



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

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

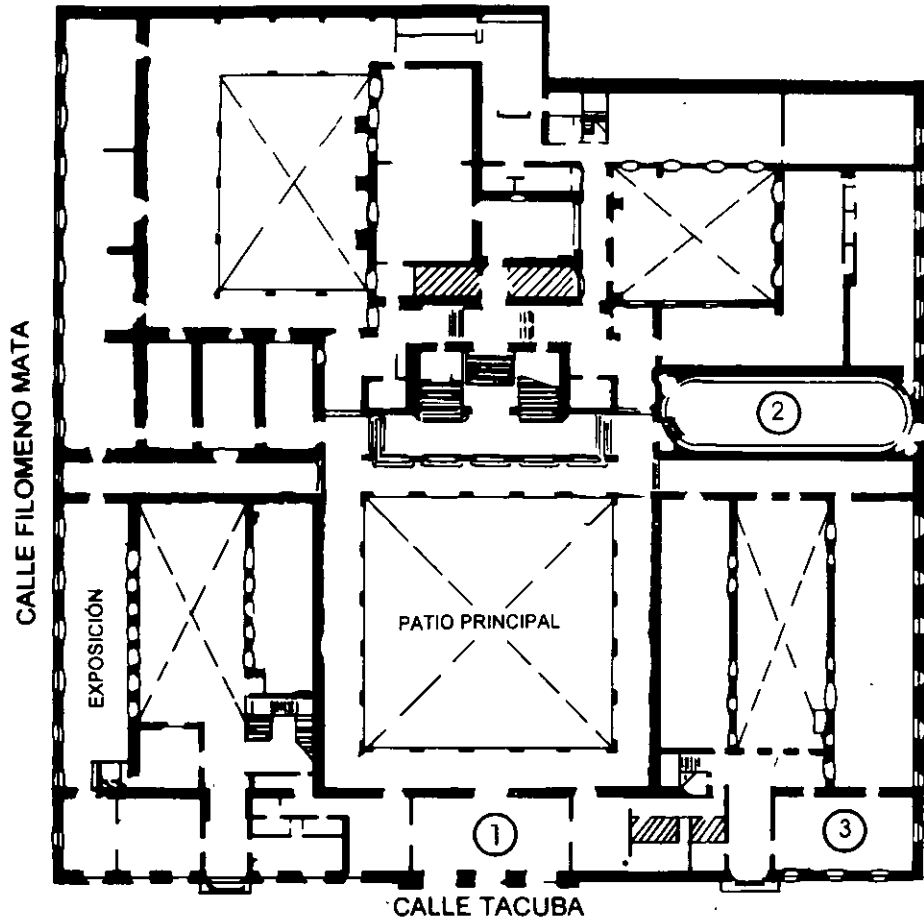
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

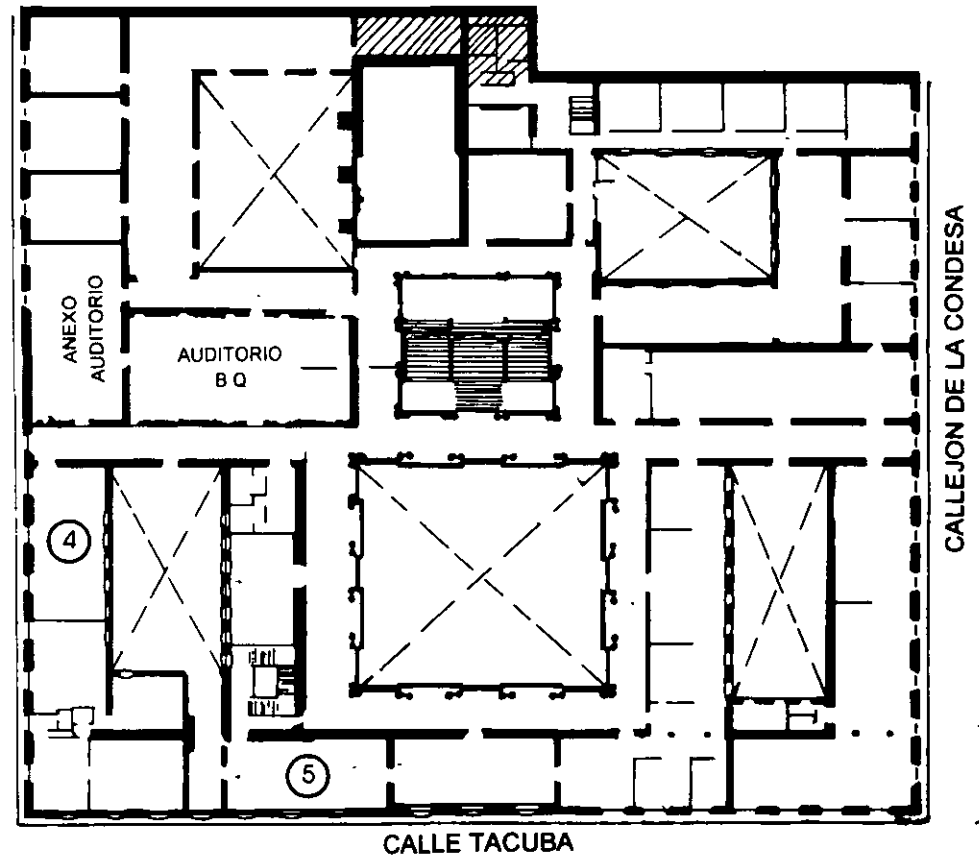
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

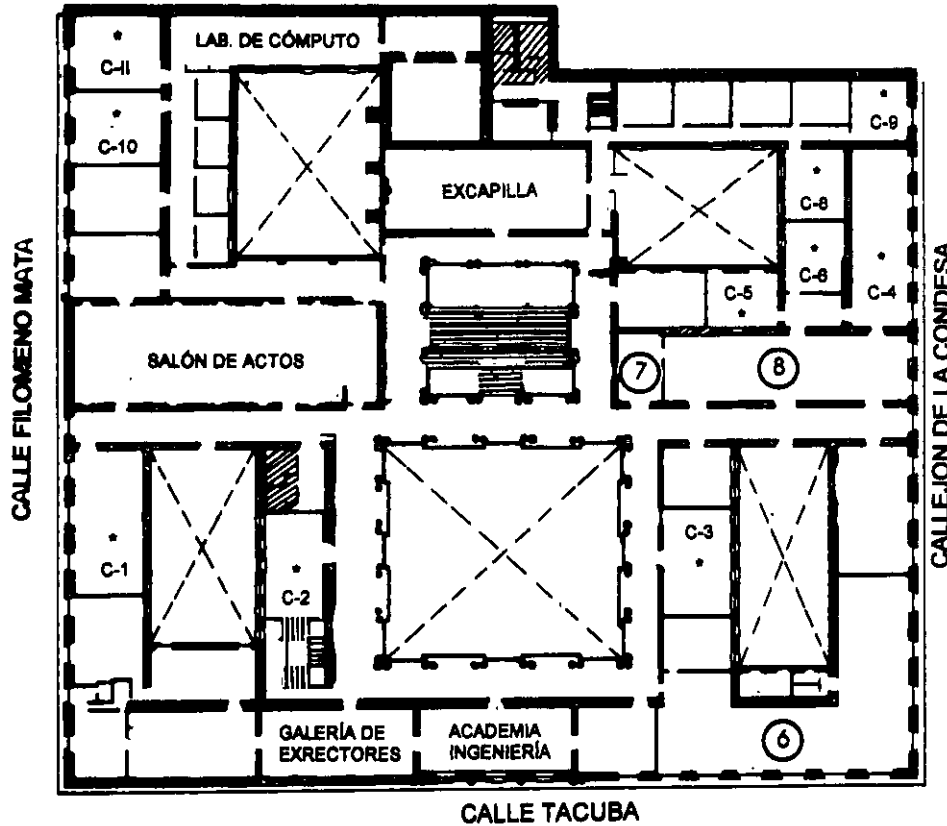


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



1er. PISO

GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
 2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
 3. LIBRERÍA UNAM
 4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
 5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
 6. OFICINAS GENERALES
 7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
 8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- * AULAS



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS





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

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

MODULO III: CONSERVACIÓN Y OPERACION

**PALACIO DE MINERIA
JULIO DEL 2001**

XIII REUNION NACIONAL DE VIAS TERRESTRES

EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS CON PERFILOMETRO LASER

R. Torres Velázquez

Gerente Técnico: Raúl Vicente Orozco y Cia., 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).

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.

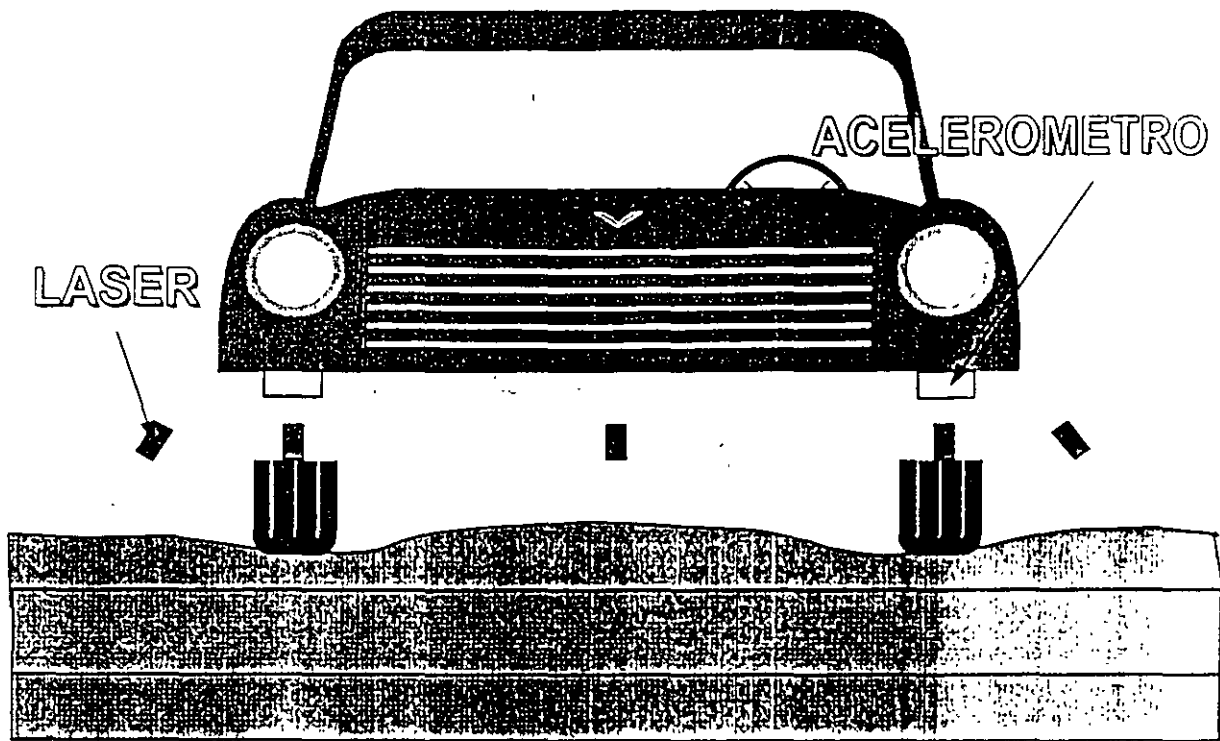


Figura 1. Ubicación de los sensores LASER y acelerómetros

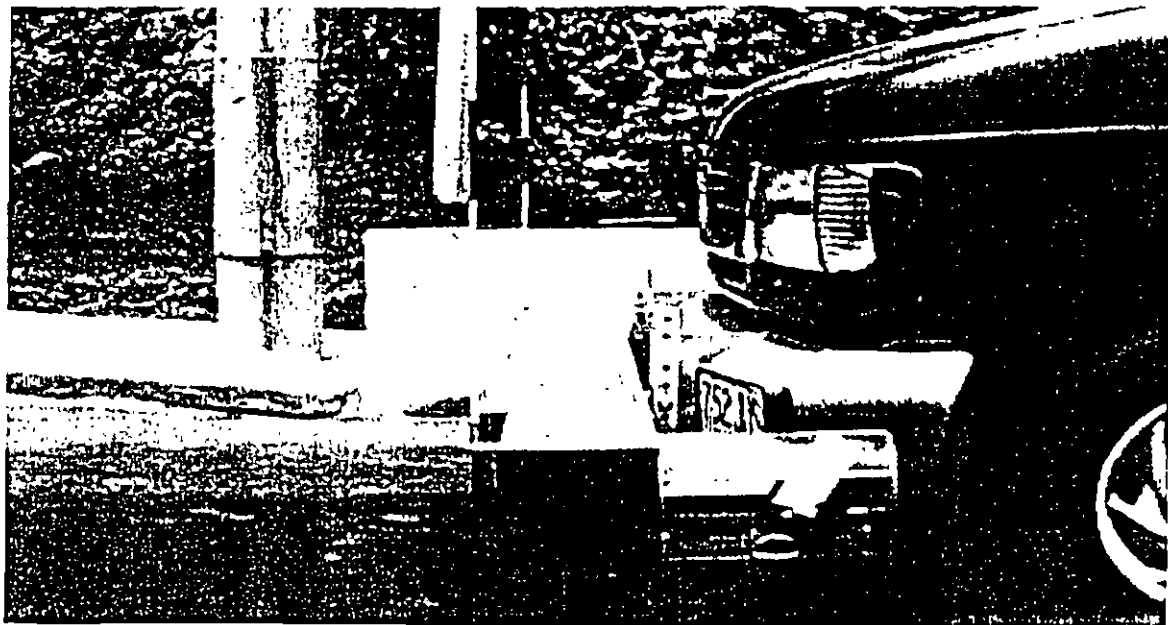


Figura 2. Vista del LASER angulado

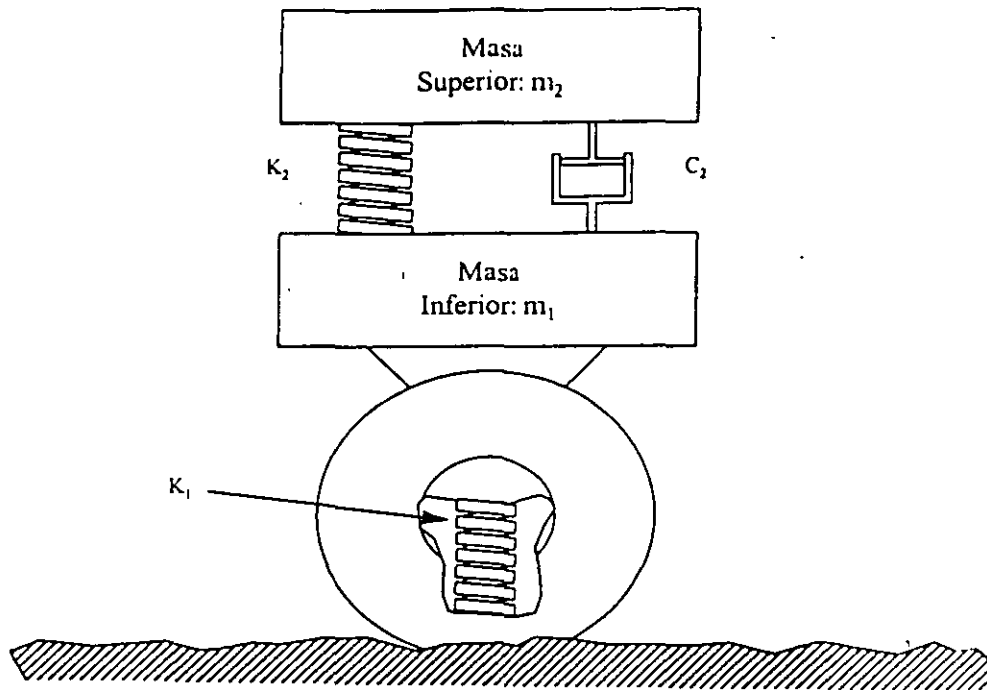


Figura 3. Modelo del Banco Mundial ("Cuarto de Coche")

IRREGULARIDAD SUPERFICIAL

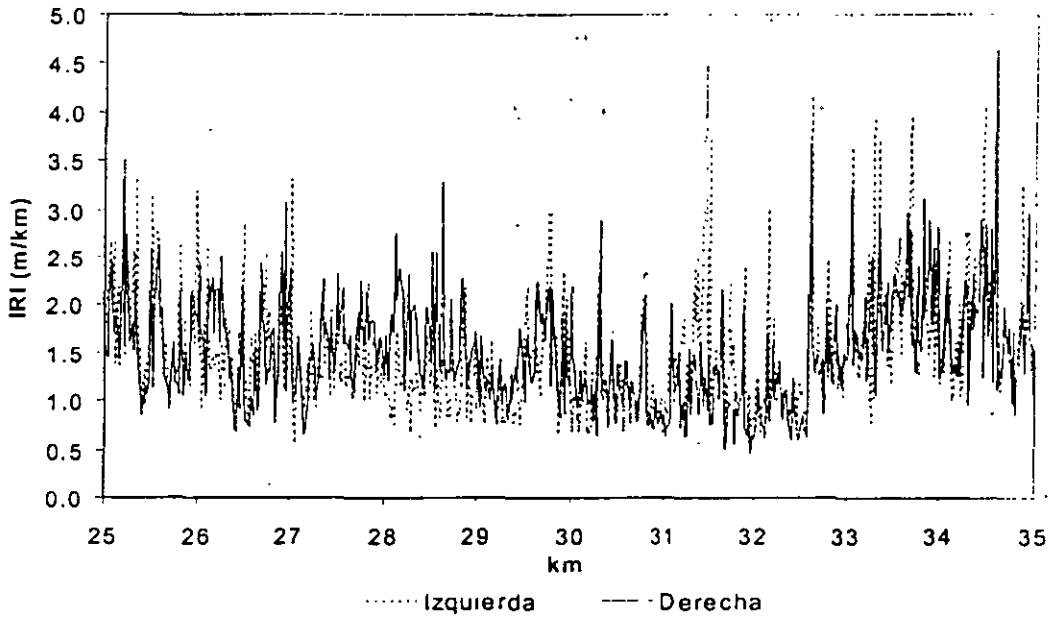


Figura 4. Irregularidad superficial

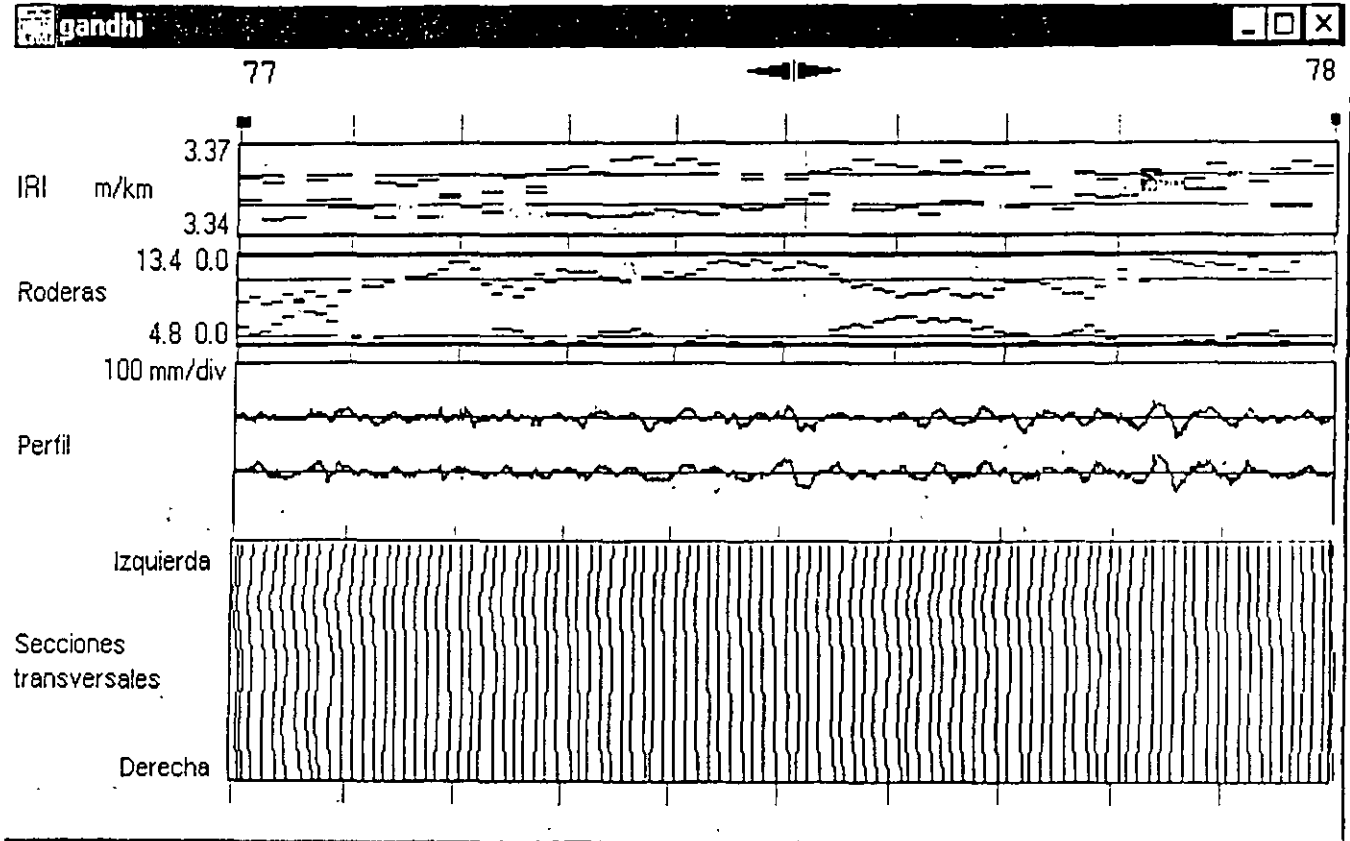


Figura 5. Presentación de los resultados de la evaluación superficial

FIRST EXPERIENCES IN MEXICO OF ROUGHNESS MEASUREMENTS WITH A LASER PROFILOMETER

Main Authors:

M.I. Raúl Vicente OROZCO SANTOYO, General Director, RVO y Cía. and EIOC.

Dr. Víctor TORRES VERDÍN, General Director, Torres Consultores, and Technical Director EIOC.

M.I. Ricardo TORRES VELÁZQUEZ, Technical Manager, RVO y Cía. and EIOC.

1. INTRODUCTION

In 1998, a laser profilometer was first used in Mexico to measure longitudinal unevenness and rut depth along various highways and urban networks. This device is a Dynatest Road Surface Profiler (RSP) equipped with 5 laser sensors and 2 accelerometers, and it is capable of measuring both the International Roughness Index (IRI) and rut depth simultaneously on both wheelpaths. IRI is calculated in accordance with World Bank specifications. The RSP meets the ASTM E-950 (USA) Class 1 profile precision and bias specifications.

The Mexican Ministry of Communications and Transportation (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT) through the Agency for Toll Highways (Unidad de Autopistas de Cuota) launched a pavement evaluation program on over 22,000 km-lane of toll highways scattered throughout the country. For these activities a private company was contracted in 1999, following a public bidding process. In this paper a summary is presented of the main results generated from these measurements [1].

2. ACCEPTANCE CRITERIA

Based on the measured IRI and rut depth values, toll roads highways were divided into approximately homogeneous sections. Preliminary maintenance and rehabilitation requirements were established from these measurements and candidate sections were selected for further evaluation. It is pertinent to mention that most of the evaluated highways are relatively new, and that they were built in the early 1990's.

The SCT defined some acceptance and rejection criteria based on similar experiences in other countries and on a detailed analysis of data collected with the laser profilometer. It is pointed out that these criteria are less strict than those used in developed countries. In a first screening process, 10-km long sections are evaluated according to their IRI value. Measurements for both wheelpaths are combined on a lane basis to compute an average IRI value for each lane. Subsections with particularly high IRI values within a given 10-km section are clearly identified for further evaluation and are scheduled for the required corrective actions. From a maintenance viewpoint, the following IRI ranges were established:

- a) Acceptance range. When the average IRI value varies from 0.00 to 2.81 m/km, only routine maintenance is required.
- b) Warning threshold. IRI mean value of 2.81 m/km for 10-km long sections and short subsections with average IRI values of up to 3.81 m/km. These sections may require some type of corrective maintenance in localized areas, and preventive maintenance may be necessary on some subsections.
- c) Corrective range. IRI mean value greater than 2.81 m/km for 10-km long sections and short subsections with average IRI values greater than 3.81 m/km. In this rejection range, more detailed evaluations are usually required to establish the most efficient corrective actions for the pavement.

In Figure 1, the frequency distribution of average IRI for all toll highways is presented. The basic information from which this chart was generated corresponds to IRI values for 10-km long sections.

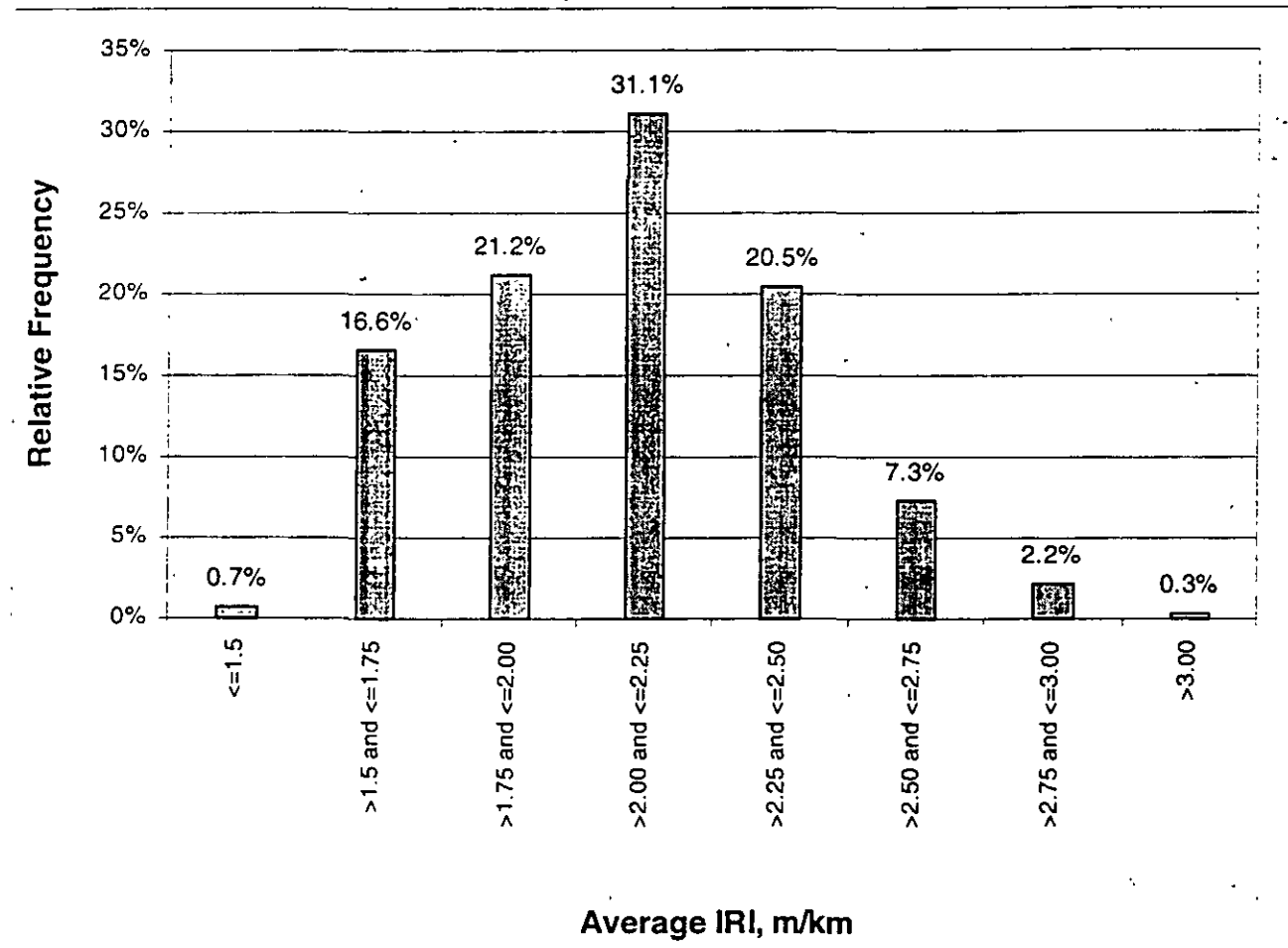


Figure 1. Frequency distribution of average IRI for all pavement sections measured with a laser profilometer in Mexico.

