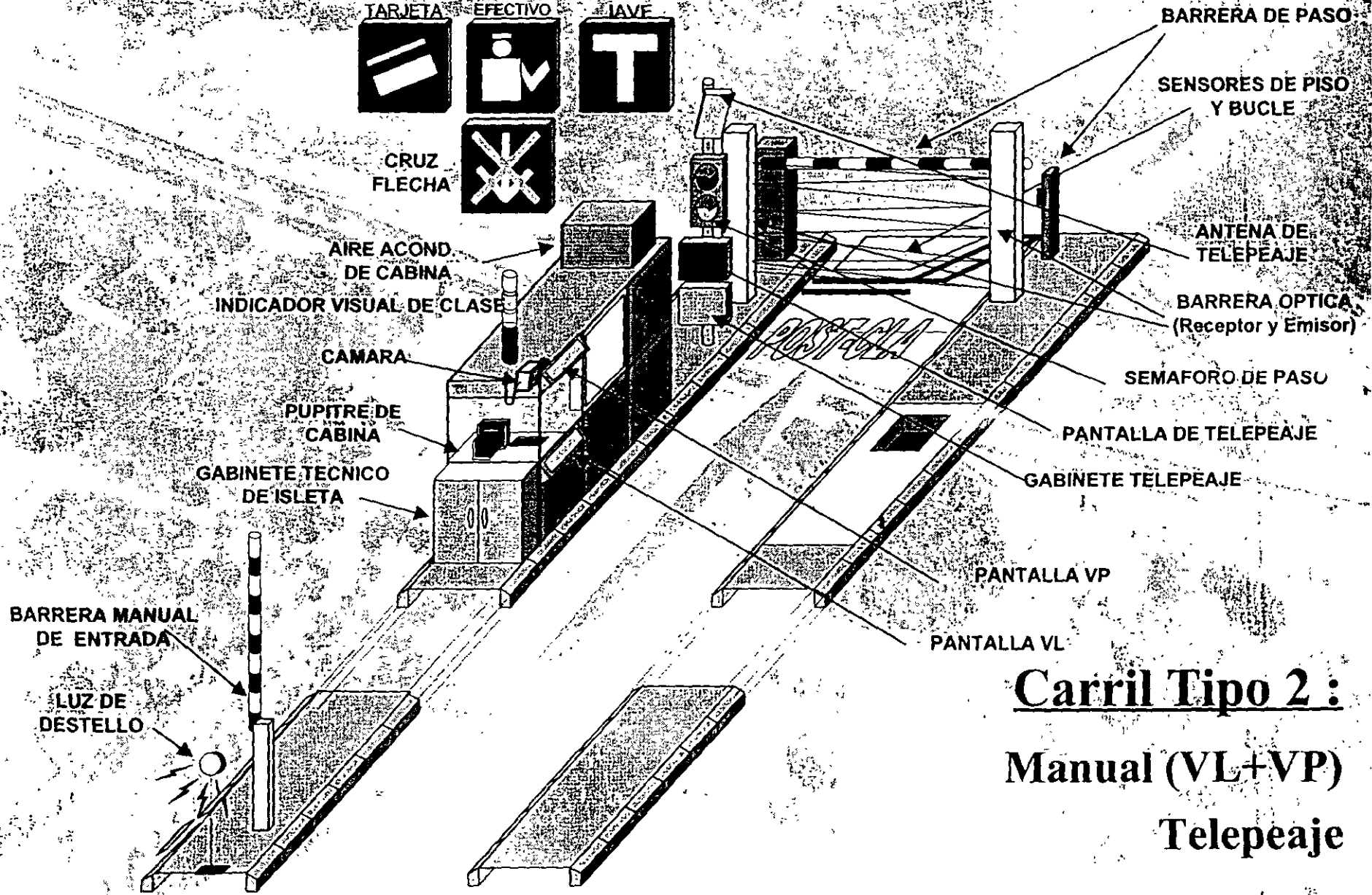
Carril Tipo 1:
Manual (VL+VP)

125

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA



55



Carril Tipo 2 :
Manual (VL+VP)
Telepeaje

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA

PAGO
TARJETA



PAGO
EFECTIVO



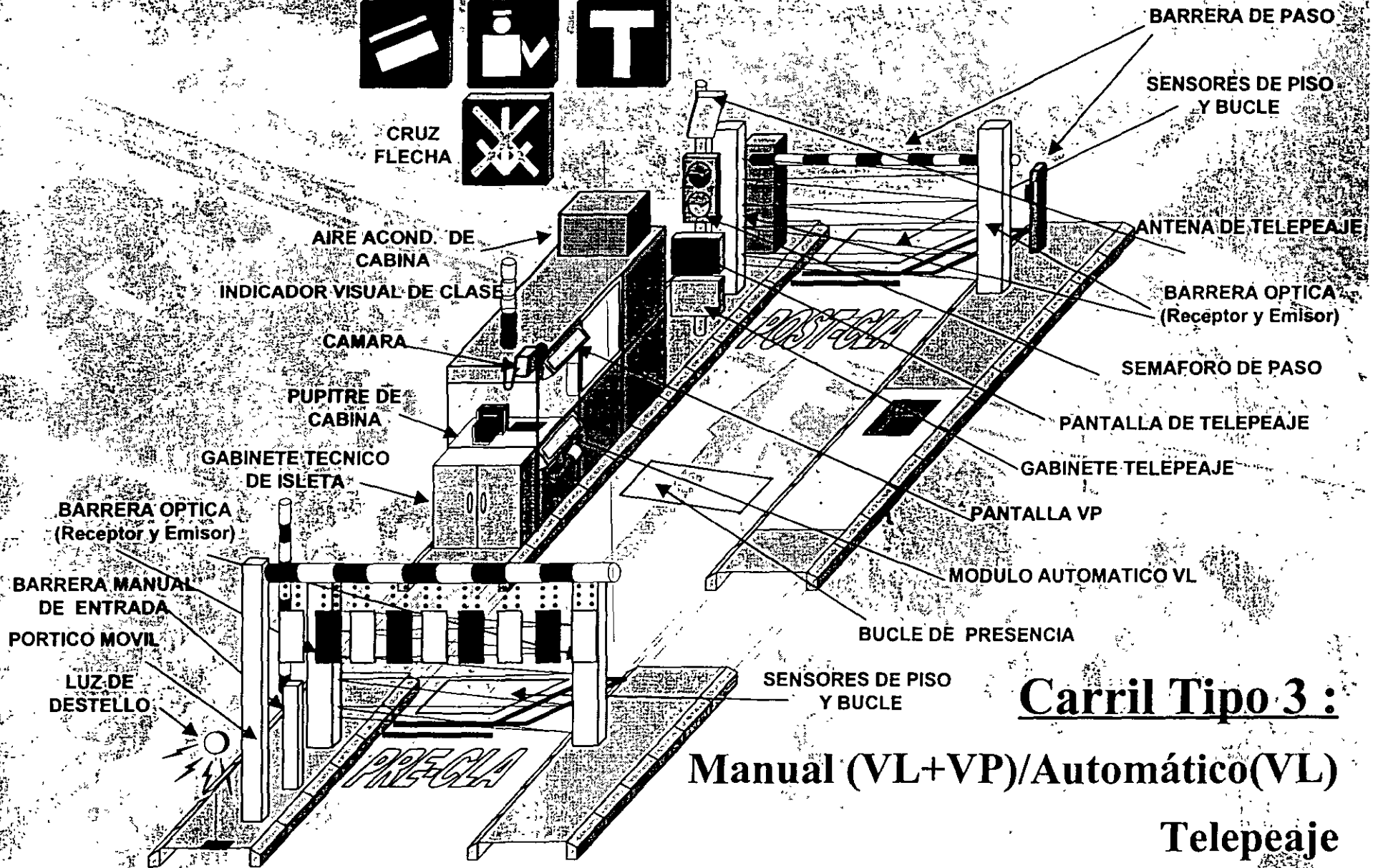
PAGO
IAVE



CRUZ
FLECHA



56

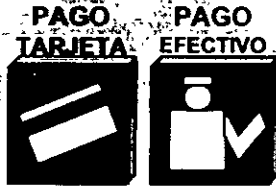


Carril Tipo 3 :

Manual (VL+VP)/Automático(VL)

Telepeaje

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA



AIRE ACOND. DE CABINA
INDICADOR VISUAL DE CLASE

CAMARA

PUPITRE DE CABINA

GABINETE TECNICO DE ISLETA

BARRERA OPTICA (Receptor y Emisor)

BARRERA MANUAL DE ENTRADA

PORTICO MOVIL

LUZ DE DESTELLO

BARRERA DE PASO

SENSORES DE PISO Y BUCLE

BARRERA OPTICA (Receptor y Emisor)

SEMAFORO DE PASO

PANTALLA VP

MODULO AUTOMATICO VL

BUCLE DE PRESENCIA

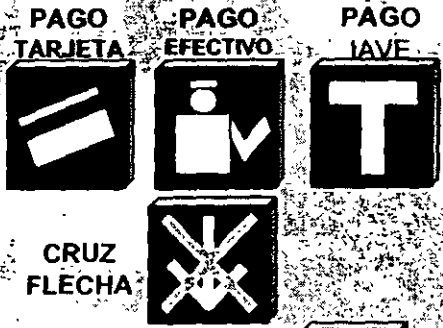
SENSORES DE PISO Y BUCLE

Carril Tipo 4 :

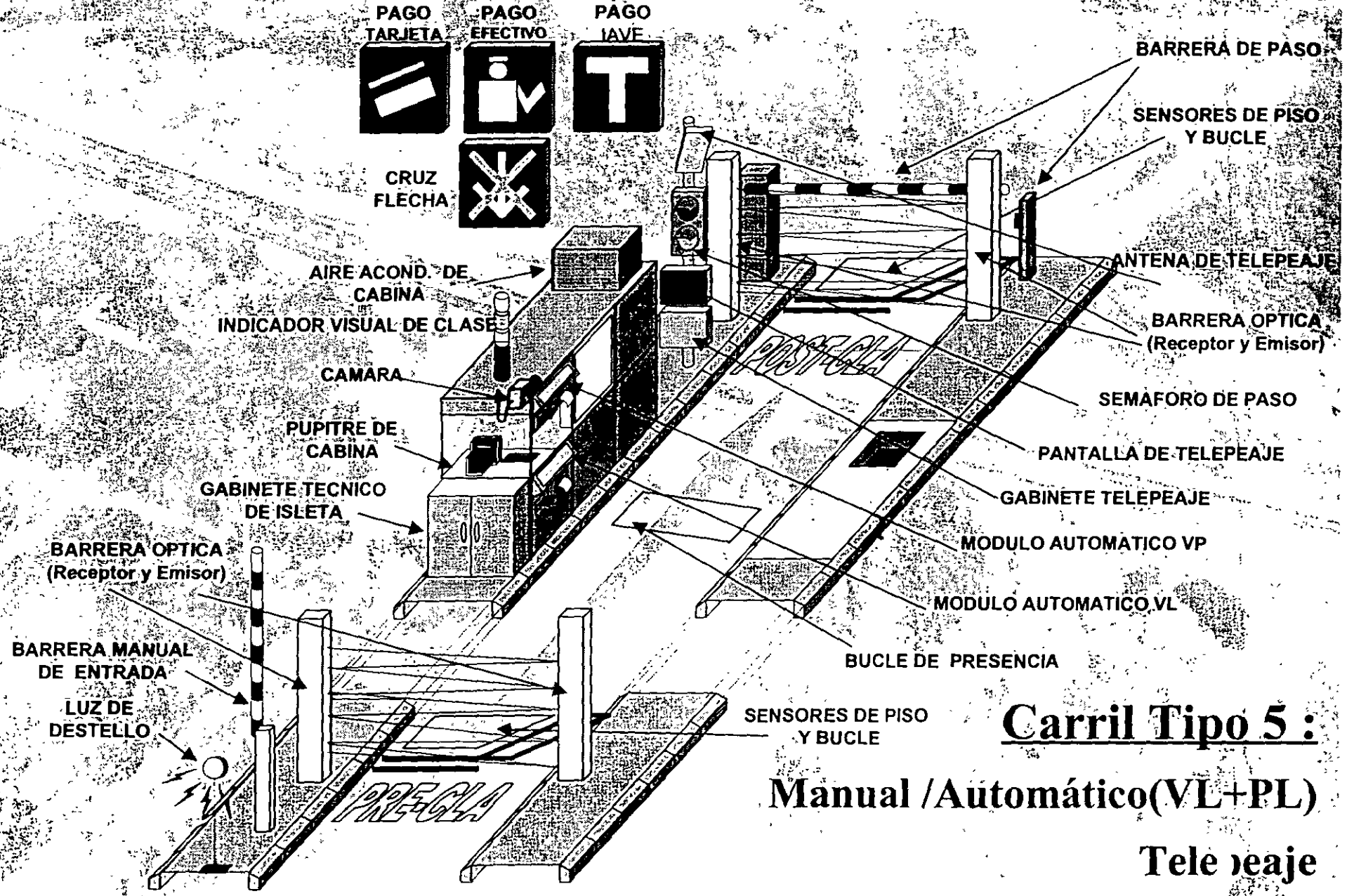
Manual(VL+PL)/Automático(VL)