The average IRI value for all toll highway sections evaluated in Mexico is 2.06 m/km. About 98.5% of the sections are below the threshold value of 2.81 m/km; in only 1.5% of the evaluated sections the average IRI value is above 3.0 m/km.

Rut depth is also used as a supplementary criterion to establish acceptance, correction and rejection ranges, for maintenance purposes. The SCT currently uses the following rut-depth ranges:

- a) Acceptance range: average rut depth, between 0.0 and 5.0 mm.
- b) Correction range: average rut depth, between 5.1 and 15.0 mm.
- c) Rejection range: average rut depth greater than 15.0 mm.

Figure 2 was generated using a similar process as that of Figure 1. The former figure shows the frequency distribution of average rut depth for all measured toll highways.

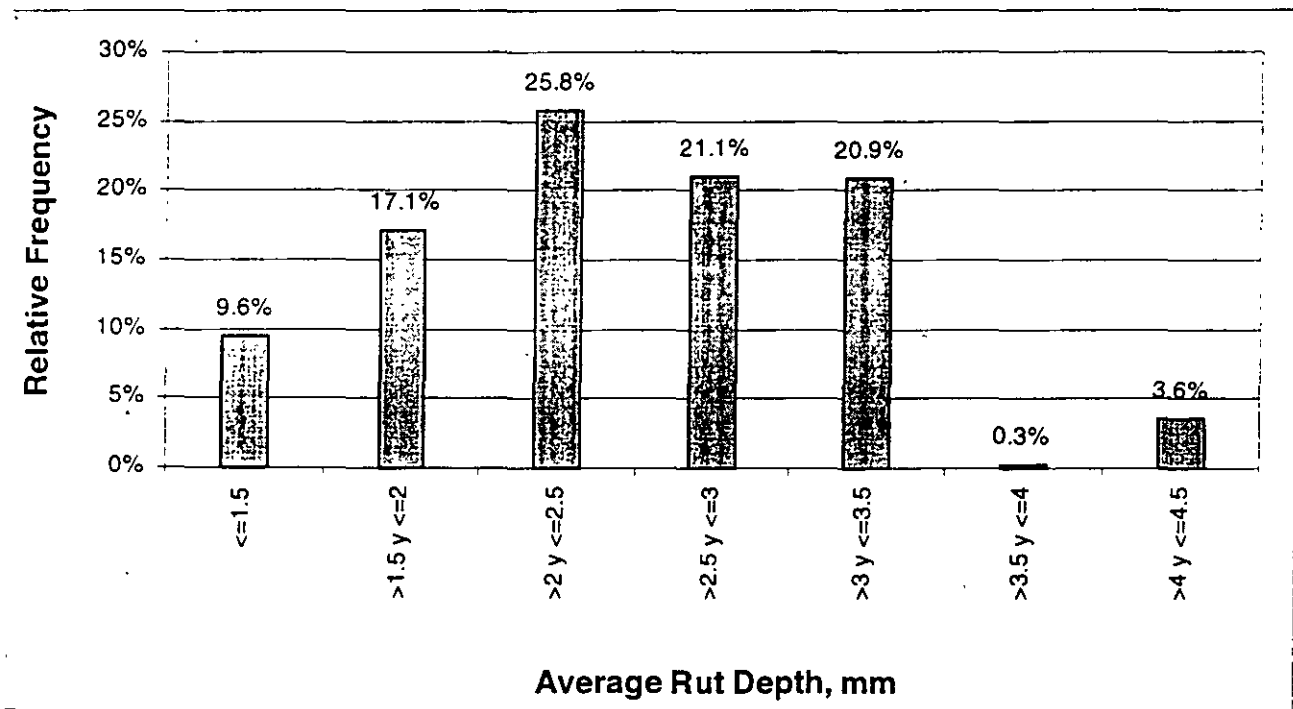


Figure 2. Frequency distribution of average rut depth for all pavement sections measured with a laser profilometer in Mexico.

If all measured toll highways are considered, an average rut depth value of 2.2 mm is obtained. According to the acceptance range stipulated by the SCT, all pavement sections would fall within the acceptance range. However, it is important to note the average of maximum rut depth is not as low as the previous value, and for some highways it goes above 23 mm. Therefore, localized rutting problems exist in many pavement subsections, and they should be corrected as soon as possible.

In some cases, low IRI values were measured along with relatively high rut depths. In general, this situation corresponds to badly rutted pavements with a relatively smooth rut, as reflected by the longitudinal profile data. Therefore, it was observed that rut depth should be used as a supplementary criterion to establish maintenance strategies, in those cases that IRI may not be an adequate indicator per se.

3. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Based on the recent experience gained in Mexico with the measurements summarized in this paper, the following conclusions can be drawn:

- Laser profilometers can be considered as an excellent device for a quick and effective evaluation of highway pavements in Mexico.
- Rut depth data can provide additional information, supplementary to IRI, that can be used to select required pavement maintenance and rehabilitation strategies.
- A relatively small part of the Mexican toll-highway network requires urgent actions to correct pavement unevenness and rutting, according to the acceptance criteria set up by the SCT.
- In some toll highways, a relatively high initial IRI value has been measured since they were open to traffic, due to poor geometric control of pavement surface during construction. Therefore, in some cases, high IRI values recently measured are not necessarily related to a significant decrease in serviceability due to the combined action of traffic loading and environmental factors.

The main recommendations stemming from this paper are provided below:

- Continuation of the IRI and rut-depth measurement program on an annual basis. These activities could be extended to the federal and state road network of Mexico.
- Validation of pavement design methods currently used in Mexico, based on a long-term research on IRI variation resulting from traffic loading, environmental factors and pavement structure, among other variables.
- Permanent verification of acceptance and rejection ranges of new and overlaid pavements, as a function of both IRI and rut depth. New specifications could be implemented that penalize poor construction practices and result in smoother pavements in Mexico.

4. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express their gratitude to Ing. Óscar de Buen Richkarday, General Director of the Agency for Toll Highways of the SCT, who kindly encouraged this paper's publication and allowed use of all collected data.

5. REFERENCES

[1] SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, UNIDAD DE AUTOPISTAS DE CUOTA. ► Medición de la Rugosidad Actual de la Superficie de Rodamiento en Autopistas de Cuota mediante Equipo de Alto Rendimiento (Clase 1), Incluyendo el Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) ► , Technical Report, Mexico City, Mexico, July 1999 (Private Contractor: Raúl Vicente Orozco y Cía., SA de CV).



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

CURSOS ABIERTOS

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

**TEMA:
PRÁCTICAS PARA LA
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS**

**EXPOSITOR:
ING. ALBERTO OLMEDO CONTRERAS**

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

16



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

CURSOS ABIERTOS

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

**TEMA:
PRÁCTICAS PARA LA
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS**

**EXPOSITOR:
ING. ERNESTO ALONSO HERNANDEZ PADILLA**

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

ANTECEDENTES:

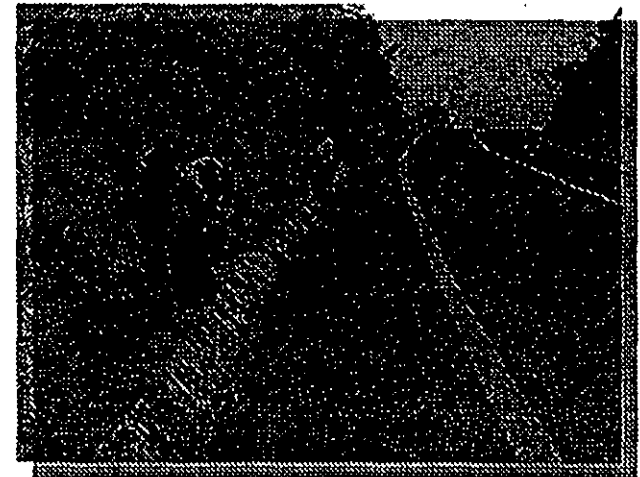
En el año 1996 después de varias acciones para cumplir con la normatividad vigente, se obtiene de parte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la autorización para instrumentar contratos multianuales hasta por cuatro años, para la conservación rutinaria de los 26,113 km de la Red Carretera Básica Nacional.

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

- *Calificación mínimo de nivel de Servicio de 300 puntos en la escala de 0 a 500*
- *Tramos de longitudes del orden de 100 Km*
- *Únicamente conceptos de Conservación Rutinaria*

Los resultados fueron:

- *Se seleccionaron 215 tramos*
- *Se efectuaron 101 concursos*

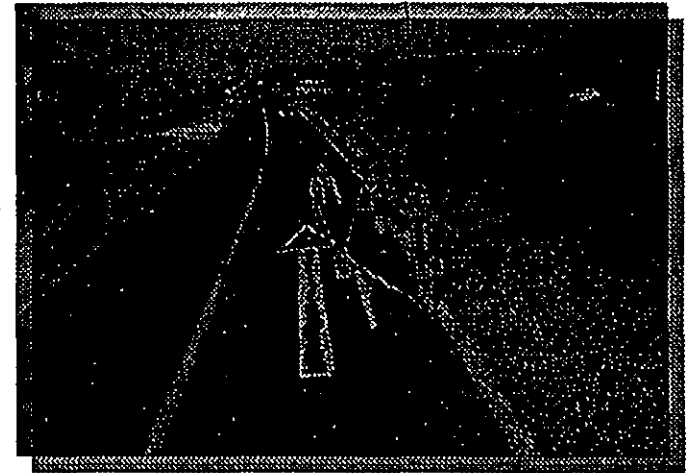


- *Se contrataron 14,691 km lo que significa el 64.7% de la Red Básica Nacional*
- *La longitud promedio de concurso fue de 145.5 Km*
- *El monto de lo concursado para el periodo 1997-2000 fue de 866 MDP*
- *El costo por kilómetro fue de 14.7 miles de pesos por año*

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

Los resultados fueron:

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



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

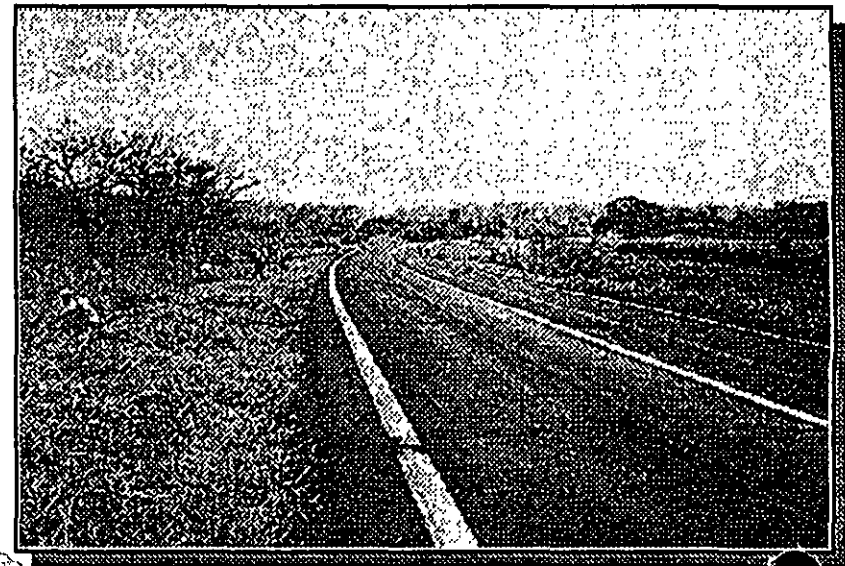
Los resultados fueron:

- *Se seleccionaron 97 tramos*
- *Se efectuaron 58 concursos*
- *Se contrataron 7,155 Km, lo cual significa el 13.8% de la Red Básica Nacional y 3.22% de la Red Secundaria.*
- *La longitud promedio de concurso fue de 123.4 Km*
- *El monto de lo concursado para el periodo 1999-2000 fue de 307 MDP*
- *El costo por kilómetro fue de 21.4 miles de pesos por año.*



**RESUMEN DE CONCURSOS CONSERVACION RUTINARIA
MULTIANUAL 1997-2000, 1998-2000, 1999-2000 Y 2000**

	1997-2000	1998-2000	1999-2000	SUMA 1997- 2000	2000	TOTAL
NO. DE TRAMOS	215	100	97	412	79	491
NO. DE CONCURSOS	101	47	58	206	64	270
KM. CONTRATADOS	14,691	4,896	7,155	26,742	9,417	36,159
PORCENTAJE DE LA RED BASICA NACIONAL	64.71%	21.50%	13.79%	100.00%	---	100.00%
PORCENTAJE DE LA RED SECUNDARIA			3.22%	3.22%	48.23%	51.45%
MONTO CONCURSADO (MDP)	866	252	307	1,425	122.8	1,547.8
COSTO/KM. A PRECIOS CONCURSO	14.7	17.2	21.5	17.8	13.0	15.4

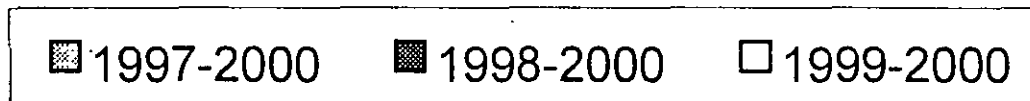
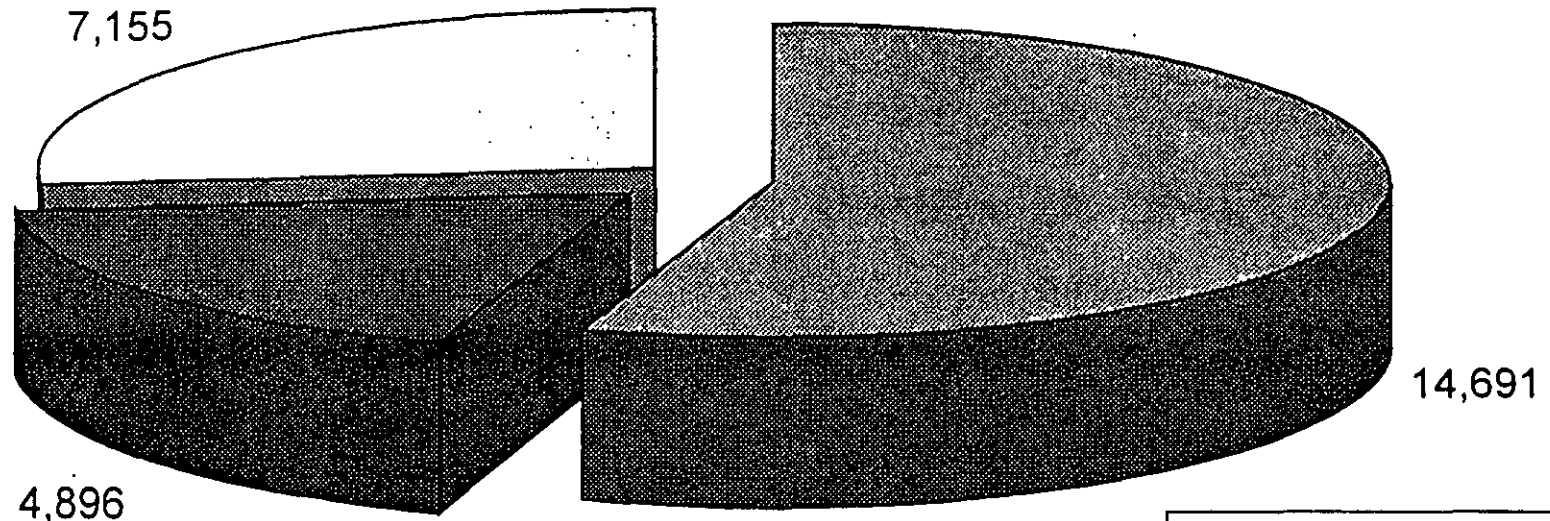


EN RESUMEN:

- *El número total de contratos es de 270*
- *Total de la Red Básica en Contratos Multianuales es de 26,113 Kms.*
- *Total de Red Secundaria en Contratos Multianuales es de 10,046 Kms.*



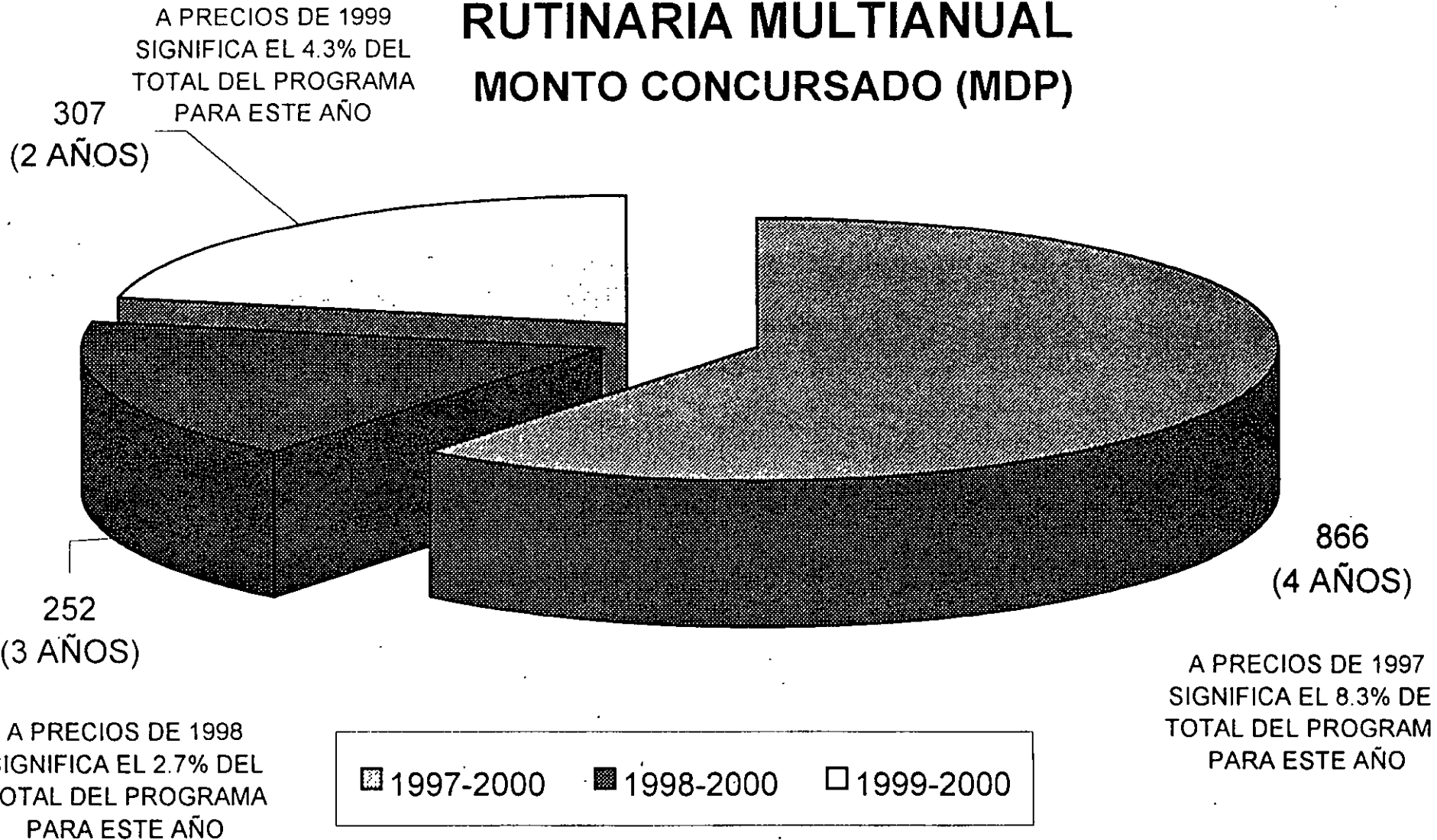
RESUMEN DE CONCURSOS DE CONSERVACIÓN RUTINARIA MULTIANUAL KM. CONTRATADOS



TOTAL CONTRATADO 26,742 KM.
RED BASICA FEDERAL 22,704 KM.
RED FEDERAL SECUNDARIA 4,038 KM.

Adicionalmente en el año 2000 se contrato 417 km por un solo año.

RESUMEN DE CONCURSOS CONSERVACIÓN RUTINARIA MULTIANUAL MONTO CONCURSADO (MDP)



1.- ESPECIFICACIÓN DE LAS OBRAS:

La Red Federal Carretera Libre de Peaje tiene una longitud de 45,639 km, de los cuales 26,113 km son Red Básica y 19,526 km de Red Secundaria y 6,378 puentes con una longitud total de 222,952 m.

Para el bienio 2001 – 2002 se contratará la conservación rutinaria de 38,762 km y 6,378 puentes cuya distribución para 2001 se especifica en los Anexos 1 y 2.

A) *En la Conservación Rutinaria de tramos se realizan 33 conceptos (trabajos) básicos:*

- **TERRACERIAS:**

1. DESHIERBE
2. REMOCIÓN DE DERRUMBES
3. RELLENO DE DESLAVES
4. LIMPIEZA DE ACOTAMIENTOS.
5. RECARGUE DE TALUDES.

• ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE

6. DESAZOLVE DE CUNETAS.
7. DESAZOLVE DE CONTRACUNETAS.
8. DESAZOLVE DE ALCANTARILLAS INCLUYENDO CANALES DE ENTRADA Y SALIDA.
9. ZAMPEADO DE CUNETAS.
10. RECOLECCION Y RETIRO DE BASURA SOBRE CALZADA Y ZONAS ALEDAÑAS.
11. RETIRO DE ANIMALES MUERTOS.
12. MAMPOSTERIA DE TERCERA CLASE, PARA REPARACION DE ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE.
13. CONCRETO HIDRAULICO PARA REPARACION DE ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE.
14. REPOSICION DE INDICADORES DE ALINEAMIENTO (FANTASMAS).
15. REPOSICION DE BARRERAS DE PROTECCION.
16. REPOSICION DE SEÑALAMIENTO VERTICAL.
17. REPOSICION DE POSTES DE KILOMETRAJE.
18. REPOSICION DE VIALETAS.
19. REPOSICION DE SEÑALES DE BANDERA.
20. LIMPIEZA DE SEÑALAMIENTO VERTICAL.
21. LIMPIEZA DE SEÑALAMIENTO ELEVADO.
22. MARCAS EN PAVIMENTO (CENTRALES Y LATERALES).
23. PINTURA DE BARRERAS DE PROTECCION.
24. PINTADO DE CUNETAS.
25. CONCRETO HIDRAULICO PARA CONSTRUCCION DE LAVADEROS.
26. CONCRETO HIDRAULICO PARA CONSTRUCCION DE BORDILLOS.

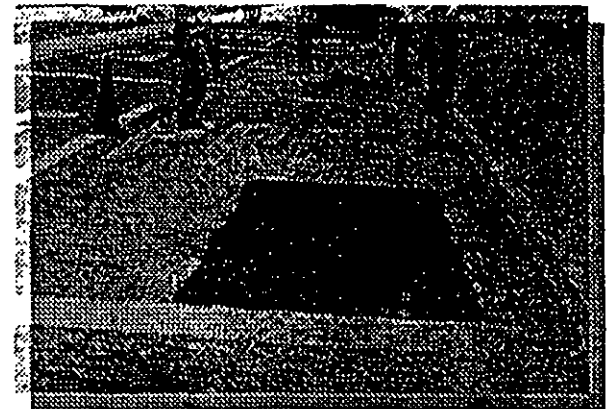
- **ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE**

27. BACHEO SUPERFICIAL ASFALTICO.
28. BACHEO HIDRAULICO O DE CAJA.
29. RELLENO DE GRIETAS.
30. RENIVELACIONES ASFALTICAS.
31. RIEGO DE SELLO PREMEZCLADO.
32. RIEGO DE PROTECCION CON ADITIVO.
33. RIEGO DE TAPONAMIENTO.

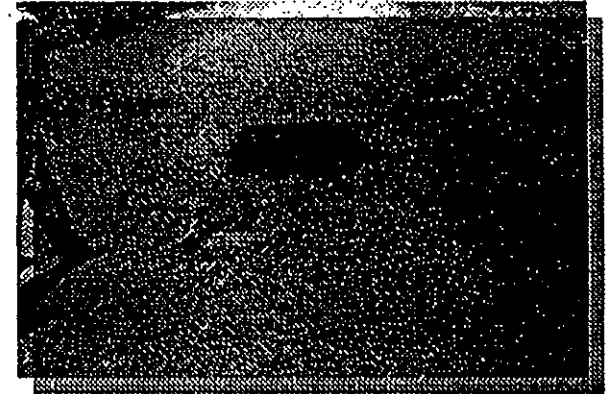
27

De los anteriores conceptos se destacan los siguientes:

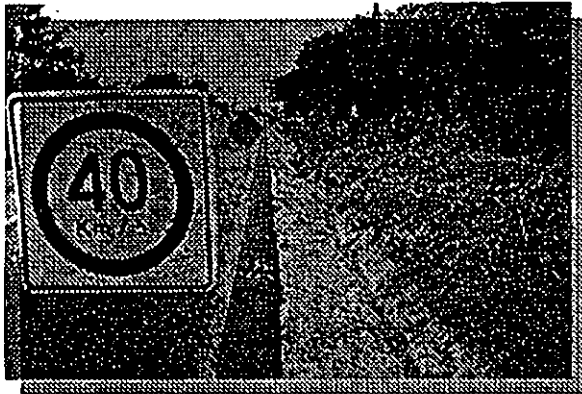
BACHEO SUPERFICIAL ASFALTICO.- Conjunto de labores para reparar una porción de la superficie de rodamiento, las dimensiones del daño no afectan capas interiores del pavimento limitándose únicamente a la carpeta, su dimensión mayor no rebasa los 15 cm. de profundidad.



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



DESHIERBE.- Consiste en despejar la vegetación existente en el derecho de vía, se efectúan varias veces al año.



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



REPOSICIÓN DE SEÑALAMIENTO VERTICAL.- Son tableros fijados en postes, con símbolos que tienen por objeto proporcionar a los conductores de vehículos sobre la existencia de peligros, servicios, destinos, restricciones, etc.

LIMPIEZA DE CUNETAS Y OBRAS DE DRENAJE.- Remoción de materiales tales como: tierra, piedras, hierbas, troncos u otros que obstruyan la entrada o salida al o del interior de las alcantarillas y/o reduzcan las secciones de las cunetas y contracunetas impidiendo el escurrimiento libre del agua.

REMOCIÓN DE DERRUMBES.- Se llama derrumbe, al desprendimiento de material de las laderas naturales o del talud de un corte hacia la superficie de rodamiento.

RELLENO DE DESLAVES.- El deslave es la erosión y socavación del material del talud de un terraplén, producido por el escurrimiento del agua superficial.

B) En la Conservación Rutinaria de Puentes los conceptos más importantes que se realizan son:

1. Limpieza de la superficie de rodamiento
2. Limpieza y reparación de drenes
3. Limpieza de coronas de subestructura
4. Reparación y pinturas de parapetos
5. Limpieza de guarniciones
6. Sellado de grietas

2.- JUSTIFICACIÓN:

Dentro del Programa de Conservación de Carreteras y Puentes, existen tres principales tipos de trabajos:

- **Conservación Rutinaria:**

Son aquellos trabajos que se realizan en forma cotidiana a lo largo del año.

- **Conservación Periódica:**

Son aquellos trabajos que se programan para corregir daños en la superficie de rodamiento, o bien como tratamientos de espera, en tanto se puede realizar trabajos de reconstrucción.

- **Reconstrucción:**

a) **Reconstrucción de Tramos.-** Solo se realiza cuando la estructura del pavimento se ha dañado y no es posible mantener su nivel de servicio con la conservación Periódica.

b) **Reconstrucción de Puentes.-** Solo se realiza cuando la estructura del puente presenta daños importantes, afectando la seguridad del usuario.

Se propone la licitación multianual por un período de dos años (2001-2002) de la Conservación Rutinaria con la finalidad:

- Eficientar los trabajos de Conservación; teniendo mayor cobertura en horas efectivas de trabajo y respuesta inmediata a las necesidades de la carretera efectuando labores continuas sin que afecte el cambio de ejercicio presupuestal.
- Adecuar las estructuras administrativas y de equipamiento responsables de la conservación en los Centros STC, mediante la reducción de las plantillas de personal en un 30 % y el desachamiento de maquinaria fuera de vida útil.
- Tener continuidad en el ejercicio del gasto y la aplicación de recursos, aprovechando la época de estiaje para diversos trabajos de mantenimiento de carreteras.
- Disponer de equipo y maquinaria en buenas condiciones de trabajo en toda época del año, que es uno de los requisitos para que las empresas participen en las licitaciones multianuales.
- Reducir los costos de operación de los vehículos que usen la red carretera federal, al proporcionar mejores condiciones de servicio por tener en toda época del año atención a los trabajos de conservación de carreteras.

Se propone la licitación por un período de dos años (2001 – 2002) de la Conservación Rutinaria con la finalidad de:

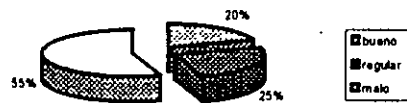
- Eficientar los trabajos de conservación, al tener continuidad las acciones sin que afecte el cambio de ejercicio presupuestal, permitiendo con ello el cumplimiento de los programas hechos de acuerdo a las necesidades sin que se tengan períodos de tiempo en los cuales no se le dé atención a la conservación, evitando sobrecostos y riesgo para los usuarios.
- Al llevar a cabo los trabajos por contrato con vigencia multianual, se posibilita el reducir las plantillas de personal de la dependencia hasta en un 30% a través de los programas de retiro voluntarios y desechamiento de maquinaria que ha rebasado su vida útil, se reducen los trabajos por administración, con el consiguiente ahorro en el gasto tanto en personal como en el equipo.
- Al tener continuidad en el ejercicio del gasto, se aprovecha la época de estiaje, se da cumplimiento a los programas y se logra abatir sobre costos derivados de deterioros por falta de conservación oportuna, además se brinda a los usuarios mayor seguridad al colocar oportunamente los señalamientos cuando ocurra un evento, disminuyendo costos de operaciones de los vehículos y tiempo de recorrido.

- Se dispone de personal, equipo y maquinaria durante toda época del año para atender de inmediato los problemas propios de conservación o de cualquier eventualidad que se presente derivado de fenómenos atípicos lo que se logra teniendo continuidad en la contratación multianual, que es uno de los requisitos que deben cumplir las empresas participantes en este tipo de licitaciones multianuales, situación contraria a que si se hiciera por administración se tendrían que reparar los equipos y maquinaria que ya están obsoletos y fuera de vida útil, teniendo rendimientos bajos que no corresponderían a la inversión requerida para realizar los programas de trabajo en los tiempos requeridos.
- Al existir la continuidad en la conservación y además de tener presencia los contratistas durante todo el año, se logra reducir costos de mantenimiento a las carreteras, se reducen costos de operación de los vehículos, se evitan accidentes, se tienen mayores condiciones de servicio, se reducen tiempos de recorrido y se incrementa la productividad del país.

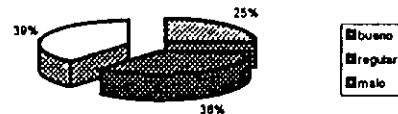
Adicionalmente es necesario mencionar que los trabajos de conservación rutinaria de puentes son muy importantes debido a que evitan su deterioro acelerado incrementando significativamente su vida útil; además se mejoraría la apariencia de los puentes, con el consiguiente resguardo de la buena imagen de la Secretaría.

Los resultados obtenidos en el estado físico de la red por trabajos de: Reconstrucción, Conservación Periódica y Conservación Rutinaria en tramos, han sido:

ESTADO FISICO DE LA RED EN 1995



ESTADO FISICO DE LA RED A DICIEMBRE DEL
2000



ESTADO FISICO DE LA RED
ESTIMADO AL AÑO 2008



3.- DESGLOSE DEL GASTO EN FLUJO EFECTIVO:

AÑO	CONSERVACION RUTINARIA				
	TRAMOS		PUENTES		TOTAL
	MONTO	META	MONTO	META	MONTO
2001	759 MDP	38,080 km	65 MDP	6,378 puentes	824 MDP
2002	1,098 MDP	38,080 km	80 MDP	6,378 puentes	1178 MDP
SUMA	1,857 MDP	38,080 km	145 MDP	6,378 puentes	2,002 MDP

(Ver anexos 3 y 4)

36

4.- COMPROMISO:
(OFICIO)

5.- DICTAMEN:
NO APLICA.

6.- AVANCES FISICOS FINANCIEROS DE EJERCICIOS ANTERIORES.-
NO APLICA PARA ESTE EJERCICIO

ANEXO 1
CONSERVACIÓN RUTINARIA DE TRAMOS 2001

ENTIDAD	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE (km)
AGUASCALIENTES	432.5
BAJA CALIFORNIA	1122.2
BAJA CALIFORNIA SUR	1245.4
CAMPECHE	1291.4
COAHUILA	1034.0
COLIMA	364.8
CHIAPAS	2129.4
CHIHUAHUA	2191.6
DURANGO	1665.9
GUANAJUATO	1338.8
GUERRERO	1826.3
HIDALGO	801.7
JALISCO	1897.8
MEXICO	816.7
MICHOACAN	2442.1
MORELOS	424.2

ENTIDAD	LONGITUD TOTAL EQUIVALENTE (km)
NAYARIT	776.9
NUEVO LEON	1487.9
OAXACA	2818.5
PUEBLA	1167.9
QUERETARO	160.4
QUINTANA ROO	956.6
SAN LUIS POTOSI	1418.9
SINALOA	868.1
SONORA	1766.6
TABASCO	444.7
TAMAULIPAS	1611.9
TLAXCALA	596.5
VERACRUZ	1058.2
YUCATAN	1241.3
ZACATECAS	1363.5
SUMA	38762.6

ANEXO 2

CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES 2001

ESTADO	NO. DE PUENTES
AGUASCALIENTES	60
BAJA CALIFORNIA	124
BAJA CALIFORNIA SUR	93
CAMPECHE	71
COAHUILA	300
COLIMA	58
CHIAPAS	229
CHIHUAHUA	352
DURANGO	237
GUANAJUATO	161
GUERRERO	383
HIDALGO	151
JALISCO	298
MEXICO	190
MICHOACAN	463
MORELOS	78

ESTADO	NO. DE PUENTES
NAYARIT	123
NUEVO LEON	261
OAXACA	381
PUEBLA	141
QUERETARO	112
QUINTANA ROO	19
SAN LUIS POTOSI	248
SINALOA	224
SONORA	457
TABASCO	84
TAMAULIPAS	329
TLAXCALA	151
VERACRUZ	407
YUCATAN	17
ZACATECAS	176
TOTAL:	6,378

ANEXO 3

CONSERVACION RUTINARIA DE TRAMOS POR CONTRATO: 2001-2002

ENTIDAD	META KM (EQUIVALENTE)	2001	2002	TOTAL RUTINARIA
		MONTO	MONTO	DE TRAMOS
AGUASCALIENTES	432.5	9,300,000	10,812,500	20,112,500
BAJA CALIFORNIA	1122.2	27,700,000	28,055,250	55,755,250
BAJA CALIFORNIA SUR	1245.4	15,348,485	24,908,600	40,257,085
CAMPECHE	1291.4	26,200,000	41,325,440	67,525,440
COAHUILA	1034.0	22,300,000	25,850,000	48,150,000
COLIMA	364.8	6,400,000	10,214,120	16,614,120
CHIAPAS	2129.4	43,060,010	68,140,480	111,200,490
CHIHUAHUA	2191.6	31,630,000	48,214,540	79,844,540
DURANGO	1665.9	27,504,867	41,647,500	69,152,367
GUANAJUATO	1338.8	21,989,000	33,470,500	55,459,500
GUERRERO	1826.3	38,297,000	58,441,600	96,738,600
HIDALGO	801.7	10,600,000	16,033,400	26,633,400
JALISCO	1897.8	38,300,000	56,934,900	95,234,900
MEXICO	816.7	13,850,000	22,867,040	36,717,040
MICHOACAN	2442.1	47,500,000	73,262,100	120,762,100
MORELOS	424.2	7,998,000	12,726,900	20,724,900
NAYARIT	776.9	13,870,000	21,752,640	35,622,640
NUEVO LEON	1487.9	19,828,000	29,758,600	49,586,600
OAXACA	2818.5	78,850,000	112,739,600	191,589,600
PUEBLA	1167.9	23,300,000	35,035,500	58,335,500
QUERETARO	160.4	6,500,000	6,576,400	13,076,400
QUINTANA ROO	956.6	16,355,021	26,785,360	43,140,381
SAN LUIS POTOSI	1418.9	23,200,000	35,472,500	58,672,500
SINALOA	868.1	16,200,000	26,043,000	42,243,000
SONORA	1766.6	32,700,000	44,165,000	76,865,000
TABASCO	444.7	11,610,000	14,229,440	25,839,440
TAMAULIPAS	1611.9	37,130,000	48,357,600	85,487,600
TLAXCALA	596.5	7,450,000	13,123,000	20,573,000
VERACRUZ	1058.2	38,250,000	42,327,200	80,577,200
YUCATAN	1241.3	22,250,000	34,755,560	57,005,560
ZACATECAS	1363.5	23,365,450	34,086,750	57,452,200
TOTAL	38762.6	758,830,000	1,098,113,020	1,856,948,853

ANEXO 4

CONSERVACION RUTINARIA DE PUENTES: 2001-2002

ENTIDAD	META KM (EQUIVALENTE)	2001	2002	TOTAL RUTINARIA
		MONTO	MONTO	DE TRAMOS
SAN LUIS POTOSI	60.0	611,477	752,587	1,364,064
QUERETARO	124.0	1,263,719	1,555,345	2,819,064
BAJA CALIFORNIA	93.0	947,789	1,166,509	2,114,298
COAHUILA	71.0	723,581	890,561	1,614,142
VERACRUZ	300.0	3,057,385	3,762,936	6,820,321
AGUASCALIENTES	58.0	591,094	727,500	1,318,594
TABASCO	229.0	2,333,804	2,872,374	5,206,178
TAMAULIPAS	352.0	3,587,331	4,415,177	8,002,508
OAXACA	237.0	2,415,334	2,972,719	5,388,053
MICHOACAN	161.0	1,640,796	2,019,440	3,660,236
JALISCO	383.0	3,903,261	4,804,015	8,707,276
DURANGO	151.0	1,538,884	1,894,010	3,432,894
MORELOS	298.0	3,037,002	3,737,849	6,774,851
GUERRERO	190.0	1,936,344	2,383,192	4,319,536
CAMPECHE	463.0	4,718,563	5,807,465	10,526,028
CHIAPAS	78.0	794,920	978,363	1,773,283
PUEBLA	123.0	1,253,528	1,542,804	2,796,332
ZACATECAS	261.0	2,659,925	3,273,754	5,933,679
COLIMA	381.0	3,882,879	4,778,929	8,661,808
TLAXCALA	141.0	1,436,971	1,768,579	3,205,550
SINALOA	112.0	1,141,424	1,404,829	2,546,253
QUINTANA ROO	19.0	193,634	238,318	431,952
NUEVO LEON	248.0	2,527,438	3,110,693	5,638,131
MEXICO	224.0	2,282,847	2,809,658	5,092,505
CHIHUAHUA	457.0	4,657,416	5,732,206	10,389,622
HIDALGO	84.0	856,068	1,053,622	1,909,690
YUCATAN	329.0	3,352,932	4,126,686	7,479,618
NAYARIT	151.0	1,538,884	1,894,010	3,432,894
BAJA CALIFORNIA SUR	407.0	4,147,852	5,105,050	9,252,902
GUANAJUATO	17.0	173,252	213,232	386,484
SONORA	176.0	1,793,666	2,207,588	4,001,254
TOTAL	6378.0	65,000,000	80,000,000	145,000,000

- a) Pesos corrientes a febrero 2001
- b) Para 2001 se consideró la asignación autorizada en el Oficio de Autorización de Inversión para obras públicas a contrato.
- c) Para 2002 la asignación es superior al 2001, debido a que los conceptos a ejecutar y los volumen de obra son mayores, para atender las necesidades de Conservación Rutinaria de Tramos y Puentes.
- d) Los montos considerados para 2002 corresponden únicamente para la Conservación Rutinaria Multianual a Contrato.
- e) No se consideran los ajustes de costos.



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

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN
DE CARRETERAS

**TEMA:
LA AUTOPISTA**

**EXPOSITOR:
ING. RICARDO MÉNDEZ ORTIZ**

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

- PLANEACIÓN

- PROYECTO

- CONSTRUCCIÓN

- CONSERVACIÓN

- OPERACIÓN

- SUPERVISIÓN

- CONTROL DE CALIDAD

DIPLOMADO EN PROYECTO CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

LA AUTOPISTA.

OBJETIVO: EL OBJETIVO DE UNA AUTOPISTA ES EL DE BRINDAR AL TRANSPORTE TERRESTRE UNA ALTERNATIVA DE COMUNICACIÓN CON ALTAS ESPECIFICACIONES QUE DISMINUYA EL TIEMPO DE RECORRIDO, PROPORCIONE MAYOR SEGURIDAD, OFREZCA SERVICIOS ADICIONALES Y DISMINUYA LOS COSTOS DE OPERACIÓN A LOS USUARIOS.

A LO LARGO DE ESTE DIPLOMADO SE HAN ANALIZADO LAS DIFERENTES ETAPAS POR LAS QUE DEBE PASAR UN CAMINO ANTES DE PONERSE EN FUNCIONAMIENTO COMO SON LA PLANEACIÓN, EL PROYECTO Y LA CONSTRUCCIÓN, ASÍ COMO LA CONSERVACIÓN QUE SE REQUIERE DURANTE LA OPERACIÓN DEL CAMINO.

EN ESTA PARTE CORRESPONDE ABORDAR EL TEMA DE LA OPERACIÓN DEL CAMINO.

OPERACIÓN DE UNA AUTOPISTA ES EL CONJUNTO DE ACTIVIDADES TENDIENTES A BRINDAR AL USUARIO UN SERVICIO DE ALTA CALIDAD QUE ASEGURE EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS Y FUNCIONES PARA LOS QUE FUE CONSTRUIDA Y APORTE ELEMENTOS NECESARIOS QUE PERMITAN REALIZAR MODIFICACIONES O MODERNIZACIÓN DEL CAMINO EN FUNCIÓN DE SU COMPORTAMIENTO REAL, OPTIMIZANDO LA TOMA DE DECISIONES.

PARA LOGRAR LO ANTERIOR SE REQUIERE DE INFRAESTRUCTURA ADICIONAL A LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO COMO SON CASSETAS DE COBRO, SERVICIO MÉDICO, SERVICIO DE INFORMACIÓN AL TURISTA, SERVICIO DE COMUNICACIÓN PARA EL USUARIO, SEGURIDAD EN EL CAMINO.

DE ACUERDO A ESTE MARCO DE ACTUACIÓN SE PUEDEN RECONOCER COMO FUNCIONES PRINCIPALES DE LA OPERACIÓN LAS SIGUIENTES:

FUNCIONES PRINCIPALES DE LA OPERACIÓN DE UNA AUTOPISTA

- RECAUDACIÓN Y CONTROL DE INGRESOS
- CONTROL Y ANALISIS DEL AFORO VEHICULAR
- ANÁLISIS DE TARIFAS DE PEAJE
- IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE SERVICIOS
- IDENTIFICACIÓN DE NUEVOS SERVICIOS
- SEGURIDAD DEL USUARIO DURANTE SU RECORRIDO
- CONTROL ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE ACCIDENTES
- IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS NEGROS
- EDUCACIÓN VIAL DEL USUARIO
- BRINDAR INFORMACIÓN AL USUARIO SOBRE EL USO DE LA AUTOPISTA Y EL VEHÍCULO
- RECIBIR, PROCESAR Y DISTRIBUIR A LAS AREAS CORRESPONDIENTES, LA INFORMACIÓN QUE PROPORCIONE EL USUARIO
- VERIFICACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR LA AUTOPISTA
- COORDINACIÓN CON EL AREA TÉCNICA PARA LA ATENCIÓN DEL CAMINO
- COORDINACIÓN DE LOS DIVERSOS AGRUPAMIENTOS QUE BRINDEN SEGURIDAD AL USUARIO
- COMERCIALIZACIÓN

RECAUDACIÓN

Y

CONTROL

DE

INGRESOS

- PEAJE

- RESTAURANTES

- GASOLINERÍAS

- PARADORES

- CENTROS DE RECREACIÓN Y

ESPARCIMIENTO

- INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

- HISTÓRICA

- DIARIA

- MENSUAL

- ANUAL

**CONTROL
Y
ANÁLISIS
DE
AFORO
VEHICULAR**

- REGISTRO HISTÓRICO DE AFORO
VEHICULAR

- ESTADÍSTICA ANUAL

- ESTADÍSTICA MENSUAL

- ESTADÍSTICA DIARIA

- ESTADÍSTICA POR TIPO DE VEHÍCULO

- ESTADÍSTICA DEL COMPORTAMIENTO
DEL AFORO

- CARGA TRANSPORTADA

- AFORO EXENTO DE PEAJE

**IMPLEMENTACIÓN
Y
CONTROL
DE
SERVICIOS**

- TELÉFONOS DE EMERGENCIA
- TALLER MECÁNICO ELÉCTRICO
- VULCANIZADORA
- MAPAS INFORMATIVOS
- TIENDA DE CONVIVENCIA
- TELÉFONOS DE LARGA DISTANCIA
- SERVICIO SANITARIO
- MÓDULOS DE INFORMACIÓN TURÍSTICA
- ÁREAS DE DESCANSO
- MIRADORES
- GRÚAS
- AMBULANCIA
- AUXILIO VIAL
- GASOLINERÍA
- RESTAURANTE
- REFACCIONARIA
- REGADERAS
- CENTROS DE RECREACIÓN Y ESPARCIMIENTO
- SALAS DE DESCANSO
- CORREO
- PANTALLAS ELECTRÓNICAS PARA INFORMACIÓN
- SEGURO DEL USUARIO

**IDENTIFICACIÓN
DE
NUEVOS
SERVICIOS**

- SERVICIOS ESPECIALES PARA
SEGURIDAD EN ZONAS
PARTICULARES DEL CAMINO

- SERVICIOS ESPECIALES
EN ZONAS CONURBADAS

- SEÑALAMIENTO TURÍSTICO

- ACONDICIONAMIENTO DE
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>
	1,721'440,267.74
CDM =	<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
 - ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE FECHAS, HORAS Y EPOCAS DEL AÑO
 - ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS TIPOS DE VEHÍCULOS INVOLUCRADOS
 - INSPECCIÓN FÍSICA DEL LUGAR
 - VERIFICACIÓN GEOMÉTRICA DEL LUGAR
 - OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS HABITANTES DEL LUGAR
- IDENTIFICACIÓN**
- DE**
- PUNTOS NEGROS**

- DIFUSIÓN POR MEDIO DE TRÍPTICOS
- DIFUSIÓN POR MEDIO DE POSTERS
- DIFUSIÓN POR LA RADIO
- DIFUSIÓN POR TELEVISIÓN
- INFORMACIÓN ESPECIAL A LOS USUARIOS EN CASETAS

EDUCACIÓN

- COMITES DE SEGURIDAD

VIAL DEL

- MATERIAS DE EDUCACIÓN VIAL EN LA ENSEÑANZA BÁSICA

USUARIO

- APLICACIÓN RIGUROSA DE SANCIONES A LOS INFRACTORES DE REGLAMENTOS SEÑALAMIENTOS
- DIFUSIÓN DE PUBLICACIONES TÉCNICAS
 - a) Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras
 - b) Manual de dispositivos para el control de tránsito en carreteras
 - c) Manual de Señalamiento turístico y de servicios
 - d) Manual de pesos y dimensiones de los vehículos de transporte de carga

**BRINDAR INFORMACIÓN
AL USUARIO SOBRE EL
USO DE LA AUTOPISTA
Y EL VEHÍCULO**

- INFORMACIÓN RELATIVA
AL TIPO DE CAMINO

- INFORMACIÓN SOBRE
PUNTOS PROBABLES DE
RIESGO

- CONDICIONES DEL
CAMINO EN LAS
DIFERENTES ÉPOCAS
DEL AÑO

- RELACIÓN Y UBICACIÓN
DE LOS SERVICIOS DE
LA AUTOPISTA

- USO ADECUADO DE
RAMPAS DE EMERGENCIA

- COMPORTAMIENTO DEL
VEHÍCULO A LA
VELOCIDAD DE
OPERACIÓN DE LA
AUTOPISTA

- USO ADECUADO DEL
CINTURÓN DE SEGURIDAD

**RECIBIR, PROCESAR
Y DISTRIBUIR A LAS
AREAS
CORRESPONDIENTES
LA INFORMACIÓN
QUE PROPORCIONE
EL USUARIO**

- BUZÓN DE QUEJAS Y SUGERENCIAS
- ENCUESTAS ALEATORIAS AL USUARIO DEL SERVICIO RECIBIDO
- RETROALIMENTACIÓN AL USUARIO DE LA ATENCIÓN A SUS QUEJAS Y SUGERENCIAS
- COORDINACIÓN ESTRECHA CON LAS AREAS TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA
- EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS

**VERIFICACIÓN DE LAS
ESPECIFICACIONES DE
LOS VEHÍCULOS QUE
CIRCULAN POR LA
AUTOPISTA**

- PESO AUTORIZADO
- LONGITUD AUTORIZADA
- ALTURA AUTORIZADA
- CONFIGURACIÓN DE EJES
- ANCHO

**LOCALIZACIONES DE LAS ESTACIONES PARA
LOS ESTUDIOS DE PESOS Y DIMENSIONES**

No. DE ESTACIÓN	NOMBRE DE LA ESTACIÓN
1	AMOZOC, 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 : INGRESOS PROPIOS VA 1994 - 1996
- CIFRAS EN MIL PESOS

Caminos	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	-	-
Amiaga-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

Inc96

Caminos Directos y Autopistas	Automóvil			Autobuses			Camiones de Carga			
	Automóvil	Automóvil	Motos	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
Pototitán	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-Rosarito)	27,812,741	249,052	88,673	17,980	33,745	21	797,108	181,220	55,617	162,875
Rosarito (Rosarito-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
Miahuatlán	2,950,289	7,896		415,979	32,111		916,860	435,929	11,188	210,478
Coixtlahuaca	7,218,753	8,755	5,122	1,567,972	129,486	44	2,149,216	1,200,876	25,341	548,054
Huitzo	13,417,470	74,232	3,558	1,805,377	105,419		2,911,750	1,393,773	41,592	679,750
Huitzo bis	909,166	417		522,788	4,354		645,664	430,510	3,630	133,323
RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)	1,004,122	339	4,422	74,113	1,122	17	98,835	16,774	376	4,242
ARRIAGA-HUIXTLA (Huxtla)	141,457	26	39	9,391	4,070		22,461	10,643	5,353	36,216
Total	793,104,194	1,173,748	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 datos 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.