57

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA



58



Carril Tipo 5 :
Manual / Automático (VL+PL)
Telepeaje

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA

PAGO
IAVE



CRUZ
FLECHA



GABINETE TECNICO DE
ISLETA TELEPEAJE

CAMARA

ANTENA DE
TELEPEAJE

SEMAFORO DE
PASO

PANTALLA
Y GABINETE
DE TELEPEAJE

BARRERA MANUAL
DE ENTRADA

LUZ DE
DESTELLO

BUCLE DE
PRESENCIA

BARRERA OPTICA
(Receptor y Emisor)

BARRERA DE PASO

SENSORES DE PISO
Y BUCLE

BARRERA OPTICA
(Receptor y Emisor)

SENSORES DE PISO
Y BUCLE

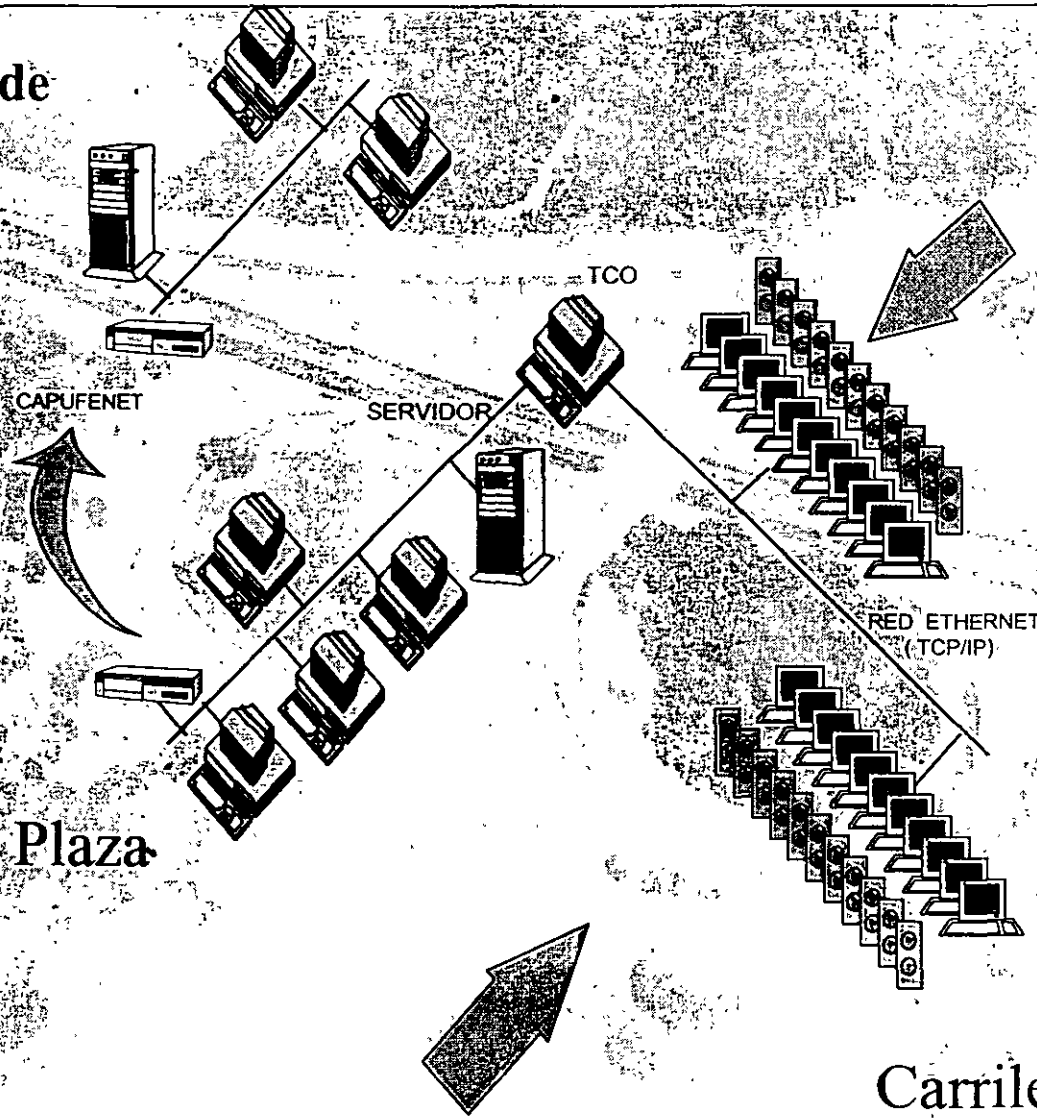
Carril Tipo 6 :

Exclusivo Telepeaje(VL+VP)

59

Arquitectura del Sistema

Gerencia de Tramo

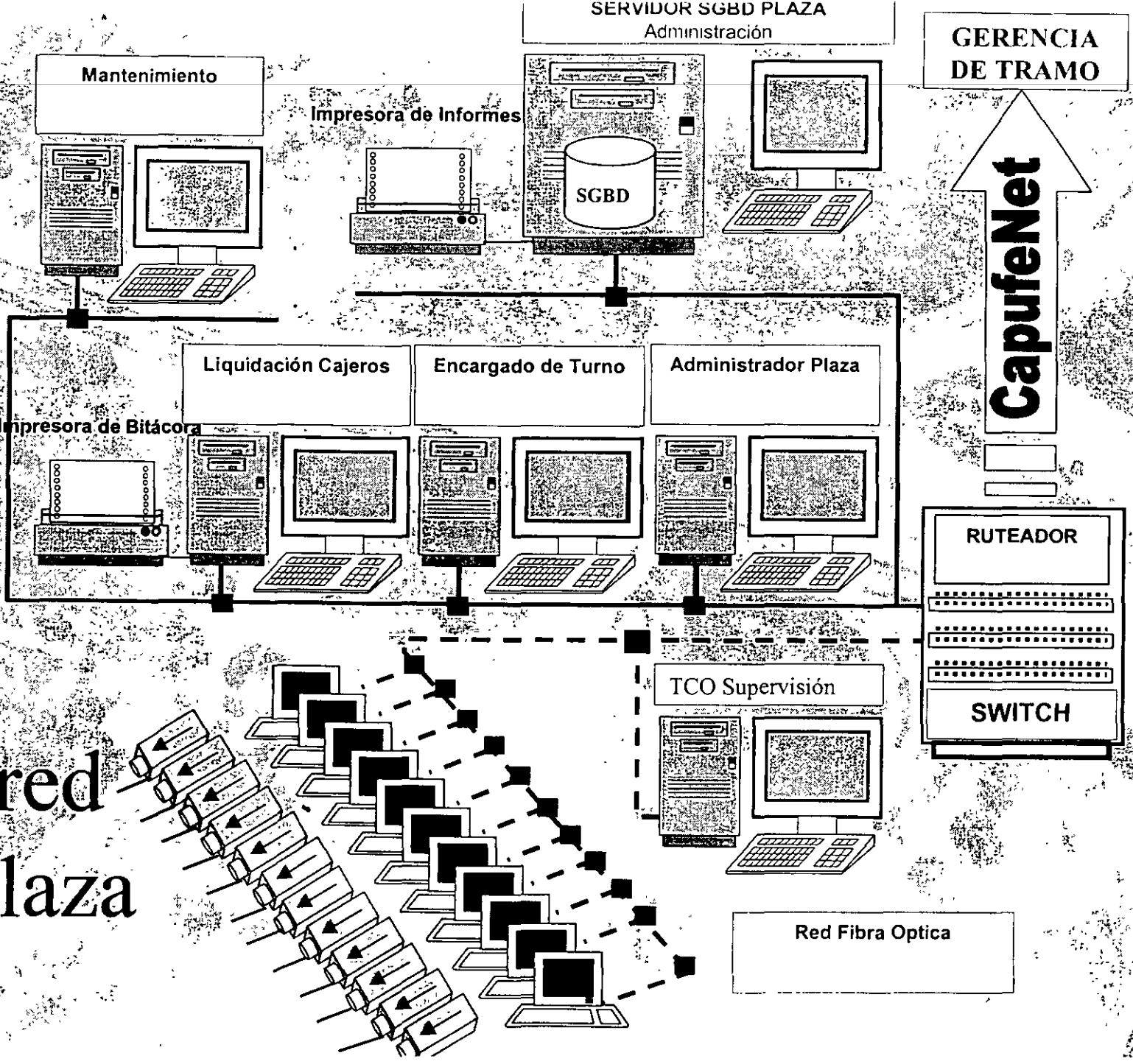


Plaza

Carriles

19

La red de Plaza





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

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

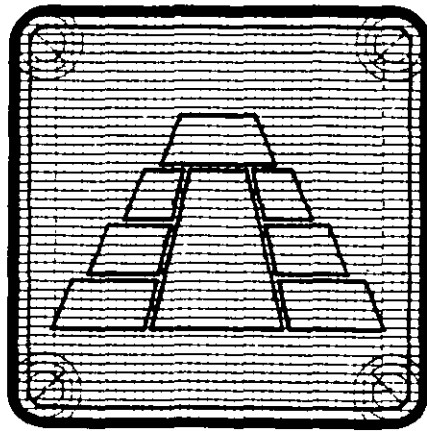
MÓDULO III

**CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN
DE CARRETERAS**

TEMA

**LA AUTOPISTA
(" RETROSPECTIVA DE LOS PROYECTOS DE CAMINOS DE MÉXICO")
(COMPLEMENTO)**

**ING. RAÚL VELASCO BUENAVISTA
PALACIO DE MINERÍA
NOVIEMBRE 1999**



CAPITULO

1

**Retrospectiva de los proyectos de
caminos en México.**

1.3.1 PROYECTO MEXICO TOLUCA.

De todos los documentos que integran al expediente de Caminos y Calzadas en la época de la colonia, en el Archivo General de la Nación se encontró el proyecto del "CAMINO PARA RUEDAS - QUE UNE A LA CD. DE MEXICO CON LA DE TOLUCA".⁴

El proyecto y la construcción de éste camino fué largo y complicado. Así lo hace notar la historia contenida en los expedientes consultados. Se descubre que fueron tres los proyectos realizados en tiempo diferente.