72

RED PROPIA : TRANSITO PROMEDIO DIARIO EN CAMINOS 1996

Tpd96

Caminos Directos y Autopistas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
MEXICO-QUERETARO	44,576	46,532	47,230	51,083	47,110	46,817	50,631	52,204	47,159	48,346	50,889	50,889	49,363
Tepozotlán	25,325	26,731	27,329	29,515	27,271	27,130	29,090	29,890	27,238	27,786	29,384	29,384	28,409
Jorobas	394	385	428	381	319	357	369	387	371	374	400	400	384
Palmillas	18,819	19,367	19,420	21,129	19,458	19,261	21,095	21,870	19,485	20,125	21,044	21,044	20,510
Polotitlán	38	50	53	58	63	70	76	58	66	61	61	61	60
QUERETARO-IRAPUATO	22,807	22,125	21,623	23,600	21,851	21,382	23,255	24,496	21,088	23,213	24,224	24,224	23,389
Querétaro (Querétaro-Celaya)	13,226	12,789	12,521	13,621	12,771	12,408	13,492	14,053	12,415	13,367	14,053	14,053	13,537
Salamanca (Celaya-Salamanca)	635	609	627	633	622	629	630	654	583	650	660	660	650
Salamanca (Salamanca-Irapuato)	523	522	527	500	514	500	505	518	470	556	548	548	532
Salamanca (Celaya-Irapuato)	8,422	8,205	7,949	8,847	7,944	7,846	8,629	9,270	7,620	8,640	8,963	8,963	8,671
MEXICO-PUEBLA	50,159	55,087	55,545	58,875	55,260	53,497	58,296	59,907	55,757	56,583	60,970	60,970	57,474
Chalco (México-Chalco)	14,296	15,573	16,649	16,689	16,380	15,591	16,434	17,115	16,701	16,781	17,697	17,697	16,629
San Marcos (México-Río Frio)	14,996	18,033	17,546	19,353	17,624	17,106	19,133	19,565	18,078	17,996	19,627	19,627	18,510
San Martín - Tlax. (Río Frio San Martín)	8,573	8,503	8,296	8,622	8,519	8,234	8,764	8,799	8,406	9,012	9,399	9,399	8,765
San Martín - Pue. (Río Frio-Puebla)	12,293	12,978	13,054	14,211	12,737	12,566	13,966	14,427	12,572	12,794	14,247	14,247	13,570
PUEBLA-ACATZINGO	13,470	13,268	13,222	14,726	13,170	12,784	14,843	15,349	13,410	13,463	14,658	14,658	14,204
Amozoc (Puebla-Amozoc)	3,988	3,934	3,836	3,776	3,822	3,751	4,075	4,249	3,895	4,035	4,273	4,273	4,028
Amozoc (Puebla-Acatzingo)	9,482	9,334	9,385	10,950	9,348	9,032	10,769	11,100	9,515	9,428	10,385	10,385	10,176
ACATZINGO-CD. MENDOZA	5,253	5,467	5,678	6,252	5,517	5,106	6,980	6,919	5,714	5,845	6,339	6,339	6,108
Esperanza (Acatzingo-Esperanza)	1,879	1,934	1,991	1,933	2,020	1,979	2,192	2,159	1,927	2,102	2,139	2,139	2,047
Esperanza (Acatzingo-Cd. Mendoza)	3,374	3,533	3,686	4,319	3,496	3,127	4,787	4,760	3,787	3,743	4,200	4,200	4,061
TIJUANA-ENSENADA	18,097	19,719	21,455	25,553	24,762	23,865	28,228	29,333	24,020	20,718	21,921	21,921	23,328
Playas (Tijuana-Rosario)	5,416	5,944	7,001	8,504	8,285	7,978	9,504	9,927	7,935	6,410	6,802	6,802	7,500
Rosarito (Rosarito-La Misión)	6,415	6,949	7,369	8,785	8,457	8,129	9,587	9,985	8,205	7,206	7,629	7,629	8,060
Ensenada (La Misión-Ensenada)	6,266	6,826	7,085	8,264	8,020	7,758	9,138	9,421	7,879	7,101	7,490	7,490	7,768
CD. MENDOZA-CORDOBA	12,587	12,376	12,213	12,526	11,742	10,914	11,585	12,361	11,387	11,822	12,950	12,950	12,338
Fortín (Cd. Mendoza-Córdoba)	8,810	8,639	7,601	8,872	8,214	7,703	7,676	8,433	8,044	8,214	8,980	8,980	8,518
Fortín (Cd. Mendoza-Fortín)	3,777	3,738	4,612	3,655	3,528	3,211	3,909	3,929	3,343	3,608	3,970	3,970	3,821
CHAPALILLA-COMPOSTELA (Compostela)	1,643	1,674	1,873	3,038	1,802	1,671	2,576	2,864	1,735	1,440	1,583	1,583	2,017
TEHUACAN-OAXACA	7,610	6,984	7,157	8,451	6,511	6,196	7,841	8,317	6,677	7,514	8,374	8,374	7,739
Tehuacán	2,294	2,114	2,153	2,564	2,135	1,940	2,439	2,531	2,121	2,216	2,647	2,647	2,375
Miahualtán	1,586	1,401	1,504	1,784	1,260	1,208	1,607	1,726	1,372	1,576	1,758	1,758	1,603
Coixtlahuaca	1,464	1,338	1,361	1,680	1,191	1,169	1,495	1,643	1,261	1,447	1,596	1,596	1,491
Huitzo	2,011	1,885	1,893	2,167	1,680	1,656	2,061	2,166	1,707	2,036	2,121	2,121	2,002
Huitzo bis	256	245	245	256	246	223	239	251	215	238	251	251	268
RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)							1,506	1,600	1,342	1,389	1,589	1,589	729
ARRIAGA-HUIXTLA (Huixtla)												1,335	1,335
Total	176,204	183,232	185,996	204,104	187,725	182,233	205,013	213,351	188,290	190,334	203,497	203,497	196,731

Fuente : Planeación y Desarrollo con el apoyo 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	1,948	446	320,673	36,164	132	1,568,385	1,340,180	49,816	1,525,187
Tepetzotlán	5,872,987	1,261	307	233,294	18,215	84	894,649	691,545	25,843	772,780
Jorobas	74,260	110		141	102	1	17,237	9,003	324	12,573
Palmillas	3,794,288	573	139	87,231	17,847	47	653,960	638,501	23,326	739,146
Polotitlán	16,800	2		7			2,539	1,131	323	688
QUERETARO-IRAPUATO	5,829,807	2,612	569	219,898	65,349	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 (Mexico-Chalco)	4,638,731			713,237	1,168		463,255	126,161	2,267	30,883
San Marcos (Mexico Rio Frio)	4,591,573	2,395	2	241,934	5,491		591,708	214,135	5,359	79,066
San Martín - Tlax (Rio 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 (Rio 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
Miahuatlán	370,951	908		28,498	2,257		61,893	29,246	615	11,424
Coixtlahuaca	341,761	411	248	37,939	3,184	1	51,805	28,738	528	11,248
Huitzo	515,295	2,712	142	36,769	2,074		57,577	28,259	697	11,528
Huitzo bis	50,039	28		12,551	99		15,852	10,276	75	2,713
RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)	230,948	78	1,017	8,523	129	2	11,366	1,929	24	271
ARRIAGA-HUIXTLA (Huitla)	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: Plan 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												
Tepetzollán	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
Polotitlán	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-Rosanto)	31	24,436	1	24,301	13	11,028	30	11,376	1	9,797	31-Ago	24,436
Rosarito (Rosanto-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
Miahuatlán	3	2,080	14	2,335	31	1,888	3	3,013	21	3,806	7-Abr	4,273
Coixtlahuaca	18	1,894	14	2,161	31	1,740	3	2,894	28	3,618	7-Abr	4,153
Huitzo	9	2,389	14	2,616	31	2,382	3	3,171	26	4,581	26-Dic	4,581
Huitzo bis	2	306	27	285	7	299	3	351			2-Ene	370
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.

Caminos Directos y Autopistas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
MEXICO-QUERETARO	9,048,014	8,438,721	9,287,404	9,430,151	9,228,341	8,713,974	9,644,056	9,763,647	9,045,011	9,315,046	9,368,794	10,577,765	111,860,924
Tepetzotlán	5,293,879	4,936,876	5,495,807	5,551,230	5,491,997	5,181,943	5,702,643	5,700,594	5,359,047	5,496,816	5,476,750	6,144,426	65,832,008
Jorobas	34,288	30,924	33,557	29,986	25,697	27,475	29,523	30,589	30,313	29,208	33,452	33,828	368,840
Palmillas	3,716,643	3,467,088	3,753,682	3,843,963	3,705,264	3,498,641	3,905,348	4,027,490	3,649,906	3,783,722	3,853,499	4,393,737	45,598,983
Polotlán	3,204	3,833	4,358	4,972	5,383	5,915	6,542	4,974	5,745	5,300	5,093	5,774	61,093
QUERETARO-IRAPUATO	5,143,665	6,213,112	4,890,058	5,449,875	4,423,955	4,335,679	4,705,249	4,784,948	4,277,208	4,750,567	4,393,544	5,693,570	59,061,430
Querétaro (Querétaro-Celaya)	2,793,954	3,850,300	2,920,341	3,244,280	2,689,845	2,533,130	2,817,471	2,806,336	2,701,025	2,782,598	2,819,441	3,377,174	35,335,895
Salamanca (Celaya-Salamanca)	61,022	65,255	61,964	62,054	57,243	56,575	58,579	60,591	53,745	61,375	59,613	78,860	736,876
Salamanca (Salamanca-Irapuato)	49,377	60,792	52,337	50,992	46,283	44,515	46,175	48,221	43,405	51,095	48,596	65,354	607,142
Salamanca (Celaya-Irapuato)	2,239,312	2,236,765	1,855,416	2,092,549	1,630,584	1,701,459	1,783,024	1,869,800	1,479,033	1,855,499	1,465,894	2,172,182	22,381,517
MEXICO-PUEBLA	13,296,430	13,155,064	13,923,687	13,303,823	14,145,444	13,191,082	14,620,606	14,594,609	13,934,430	14,110,209	14,328,105	15,504,090	168,107,579
Chalco (México-Chalco)	3,216,153	3,037,160	3,744,787	3,555,197	3,644,083	3,452,852	3,837,160	3,889,972	3,519,988	3,619,601	3,626,355	3,831,599	42,974,907
San Marcos (México-Río Frio)	4,325,484	4,498,901	4,189,845	4,486,375	4,700,570	4,074,788	4,620,140	4,541,400	4,629,226	4,413,629	4,576,911	5,035,004	54,092,273
San Martín - Tlax (Río Frio-San Martín)	2,395,484	2,431,166	2,517,438	1,702,708	2,221,831	2,405,760	2,621,020	2,584,210	2,584,477	2,803,948	2,656,100	2,799,270	29,723,412
San Martín - Pue. (Río Frio-Puebla)	3,359,309	3,187,837	3,471,617	3,559,543	3,578,960	3,257,682	3,542,286	3,579,027	3,200,739	3,273,031	3,468,739	3,838,217	41,316,987
PUEBLA-ACATZINGO	3,679,646	3,360,022	3,966,718	4,099,756	3,679,377	3,447,368	3,920,066	3,835,632	3,599,463	3,637,272	3,832,129	4,154,774	45,212,223
Amozoc (Puebla-Amozoc)	1,042,256	976,886	1,061,243	941,085	1,074,146	1,000,435	1,078,966	1,079,356	1,015,798	1,063,638	1,085,247	1,076,040	12,495,096
Amozoc (Puebla-Acatzingo)	2,637,390	2,383,136	2,905,475	3,158,671	2,605,231	2,446,933	2,841,100	2,756,276	2,583,665	2,573,634	2,746,882	3,078,734	32,717,127
ACATZINGO-CD. MENDOZA	1,140,310	1,117,439	1,579,516	1,902,394	1,189,051	709,301	1,686,833	1,369,516	1,159,675	1,166,406	1,207,127	1,526,283	15,753,851
Esperanza (Acatzingo-Esperanza)	186,908	209,081	363,092	477,786	206,904	154,878	276,960	217,202	189,292	205,433	198,102	237,777	2,923,415
Esperanza (Acatzingo-Cd. Mendoza)	953,402	908,358	1,216,424	1,424,608	982,147	554,423	1,409,873	1,152,314	970,383	960,973	1,009,025	1,288,506	12,830,436
TIJUANA-ENSENADA	1,960,406	2,000,777	2,325,261	2,595,024	2,625,921	2,454,183	2,924,058	3,027,718	2,547,201	2,259,579	2,280,016	2,289,882	29,290,026
Playas (Tijuana-Rosario)	502,315	516,348	650,918	764,015	770,244	718,626	881,394	922,812	740,206	601,136	612,556	555,913	8,236,483
Rosarito (Rosario-La Misión)	723,528	739,192	840,426	930,366	943,229	875,904	1,034,999	1,073,250	907,416	821,205	828,412	861,240	10,579,167
Ensenada (La Misión-Ensenada)	734,563	745,237	833,917	900,643	912,448	859,653	1,007,665	1,031,656	899,579	837,238	839,048	872,729	10,474,376
CD. MENDOZA-CORDOBA	2,545,169	2,338,528	2,581,892	2,515,368	2,488,842	2,328,915	2,388,207	2,531,477	2,552,104	2,498,377	2,540,972	2,903,029	30,212,880
Fortín (Cd. Mendoza-Córdoba)	2,098,582	1,874,772	1,857,767	1,686,600	1,589,861	1,804,109	1,699,637	1,666,663	2,149,136	2,076,400	2,102,666	2,359,360	22,965,553
Fortín (Cd. Mendoza-Fortín)	446,587	463,756	724,125	828,768	898,981	524,806	688,570	864,814	402,968	421,977	438,306	543,669	7,247,327
CHAPALILLA-COMPOSTELA (Compostela)	274,181	204,256	356,946	478,626	351,582	292,373	429,409	464,208	313,419	265,711	246,868	351,588	4,029,167
TEHUACAN-OAXACA	1,774,233	1,401,716	1,788,030	1,684,687	1,362,977	1,521,456	1,684,034	1,842,381	1,620,479	2,052,395	1,874,536	2,276,715	20,883,639
Tehuacán	530,952	422,437	523,235	558,106	517,058	443,793	541,845	540,701	494,362	509,140	592,417	674,836	6,348,882
Miahuatlán	378,468	264,380	418,338	343,409	235,749	301,008	358,737	389,054	348,920	484,660	395,652	507,196	4,425,571
Coixtlahuaca	363,067	289,882	352,588	341,045	253,584	336,541	332,192	395,754	338,178	451,914	383,693	481,469	4,319,907
Huitzo	447,472	375,413	440,281	389,904	306,234	400,782	401,369	463,283	393,800	554,871	450,448	501,957	5,125,814
Huitzo bis	54,274	49,604	53,588	52,223	50,352	39,332	49,891	53,589	45,219	51,810	52,326	111,257	663,465
RANCHO VIEJO-TAXCO (Taxco)							102,938	261,927	233,371	263,348	265,395	298,050	1,425,029
ARRIAGA-HUIXTLA (Huitzila)												57,240	57,240
Total	38,862,054	38,229,635	40,699,512	41,459,704	39,495,490	36,994,331	42,105,456	42,476,063	39,282,361	40,318,910	40,337,486	45,632,986	485,893,988

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
Naulla	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
Tecolutla	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**

CURSOS ABIERTOS

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

**TEMA:
TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN Y
ASPECTOS ECONÓMICOS**

**EXPOSITOR:
ING. RICARDO MÉNDEZ ORTIZ**

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

78

MANTENIMIENTO:

ACCIÓN DE MANTENER.

MANTENER:

HACER QUE ALGO NO DECAIGA.

**NO SE EXTINGA NI PEREZCA, O QUE
CONTINÚE EN LA FORMA QUE SE
EXPRESA.**

**CONSERVAR UNA COSA O CUIDAR DE
SU PERMANENCIA.**

MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

I. INTRODUCCIÓN



Para el desarrollo de este importante tema quiero recordar la definición de la palabra mantenimiento. Mantenimiento se define como la acción y efecto de mantener; a su vez, mantener se define como hacer que algo no decaiga, no se extinga ni perezca, al igual que conservar una cosa o cuidar de su permanencia.

Con la definición anterior al hablar de mantenimiento de pavimentos debemos pensar en todas aquellas acciones y actividades que se requieren llevar a cabo para que los pavimentos permanezcan en las condiciones de servicio para los que fueron diseñados y de ser posible se prolongue el período de vida útil mediante la aplicación de la mínima inversión.

El mantenimiento y rehabilitación de pavimentos es uno de los temas que mayor interés y preocupación han alcanzado en los últimos años debido a que las carreteras, como principal modo de transporte que son, se han convertido en pilares de la actividad económica del país, al absorber el movimiento del 60% de las mercancías y el 90% de los pasajeros; en la ciudad de México, una de las ciudades más densamente poblada del mundo, los pavimentos asfálticos son la base

de la supervivencia de ya mas de 20 millones de habitantes tomando en cuenta las zonas conurbadas a esta.

Fácil resulta reconocer, que una red carretera y vialidades urbanas en buen estado contribuyen ampliamente al crecimiento económico. y bienestar social al disminuir considerablemente los costos del transporte y optimizar los tiempos de recorridos carreteros y urbanos.

La importancia de lo anterior demanda de los profesionales dedicados al mantenimiento de pavimentos asfálticos el uso de tecnologías adecuadas aplicadas oportunamente y con eficiencia abatiendo costos de mantenimiento y prolongando la vida útil de los pavimentos.

La situación económica por la que ha cruzado nuestro país los últimos veinte años, exige soluciones integrales a corto, mediano y largo plazo que permitan la elaboración y ejecución de programas de rehabilitación de pavimentos en forma ordenada y prioritaria con la consecuente optimización en la aplicación de los escasos recursos disponibles.

Las inversiones apropiadas en mantenimiento pueden reunir beneficios económicos considerables y reducir costos al usuario. Además, una red de pavimentos bien conservada representa la protección de una inversión en capital muy importante de forma que

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

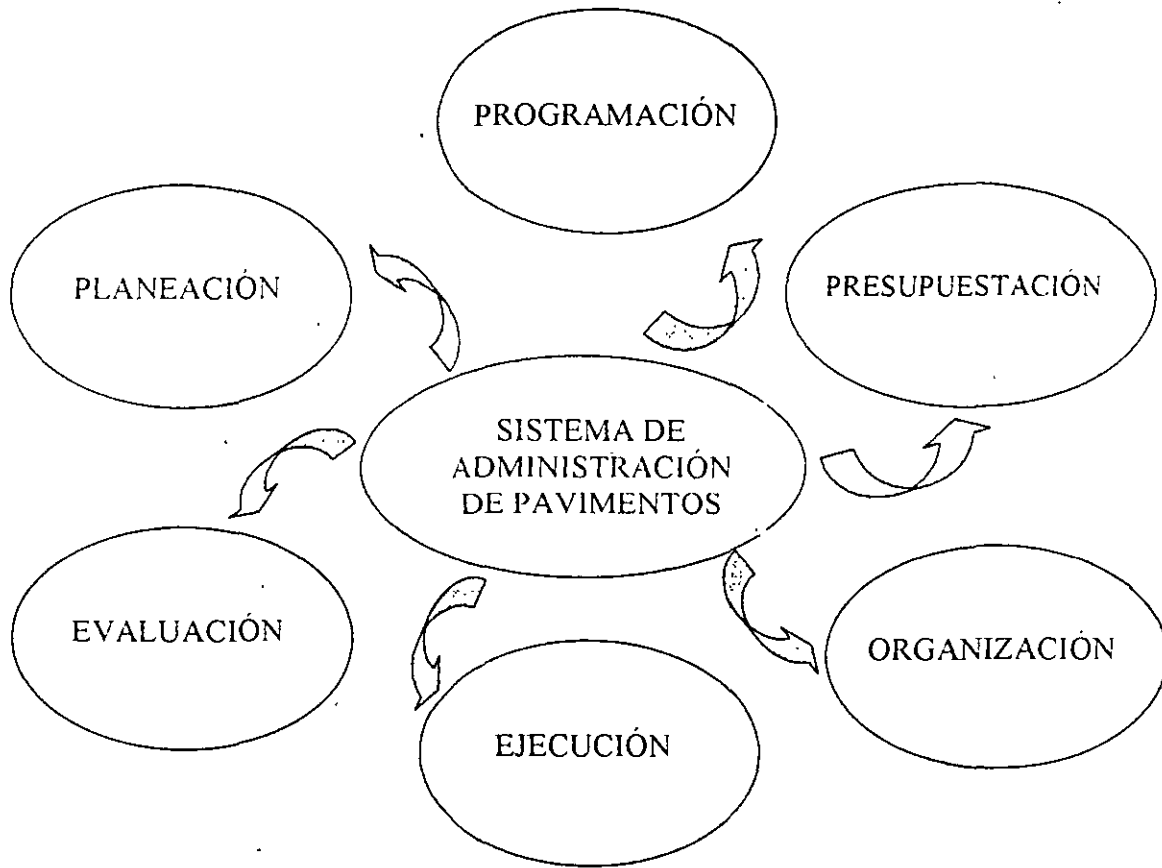
Es claro que la conservación apropiada en el momento oportuno puede contribuir a retardar el ritmo de deterioro, demorar la necesidad de operaciones costosas importantes como la reconstrucción y, de modo general, prolongar la duración de vida de una carretera para alcanzar el mayor beneficio económico posible.

Seria difícil pensar en el adecuado mantenimiento de un pavimento, si no se cuenta con herramientas de planeación, programación organización, presupuestación. y ejecución de la conservación, es decir, se debe contar con las condiciones de apoyo y el soporte logístico para una ejecución efectiva de todas las actividades propias del mantenimiento de pavimentos.

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

L2

La implantación de un sistema de administración de ~~carreteras~~ ^{pavimentos.} 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.

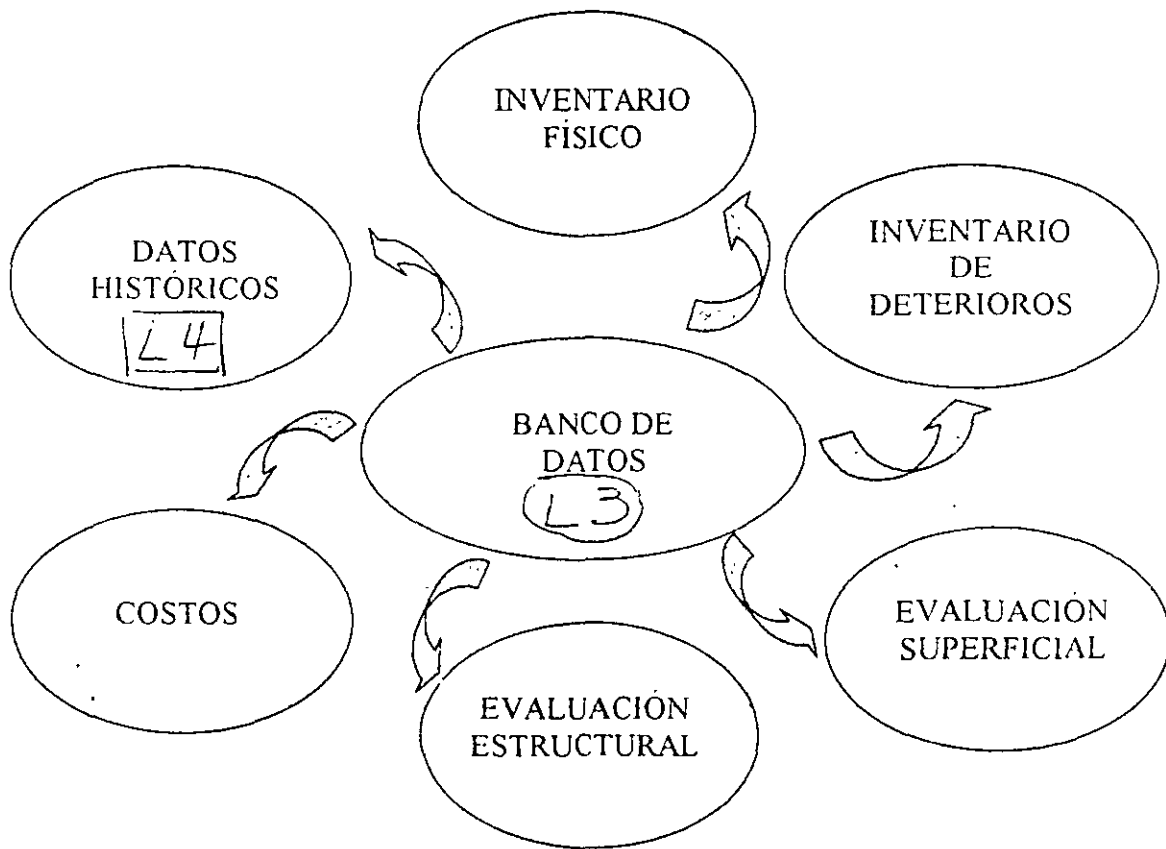


El éxito de cualquier sistema de administración de pavimentos esta basado en la calidad y precisión de la información con que se alimente el banco de datos, que representa la columna vertebral del sistema.

(L3)

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

MANERA



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.

L4

- Estadísticas de aforo (T.P.D.A.)
- Estadísticas de composición de tránsito.
- Estadísticas de resultados de estudios anteriores.
- Costos anuales de mantenimiento.

L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | L10

INVENTARIO FÍSICO.

- 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.

L11

L

INVENTARIO DE DETERIORO.

Relación detallada por Km. de los deterioros detectados en las diferentes partes del camino, incluyendo comentarios del observador.

L13

L14

ENALUACIÓN SUPERFICIAL

Resultados obtenidos de la inspección visual periódica y las calificaciones correspondientes por elementos del camino así como su evaluación general.

L15

L16 | L17 | L18

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL.

L19

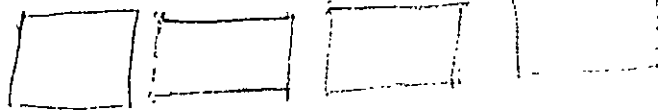
Resultados obtenidos de los estudios de capacidad de carga de la estructura del pavimento.

L

COSTOS.

L25

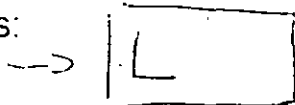
Análisis estadístico de los costos de mantenimiento general de los pavimentos en todas sus modalidades.



El seguimiento constante de la aplicación del sistema de administración de pavimentos optimizará la aplicación de los recursos disponibles y facilitará la obtención de recursos adicionales que permitan conservar adecuadamente nuestra red vial de pavimentos.



El mantenimiento de los pavimentos se puede subdividir en tres modalidades:



Rutinario. Es el mantenimiento que se realiza cotidianamente dando como resultado sensación de confort y seguridad al usuario.

Periódico. Se realiza con intervalos entre uno a dos años para restituir al camino del desgaste natural por la propia operación y prevenir de daños mayores prematuros.

Mayor. Es el mantenimiento que se aplica con intervalos mayores a 2 años y se requiere para conservar al pavimento en las condiciones originales de construcción o de reconstrucción.

Cada una de las modalidades de mantenimiento estará atendida por diversas técnicas de rehabilitación de pavimentos que deberán ser definidas con los resultados obtenidos por el sistema de administración de pavimentos.

No se puede pensar en la aplicación de diversas técnicas de rehabilitación de pavimentos si no se conoce con claridad cuales son las causas del deterioro del pavimento y las condiciones estructurales con los que esta soportando las cargas a las que está expuesto; es por esto, que previo a la determinación del tipo de rehabilitación a utilizarse, se cuente con los estudios de campo y de laboratorio necesarios que permitan diagnosticar la situación actual del pavimento.

Cualquier tipo de rehabilitación de pavimento que se desee utilizar debe ser producto de un estudio y del análisis de los resultados obtenidos por sencilla que esta sea, de lo contrario, seguramente no se eligirá la mas adecuada provocando el desperdicio de los recursos disponibles.

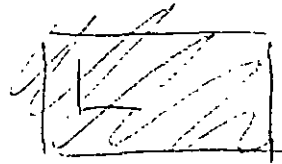
Con el transcurso del tiempo, se ha abusado de la nobleza durante su fabricación y colocación de las mezclas asfálticas y se

aplican en ocasiones como recetas de cocina, teniendo como resultado, rehabilitación de mala calidad, que lejos de brindar una solución se transforman en problemas permanentes encareciendo futuras reparaciones y demeritando las ventajas que estas tienen en comparación con otras soluciones.

Todas las técnicas de rehabilitación de pavimentos asfálticos tienen una característica en común: se requiere que se utilicen materiales de la más alta calidad en la fabricación de las mezclas y que sean colocadas con el procedimiento y equipo adecuado, lo cual garantizará soluciones de prolonga vida útil; cumplido lo anterior, se puede continuar con la selección de la técnica a utilizarse.

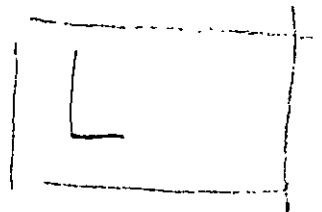
La rehabilitación de un pavimento se puede dividir en dos grandes grupos: Rehabilitación superficial y Rehabilitación estructural.

II. REHABILITACIÓN SUPERFICIAL.



Es el tratamiento de la superficie de rodamiento sin modificar la capacidad de carga de la estructura del pavimento, que se requiere para restituir las condiciones originales de rugosidad y confort de la cinta asfáltica.

A continuación se mencionarán brevemente los tratamientos más usuales y algunas de sus características:



Bacheo Superficial. Consiste en la reparación de deterioros aislados no generalizados por medio de la sustitución del material dañado sin incluir capas subyacentes.

Renivelaciones. Estriba en la restitución del perfil longitudinal o transversal para reacondicionar el índice de servicio de la superficie de rodamiento.

Riego de sello. Es la aplicación de material pétreo producto de la trituración parcial o total previo de un riego de liga con emulsión o cemento asfáltico, sobre la superficie de rodamiento deteriorada, impermeabiliza y reintegra rugosidad a la carpeta evitando el desgaste del material pétreo en la superficie y restituye coeficiente de fricción al pavimento.

Riego de sello premezclado. A diferencia del sello tradicional el material pétreo se mezcla previamente con la emulsión asfáltica a razón de tres por ciento en peso y posteriormente se sigue el mismo procedimiento de construcción del sello tradicional. Este método elimina hasta en un setenta por ciento del desperdicio y disminuye la cantidad de material pétreo aproximadamente en un veinte por ciento, aumentándose considerablemente el rendimiento en su colocación si se utiliza una extendedora de sello.

Los materiales pétreos que se utilizan en la construcción de riego de sello son los del tipo 3-A y 3-E que se indican en la siguiente tabla:

L30

89

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.



1231

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 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**

L 32

<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.

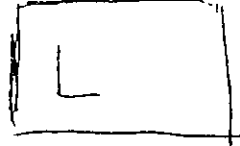
Carpetas delgadas. Este procedimiento de rehabilitación consiste en sobreponer a la carpeta actual ya deteriorada por el uso, una sobrecarpeta con espesores de 0.75 a 1.5 pulgadas que devuelven las características de rugosidad, impermeabilidad y confort a la superficie de rodamiento.

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 de 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.

L33

Este tipo de carpetas delgadas al ser fabricadas con agregado producto de trituración y en planta de asfalto; representan un tratamiento superficial de alta calidad con largos períodos de vida útil.

El proceso de fabricación es similar al de una mezcla asfáltica para carpeta de 3/4" recomendándose dosificar el agregado pétreo por peso y separándolo en todos los diferentes tamaños para lograr una mayor precisión en la dosificación.



Si adicionalmente al cemento asfáltico con el que se fabricará la mezcla se le adiciona hule molido se obtiene un producto de alta duración, mayor resistencia a los esfuerzos de tensión prolongando su vida útil hasta 20 años. En la ciudad de Phoenix, Texas, actualmente cuentan con vialidades urbanas con carpetas drenantes y antigüedades mayores a los 20 años expuestas a tránsito mayores a los 25,000 vehículos por día.

Otra Técnica que se ha desarrollado para el tratamiento superficial con carpeta delgada es la denominada MEDIFLEX, que consiste en la elaboración de mezclas con cemento asfáltico modificado con fibras de asbesto las cuales proporcionan a la mezcla mayor resistencia a los esfuerzos de tensión retardando notablemente la falla por fatiga. Sin embargo, el alto índice contaminante en la fabricación del asbesto a limitado su uso últimamente.

Otro método usual en tratamientos superficiales es el denominado reciclado. La técnica tiene por objeto restituir las propiedades de los materiales que componen las capas asfálticas de los pavimentos flexibles para que sean capaces de servir un nuevo ciclo de vida.

Consiste en términos generales, en llevar a cabo el corte de las capas superiores del pavimento, su disgregado, previos al proceso de calentamiento y mezclado, en su caso, con nuevos agregados, cemento asfáltico y agentes rejuvenecedores del asfalto presente en el material que se utiliza, para restituir sus propiedades, y posteriormente la formación compactación en el lugar de procedencia de la capa reciclada.

La aplicación de esta técnica es posible realizarla en el lugar o en planta, en este último caso, los materiales existentes en el tramo por rehabilitarse se levantan y transportan a la planta para ser mezclados con los nuevos agregados, cemento asfáltico y los agentes rejuvenecedores.

La selección de la modalidad depende fundamentalmente de los espesores que es necesario tratar para mejorar la vida útil que se persigue.

Cuando los espesores a tratar son del orden de los 5cm., se aplica la técnica de reciclado en caliente en el lugar, para lo que se emplea un equipo especial dotado con dispositivos adecuados para transferir calor a la capa por tratar mediante rayos infrarrojos durante el procedimiento.

El procedimiento en términos generales implica un calentamiento previo de la superficie en la cual se eleva la temperatura a los 80°C

para eliminar la humedad presente y ablandar la superficie para ser cortada en caliente.

En la siguiente etapa se lleva a cabo un proceso de mezclado en el cual es posible agregar nuevos agregados pétreos ó bien mezcla asfáltica nueva cuando en este tratamiento se contempla reforzar la capa del pavimento.

A continuación se lleva a cabo un proceso de mezclado en el cual se homogeniza la mezcla de los materiales reciclados y los agregados, cuando es el caso, y se incorpora el producto químico rejuvenecedor del asfalto existente en la capa tratada. En esta etapa la temperatura de la mezcla así formada llega a los 140°C para iniciar el tendido y posteriormente la compactación.

Al efectuarse el tendido del nuevo concreto asfáltico la temperatura no debe ser inferior a los 120°C para lograr una adherencia entre la superficie descubierta y la capa reciclada ya que no se prevee en este procedimiento, la aplicación de riego de liga convencional.

El equipo empleado en las aplicaciones realizadas según las versiones de los fabricantes, obedece a sistemas en los cuales se han diseñado hasta cuatro máquinas especializadas para cada una de las etapas como el sistema ARTEC.

Existen en el país, otro tipo de máquinas que realizan el mayor número de operaciones en una sola unidad, como el sistema Wirttgen.

El campo de aplicación hasta ahora se ha limitado a tratar pavimentos que no tienen una deficiencia estructural importante, exentos de deformaciones mayores de 3cm.

El reciclado en caliente en planta estacionaria requiere básicamente del equipo convencional para la elaboración de los concretos asfálticos, con las adaptaciones necesarias para la incorporación de los agregados nuevos, el cemento asfáltico adicional y los agentes rejuvenecedores.

A diferencia del sistema en el lugar, en este procedimiento el material pétreo de la carpeta existente se corta con equipo especializado (fresadora) y se acarrea de la planta de asfalto donde es tratado nuevamente y enviado para su colocación como mezcla asfáltica.

En la búsqueda de métodos alternativos para rehabilitar pavimentos flexibles se han desarrollado y probado y diversas técnicas como es el "Whitetopping" (W.T.) que consiste en la colocación de una sobrelosa delgada de concreto asfáltico sobre la carpeta existente con espesores de 2 a 3 1/2".

Esta técnica se ha utilizado desde 1944 en Estados Unidos y Europa para la rehabilitación de aeropistas, carreteras y calles urbanas.

En 1996, autoridades del municipio de Tijuana y las empresas CEMEX y CARSA decidieron construir un tramo experimental; se solucionó una calle de la zona urbana, con un tráfico de 2,100 vehículos por hora; el pavimento existente se componía de una carpeta asfáltica de 5cm., de espesor y una base de 20cm., con un V.R.S. de 60%. La calle tiene una pendiente natural de 5% y había estado continuamente sujeta a trabajos de bacheo pudiéndose observar patrones de agrietamiento en las roderas y en zonas donde el agua y los aceites habían afectado el asfalto de la carpeta.

1. Por razones económicas se decidió no rebajar la carpeta asfáltica existente, con la consecuente disminución de la posible adherencia esperada entre el concreto fresco y la carpeta asfáltica.
2. Por razones de mínimo costo, las juntas transversales se construyeron mediante el hincado de cintas plásticas de 1" de ancho; las longitudinales se hicieron con herramienta de corte.
3. El espesor de la losa de concreto varió de 2.5" a 3.5".

4. Separación de juntas en ambas direcciones de 90, 120 y 180 cms.
5. Se construyeron 3 tipo de tableros: T1, de 90x90cm. y espesor de 2 1/2"; T2, de 1.20x1.20 y espesor de 3.5"; T3 de 1.80x1.80 y espesor de 3 1/2".
6. Módulo de ruptura del concreto hidráulico a 28 días: 50kg/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".

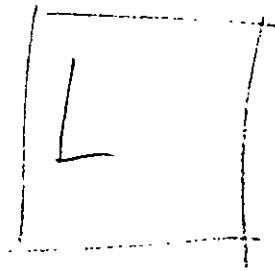
En todo el tramo se utilizó una membrana de curado de color blanco con el fin de reflejar los rayos solares y reducir así la cantidad de calor absorbido por la losa de concreto.

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 evacuen 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.

L 34

L 35 | L 36 | L 37 | L 38 | L 39 | L 40

L 41 | L 42 | L 43 | L 44

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 volúmen de tránsito y las cargas que circulan por las calles y carreteras del país demanda periódicamente la modernización estructural de los pavimentos la cual si se lleva a cabo oportunamente incrementará la vida útil de la estructura y abatirá costos de reconstrucción.

De las técnicas más usuales para rehabilitación de pavimento mencionaremos las siguientes:

Bacheo profundo y carpeta. Este sistema es uno de los más comúnmente utilizados, consiste en la apertura de caja de zonas dañadas estructuralmente en el espesor necesario para tratar la base, o en su caso, la sub-base, mejorando o sustituyendo el material y finalmente colocando una carpeta asfáltica de 3/4" de espesor. Esta técnica se utiliza únicamente en zonas aisladas del área a rehabilitar.

Bases asfálticas y carpetas. El espesor de las capas asfálticas en algunas calles de la ciudad de México y carreteras del país, llegan a tener hasta 60 ó 70cms., o más en algunas ocasiones lo cual complica considerablemente la rehabilitación estructural de las capas subyacentes; en esos casos se ha utilizado este sistema en dos

formas diferentes: fresando espesores de 15, 20 ó 30cms., de espesor que son sustituidos por bases asfálticas fabricadas con agregado pétreo de 1 1/2" y posteriormente se coloca una carpeta asfáltica con agregado de 3/4".

Este sistema tiene la ventaja de no elevar la rasante de la superficie de rodamiento considerablemente y evitar así la posible necesidad de elevar estructuras banquetas y guarniciones; el otro método, elimina el fresado de las capas asfálticas dañadas sobreponiendo la base asfáltica y carpeta en la carpeta existente, no obstante que con este método se disminuye considerablemente los volúmenes de materiales a mover, se requiere de bacheos superficiales y profundos previos a la colocación de la base asfáltica; a diferencia del procedimiento con fresado, este criterio aumenta considerablemente el nivel de la rasante con las desventajas mencionadas anteriormente limitando su uso a caminos con pocas estructuras y adicionalmente incrementa de manera muy importante la carga muerta sobre los pasos superiores dañándolos a mediano y a largo plazo, por lo que se recomienda proyectar perfiles de transición entre los terraplenes de acceso y las losas de las estructuras rehabilitando estas últimas con tratamientos superficiales.

Carpetas asfálticas con arenas. En el sureste mexicano donde escasean los materiales para producir agregados pétreos de trituración total o parcial para la fabricación de mezclas asfálticas y los costos se incrementan por los 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.

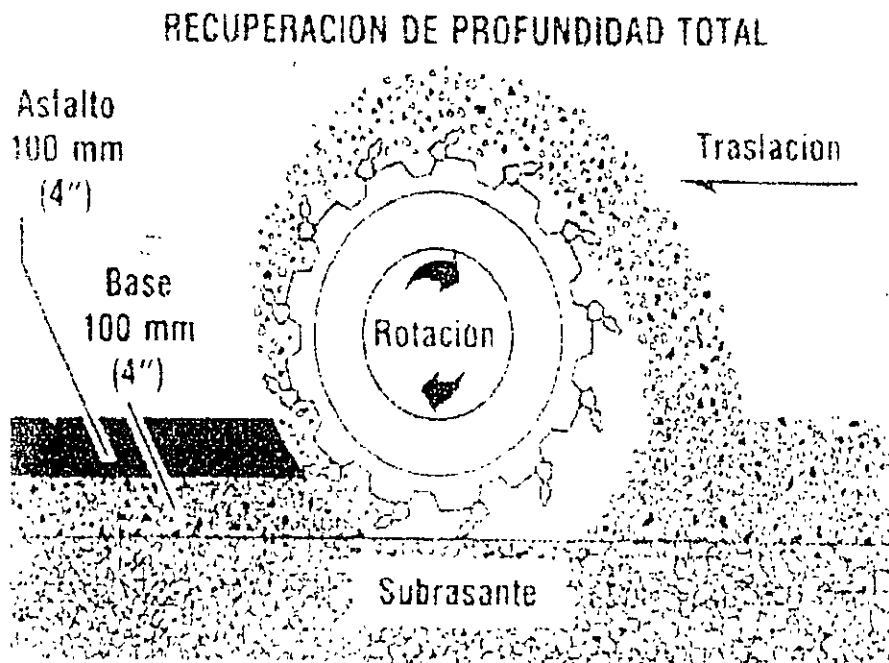
Recuperación de pavimentos con cemento Portland. Esta técnica se desarrolla con la aparición de las máquinas recuperadoras las cuales están dotadas de un rotor diseñado para hacer un corte en frío a profundidad de 10 a 50cm., según sus características de fabricación y de las condiciones de la estructura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

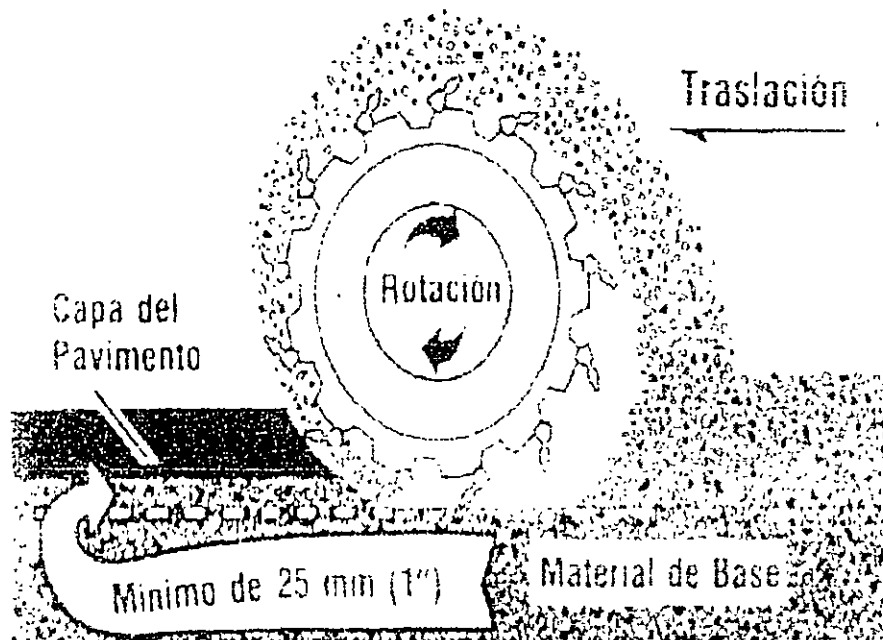
Este procedimiento tiene la ventaja de que con un solo equipo se realiza el corte, disgregado, mezclado y tendido en un solo movimiento quedando listo para la compactación.

Los equipos disponibles como son ARTEC, WIRTCEN, CATERPILLAR, ROADTEC, aún cuando el fabricante especifica capacidad de corte de hasta 50cm., en la práctica se ha comprobado que con espesores mayores a 30cm., disminuye considerablemente la eficiencia del equipo; si el espesor a cortar incluye espesores grandes de carpeta, 20 ó 25cm., se recomienda fresar previamente y disminuir el espesor de carpeta a recuperar.

Es importante señalar que cuando el espesor de carpeta es superior a 30cm., no es recomendable el uso de máquinas recuperadoras pues las puntas de corte del rotor pueden averiarse seriamente.

L 46





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 carrotanque 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.

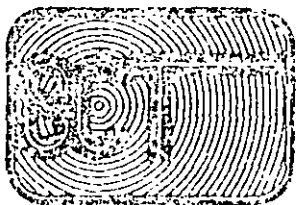
Algunas de sus principales características son:

- 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.



SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

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

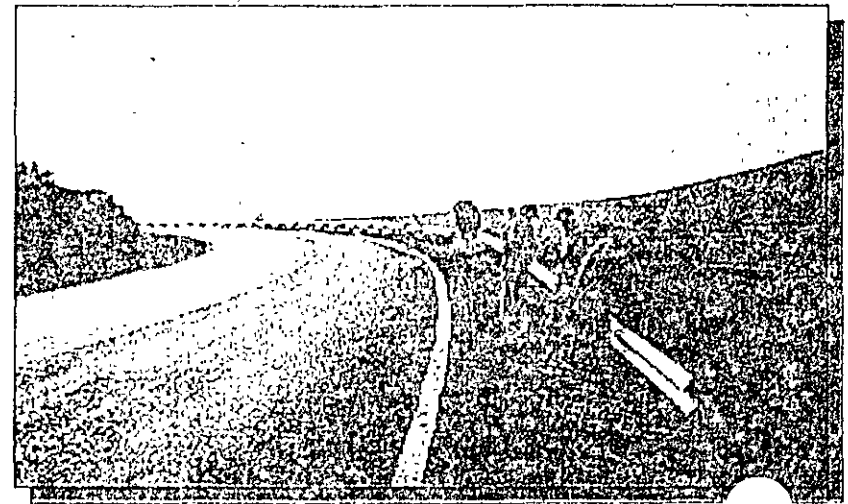
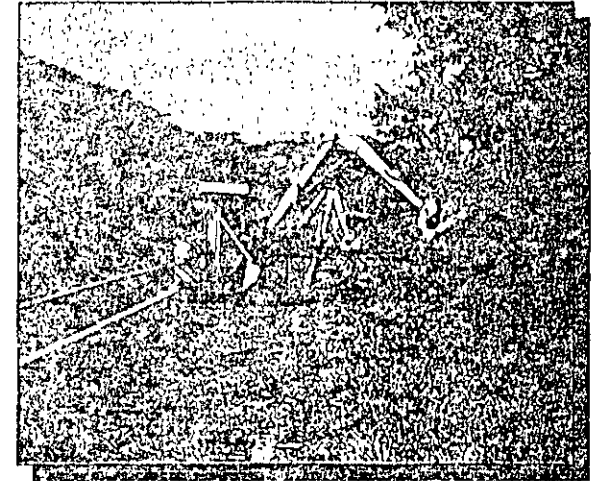
CONSERVACION RUTINARIA MULTIANUAL

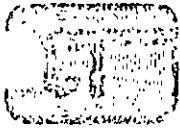
FEBRERO DEL 2000.



ANTECEDENTES

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



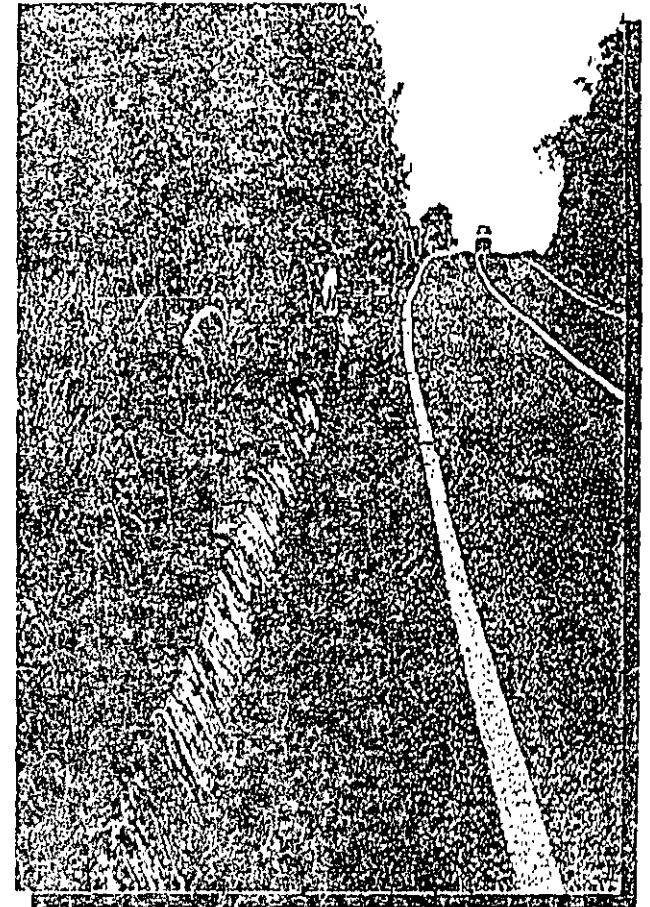


Para el periodo 1997-2000 se establecieron algunos parámetros para seleccionar los tramos susceptibles a contratar.

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

Los resultados fueron:

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

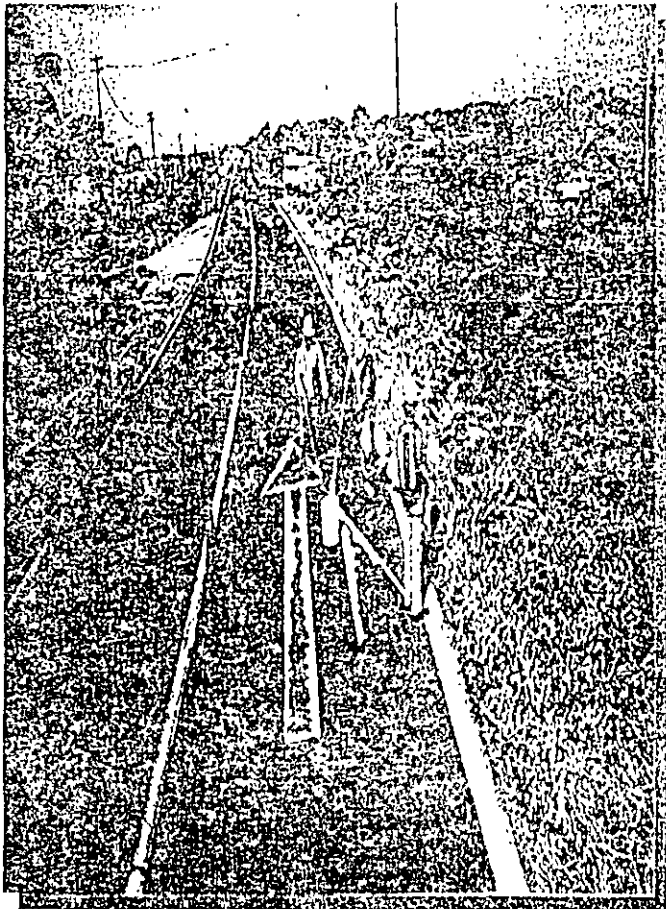




CONSERVACION RUTINARIA MULTIANUAL

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS
DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE SUPERVISION Y CONTROL

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



Los resultados fueron:

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

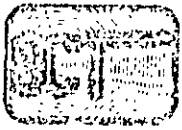


Para el periodo 1999-2000 los parámetros fueron los mismos.

Los resultados fueron:

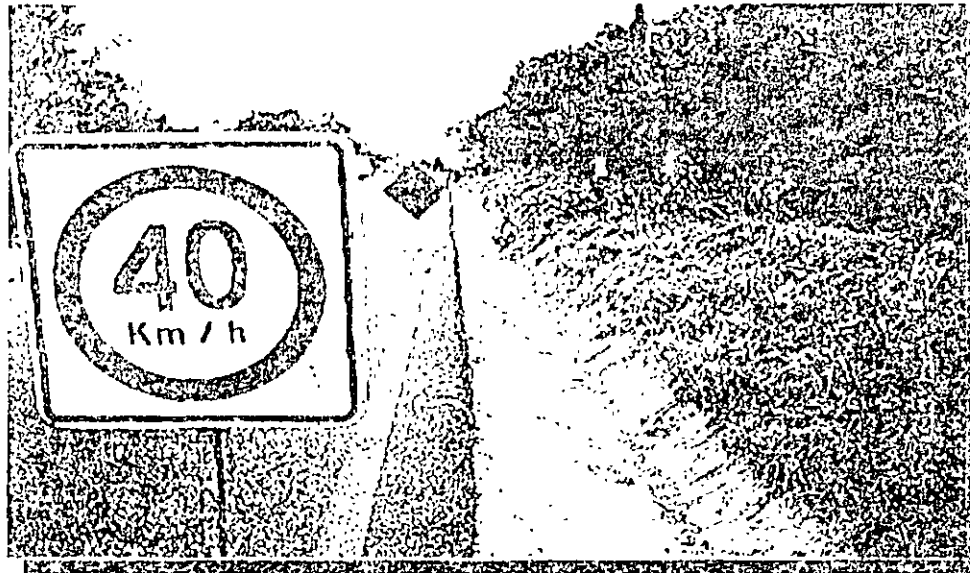
- Se seleccionaron 97 tramos
- Se efectuaron 58 concursos
- Se contrataron 7,155 Km., lo cual significa el 32.1% de la Red Básica Nacional.
- La longitud promedio de concurso fue de 123.4 Km.
- El monto de lo concursado para el periodo 1999-2000 fue de 307 MDP
- El costo por kilómetro fue de 21.4 miles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





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

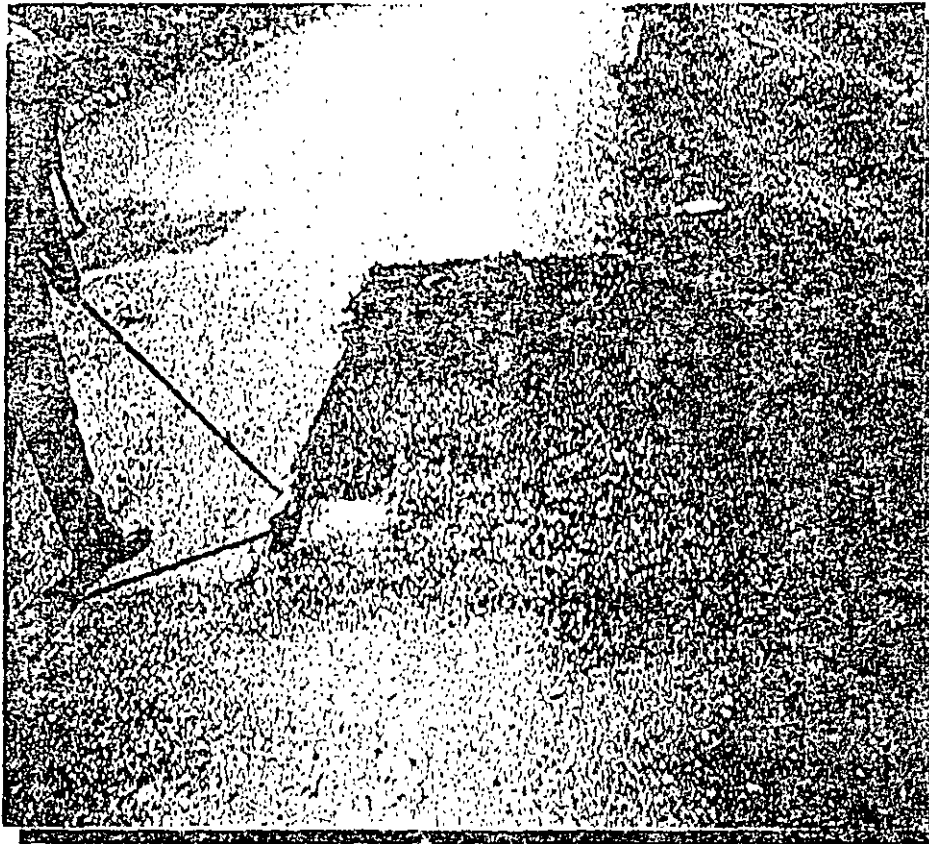
DESHIERBE. - *Consiste en despejar de vegetación existente el derecho de vía, se efectúa en un ancho de 5 m a cada lado del camino*



Al final del año 2000 habremos limpiado poco más de 260,000 Km², que significa el 13% del territorio nacional⁽¹⁾. Esas 26,000 Ha. representan también el equivalente a limpiar 45,600 campos de fútbol soccer⁽²⁾.