El primer proyecto del que se tiene noticia es el elaborado por don Felipe de Narvarte en el año de 1777, el cual contiene en sus planos y perfiles una ruta definida; así como también, el avalúo de las obras por realizar. No hay documentación que nos permita el análisis detallado de éste proyecto, pero sí podemos afirmar que éste sirvió como base para el proyecto elaborado catorce años más tarde por el cap. de ingenieros Manuel Agustín Mascaró.⁴

El segundo proyecto es presentado en el año de 1785 por Miguel Valero Olea al Virrey Bernardo de Gálvez, y que tiene como título: "PROYECTO POLITICO ECONOMICO Y PIADOSO SOBRE LA CONSTRUCCION DEL CAMINO DE TOLUCA, PARA SOCORRER Y REMEDIAR AL MISMO TIEMPO LAS NECESIDADES DE LAS INMEDIACIONES".⁵

Este proyecto, sin aporte de datos técnicos, expone con -

mucha visión las conveniencias político-económicas que resultarían con la construcción y operación de dicho camino, pues más allá de la ciudad de Toluca se encontraba el Obispado de Michoacán, Nueva Galicia y otras importantes provincias occidentales, sin mencionar un número importante de poblados intermedios, en donde la pobreza era factor común.

En éste aspecto menciona que se aligerará la pobreza de la gente que se empleó en la construcción del camino en su zona de influencia; y destaca por otro lado, que el desarrollo de las inmediaciones se dará con la intensificación de las relaciones comerciales de la zona. Justifica el costo de la obra, que se estima entre 120 y 130 mil pesos, con un cobro de PEAJE para el camino.

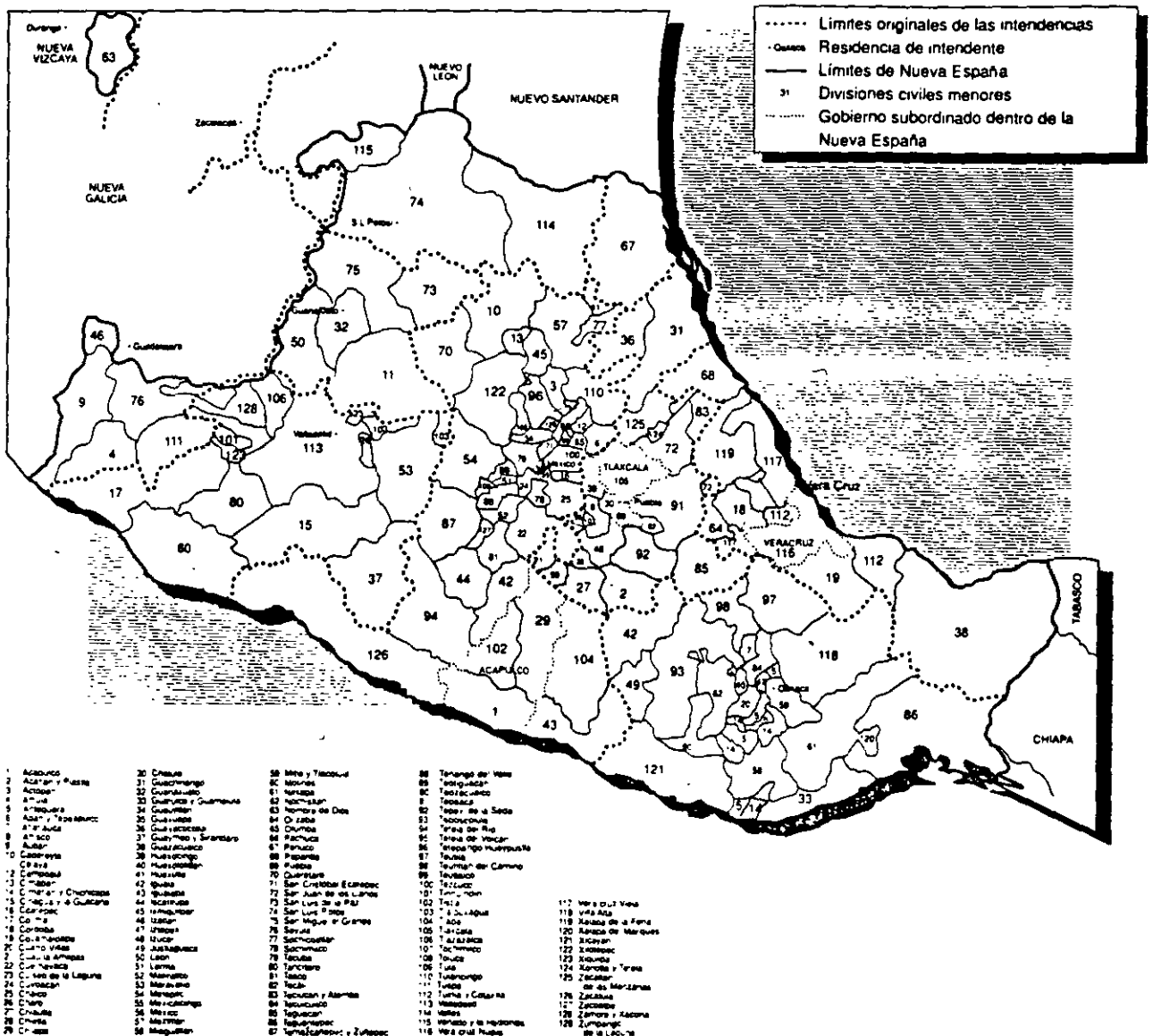
Hace una reflexión de los buenos caminos existentes en España, y recomienda que la buena construcción del camino lo hará más "cómodo, eterno e infinitamente más frecuentado".

Sin existir un plano que localice la ruta a seguir, propone: "... los altos de Tacubaya, dejando a mano izquierda la Cuesta del Arzobispado y la llevaría en derechura al pueblo de San Pedro; y para ahorrar costosos desmontes lo sacaría por la derecha del cerro del Calvario hasta dar con la Venta de Cuajimalpa; de ahí, por el camino bajo o del medio a la estrechura del puerto de las Cruces, después con una sólida calzada con varios husillos a manera de puentes; para dar cauce a los manantiales de la sierra lo sacaría al Valle de Salazar, conduciéndole por el que llevan los volantes, cuyo corto rodeo se daría por bien empleado a cambio de no pasar por los cerros del

Puertecito y Gallinero; y en fin con un grande y elevado puente en Rio Hondo la seguiría a Amomoluco; desde ahí a Lerma por su vieja calzada y después a Toluca por la que se haga nueva; pero sobre ésto sería mejor oír a los prácticos".⁵

Así es como termina el reconocimiento de ruta el señor Vale ro Olea, con lo cual podemos entender el título de Proyecto Político Económico.

• División política en 1786



En base a lo anterior podemos señalar algunos de los factores más importantes que intervinieron en dichos proyectos:

a).- El primer camino que unió a éstas dos ciudades no era apto para carruajes, por lo que el tránsito era lento (cuatro jornadas para el viaje) e intenso. De ésto se deriva la deficiencia en los transportes de personas y mercancías, en especial, el de abasto de granos.

b).- Por su posición geográfica y su cercanía con la ciudad de México, la ciudad de Toluca hacía contribución importante en éste aspecto, por contar con vastos y fértiles valles buenos para la agricultura, además de una cantidad importante de pequeños productores que imposibilitados en transportar sus mercancías o animales a la Capital, se veían en la necesidad de venderlos a precios muy bajos en las inmediaciones.

c).- Los beneficios que produjera el camino no solo redundaría en las dos entidades, sino que también en provincias de tierra adentro, donde las comunicaciones con la Capital se mejorarían notablemente.

El tercer proyecto se presenta en el año de 1791; es promovido por el intendente de México don Bernardo Bonavia a instancias del Virrey Conde de Revillagigedo. Es en éste trabajo donde se encuentra una metodología, y que después de doscientos -

años no es desconocida para nosotros: RECONOCIMIENTO, SELECCION DE RUTA, PRESUPUESTO, y PROYECTO DE PEAJE.⁶

Es justo señalar que los dos proyectos anteriores sirvieron como guía y base para la elaboración de éste tercero, ocupando el primero al aspecto topográfico para la selección de ruta; y el segundo, para el proyecto de peaje y cuantificación de los - beneficios que produjera la obra.

Gran cantidad de documentos integran a éste proyecto, están distribuidos en trece volúmenes que contienen: datos técnicos, correspondencia diversa, actas de inconformidad, pregones sobre la construcción del camino, informes y cuentas de gastos, iniciativas para la contratación de personal, informes de avance de obra, contratos, listas de hacendados que cooperaron para - la obra, reelevos de cargo, nombramientos, instrucciones a asentistas, ..., etc.

Entre ésta diversidad de documentos, se encuentra uno de - singular importancia que en su título delata lo siguiente: "INSTRUCCION PARA LA CONSERVACION DEL PRIMER CAMINO QUE SE HA ABIERTO EN ESTA AMERICA SEPTENTRIONAL DESDE SU CONQUISTA, Y ES EL QUE GIRA DE ESTA CAPITAL A LA CIUDAD DE TOLUCA Y MAYOR PARTE DEL REINO, COMO TAMBIEN EL MODO Y FORMA CON QUE DEBE EXIGIRSE EL PEAJE, CON EL OBJETO DE SATISFACER SU PRINCIPAL COSTO QUE ASCIENDE SU TOTAL A MAS DE 130,000 PESOS."⁷; el cual nos ubica en un muy buen punto de partida.

1.3.2 RECONOCIMIENTO.

Una de las actividades más importantes dentro del proyecto de un camino, es el reconocimiento.