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

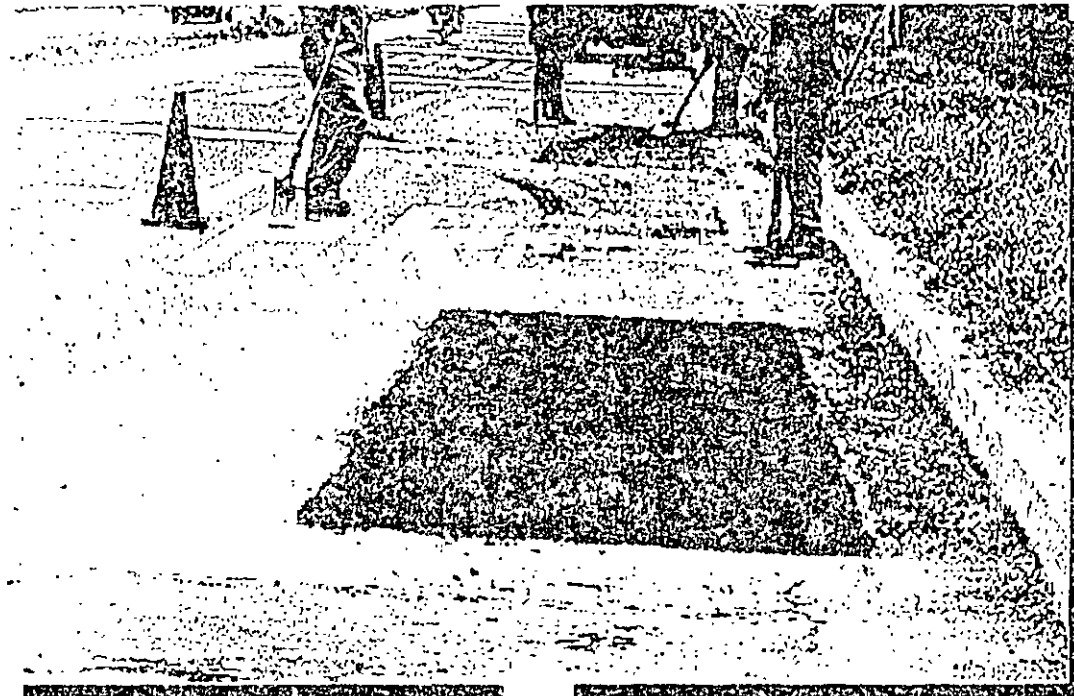


Al final del año 2000 habremos hecho volúmenes de bacheo de caja por poco más de 28,000 m³ que equivale al 2.5 veces el volumen de la Torre inclinada de Pisa, en Italia y 70% del volumen de concreto utilizado en la construcción del Puente Tampico, en Tamaulipas.



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

Al final del año 2000, habremos realizado trabajos de bacheo superficial del orden de 60,000 m³, que equivalen a un 42% más del volumen de concreto utilizado en la construcción del Estadio Azteca⁽⁵⁾ y al 43% del volumen de la Basílica de Guadalupe⁽⁶⁾.





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



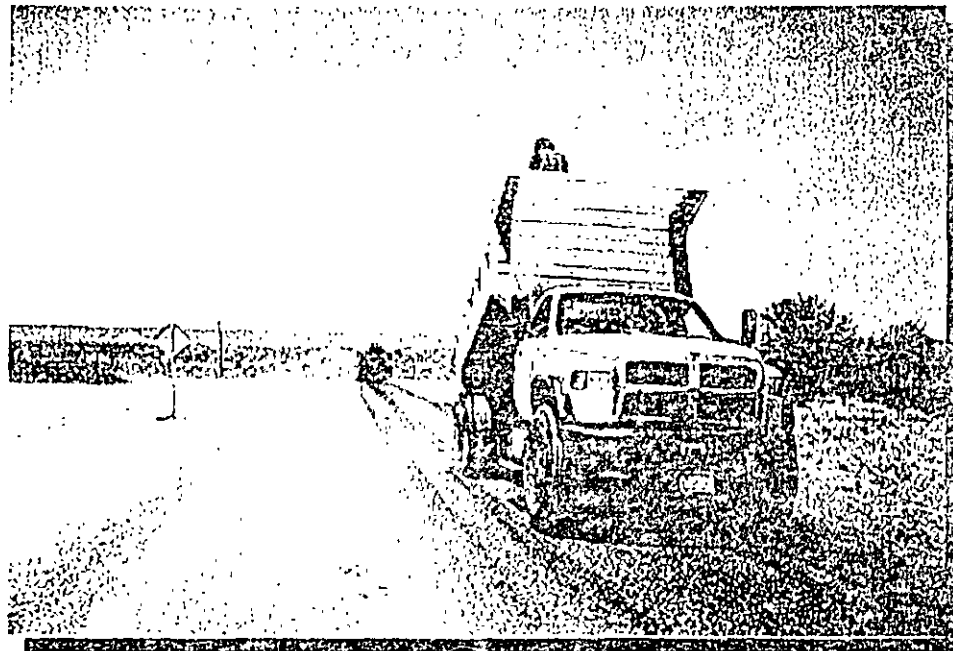
Al final del año 2000 habremos utilizado más de 160,000 m³ de mezcla asfáltica para renivelaciones, igual a lo producido por una planta asfáltica de producción continua⁽⁷⁾ durante 150 días sin parar. El volumen utilizado también equivale a construir una carpeta de 10 cm. de espesor en 7 m. de ancho, de México a Querétaro⁽⁸⁾.



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

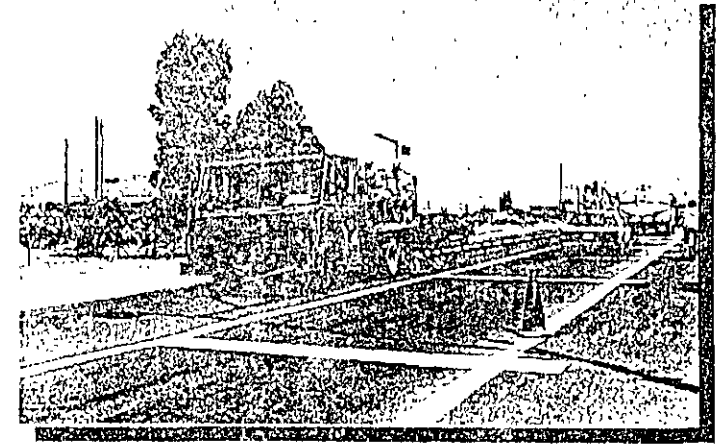
Para el año 2000, habremos sellado alrededor de 4.5 millones de m^2 lo que equivale a trabajar el área de la plaza del Zócalo de la Ciudad de México 216 veces ⁽⁹⁾. También representa sellar 70 veces la plaza de San Pedro en Roma, Italia ⁽¹⁰⁾.

122

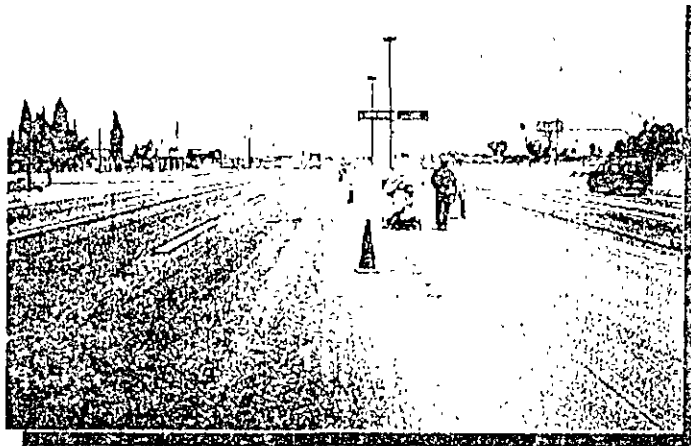


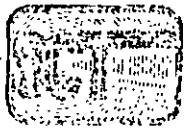


MARCAS EN PAVIMENTO.- Sirve para delimitar carriles, señalando zonas de rebase y de reducción de velocidad, proporcionando un mayor sentido de seguridad al usuario.



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

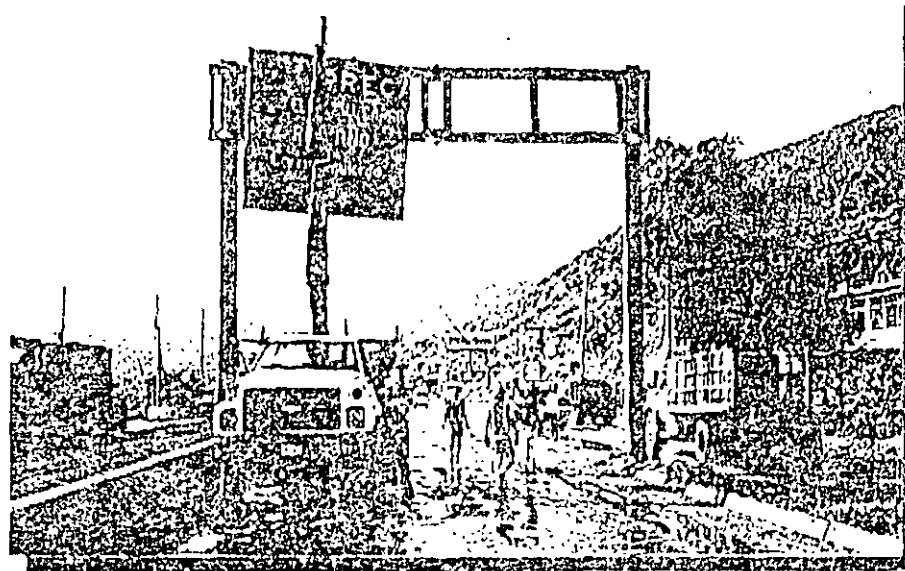




EN RESUMEN:

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

124



Todos los contratos concluyen el día último del presente año.

//



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

CURSOS ABIERTOS

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

**TEMA:
EVALUACIÓN DEL
COMPORTAMIENTO DE
PAVIMENTOS**

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

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

125

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE PAVIMENTOS

ÍNDICE

	PÁG.
INTRODUCCIÓN	1
1. TENDENCIA MUNDIAL	2
2. CUALIDADES DEL PAVIMENTO	3
3. CALIDAD DEL PAVIMENTO	3
4. ESTRUCTURACIÓN DE PAVIMENTOS	3
5. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO	4
6. PRINCIPAL DETERIORO DEL PAVIMENTO	4
7. PREVENCIÓN DE LA FATIGA EN PAVIMENTOS	5
8. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES PARA PAVIMENTO	6
9. RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA FINAL	6
10. REFERENCIAS	7
LÁMINAS	

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE PAVIMENTOS

INTRODUCCIÓN

Se entiende por evaluación geotécnica de pavimentos para autopistas, aeropistas o vialidades, la valoración de su comportamiento tanto superficial como estructural, con un enfoque eminentemente geotécnico: es decir, considerar a todas las capas del pavimento, incluyendo su cimentación, como si fueran suelos.

De hecho, todas las fórmulas de la mecánica de suelos se aplican también a los concretos hidráulicos y a los asfálticos. Puede considerarse a un concreto asfáltico como un suelo que en lugar de agua contiene cemento asfáltico, cuyo peso específico relativo es similar al del agua; por otro lado, el conocimiento de los concretos asfálticos es mucho más complicado que el de los suelos, debido al efecto que la temperatura tiene en su comportamiento: Un concreto asfáltico frío es más rígido que si estuviera caliente. Los concretos asfálticos blandos generan roderas superficiales, las cuales algunas veces son de importancia; por ejemplo, cuando las roderas son muy profundas puede deberse a deficiencias estructurales en las capas inferiores del pavimento.

El concreto hidráulico también puede considerarse como un suelo que se endurece con el tiempo y su comportamiento también se explica con las fórmulas de la mecánica de suelos o la de rocas, es decir, de la geotecnia.

De acuerdo con el Diccionario de la Lengua Española, La Geotecnia (o Geotécnica) es un término geológico que se define como: ***“Aplicación de principios de ingeniería a la ejecución de obras públicas en función de las características de los materiales de la corteza terrestre”***.

La evaluación superficial de los pavimentos está íntimamente relacionada con la valoración de las irregularidades superficiales que existen desde el término de la construcción de las obras, para lo cual se recomienda utilizar un indicador que se denomina IRI (por sus siglas en inglés) que llamaremos Índice de Irregularidad Superficial, el cual expresa la suma acumulada de las microvariaciones en espesor por unidad de longitud. Cuando el IRI es nulo, significa que estamos sobre una mesa de billar cuya superficie es prácticamente lisa; en cambio, cuando el IRI tiene valores de 1 a 2 mm/m o m/km, como ocurre en las aeropistas o autopistas, quiere decir que la suma de irregularidades positivas y negativas por metro o por kilómetro permite transitar a los usuarios con seguridad y comodidad.

Los pilotos de aviación se quejan cuando hay brincos (valores altos de IRI) que causan alteraciones en los instrumentos o en algunas partes críticas de las aeronaves. Sabemos que las irregularidades provocan fuerzas dinámicas adicionales por vibraciones que reducen notablemente la vida de los pavimentos. Lo mismo ocurre con los vehículos pesados en las carreteras o calles.

No debe confundirse el Índice de Irregularidad Superficial (IRI, por sus siglas en inglés) con el IFI (Índice de Fricción Internacional), que se refiere al coeficiente de rugosidad de la superficie del pavimento.

En la Lámina 1 (Orozco, 1999 a) se ilustra el efecto de la velocidad de operación de los vehículos en la vida útil del pavimento. Para una irregularidad superficial inicial dada (punto 1), si la velocidad de operación es baja (punto 2) resultará una vida útil determinada en el pavimento. Cuando la velocidad de operación aumenta (punto 3) habrá una reducción en la vida útil debido al efecto dinámico mencionado que reduce la capacidad estructural del pavimento. He ahí la importancia de la evaluación superficial de carácter geotécnico. Más adelante se ilustrará con transparencias el procedimiento para obtener el IRI y la profundidad de roderas, a partir de los perfiles o secciones continuas transversales del pavimento "deformadas", como si fuera una tomografía similar a la utilizada en las ciencias médicas.

Ahora bien, la evaluación estructural de los pavimentos implica la valoración de la capacidad de carga de las capas y su efecto a través del tiempo. En la Lámina 2 (Orozco, 1999a) se ilustra el efecto de la velocidad de operación de los vehículos en la vida útil del pavimento. Para una capacidad estructural inicial dada (punto 1), si la velocidad de operación es baja (punto 2) resultará una vida útil determinada en el pavimento. Pero, cuando la velocidad de operación aumenta (punto 3) también aumentará la vida útil como ocurre en los carriles de alta velocidad, es decir, el tiempo de aplicación de las cargas es menor y, por ende, la duración del pavimento será mayor. Esto se ilustrará con transparencias más adelante

A continuación se presentan algunas reflexiones sobre el enfoque geotécnico que se considera debe regular todo lo concerniente al proyecto, la construcción y la conservación de pavimentos, tanto rígidos como flexibles (Orozco, 1998c, 1999 a, b y c)

1. TENDENCIA MUNDIAL

El proyecto, la construcción y la conservación de los pavimentos implica tomar en cuenta los avances tecnológicos presentados en recientes congresos sobre esta materia (University of Texas y University of Washington, 1997), cuya tendencia se resume a continuación:

a) Modelación teórica más realista e innovadora del comportamiento de los pavimentos, que incorpore la caracterización de los materiales obtenida de pruebas no destructivas, como las resultantes del deformómetro de impacto (Orozco y Torres, 1994) y el perfilómetro láser (Torres, 1998). La aplicación de las redes neuronales artificiales debe tomarse en cuenta

b) Disponibilidad de datos altamente confiables, de campo y laboratorio, obtenidos de organismos oficiales e instituciones de investigación asociadas con empresas de consultoría y construcción

c) Incorporación más efectiva de los conceptos básicos de la mecánica de suelos en el proyecto y la evaluación de pavimentos, incluyendo su cimentación

d) Aplicación necesaria de parámetros geotécnicos más significativos, para suprimir el uso generalizado de conceptos empíricos como el CBR (California Bearing Ratio)

2. CUALIDADES DEL PAVIMENTO

Las principales cualidades que conviene asignar al pavimento son la seguridad, la rigidez, la durabilidad, la economía, la rugosidad, la flexibilidad y la comodidad, todas ellas sobre un apoyo firme y homogéneo desplantado sobre un terreno de cimentación apropiado, como se ilustra en la Lámina 3.

Si se concibe al pavimento como una obra geotécnica, sobresalen dos cualidades fundamentales: la *rigidez* y la *flexibilidad*, que deben balancearse estratégicamente para lograr la comodidad y la seguridad que exige el usuario, para lo cual se requiere la rugosidad de la superficie de rodamiento y la durabilidad implícita, dentro de la economía siempre presente durante la vida de la obra.

3. CALIDAD DEL PAVIMENTO

Todas las cualidades del pavimento descritas anteriormente deben cumplir con los niveles de calidad característicos (Orozco, 1998a), tanto en geometría y acabados como en materiales y procedimientos constructivos, con el fin de deslindar las acciones de los responsables de la obra, como se ilustra en la Lámina 4 (Orozco, 1996 y 1998b).

La construcción de las obras civiles de ingeniería, como los pavimentos, requiere una revisión minuciosa de los planos y las especificaciones de Proyecto, una eficiente Supervisión y un auténtico Control de Calidad, con el fin de lograr que tales obras cumplan con su propósito.

Normalmente todas las actividades de una obra: Planificación, Proyecto, Construcción, Supervisión, Control de Calidad, Conservación y Operación se desarrollan con cierta independencia, lo cual da motivo a deficiencias y a conflictos innecesarios entre los responsables de esas actividades. Esto se evita con un sistema integrado de acciones de retroalimentación constante y de actitud siempre positiva.

El Nivel de Calidad lo define el responsable de la planificación de la obra, para que el proyectista lo establezca y el constructor lo asegure, el supervisor lo verifique, el controlador de calidad lo certifique y los responsables de la conservación y la operación vigilen y mantengan respectivamente ese Nivel de Calidad estipulado, tanto en geometría y acabados como en materiales y procedimientos constructivos.

El Control de Calidad debe llevarse en cada una de las Etapas de Previsión, Acción e Historia y en todas las actividades de la obra. Además, se requiere que sea ágil y oportuno el auténtico Control de Calidad, con énfasis en la **Etapas de acción** durante la construcción.

4. ESTRUCTURACIÓN DE PAVIMENTOS

Las capas que constituyen el pavimento son fundamentalmente la de *rodamiento* (de concreto asfáltico o hidráulico), la *base*, la *sub-base* y la *subrasante*, como se ilustra en la Lámina 5, junto con los materiales idóneos para asegurar la capacidad estructural de las capas del pavimento.

Conviene recordar que en la sección invertida (Lámina 6) se tiene implícito el enfoque geotécnico, ya que la sub-base rigidizada viene a ser la zapata de cimentación de la obra sobre la cual se coloca la capa de grava totalmente triturada (amortiguadora, friccionante, drenante, rompedora de capilaridad y antifisuras: evita la propagación de grietas y su reflexión hacia la capa de rodamiento). Los trabajos preliminares sobre el mecanismo teórico (Romo y Orozco, 1978) y sus aplicaciones con el método del elemento finito, han tenido buena correlación con los resultados prácticos (Orozco y Romo, 1990, Romo y Torres, 1993, Orozco y Torres, 1994)

5. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO

Estos factores corresponden fundamentalmente a las condiciones *ambientales* (sol, lluvia, viento, etc.), de *tránsito* (intensidad y frecuencia de cargas) y de *capacidad estructural* de las capas (repetición de esfuerzos y deformaciones, desplazamientos verticales, etc.), como se ilustra en la Lámina 7.

Todos estos factores deben considerarse en las diversas épocas del año ya que, en algunos materiales, las propiedades interrelacionadas de resistencia-deformabilidad-permeabilidad-tiempo son susceptibles a los cambios de temperatura, humedad, etc. Por ejemplo, el módulo de resiliencia en suelos con finos disminuye para una misma compacidad (volumen de sólidos/volumen total) al aumentar el contenido de agua, según se ilustra en las isocaracterísticas del diagrama CAS (Orozco, 1986) de la Lámina 8

6. PRINCIPAL DETERIORO DEL PAVIMENTO

En forma general puede establecerse que el principal deterioro del pavimento se divide en *primario* (deformaciones-ondulamientos-agrietamientos) y *secundario* (deficiencias superficiales), según se indica en la Lámina 9

Para el deterioro *primario* deberán tomarse en cuenta aspectos como:

- a) La inestabilidad de taludes en terraplén
- b) La propagación gradual ascendente de grietas o fisuras (a veces descendente)
- c) El envejecimiento prematuro del asfalto
- d) El enfriamiento brusco e intenso o calentamiento del concreto (asfáltico o hidráulico)
- e) La inestabilidad volumétrica de los suelos finos arcillosos (expansión/contracción)
- f) La consolidación irregular de las capas del pavimento que, en el caso de las capas rígidas, podría conducir al efecto del "bombeo"
- g) La incapacidad estructural de las capas del pavimento, que puede inducir a la formación de roderas
- h) Los movimientos diferenciales exagerados
- i) El corrimiento de la carpeta asfáltica

En la Lámina 10 se indican con más detalle las causas de algunos deterioros al tomar en cuenta los efectos del clima, los materiales y el tránsito. Por ejemplo:

a) La inestabilidad volumétrica (Orozco, 1978) de los suelos finos arcillosos es generada por las variaciones cíclicas de humedad (fuertes lluvias e intensa evaporación), motivadas por los grandes cambios estacionales de temperatura de la región.

b) La consolidación irregular está íntimamente ligada a la heterogeneidad relativa al espesor, la compacidad y/o a la humedad iniciales de las capas: cuando se infiltra el agua por las fisuras y/o se tiene un subdrenaje ineficiente, se produce el reblandecimiento de los materiales subyacentes, con o sin pérdida de finos, lo cual da lugar al "bombeo" y la consiguiente ruptura progresiva de las capas rigidizadas superiores

c) La incapacidad estructural del pavimento está relacionada con la insuficiencia en los espesores y en las rigideces relativas de las capas, lo cual da lugar al fenómeno de fatiga por la repetición de las cargas del tránsito, sobre todo cuando son de gran intensidad y/o frecuencia

d) Los movimientos diferenciales exagerados son motivados por los cambios de rigideces en estructuras u obras inducidas

e) El corrimiento de las carpetas asfálticas normalmente se debe al exceso de asfalto o a la falta de liga entre capas.

Lo más importante para el deterioro *secundario* (Lámina 9) es considerar el alisado y el desgranamiento de la superficie de rodamiento, así como el efecto de acuaplaneo durante las lluvias. En la Lámina 11 se clasifican las deficiencias superficiales con más detalle, como se indica a continuación:

a) El alisado se debe fundamentalmente al desgaste excesivo de los agregados o al alto grado de saturación del cemento asfáltico (Orozco, 1986)

b) El desgranamiento se puede deber a la escasa adherencia entre los agregados y el aglutinante o al bajo grado de saturación del cemento asfáltico (Orozco, 1986)

Conviene hacer notar que el mejor diseño de una mezcla asfáltica corresponde al que tiene un grado de saturación (S_r) comprendido entre 75 y 85 %, para un módulo Marshall de 400 a 600 kg/cm² en carreteras y de 700 a 1000 kg/cm² (Orozco y Torres, 1986)

7. PREVENCIÓN DE LA FATIGA EN PAVIMENTOS

La capacidad de carga (o estructural) en cada una de las capas del pavimento es función del número de repeticiones de carga en las mismas. Estas capas sufren un deterioro serio al no tomar en cuenta los niveles inadmisibles que requieren reconstrucción costosa cuando ocurre el "deterioro crítico por fatiga", según se ilustra en la Lámina 12 (Orozco, 1995). Es preferible proceder oportunamente a la etapa de rehabilitación para reforzar (mejorar) la capacidad estructural de las capas del pavimento, dentro del nivel admisible recomendado, a partir de las pruebas de campo y de laboratorio programadas ex profeso.

Es muy importante insistir en que debe conocerse bien el efecto de la repetición de las cargas en la disminución de la capacidad de carga de las capas, con el fin de tomar decisiones oportunas para la rehabilitación o la reconstrucción del pavimento, al mínimo costo.

8. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES PARA PAVIMENTO

Para prevenir la fatiga en las capas del pavimento, es muy importante conocer el comportamiento de los módulos elásticos absolutos y relativos de los materiales constitutivos, cuya caracterización se presenta en la Lámina 13

A partir de mediciones con deformómetros de impacto (HWD-Dynatest y FWD-Kuab) se ha logrado obtener módulos elásticos en diferentes casos de la República Mexicana (cerca de 6 mil km). Los perfiles teóricos de desplazamiento vertical típicos se ilustran en la Lámina 14 y los obtenidos con deformómetro de impacto en la Lámina 15, en que se muestra la importancia de los puntos de inflexión en la rigidez de las capas, a mayor rigidez mayor alejamiento de estos puntos con respecto al centro de carga

9. RECOMENDACIÓN GEOTÉCNICA FINAL

Por la importancia de la geotecnia en el proyecto, la construcción y la conservación de los pavimentos, conviene que en los estudios geotécnicos correspondientes se incluya la siguiente información o actividad.

8.1 Terracerías

- a) Perfil geológico y/o de suelos
- b) Clasificación geológica y/o de suelos
- c) Identificación de suelos problemáticos (Blandos, expansivos, colapsables, corrosivos, orgánicos etc)
- d) Dificultad de extracción de materiales, incluyendo velocidades de propagación de ondas sísmicas
- e) Coeficientes de variación volumétrica (corte a terraplén, banco a terraplén)
- f) Taludes recomendables en cortes y/o terraplenes
- g) Alternativas de subdrenaje
- h) Características de bancos de materiales

8.2 Pavimentos

- a) Definición de la intensidad y la frecuencia de cargas actuales y futuras, que incluyan presiones y áreas de contacto, configuración y distribución de ejes, etc.
- b) Proposición de estructuraciones para proyecto nuevo, de rehabilitación o reconstrucción
- c) Estimación de módulos elásticos y relaciones de Poisson en cada capa
- d) Análisis de esfuerzos y deformaciones en las capas
- e) Estimación de la vida útil a partir de los criterios de fatiga disponibles
- f) Comparación económica entre alternativas
- g) Evaluación permanente estructural (Orozco y Torres, 1994) y superficial (Torres, 1998)

10. REFERENCIAS

Orozco S., R V., 1978. *Compactación y Control de Calidad*. IX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos. Mérida. Yuc

Orozco S. R V., 1986. *Construcción y Control de Calidad de Pavimentos*. XIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos. Mazatlán. Sin

Orozco S., R V y Torres V., V. 1986. *Criterio de aceptación para mezclas asfálticas*. XV Congreso Panamericano de Carreteras México D.F.

Orozco S., R.V. y Romo Organista. M P. 1990. *Rigidización de sub-bases Un nuevo enfoque en el diseño de pavimentos flexibles*. XV Reunión Nacional de Mecánica de Suelos. San Luis Potosí S.L.P.

Orozco S. R V y Torres V. R., 1994. *Evaluación de la Capacidad Estructural de Pavimentos a partir de Mediciones de Desplazamientos Verticales con el Deformómetro de Impacto (KUAB)*. XI Reunión Nacional de Vías Terrestres Morelia Mich

Orozco S., R.V., 1995. *Prevención de la fatiga en pavimentos flexibles*. XXII Seminario de Ingeniería de Tránsito. Asociación Mexicana de Caminos Querétaro Qro.

Orozco S., R V., 1996. *El Concepto "Calidad en las Vías Terrestres"*. XII Reunión Nacional de Vías Terrestres. San Luis Potosí, S.L P

Orozco S., R.V., 1998a. *Certificación de Niveles de Calidad Característicos*. XIII Reunión Nacional de Vías Terrestres Oaxtepec. Mor.

Orozco S., R.V., 1998b, *Supervisión y Control de Calidad de Materiales y Obras*. Diplomado en "Proyecto, Construcción y Conservación de Carreteras", División de Educación Continua-Facultad de Ingeniería-UNAM, México, D.F.

Orozco S., R.V., 1998c. *Enfoque geotécnico de los pavimentos*. XIX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Puebla, Pue

Orozco S., R.V., 1999a, *Evaluación Geotécnica de Pavimentos*. II Seminario sobre Construcción y Conservación de Pavimentos en la Ciudad de México Planta de Asfalto del Gobierno del Distrito Federal – Secretaría de Obras y Servicios. Asociación Mexicana del Asfalto, A.C. CICM, México, D.F

Orozco S., R.V., 1999b, *Evaluación Geotécnica de Pavimentos*. Primer Congreso Nacional del Asfalto. AMAAC CICM México, D.F

Orozco S., R.V., 1999c. *Evaluación Geotécnica de Pavimentos*. VIII Reunión Nacional de Laboratoristas Jefes de Grupo (ANDEL). IV Conferencia Ing Javier Saborio Ulloa. Colima, Col.

Real Academia Española. 1992. *Diccionario*. Editorial ESPASA CALPESA. Edición XXI. Madrid, España.

Romo O. M.P y Orozco S., R.V., 1978. *Aplicaciones del método del elemento finito al análisis de pavimentos*. IV Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, A.C., Mérida, Yuc

Romo O., M.P y Torres V R., 1993. *Procedimiento simplificado para el diseño geométrico de pavimentos flexibles*. Patrocinado por RVO y Cía para el Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F

Torres V., R. 1998. *Evaluación superficial de pavimentos con perfilómetro LASER*, XIII Reunión Nacional de Vías Terrestres. Oaxtepec, Mor

University of Texas. 1997. *Texas Regional Concrete Conference*. Austin, Texas

University of Washington. 1997. International Society for Asphalt Pavements (ISAP). 8th *Internacional Conference on Asphalt Pavements*. Seattle, Washington, USA.

**EFFECTO DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN
EN LA VIDA DE UN PAVIMENTO
(Evaluación Superficial)**

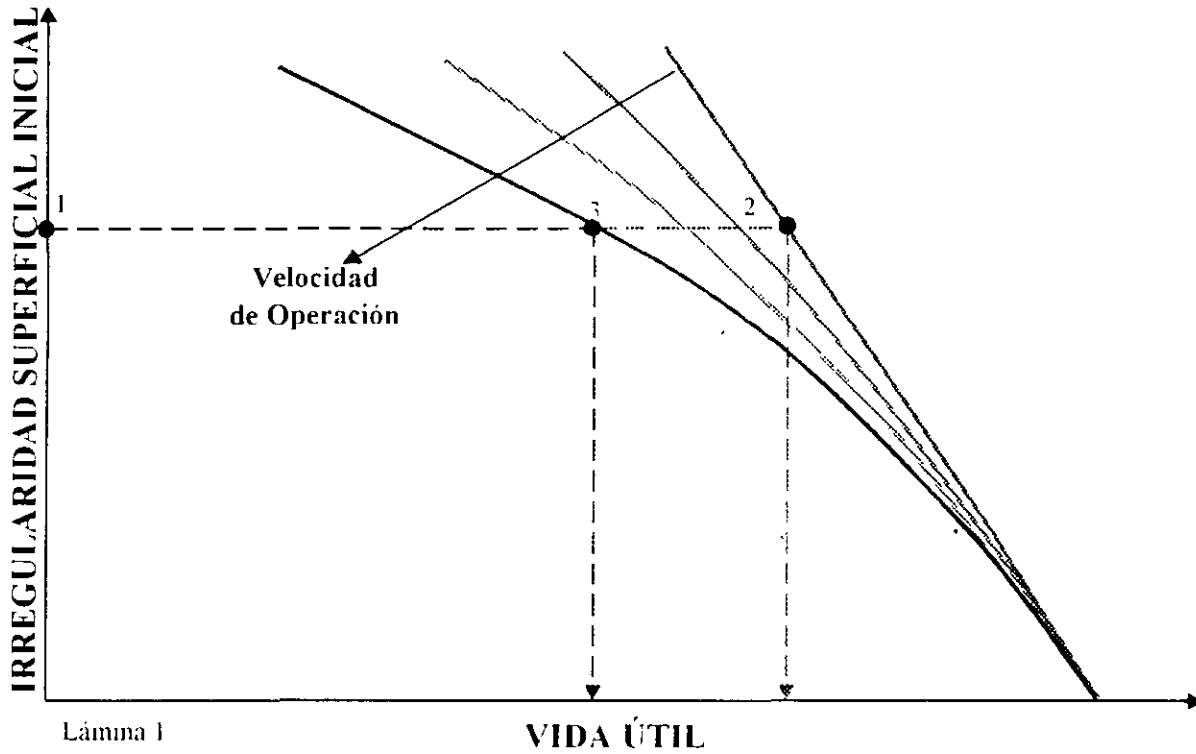
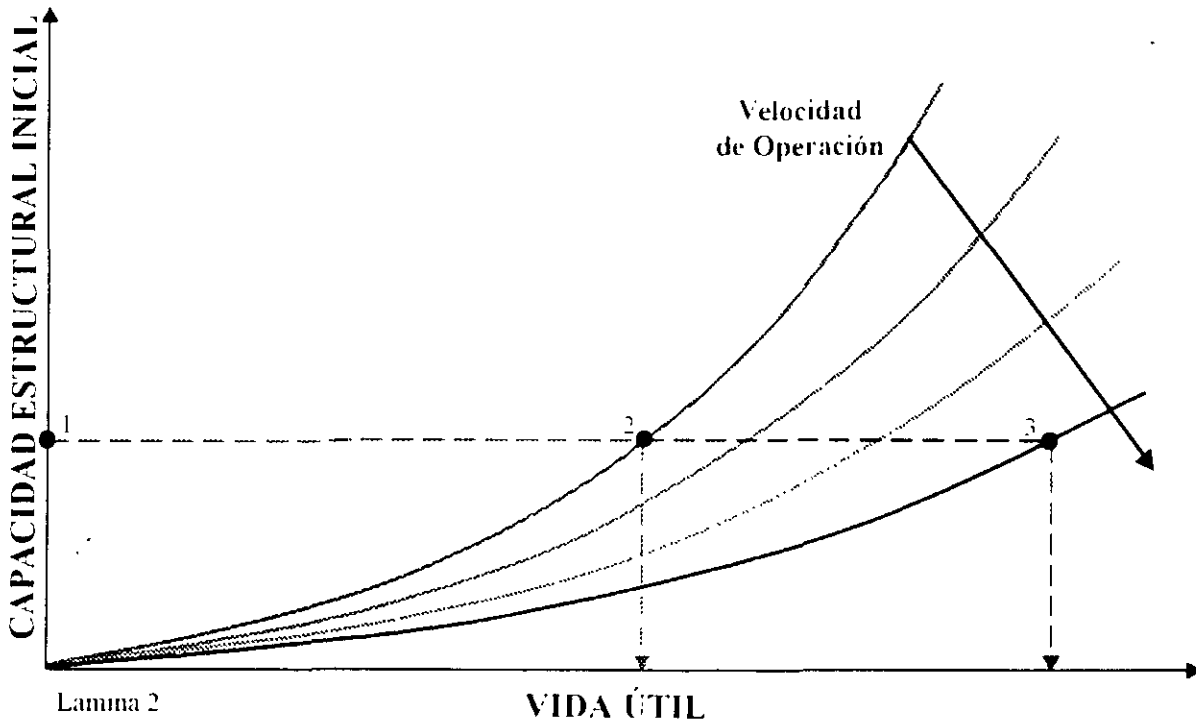