Para el proyecto del camino México-Toluca, ésta actividad consistió en la observación directa del terreno y sus características, anotando de ellas su morfología (cerros, barrancas, valles, cuestas), tipo de suelo, hidrología y drenaje, etc.; - así como también su localización, ubicación, alineamiento y su longitud. Además expone un informe de las obras, tales como: - terraplenar, abordar, fortificar, hacer husillos (alcantari---llas) y puentes; con la estimación de su costo respectivo aproximado:

"..., seguí con todo adelante, pero después de poco más de media (1/2) legua (2786.4 mts.), hallé la cuesta que llaman de la Culasa; es tan imposible remediarla, que solo agotando los caudales del Rey podría tener efecto."⁶

también se hacen recomendaciones para ofrecer un camino seguro:

"... y abordar una porción de 1028 varas(vrs.) (859.31 mts.) a un lado y otro con sus pretilas para impedir las desgracias - que puedan ocurrir, bien sea por la obscuridad de la noche, o por algún extravío de alguna bestia; pués corre el camino por la cresta de una loma que no tiene más de 38 o 40 vrs. de latitud, quedando a ambos lados unas barrancas muy profundas, y tan escarpadas, que el despeñarse cualquiera no se percibe más golpe que el que dé en lo más profundo."⁶

Se transcribe a continuación uno de los seis informes de reconocimiento efectuados por el ingeniero Agustín Mascaró en el año de 1791, el cual fué autorizado para la posterior construcción del camino:

"RECONOCIMIENTO DEL CAMINO POR LAS CRUCES.- Ultimamente averiguado ser más ventajoso que ningún otro camino el camino dirigido por Sta. Fé, y que el plano que levantó don Felipe de Narvarte está exactísimo, me he valido de él para el cálculo de casi todo el camino, a saber, desde la garita de Belén hasta la garita de Cuajimalpa; y desde el llano de Salazar ha sido preciso formarle un nuevo mapa pequeño, con la misma escala, por que varía totalmente el nuevo proyecto; respecto del que construyó en su carta ignográfica el citado don Felipe, quizá por no tener aún noticia en el año de 1777 del camino de Agua Bendita, que creo no ha muchos años se conoce. "

"El primer reconocimiento que hice de ésta porción de camino, a mi salida de México, me condujeron por el alto de Tianguillo hasta encumbrar una altura uniforme, y luego bajé una cuesta muy agria hasta el Tianguillo. Después me condujeron por una cañada, con tantas vueltas, que solo en un corto tramo de 1500 vrs. (1253.85 mts.) tuve que parar el arroyo cinco veces, sin hallar proporción alguna de formar camino cómodo, a no ser a expensas de grandes gastos; continué después por la falda de una loma llamada el Gallinero, de unas 1000 vrs. --- (835.9 mts.) de distancia. Este trecho tiene en partes mucha piedra y necesita muchos husillos o bovedillas cubiertas, y dos puentes para salvar dos arroyos; y continuando después más arriba hasta el alto de las Cruces hallé una subida rapidísima de casi 1000 vrs. (835.9 mts.) de longitud, la que se hace impracticable para carruajes, y lo peor es, que no se puede suavizar, por lo que el plan del Alto del Guarda tiene más de 150 vrs. (125.4 mts) hasta la caída de poniente y demandaría un costo insoportable. Estos inconvenientes, me dieron lugar a

exponer a V.E. lo que llevo referido en el primer capítulo, - pero el mapa que acompaño da a conocer la facilidad de un buen camino carretero traído por el paraje llamado del Agua Bendita, que es el que apruebo."⁶

Las pautas de economía, duración, comodidad y seguridad - son las que rigen al ingeniero Mascaró para la elaboración del proyecto del camino; a su vez, éstos aspectos están íntimamente ligados a los aspectos topográficos y de drenaje. Con esto estamos ya en condiciones de establecer, que la base de una - buena localización de ruta, estará en función del estudio cuidadoso y detallado de dichos aspectos.

1.3.3 CALCULO DE LA OBRA (PRESUPUESTO).

La ruta ya definida del camino que unirá a la ciudad de - México con la de Toluca, se localiza por: Sta. Fé, Venta de - Cuajimalpa, Tianguillo, Agua Bendita, Cruces, Llano de Salazar y Lerma; cubriendo una longitud total de 65,128 vr. (54,440 m).

El presupuesto de construcción del camino, se basa en los datos contenidos en los planos elaborados por F. Narvarte (que se estiman en número de diez más perfiles y planos de detalles) y los adicionales elaborados por el ingeniero Mascaró, para - algunos tramos.

Para cuantificar los gastos del camino, éste se dividió en treintaicinco (35) tramos de longitud variable, que sirvieron para especificar los costos de los diferentes trabajos por realizarse. Este análisis, elaborado por el ing. Mascaró, es entregado junto con los trabajos de Reconocimiento, Proyecto de Peaje y Estudio de los Beneficios que aportará la obra.

"CALCULO DE LA OBRA"⁶

"Para mayor claridad del cálculo, se empezará por el pueblo de Tacubaya, desde la subida que se halla al salir del pueblo hasta la ciudad de Toluca; por que desde la ciudad de México - hasta Tacubaya nada hay que trabajar. Como la colocación del - proyecto que expresa F. Narvarte está muy bien arreglada, respecto a la configuración del terreno, no ha parecido necesario

hacer nuevo plano; y ahí me valdré para explicarme de los mismos números que se hallan anotados en todo el largo del camino en el plan ya citado."

"Como los jornales de los operarios varían a medida que se va alejando de México la obra, y resultan más baratos hacia Toluca; por que un peón en México gana tres reales, un albañil cinco, y un sobrestante ocho; y en Toluca un peón gana un real y medio, cuatro el albañil y seis el sobrestante, podría computarse la obra a razón de los precios de México solo hasta la venta de Cuajimalpa, y a los precios de Toluca desde aquí hasta aquella Ciudad.

Bajo éstas condiciones:

P E S O S

-Desde la subida de Tacubaya, que es menester rebajar, hasta el número 2, median 3600 vrs. (3009.24 m.), a saber, las 300 de cuesta, cuyo desmonte consta de 6000 vrs. cúbicas (3504.4 m³) de tepetate, que a razón de un real importan. 7 5 0

-La zanja en ambos lados consta de 7200 vrs. cúbicas (4205.3 m³), que son 900 pesos, y el aplanado del camino y su perfección podrá ascender a 300 pesos que sumados importan 1 2 0 0

-Desde el No. 2 al No. 3 hay 6655 vrs. (5563 m), aquí solo es menester aplanar y fortificar el rio y abrir zanjas; cuyo gasto importará. 2 0 0 0

-Del No.3 al No.4 se encuentran 2526 vrs. (2111.5 m), éste tramo no necesita más -- que quitarle piedras sueltas y abrirle -

P E S O S

zanjas; cuyo gasto importará 7 8 0

-Del No.4 al No.5 hay 4393 vrs. (3672 m);
es indispensable aplanar, quitando muchos
espaldones de tepetate, macizar los senos
y abrirle zanjas; cuyo gasto importará. 2 0 0 0

-Del No.5 al No.6 median 680 vrs.(586 m);
hay que hacer un puentecillo de un arco -
de 4 vrs. (3.35 m), derribar algunos es--
paldones, rellenar los senos y abrirle -
zanja a un lado y abordar; cuyo gasto im-
portará 2 6 0 0

-Del No.6 al No.7 hay 1325 vrs. (1107.6m);
éste tramo no tiene puente, pero en lo
demás es como el antecedente, y por ésto
solo deben quitarse los 600 pesos que se
regulan para el puente y queda su importe
en los mismos respecto a ser la tirada --
más larga 2 6 0 0

-Del No.7 al No.8 hay 1700 vrs. (1421 m);
está bueno y solo hay que hacerle la zan-
ja; cuyo importe será. 4 0 0

-Desde el No.8 continúa diferente el pro-
yecto del que expresa don Felipe de Nar--
varte; y siguiendo los números en el mapa
que acompaña, en donde se mira con clari-
dad, estableciendo el nuevo camino, y se
calculan los gastos según los precios de
Toluca.

-Del No.8 al No.9 median 657 vrs.(549.2m)

se hace preciso abordar y zanjear las -
 primeras 400 vrs., hacer un husillo y -
 últimamente hacerle un puente de un arco
 de 10 vrs.(8.36 m), para salvar la barran
 ca honda y dar principio a la cuesta sua
 ve pero pedregosa; todos éstos gastos im
 portan 3 5 0 0

-Del No.9 al No.10 hay 2145 vrs.(1793 m);
 las 839 vrs.(701.3 m) contienen una rampa
 pedregosa que es menester abordar y terra
 plenar; las restantes solo deberán zanjear
 se y hacer un husillo; cuyo gasto importa
 rá 9 0 0

-Del No.10 al No.11 median 2043 vrs. --
 (1707.7 m); en éstas debe zanjearse al la
 do del cerro y abordar la parte de la caí
 da con fuertes maderos y pies derechos, -
 aplanar la superficie y construir un puen
 te de 4 arcos y 3 husillos; importando 9 0 0 0

-Del No.11 al No.12, que es el paraje lla
 mado Agua Bendita median 1800 vrs.(1504.6)
 éstas empiezan por un tramo de 80 vrs. -
 (66.9 m), que debe contener un puente de
 3 arcos; sigue después una cuesta muy pe
 dregosa que debe rebajarse, y luego un --
 plano casi horizontal que está bueno, y
 solo hay que zanjear y abordar; siguen --
 después dos cuestas muy tendidas de tierra
 y piedra que deben aplanarse, desmontar -
 algunos troncos y hacer 5 husillos, de los
 cuales 2 deben ser algo mayores; cuyas --
 obras damandan un gasto de 7 5 0 0

-Del No.12 al No.13 hay 896 vrs.(748.9m); que es el alto de las Cruces, éstas son de plano muy poco inclinado y casi horizontales de tierra y piedra, solo hay que abordar, zanjear, aplanar y fortificar el piso con dos pequeños husillos; cuyo gasto ascenderá a 1 2 5 0

-Del No.13 al No.14 se miden 700 vrs. -- (585 m); ésta porción de camino consta lo primero de una bajada que se halla transitable, aunque siempre será menester suavizarla algo más, zanjearle de un lado abordarla del otro y ampliarla las restantes varas, hasta la venta vieja de la Tablas hay poco que trabajar y solo es necesario zanjear, fortificar el piso y hacer un grande husillo para el desagüe de los veneros de agua, para dirigirlos todas a un punto; cuyo gasto importa. 1 5 0 0

-Del No.14 al No.15, que es le Llano de Salazar, se encuentran 2500 vrs.(2089.8m) éstas corren por las faldas de las sierras que son suavaes, situados en una cañada muy ancha. En éste tramo de camino hay que levantar calzada hasta 100 vrs. (835.9 m). para la defensa de los pantános; -- construir un puente muy bajo de 5 arcos, o bien 5 husillos grandes y sucesivos para el paso del arroyo que sale de madre. Las restantes 1500 vrs. (1253.8 m) solo hay que abordar mucha arboleda, hacerle 2 husillos, aplanar la superficie y zanjear; cuyo gasto demanda el de 5 7 8 5

-Desde aqui en adelante se calcula según el plano de don Felipe de Narvarte, que se empleará desde el No.22 situado al principio del Llano de Salazar; por el trayecto que ha hecho sobre su carta ---ignográfica está perfectamente dispuesto y así me es preciso valerme de él para no aumentar los papeles, a excepción del que ha hecho en Rio Hondo como se dirá en su lugar.

-Del No.22 al No.23, se encuentran 1659 vrs. (1386.8 m); no parece ahí necesidad de puentes, solo si de 2 husillos, uno de ellos grande para salvar el arroyuelo del Llano de Salazar. La cuesta que se halla en éste tramo es suave, pero es menester zanjear el camino y levantar algunos tramos de calzada, cuyo gasto es1 3 0 0

-Del No.23 al No.24 hay 400 vrs.(334.4m); es efectivamente, el terreno cenagoso y se hace preciso la calzada en todo el --tramo; cuyo gasto ascenderá a 8 0 0

-Del No.24 al No.25 se encuentran 750 vrs (626.9 m); aunque está bueno, es menester zanjear el camino por ambos lados, cuyo -podrá ascender a 2 0 0

-Del No.25 al No.26 hay 1864 vrs.(1558 m); éste tramo lo proyecta mal el sr. Narvar-te, por que la cuesta debe excusarse tiran-do el camino a la izquierda, aunque se ro-dea; por ésto medí hasta 1864 vrs.(1558.1m);

siendo así que no pone al descrito más -
de 1204 vrs. (1006.4 m). Este trecho es-
tá bueno y solo hay que zanjear y reba--
jar algún tanto la cuesta para hacerla -
más suave; cuyo gasto podrá ascender a 8 0 0

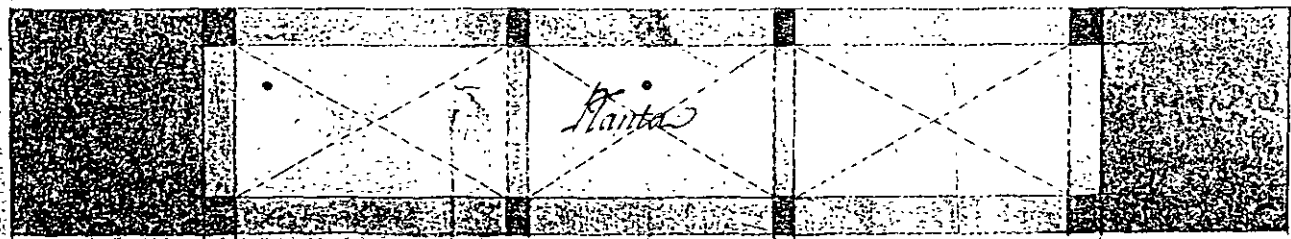
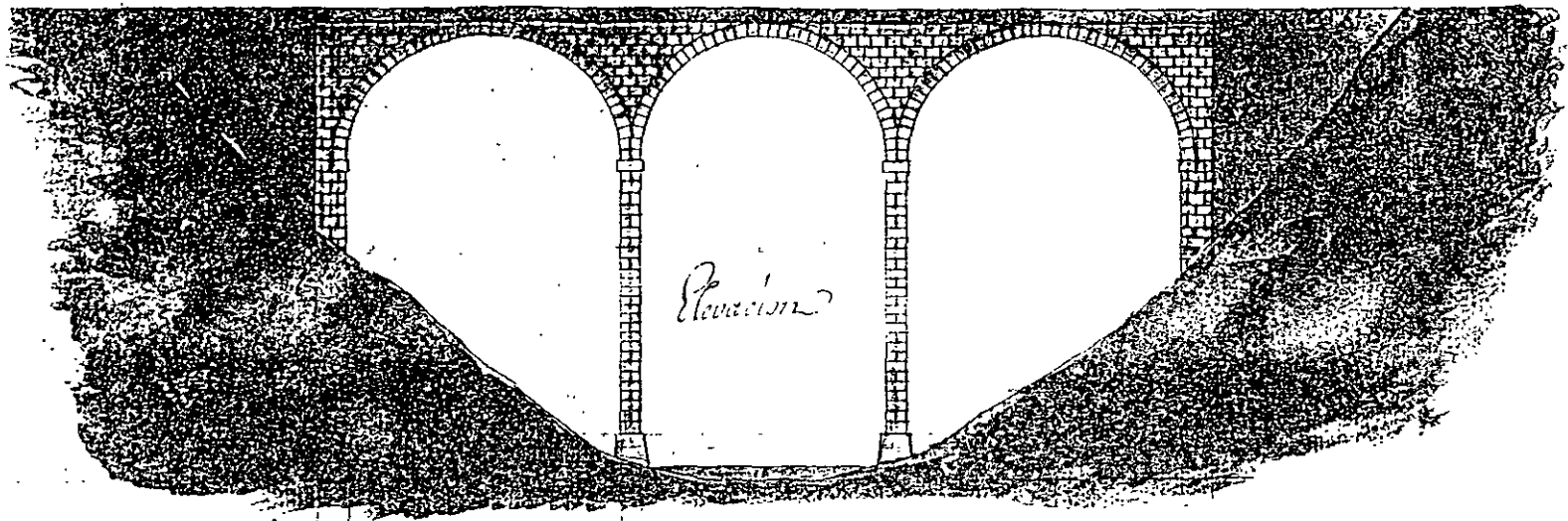
-Del No.26 al No.27 se encuentran 1870 -
vrs. (1563 m); está bueno y solo hay que
zanjear, abordar algunos cortos pedazos
y desmontar arboleda; cuyo gasto es 6 0 0

-Del No.27 al No.28 hay 3350 vrs.(2800 m);
éste tramo también está bueno, debe, no -
obstante, zanjearse, desmontar arboleda -
para enderezar el camino y hacerle 2 pe--
queños husillos; cuyo gasto escenderá a 1 3 0 0

-Del No.28 al No.29 se encuentran 600 vrs.
(501.5 m) de subida y bajada; el Rio Honda,
y ahí es preciso un puente, pero es mucho
menos costoso hacer el puente de 20 vrs. -
(16.7 m) de altura, y con él, traspasar la
barranca por línea recta; se ahorran por .
de contado las 600 vrs. (501.5 m) de subir
y bajar; el gasto de abirdar todo el cami-
no se abrevia éste, y las desgracias que -
podrían ocurrir por ser muy violentas las
revueltas, y que el puente tampoco se excu-
saria en lo más profundo del arroyo. El -
gasto del puente de un arco y suavisar la
bajada de él podrá costar 4 0 0 0

-Del No.29 al No.30 hay 6023 vrs.(5034.6m);
éste tramo está bueno, pero hay que hacer
un husillo en la forma de agua en la hacienu

Seguido Plano q. demuestra el ultimo proyecto todo de Canteras, y Bovedas de Ladrillo, etc. etc.



Escala de 1/1000

ARCHIVO GENERAL DE LA NACION
Ramo: Caminos y Calzadas, Cet. 19,
Vol. 19, exp. 11, fs. 254

da de Xaxalpan, y suavisar una bajada -
 que no es dificultosa. Además es neces-
 ario aplanar un trecho de 500 vrs.(418 m)
 antes de la cuesta de Amomoluco y zanjear
 el camino; cuyos gastos podrían importar
 la cantidad de 2 0 0 0

-Del No.30 al No.31 se encuentran 954 -
 vrs.(797.5 m); éste trecho es la última
 bajada al Llano del Lerma, llamada de -
 Amomoluco. Esta se halla ya compuesta y
 empedrada y solo es preciso ensancharla,
 abordarla de un lado y zanjearla del --
 otro, y aún se puede con facilidad sua-
 visarla, tomando algún trecho del llano
 por que es algo agria para carruajes; -
 éstos gastos demandan el de 1 0 0 0

-Del No.31 al No.32 median 1600 vrs. --
 (1337 m);hasta la ciudad de Lerma. En -
 ésta porción del camino es preciso for-
 mar calzada nueva abordada de calicanto
 elevada una vara (0.835m) sobre el te--
 rreno, dejándole 5 husillos para el desa-
 güe en la parte sur en tiempo de secas,
 y por si se verifica el desagüe total de
 las lagunas (de cuya obra utilísima ten-
 go noticias que se está tratando); éstos
 gastos, que son costosos, pero de dura--
 ción costarán 1 0 0 0 0

-Del No.32 al No.33 median 2200 vrs. --
 (1839 m); ésta porción contiene a la lar-
 ga ciudad de Lerma, que no puede tener -
 otro título, por su infelicidad en que -
 se halla, por las extorsiones que ha --

padecido y padece, en virtud de la usurpación de tierras que injustamente poseen los colindantes. Este tramo no tiene nada que se le trabaje.

-Desde el No.33 al No.34 se encuentran - 1050 vrs. (877.7 m); es preciso la calzada que se dijo entre el No.31 y 32 y con las mismas circunstancias que se han expresado. Este gasto podrá ascender a6 3 0 0

-Ultimamente, desde el No.34 al No.35 -- median 13,630 vrs.(11,393 m); hasta la ciudad de Toluca; éste tramo es casi horizontal, con solo una insensible caída hacia el Lerma, y hay un camino muy ancho, pero mal cuidado y en partes cenagoso por que no tiene zanjas de desagüe, pués las que tiene son las que han abierto los -- hacenderos para la defensa de sus tierras, y las han abordado también hacia el camino, por lo que no tiene salida el agua -- llovediza y así es preciso zanjear de nuevo, fortificar el terreno y plantar árboles; éste costo podrá subir a la cantidad de . . . 2 0 0 0

TOTAL DE GASTOS⁶

"Como en éste cálculo y presupuesto de gastos no van incluidos algunos particulares que son indispensables, como el de -- herramientas, jacalones, garitas, casillas durante la obra y algunas fuentes y pilas, es preciso añadir a los gastos anteriores los siguientes:"

"Respecto a que ésta especie de obra admite mucha extensión

"... se pueden poner en ella cuantos operarios se quieran, por lo - que atento a las ventajas que resultan al público de éste cami no, juzgo sería conveniente no durase más de dos años; ésto es, dos temporadas de secas de ocho meses cada una. Bajo éste su-- puesto, se pueden poner dos brigadas de peones y albañiles, una en la Venta de Cuajimalpa y otra en el Llano de Salazar, diri giéndose ambas cuadrillas al cerro de las Cruces (que es lo -- primero que debe componerse para facilitar el peaje con brevedad). Cada cuadrilla deberá contar de 20 albañiles, 5 canteros, 200 peones y 4 carpinteros a la orden de un sobrestante y dos cabos de cuadrilla, para sub-dividir la obra en donde fuese ne cesario, aumentando o disminuyendo el número de trabajadores a medida que se adelante la obra, según el género de ella, que - se vaya a emprender"

" Según éste sistema, son menester para ambas cuadrillas - las herramientas siguientes, incluídas las de refacción:"

	P E S O S
200 azadones, 100 barretas y 200 pijones	7 7 0
300 palas, 50 barras grandes	8 5 0
100 talachas, 50 azadas y 50 hachas	3 0 0
100 cucharas de albañil con sus plomadas y escuadras	7 5
100 martillos y 50 escuadras de fierro	1 2 5
40 mazos de fierro o almeinas	2 0 0
100 cubetas, 2 finas y 100 artezas	4 5 0
100 rectas, 300 docenas de lazos y 8 manojos de cordel	9 0
50 azuelas, 50 machetes y 10 sierras de todas clases	1 4 0
4 avantrenes o carritos para acarrear árboles	2 0 0
4 fraguas con todas sus herramientas	8 0 0
50 carretillas y 1000 cargas para fanales	1 5 0 0
4 resmas de papel y recado de escribir	2 0
12 reglones, 50 varas de medir y 50 niveles de peso	5 6
1 quintal de pólvora con avío para barrenos	1 5 0
100 cueros de res para parihuelas y amarrar	1 5 0
50 barriles y 4 pipas grandes para agua	1 3 0
	6 0 0 6

"Como lo escabroso del actual camino impide a las recuas - el andar a piso regular y por ésto se gastan cuatro jornadas - desde ésta Capital a Toluca, no secederá así luego que el camino esté establecido, y les bastarán tres dias; por ésto no será menester más de dos tinglados o jacalones, el uno cerca de la Venta de Cuajimalpa, en el paraje de buen pasto y agua, y el otro cerca del Lerma."

P E S O S

Estos jacalones, que deberán tener - 30 vrs.(25 m) de largo sobre 9 vrs.(7.5m) de ancho, se colocarán fuera de la superficie del camino, atravesando la zanja - con un puentecillo al lado del buen pasto y servirán de resguardo de los arrieros y de los pasajeros en tiempo de aguas, estableciendo una zanjilla alrededor para que éstas no se introduzcan en el tinglado; deberán tener solo pies derechos y techados con tejamanil. El gasto de éstos jacalones importará 4 6 0

Para los dependientes de la obra -- (particularmente los que la manden) puedan guardar sus papeles e instrumentos y resguardarse del sol y el sereno, deben hacerse cuatro garitones o casillas de - madera, con su tapanco, mesilla y alacenna, colocada sobre cuatro ruedas para -- transportarlas a donde convengan; cuyo gasto importará 3 0 0

Para el establecimiento del peaje, - deberán construirse dos casas o garitas de adobe; una situada en la Venta de Cuajimalpa y la otra en la entrada del Lerma. En ella debén vivir dos recaudadores

que cobrarán de los pasajeros el peaje.
 Estas dos garitas podrán costar 3 0 0 0

Como antes y después de haber emprendido las caballerías y demás bestias las cuentas de las Cruces es menester que beban, se colocarán dos abrevaderos con sus fuentes a un lado del camino, a fin de proveerle de agua a los pasajeros, - por lo que sería conveniente se previniese al Sr. Garay, dueño de la Hacienda de los Morales, no corte el agua que va a la Venta de Cuajimalpa (que es donde debe haber una pila), como varias veces lo ha hecho, en perjuicio de los transitantes y habitantes de aquel paraje, cuya merced de agua la poseen solo el Sr. Garay, sino también el dueño de la Venta, que parece que la justa debe ser igualmente distribuida para todos. La otra - fuente debe colocarse inmediata al Llano de Salazar, con el fin, una y otra, de - que los pasajeros llevados por la sed, - no se salgan del camino con sus cargas y carruajes a beber en los arroyos, en detrimento de los bordes, zanjas y árboles del camino. El gasto de éstas dos fuentes y pilas importará 5 0 0

A más de lo descrito y respecto a - ser una obra tan basta, y por que quizás se puede haber olvidado algún renglón -- principal, se podrán añadir para gastos imprevistos 2 0 0 0 0

"Esto es, Sr. Exctísimo. cuanto he podido cacular prudencialmente sobre un presupuesto que merece tantas consideraciones; aproximándome, en cuanto me ha sido posible, a la verdad, según la poca experiencia y menor prudencia que me asiste."

"En cuanto al modo de construir el camino, nada más hay - que reproducir a lo que dice F. de Narvarte al folio 13 y siguiente a él, es menester referirse, por que está perfectamente instructivo, y solo sí se dirá que no en todos los parajes es necesario abordar con calicanto, por que hay muchos que se pueden afirmar con fuertes pies derechos y troncos atravesados; verdad es que se pudren con el tiempo, pero cuándo llega éste caso, ya el terreno habrá consolidado, y los árboles que deben plantarse de tres en tres varas habrán crecido y servirán de - pies derechos naturales y de hermostear el camino. A más de que no en todos los parajes se halla piedra a la mano, y sería muy costoso el acarreo, y así bajo el concepto anterior, se ha calculado la obra. En todo lo demás es preciso sujetarse a lo que expone don Felipe de Narvarte."⁶

TOTAL DE GASTOS \$102,331.00

1.3.4 P E A J E.

El impuesto de peaje o derecho de uso de camino, éra cobrado por una tesorería especial con el objeto de reunir fondos para la construcción, mantenimiento y reparación de los caminos - existentes.

No es difícil imaginar, que este impuesto era cobrado a todos y cada uno de los usuarios del camino. Bajo este concepto, - se elaboró un aforo del tránsito que se detectaba por el rumbo de las Cruces, estimando, de manera conservadora, que las tres - cuartas partes ($3/4$) del tráfico diario observado se dirigía a la ciudad de Toluca.

En base a lo anterior, tenemos el tránsito anual estimado, para el camino México-Toluca en esa época:

1460 coches;
1460 volantes;
62050 mulas de carga;
10950 jinetes de silla;
13140 bestias de carga;
6570 burros de carga;
13200 cerdos;
6000 cabezas de ganado menor;
16000 cabezas de ganado de la obligación.

También, por su contenido social, interesante es la lectura de la propuesta de peaje elaborada por el Ing. Mascaró:⁶

"Como la utilidad del camino redunda no solo en beneficio de Toluca, sino que trasciende a toda tierra adentro, parece - se aumentará el número de pasajeros y recuas, por que según - los rumbos y distancias de los mapas particulares que tengo en mi poder, todos los pasajeros de Guadalajara y sus cercanías - ahorrarán más de 40 leguas (222,908 m), y de Valladolid y Acámbaro poco menos."

"El presupuesto que sigue está arreglado a los informes - que se han podido adquirir, y como han sido tan variadas las cuentas que se han proyectado, se ha tomado el término medio - de cada cosa, entre los papeles de oficio y a la voz general - del público."

"PRESUPUESTO DE PEAJE"⁶

	P E S O S
4 coches al día, a 12 reales* cada uno - importan al año	2 1 9 0
4 volantes ídem, a 8 reales	1 4 6 0
150 mulas de carga, a un (1) real, siendo recua entera	6 8 4 3
20 mulas de carga de los pobres, no pasan de 3 el número de cada partida, a -- medio real	4 5 6
30 jinetes de silla, a un (1) real	1 3 6 8

(*).- un peso es igual a 8 reales.

P E S O S

36 bestias vacias a medio real	8 2 1
10 burros de carga, siendo de un solo -- dueño a medio real	2 2 8
8 burros de carga de los pobres, no pasan do de 4 el número de cada partida, a un cuarto de real	9 1
11400 cerdos gordos cada año, pasando en partidas enteras, a medio real cada cerdo	7 1 2
1800 cerdos cada año de los pobres, pasan do en pequeñas partidas de 4 a abajo, a - un cuarto de real	1 1 2

El número de cerdos flacos, carneros y demás ganado menor, es difícil de computar, y por ésto, me sujeto a lo que dice Valero, que podrían pasar 6000 al año; según éste cómputo, se podrán considerar -- 4000 cabezas de ganado menor, cuyos dueños sean ricos, y a razon de 3 granos cada cabeza importarán 1 2 5

Las 2000 restantes, que se consideran ser de los pobres, por pasar en pequeñas partidas, pagarán solamente de 3 a arriba a medio real 4 0

Una cabeza sola, ni dos, nada.

Los toros o vacas de venta deberán - pagar sin distinción 3 granos por cabeza, y pasando 2000 al año, importarán 6 2.4

P E S O S

Según los informes recibidos sobre -
el número de ganado de la obligación, to
mando el término medio, pasarán cada año
16000 cabezas, que a tres granos cada --
una importará 5 0 0

TOTAL DE PEAJE . \$ 15,0 0 8.4

"Como las mulas y caballos de venta no debieran pagar más
de 3 granos cada uno y las bestias de vacio pagarán medio real,
pudiera en ésto haber alguna trampa por parte de los arrieros,
desapartando la mayor parte de sus mulas y manifestarlas de --
venta, cuyo engaño sería difícil de averiguar, por lo que creo
sería conveniente que pagasen unas y otras un medio real sin -
distinción, cuyo importe ya va unido en la penúltima partida."

Los gastos que puedan ocurrir para -
el cobro de éste peaje y las recomposi--
ciones del camino, quedan bién especifi-
cadas en el discurso de don Miguel Vale-
ro, al folio 22, a cuyo prudente arreglo
es preciso sujetarse, y su importe ascien
de a 1 8 0 0

Las utilidades de los dos mesones no
parece sean tantas, por que no empleando
los pasajeros más de un dia, solo con un
mesón es suficiente, pero como éste es -
de mucho tránsito producirá desde luego,
lo menos 500 pesos anuales. De modo que
si la cantidad de 15,008.4 pesos se le -
resta la de 1,800 que montan los gastos,
y al residuo se le añaden los 500 del -
mesón, queda líquido. \$ 13,7 0 8.40

"Según ésta cuenta, quedan siempre a favor del asentista del camino \$13,708.40 para su reembolso anual, hasta completar el total caudal empleado en la construcción del citado camino. A éste respecto son menester, para su total cobro, siete años y medio, y a más es preciso concederle otros cinco o seis años, por aquellas ganancias justas, de un tanto por ciento que hubiere logrado puesto el dinero a réditos o empleado en el comercio."

"Cuándo se halle ya satisfecho del caudal y ganancias del camino, se podrá disminuir el peaje del camino a beneficio del público, cobrando solo 2,000 pesos que se podrán regular anualmente para gastos de recaudación y recomposición."⁶

Aprobada por el Virrey, la ruta, el presupuesto de obra y de peaje, y evaluados los beneficios que la obra producirá ya estando en operación; se emitieron PREGONES en la Capital de la Colonia, Toluca, Valladolid (hoy Morelia) y Guadalajara, - con el objetivo de convocar a los principales hacendados interesados en la contratación de las obras del camino, que para su construcción fué dividido en ocho tramos.

En el mes de marzo de 1792, el Ing. Agustín Mascaró entrega a los Asentistas una relación general de las obras a ejecutar, con sus respectivos avalúos, para cada uno de los tramos; pero fué hasta el año siguiente que se dió inicio a la obra.

Las especificaciones generales de todo el camino están contenidas en la CONTRATA elaborada por el mismo Ingeniero (y que ha continuación se transcribe), conteniendo aspectos como: ancho de calzada, cunetas, bombeo, especificación de materiales, especificación para terraplenes, puentes y alcantarillas, derechos y obligaciones de los Asentistas, etc.,.

1.3.5

"CONTRATA PARA LA APERTURA DEL CAMINO DE RUEDAS DESDE
ESTA CAPITAL A TOLUCA"⁸

CONDICIONES GENERALES.

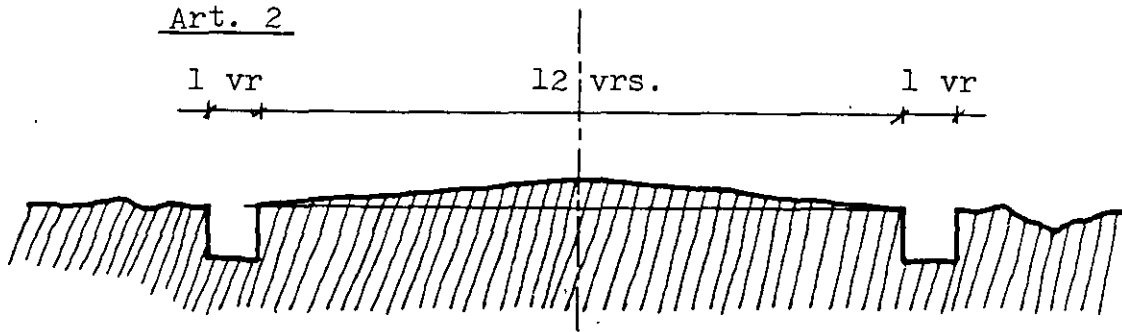
- 1.- "El camino carretero que debe abrirse desde ésta Capital - de México hasta la ciudad de Toluca consta de 65,128 varas castellanas (54,440.5 m), desde el principio de la cuesta de Tacubaya, hasta la primera casa principal de la calle Real de Toluca, llamada de la Mexicana; que componen 13 leguas y 128 vrs. (72,543 m). Este tramo es el que se debe abrir, exceptuando -- 2200 vrs. (1838.98 m) que contiene la calle Real de Lerma, en la que nada hay que componer por estar actualmente llano y sin estorbo alguno."
- 2.- "Todo el camino ha de tener de ancho 12 vrs. (10 m), y una vara (0.84 m) a mas de cada lado que debe contener la zanja en donde debiere hacerla."
- 3.- "La zanja debe de tener en general una vara de ancho y -- otra de profundo, con la caída correspondiente a lo menos de 2 pulgadas (0.051 m) en cada 100 vrs. (83.59 m) para las salidas de las aguas."
- 4.- "Al fin de cada caída, deberá darsele salida a las aguas, bién sea por alguna inmediata, o bién atravesando el camino -- con una alcantarilla, si aquella se hallare a la parte opuesta."
- 5.- "Deberá darse a la superficie del camino que se componga, -- la finura de una curva de media vara (0.42 m) de sagita o altura en el centro cuando el terreno fuere duro por naturaleza, -- como se muestra en el plano No. 1, fig.5; pero si fuese endurecido artificialmente, deberá quedar, después de bién pisonado y cocluído, de 2 pies (0.61 m) de sagita o altura en el centro por lo que bajase en lo sucesivo con el paso de los caminantes."

6.- "Las calzadas deben formarse como se representan en los dos perfiles del plano No.1, fig.4 y 5; a saber, en donde abunde de piedra, se rellenará toda la caja con pedruzcos sueltos y piedra menuda en los senos, y últimamente se cubrirá la superficie con una tongada de arena y tierra de 6 pulgadas de alto (0.15m), bién pisonada, o de arena y tepetate molido bién pisonado; pero donde escasee la piedra, después de haberle dado la figura de una curva con tierra bién pisonada por tongadas de tercia en tercia, faltándole una media vara (0.42 m) para su conclusión, se le pondrá una capa de piedra en toda la superficie de una tercia de alto, poco mas o menos, y para las 6 pulgadas restantes que faltan, se cubrirá dicha piedra con una capa de arena mezclada con tepetate molido o tierra, y para sostener las margenes del camino, se clavarán muy unidas, una fila de estacas hasta igualar con la altura del camino como se ve en la fig.5."

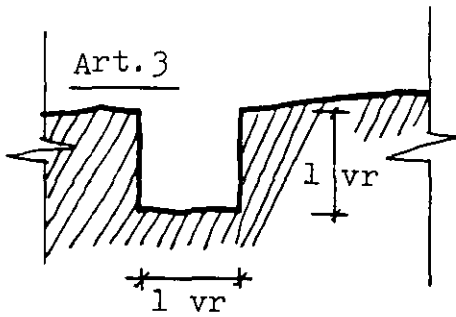
7.- "Cuando se ofreciere abordar alguna porción de camino, para sostener las tierras de un lado, se clavarán muy unidas, de 4 en 4 vrs (3.34 m), fuertes troncos de árboles de una tercia de grueso lo menos, enterrados en la tierra un otro tanto de lo que deben asomar, y en los intermedios se atravesarán maderas murillos de 6 pulgadas de grueso lo menos, y de 4 u 8 vrs. (3.34 ó 6.7 m) de largo conforme diere la madera, hasta completar la altura del camino, y al extremo de los pies derechos, se pasará una cinta clavada con tarugos de encino bién asegurados que sirvan de pasamanos o barandal a todo el tramo, como todo se ve representado en el plano No.1 figuras 1, 2 y 3; y por lo que respecta al piso del camino, deberá dársele una inclinación solo por un lado, hacia la parte del abordado, y del otro deberá zanjearse para recojer las aguas del cerro; y la margen del camino por ésta parte se compondrá de una pared de piedra seca bién formada o estacada en la forma que se dijo en la condición antecedente, como se manifiesta en la fig.1. En cada intermedio se plantará un árbol de Pino u Oyamel a fin de que cuándo llegue el caso de pudrirse los pies derechos, sirvan los mismos árboles para sostener el abordado en lo sucesivo."

Secciones, bombeo y zanjas (cunetas) propuestas para el camino
México-Toluca (1793).

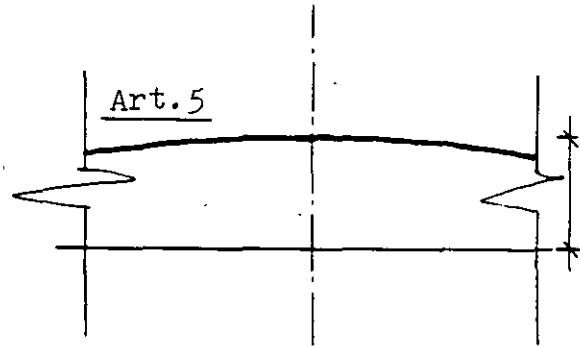
Art. 2



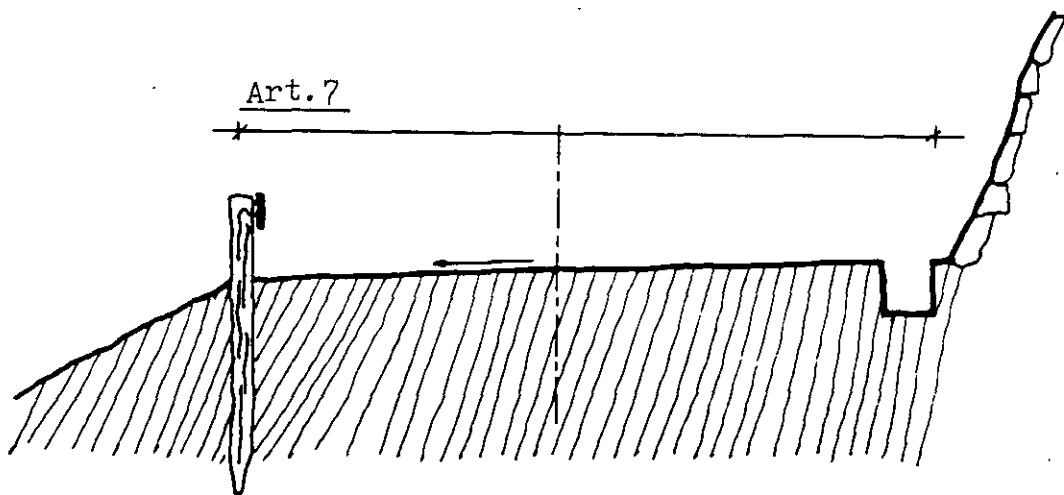
Art. 3



Art. 5



Art. 7



8.- "Si después de haberle dado al camino la figura que se pide en la 5a. condición, resultase naturalmente el terreno de tepetate o cascajo, no será menester fortificar la superficie; pero si el piso se hizo artificial, será menester endurecerlo en forma en que se dijo en la condición 6a."

9.- "Como el tramo desde la Venta de Cuajimalpa hasta el Llano de Salazar, hay algunas cuestas cortas de 50 a 100 vrs. (41.8 a 83.6 m) de longitud, y tendría mucho costo el suavizarlas, se hace preciso poner por condición y regla general, que siempre que la cuesta tuviere una pendiente mayor de 7 vrs. en cada -- ciento (7%) , se deberá empedrar con piedra menuda a fin de que las bestias no resbalasen, y también para que las aguas que -- lluevan sobre el camino no habran zurcos en la superficie de él."

10.- "Todos los puentes, alcantarillas y demás obras de calicanto, deben hacerse de buen material, usando de la mejor cal que se encuentre, de piedra dura y arena limpia, pero los arcos de los puentes y alcantarillas deberán ser de ladrillo de buena calidad y bién cocido."

11.- "No debe haber en los puentes primores de piedra labrada, - ni otros adornos que no son del caso, y solo deberán labrarse en bruto, los angulos de los pies derechos de los arcos, las pi lastras y guardarruedas; y para las inscripciones que se han de colocar en algunos puentes, se llevará piedra de chiluca para formar los tableros en donde deben esculpirse."

12.- "Los puentes y alcantarillas deben construirse en los parajes que se señalan y del tamaño que se expresa en los planos - que acompañan, para cuyo fin se ha puesto en cada tramo del camino el número de ellos y el de varas lineales, superficiales y cúbicas que deben zanjearse, derrumbarse, limpiarse, empedrarse, y a fin de evitar toda equivocación como se vera en adelante."

13.-"Como hay muchos tramos de camino en donde nada hay que ejecutar, como sucede en algunas porciones desde Tacubaya a Sta. Fé; desde el Llano de Salazar a Rio Hondo, y desde Lerma a Toluca, no obstante siempre será de cuenta del Asentista el desviar las aguas laterales de los caminos y dirigirlas a otra parte, observando por regla general, que en la superficie de él no se detenga ni corra el agua alguna, más la que cae directamente del cielo a la superficie, y ésta ha de salir inmediatamente por los costados de la zanja, para cuyo fin se le da a todo el camino compuesto la curva y la pendiente que se dijo en las condiciones 5a. y 9a. ."

14.-"No se satisfará al Asentista por entero la total cantidad del ajuste, ni tampoco quedarán libres sus fianzas hasta que la obra (después de concluída) haya sufrido una temporada de aguas, a fin de observar las novedades que hayan ocurrido, para remediarlas el Asentista de su cuenta. ."

15.-"A los puentes se les debe dar un mínimo de ancho de 12 vr. (10 m) que a todo el resto del camino, a fin de que después de concluído, queden libres las 10 vrs. (8.36 m) para el paso y las otras dos (1.7 m) por la media vara de cada lado que ocupan los pretilos y otra media que han de ocupar los guararruedas."

16.-"A las paredes laterales de los puentes y alcantarillas se les ha de dar una vara (0.84 m) de grueso desde el arranque del arco, y éste debe establecerse sobre un sólido de mampostería del tamaño que se expresa en las elevaciones, dándole al largo de 12 vrs. (10 m), a excepción del puente de Arroyo Hondo, que por ser mucho más alto que los demás deberá principiar por un sólido de 16 vrs. (13.37 m) de largo hasta el arranque. -- Sobre éste se deben levantar las paredes laterales de 3 vrs. (2.5 m) hasta la altura de 8vr. (6.7 m), contando desde el arranque del arco, y luego han de seguir de una vara (0.84 m) de grueso hasta el nivel del camino."

17.-"En la Plaza de la Venta de Cuajimalpa y al pie de la bajada de Amomoluco, se construirán dos casas de adobe para los guardas; con mochetas de cal y ladrillo en todas las puertas y ventanas, los cimientos de calicanto hasta una vara (0.84 m) del suelo, que sirva de zócalo; la azotea bien enladrillada; su pórtico con columnas de madera; puertas y ventanas de cedro con todo el herraje necesario; bien enladrillados o entarimados los pisos interiores; enguijarradas y blanqueadas las paredes por dentro y fuera; un reloj de sol y con el número de piezas y demás oficinas que se expresan en el plano No:8 ."

18.-"En la misma Plaza de Cuajimalpa, al pie de la cuesta de de las Cruces y en el paraje de Agua Bendita, se colocarán 3 fuentes con sus abrevaderos, construídas de calicanto y sus correspondientes cañerías de barro para la conducción del agua, y al fin de la cañería un expurgador también de barro, introducido en una faja de mampostería de una vara en cuadro bien enguijarrada con mezcla compuesta de cal viva de la mejor calidad mezclada con polvo fino de teja bien cocida (que hay en Toluca) con éste material deberá también enguijarrarse el muro de las pilas por la parte interior de dos tercias de grueso y un empedrado alrededor de 3 vrs. (2.5 m) de ancho, conforme lo demuestra el plano, perfil y elevación No.9 ."

19.-"Como el tiempo en que nos hallamos no es apropiado para el corte de maderas hasta fines de octubre o desde primeros de noviembre hasta últimos de enero (despreciando las vulgares ideas lunáticas a la menguante de éste mes), no podrá el Asentista dar concluída su obra hasta dentro de dos años contados desde el mes de abril próximo; pero desde luego puede principiar la obra en dicho mes; y en el tiempo citado hacer los cortes de madera para dar lugar a que se sequen, y en el tiempo seco del año que viene de '94, dar principio a los abordados y a la construcción de la cerchas para los puentes, cuyas obras deberá concluir en la seca del año de '95 y hacer su entrega por mayo del mismo año, a fin de que, experimentando el

camino el rigor de las aguas siguientes, satisfacer después de ellas al Asentista la total cantidad de la contrata, quedando libres las fianzas si el camino no tuviese novedad alguna como se dijo en la condición 14."

20.-"No podrá el Asentista pretender excepción de derecho de --disminución de jornales, ni otras prerrogativas que sean en --perjuicio del Rey, ni de sus vasallos; pero si podrá pedir al Sr. Intendente de la Provincia, los auxilios necesarios para --que se le franquen de los pueblos inmediatos, los peones, albañiles, mulas, corte de maderas y demás aperos para la pronta --conclusión de la obra, pagándolos a los precios corrientes."

21.-"Como hay algunos trozos de camino que son cortos, como --son el contenido entre el Lerma y el Llano de Salazar, y el --que media entre las Cruces y el Tianguillo, no podrán los Asentistas, tal vez, sufrir el desembolso por entero; por lo que --se abonarán los pagos por tercios o cuartos, revisándose prime--ro por el Director de la obra, acompañado del Interventor, si --estaba en los términos prevenidos en ésta contrata, y si el --trozo ejecutado vale la tercia o cuarta parte del total, ajusta quedando el último pago en depósito hasta pasadas las aguas para los fines que se han citado en las condiciones 14 y 19."

22.-"No se permitirá al Asentista que los jornales o tareas --que devengan los peones y demás operarios los satisfaga en --géneros ni comestibles, sino en dinero en efectivo para que --los operarios puedan emplearlo en lo que gusten."

23.-"El Asentista y demás individuos de la obra estarán (solo en lo perteneciente e ella) a la orden del Director que la --dirija, a fin de reconvenir al primero y arrestar a los demás siempre que sea necesario; en reincidencia se despedirán de --los trabajos, y se mandará al Asentista nombre a otro en su --lugar. Si éste no obedeciere o reincidiere después de varias

"..reconveniencias, se participará al Sr. Intendente o a su -- inmediato jefe."

25.-"No podrá el Asentista variar la dirección del camino aunque le parezca ser más económico el gasto por otra parte sin - previo permiso del Director; y si después de un prudente exámen se reconociere tener razón, se dispondrá la variación con acuerdo del Sr. Intendente."

26.-"El acopio de materiales que haga el Asentista deberá ser reconocido primero por el Director antes de emplearlos; y si - viere que son de mala calidad, no se permitirá su uso."

27.-"Al fin de cada mes, pasará el Asentista una relación exacta del estado del estado de la obra al Director, con el número de varas de camino que se haya ejecutado, el estado de los puentes, y el lugar o paraje en donde se hallen trabajando las cuadrillas, para que pueda formar concepto de su adelantamiento y acudir al paraje de los trabajos cuándo les parezca."

28.-"Si por algún accidente imprevisto, ocurriese en la obra - alguna ruina de consideración, o desgracia de alguna persona, lo avisará luego el Asentista al Director, a fin de que enterado de los motivos que dieron lugar a ello, tome las providen-- cias convenientes para que no suceda en lo sucesivo."

29.-"Si después de cerrado o formalizado el aciento, hubiese -- otro Asentista que hiciera alguna raja, se le admitirá en los - términos prefijados por la Ley, pero si ésta fuese menor que lo avaluado en ésta Contrata, no será admisible su propuesta, por que en éste caso, conocerá el Director que lo ha de sufrir la - buena construcción de la obra."

30.-"En las inmediaciones de la Venta de Cuajimalpa y en los

"... ranchos de Rio Hondo, deben construirse dos tinglados o jacalones de 30 vrs. (25 m) de largo, 9 vrs. (7.52 m) de ancho y 3 vrs. (2.5 m), de altura, desde el principio del techo de madera con pilares empotrados en los cimientos, y zócalos de calicanto en ellos, con buena artesón y techado con tejamanil; una alcantarilla menor de 7 vrs. (5.85 m) de largo para el paso para el paso de las bestias al tinglado, y una zanja alrededor de él y un piso algo más levantado que el del rededor de la campaña, como todo se manifiesta en la lámimo No.10 ."

N O T A

"Si el Asentista faltase en algo a éstas condiciones que anteceden, o varias por capricho, alguna circunstancia contra lo que manifiesta los planos, perfiles y elevaciones que acompañan, sin previo permiso del Director de la obra, será de nueva cuenta desbaratada y volverá a construir lo que en aquellos términos hubiese mandado ejecutar; y a más pagará los perjuicios o atrasos que hubiere ocasionado."

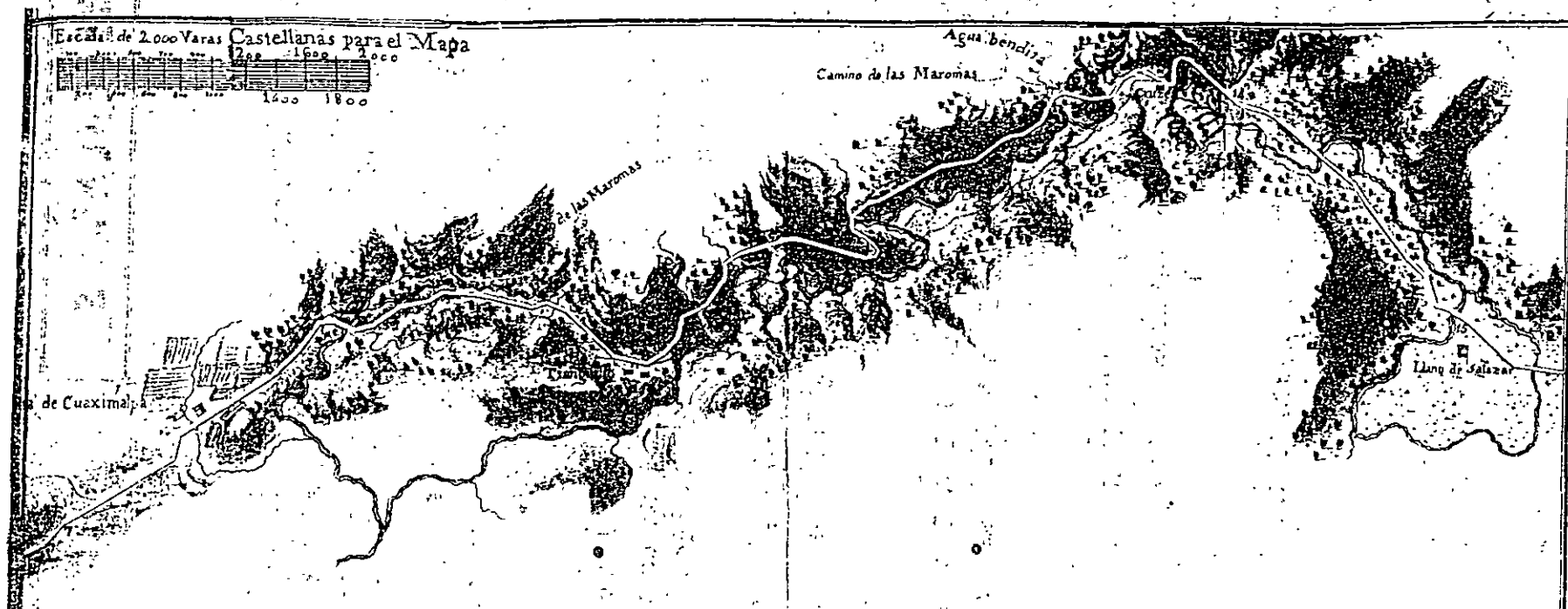
México 14 de marzo de 1793.

Manuel Agustín Mascaró.



REFERENCIAS

- 1.- CHAVERO Alfredo. México Através de los Siglos, Libro Cuarto: "Los Mexica". Vol.I. Publicaciones Herrerías. México. Cap.II, - pg.451; Cap. VI, pg.488; Cap. V, pg. 472.
- 2.- CHAVERO Alfredo. México Através de los Siglos, Libro Quinto: "Grandeza y Ruina de México". Vol. I. Publicaciones Herrerías. - México. Cap. VII, pgs. 716, 721.
- 3.- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. Dirección General de Autotransporte Federal. Apuntes para la Historia del -- Autotransporte. SCT, DGAF. México 1982. pg.7.
- 4, 6.- ARCHIVO GENERAL DE LA NACION. Documentos de Instituciones Coloniales. Ramo: Caminos y Calzadas. Vol. XI, exp. 20, fs. 225-410. AGN, México. (1791)
- 5.- ARCHIVO GENERAL DE LA NACION. Documentos de Instituciones Coloniales. Ramo: Caminos y Calzadas. Vol. XI, exp. 4, fs. 107 - 132. AGN, México. (1785)
- 7.- ARCHIVO GENERAL DE LA NACION. Documentos de Instituciones Coloniales. Ramo: Caminos y Calzadas. Vol. XIX, exp. 9, fs. 181-186. AGN, México. (1795)
- 8.- ARCHIVO GENERAL DE LA NACION. Documentos de Instituciones Coloniales. Ramo: Caminos y Calzadas. Vol. XIII, exp. 11, - - fs. 220-223. AGN, México. (1793)
- B A N D O.- AGN. Documentos de Instituciones Coloniales. Ramo: Caminos y Calzadas. Vol XI, exp. 18, fs. 228-229. AGN, México. (1787)

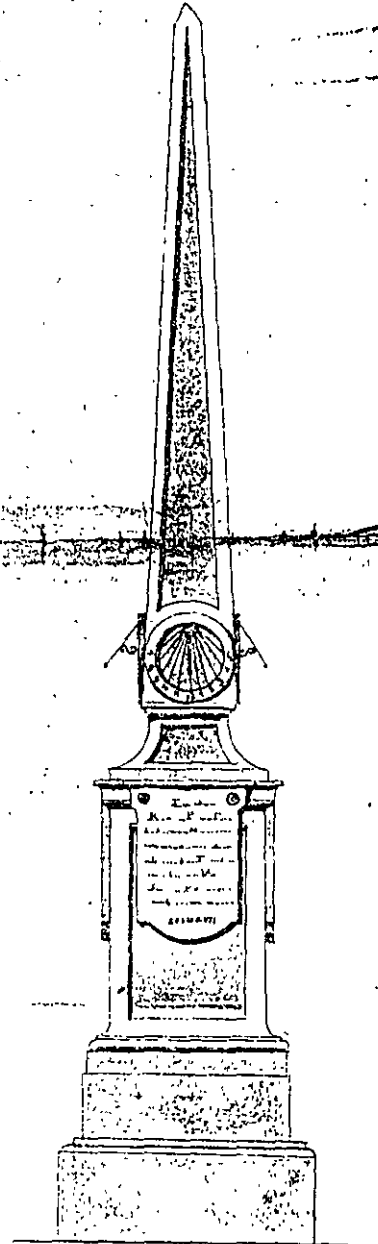


Mapa que contiene una parte del camino que dirige desde la Capital de Mexico, hasta la Ciudad de Toluca comprendida entre la Venta de Cuaximalpa, y el Llano de Salazar que es la travesia de la Cordillera de Sierras al Oest-sud-Oest de la Capital que comprehende 11.500 varas castellanas, segun el nuevo Proyecto del camino de Ruedas dirigido por el parage llamado la Agua-bendita.

Mexico.....de Mayo de 1791

Manuel Agustín Mascaró

proyeca en el puerto alto de las
Cruces.



3 pies 4 Varas

ARCHIVO GENERAL DE LA NACION
Ramo: Caminos y Calzadas. Cart. 11,
Vol. 19, exp. 13, fs. 348