Lámina 1

**EFFECTO DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN
EN LA VIDA DE UN PAVIMENTO
(Evaluación Estructural)**



Lamina 2

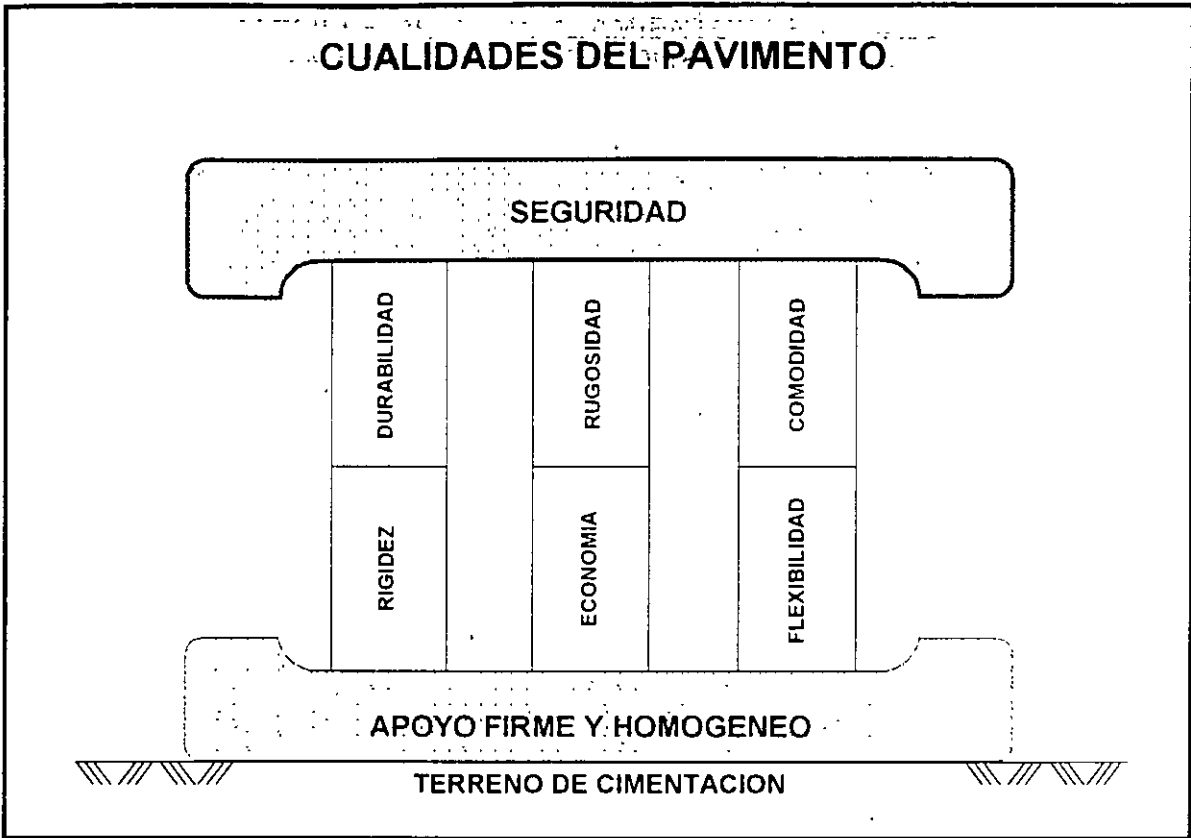


Lámina 3

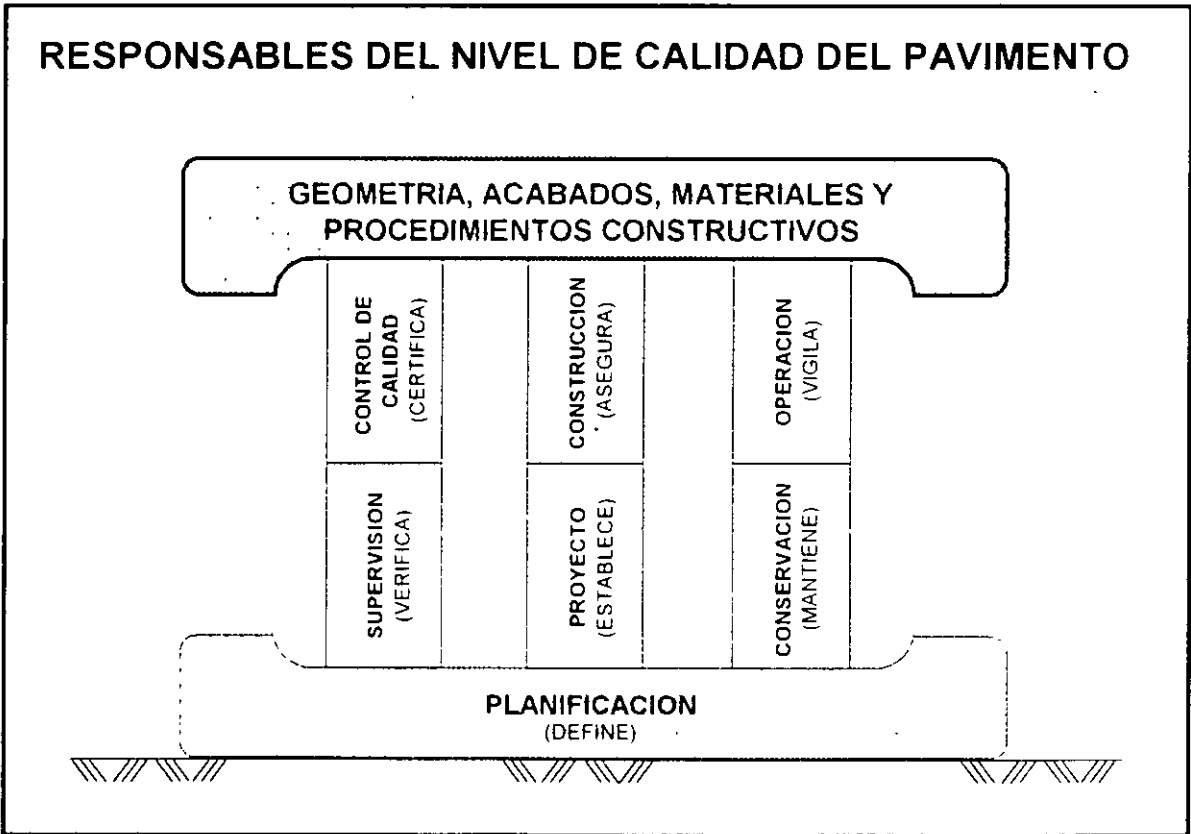


Lámina 4

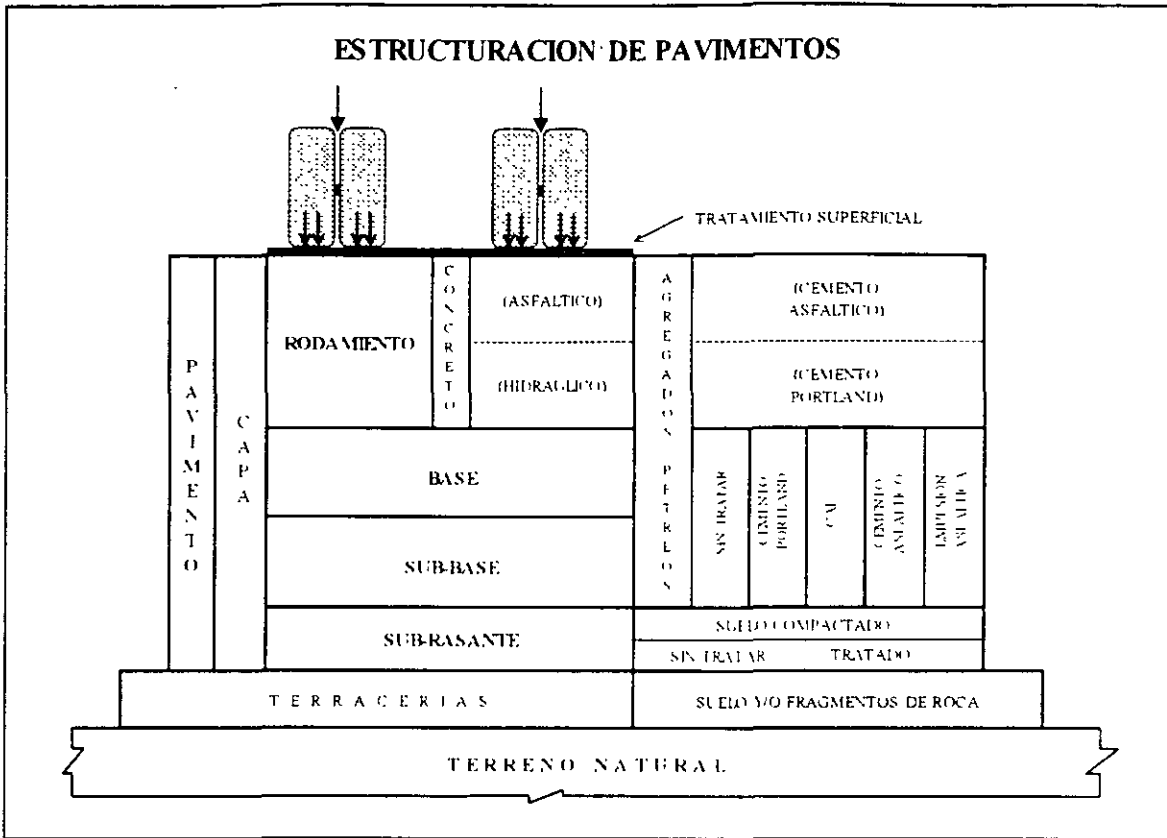


Lámina 5

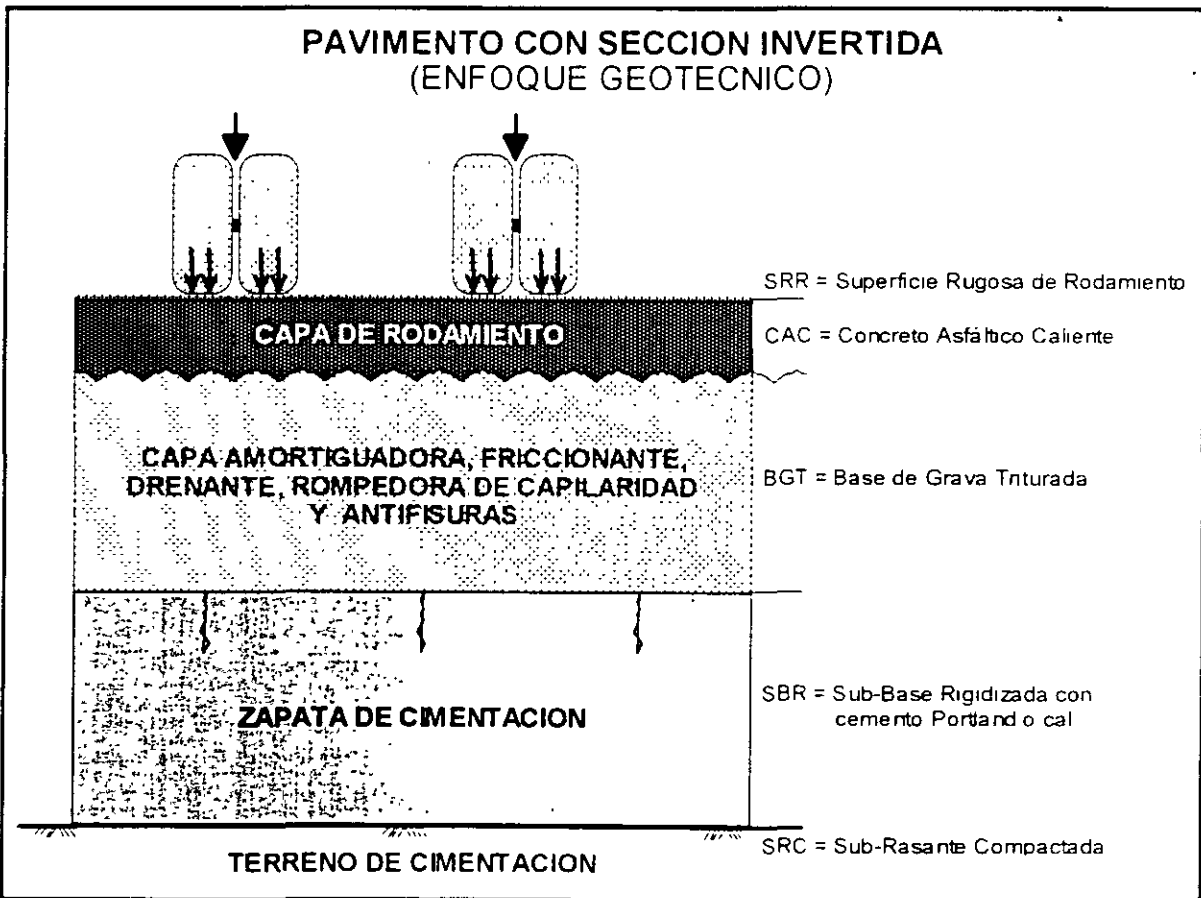


Lámina 6

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO

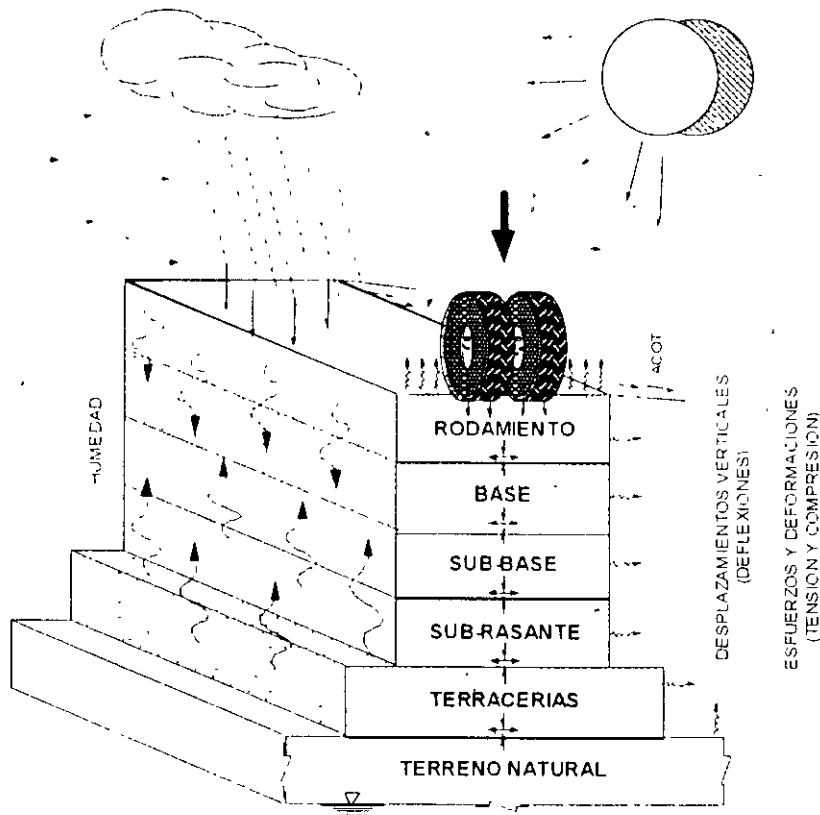


Lámina 7

DIAGRAMA "CAS" - MODULO DE RESILIENCIA

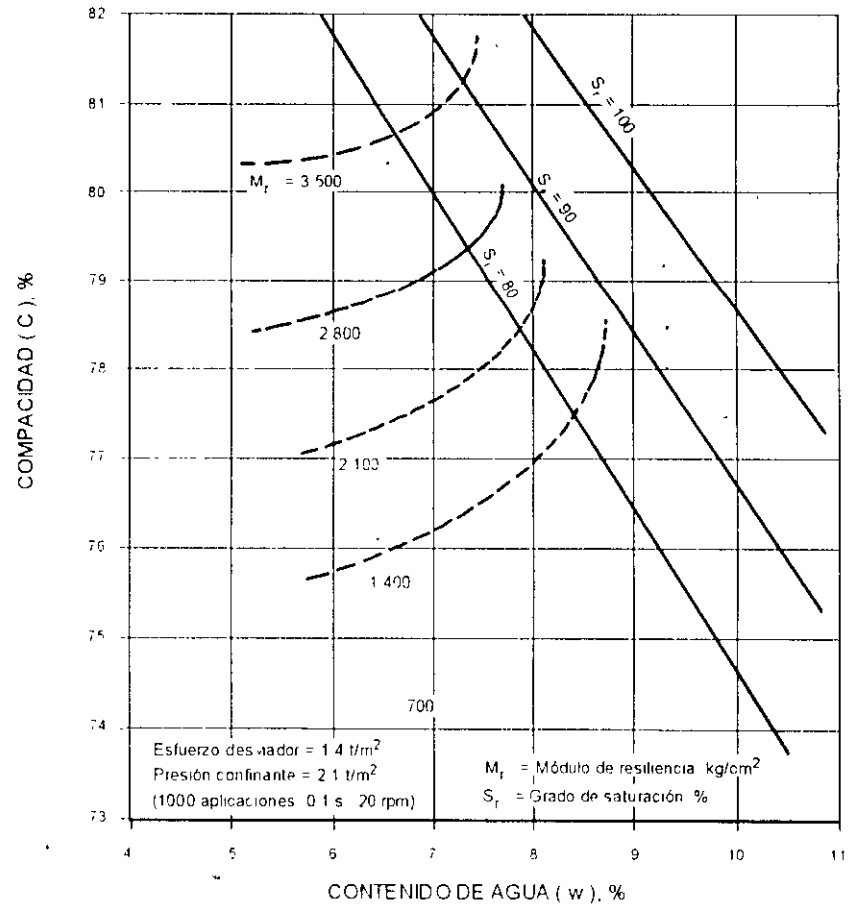


Lámina 8

PRINCIPAL DETERIORO DEL PAVIMENTO

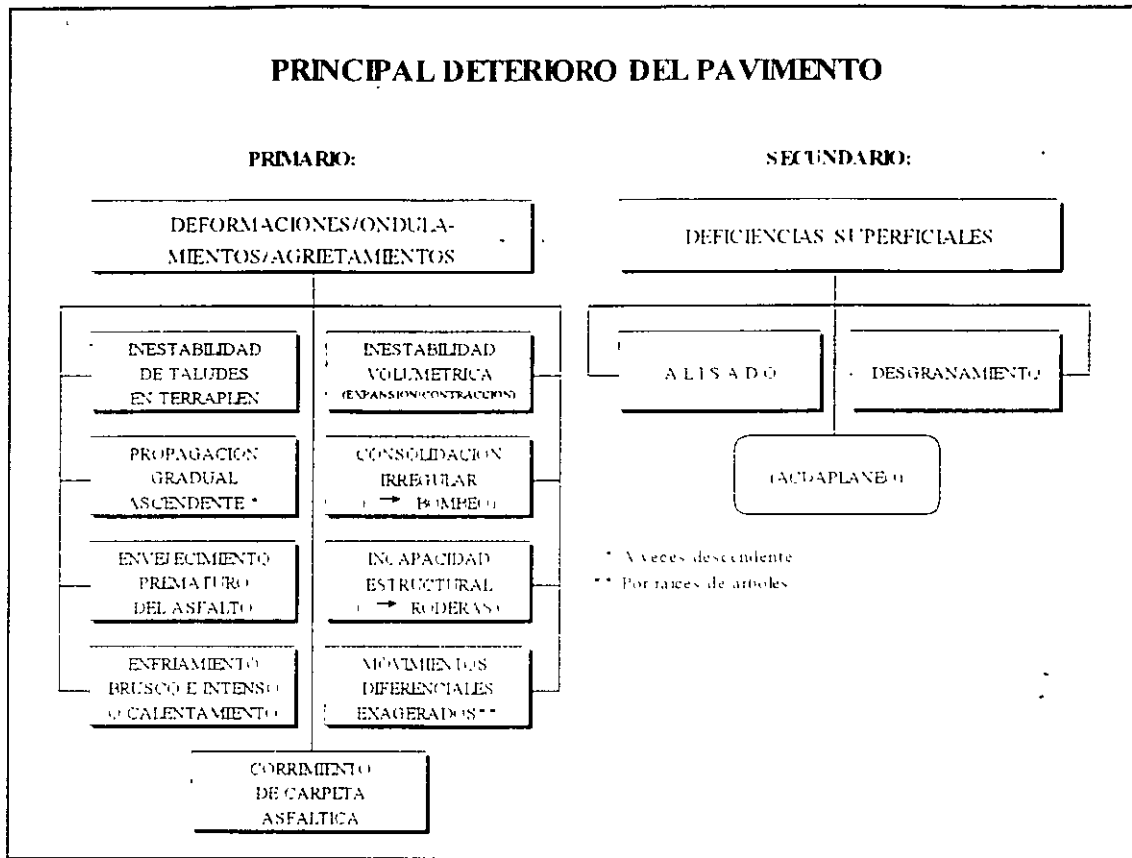


Lámina 9

DETERIORO PRIMARIO DEL PAVIMENTO

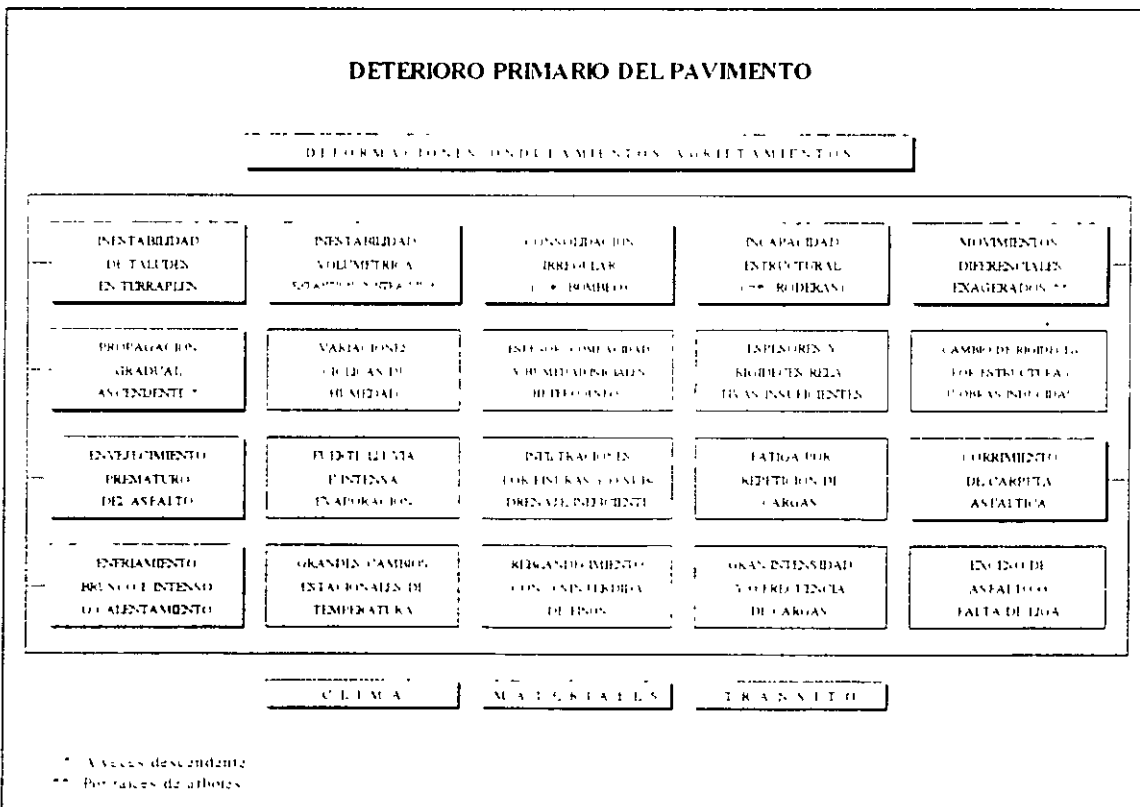


Lámina 10

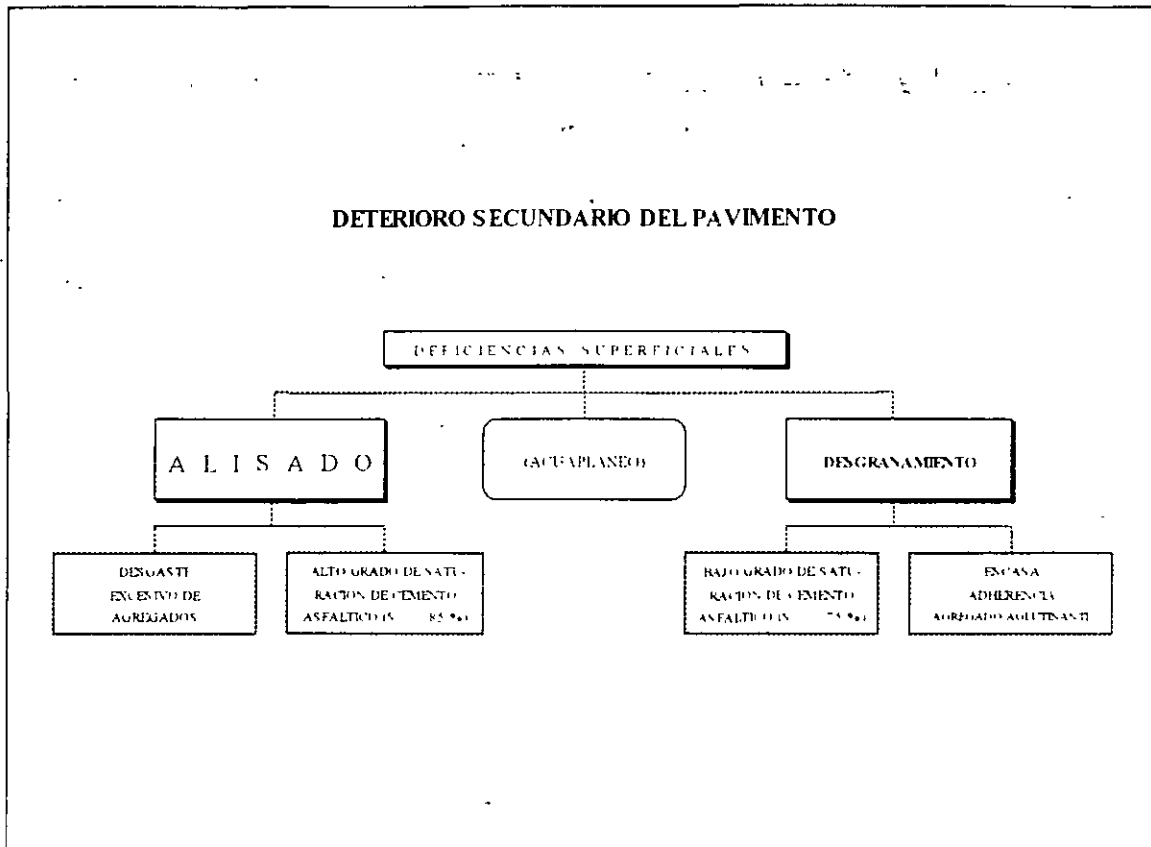


Lámina 11

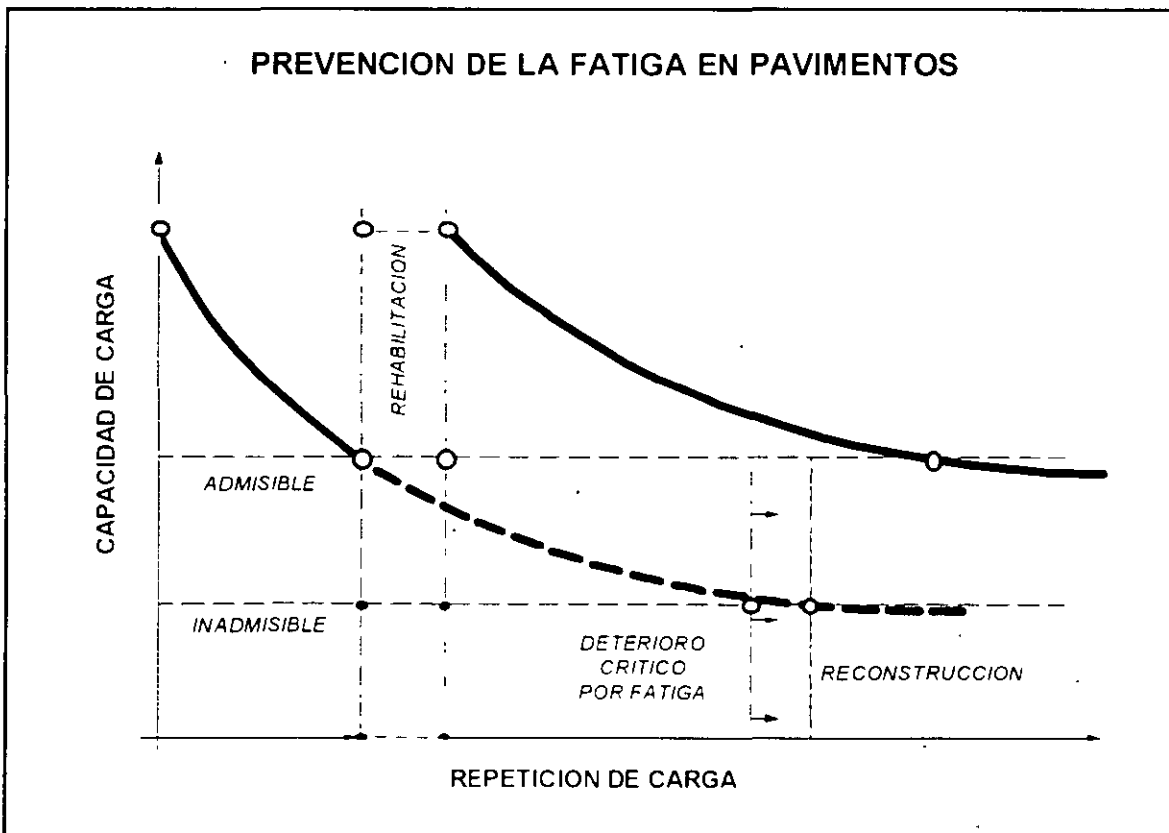


Lámina 12

CARACTERIZACION DE MATERIALES PARA PAVIMENTO

MATERIAL		MODULO ELASTICO (E), kg/cm ²		RELACION DE POISSON (μ)
		RECOMENDADO	OBTENIDO *	
CONCRETO	ASFALTICO	30.000 a 40.000	5.000 a 60.000	0.35
	HIDRAULICO	250.000 a 400.000	150.000 a 450.000	0.15 a 0.20
	COMPACTADO	70.000 a 120.000	40.000 a 100.000	0.25 a 0.35
SUELOS GRUESOS	BASES	3.000 a 5.000	1.500 a 4.000	0.40
	SUB-BASES	2.000 a 4.000	700 a 2.000	
SUELOS FINOS	SUB-RASANTE Y CAPAS INFERIORES	300 a 1.500	70 a 1.000	0.45

* A partir de mediciones con el "deformometro de impacto" (FWD)

Lámina 13

PERFILES DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL TÍPICOS

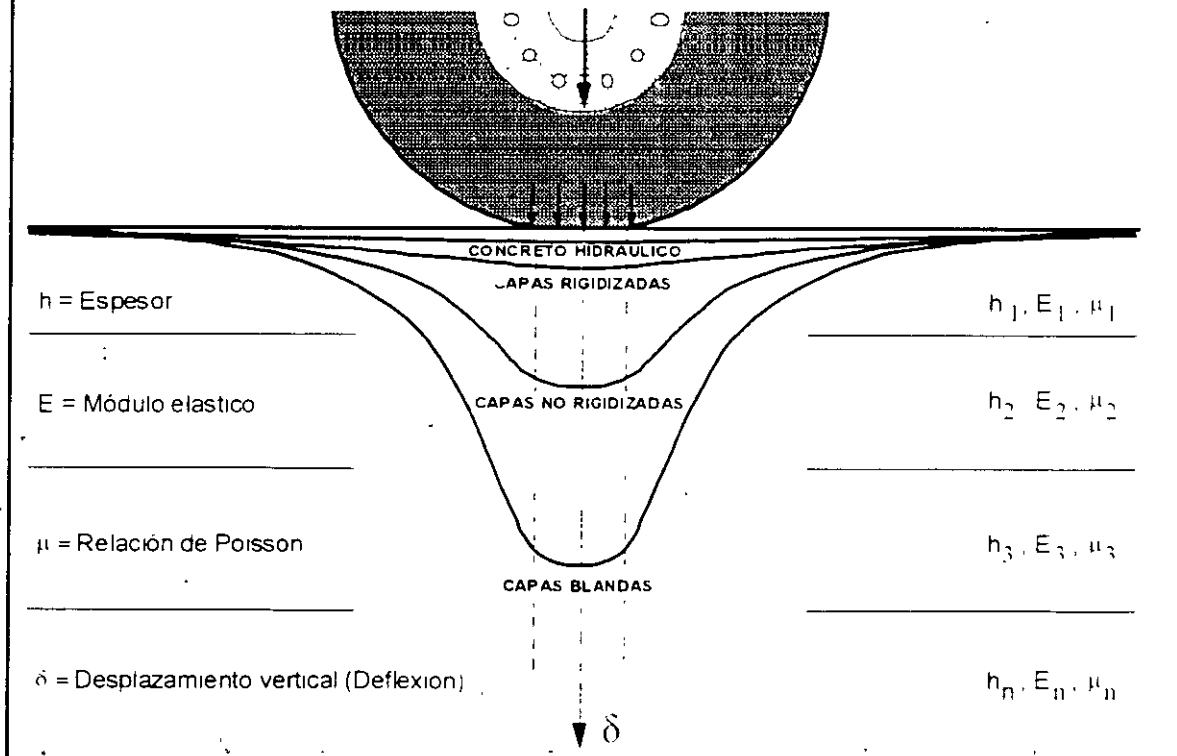


Lámina 14

PERFILES DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES OBTENIDOS CON DEFORMOMETRO DE IMPACTO

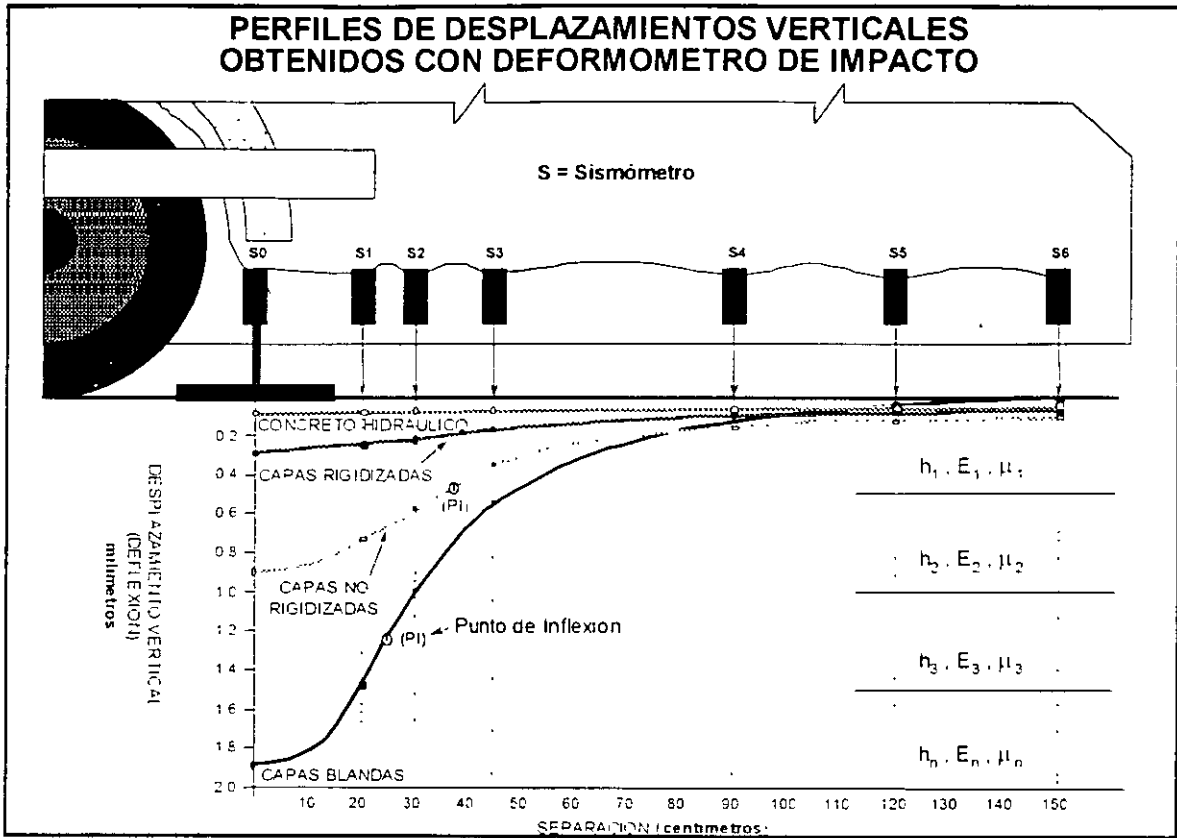


Lámina 15

RVOS
Jul '01



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

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN
DE CARRETERAS

**TEMA:
MANIFESTACIONES DE
DETERIORO EN PUENTES Y
OTRAS ESTRUCTURAS**

**EXPOSITOR:
ING. JUAN TÉLLEZ MUÑOZ**

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

143

**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 Pacífico en sus zonas cercanas al mar, y Autopista Tijuana-Ensenada. En este ambiente marino el acero de refuerzo es más susceptible de sufrir ataques de corrosión que en un ambiente que no lo es. Así también el concreto sometido permanentemente a estos ambientes marinos, sufre ataques por cloruros que lo afectan tanto como al acero de refuerzo, ocasionando que por efecto de la corrosión del acero se fisure, degradándose paulatinamente.

En particular las estructuras de puentes y pasos a desnivel localizados en zonas próximas a complejos petroquímicos como el caso de Coatzacoalcos y Minatitlán en la Costera del Golfo, tienen un motivo adicional para sufrir deterioro, pues es un ambiente por naturaleza corrosivo, sobre todo agresivo para las estructuras de acero estructural, como el caso particular del tramo

levadizo del Puente Coatzacoalcos y los tirantes del Puente Ing. Antonio Dovalí Jaime.

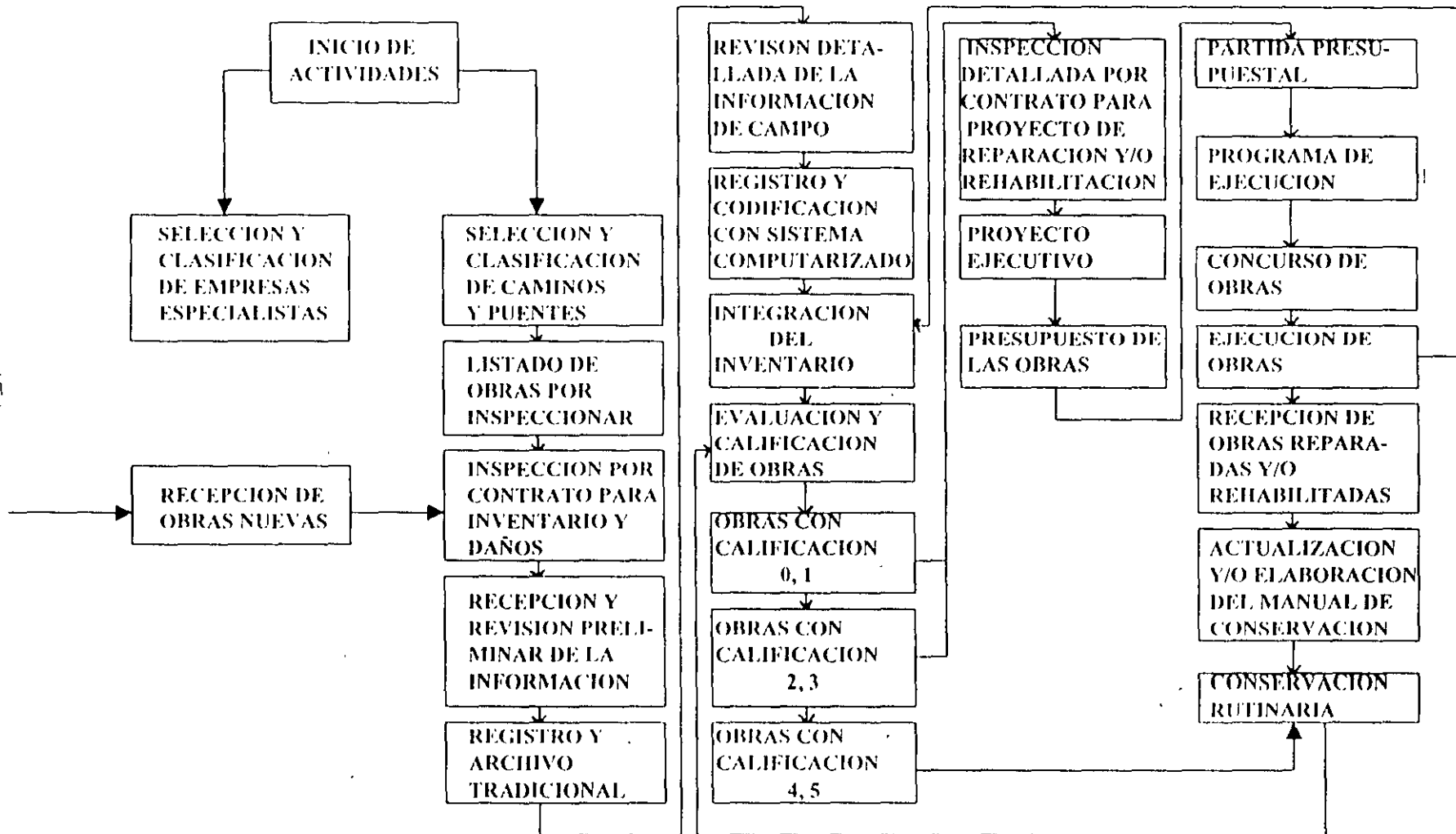
- DEFICIENTES O NULAS ACCIONES DE INSPECCION DE PUENTES O PASOS A DESNIVEL. La manera de detectar los deterioros o anomalías que presenta la estructura, obras exteriores y obras complementarias de un puente o paso a desnivel, es inspeccionándolo periódicamente. Cuando estas inspecciones son deficientes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



151.

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 cinco designaciones 0, 1, 2, 3, 4, o 5, dependiendo de la gravedad de su daño.

CALIFICACION 0	Condición de falla
CALIFICACION 1	Condición mala o defectuosa
CALIFICACION 2	Condición regular
CALIFICACION 3	Condición aceptable
CALIFICACION 4	Condición buena
CALIFICACION 5	Condición excelente

**SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PUENTES (SIAP)
FORMATO DE INVENTARIO DE PUENTES (F-001)**

FECHA _____
DD/MM/AA

1. DATOS GENERALES

SUPERINTENDENTE DE PUENTES (001) _____		
NOMBRE DEL PUENTE (002) _____		
NUMERO DE PUENTE (003) _____ - _____ - _____ - _____		
ESTADO (004) _____	MUNICIPIO (005) _____	LOCALIDAD (006) _____

2. DATOS CAPUFE

TIPO DE RED (007)		
PROPIA <input type="checkbox"/>	CONTRATADA <input type="checkbox"/>	FARAC <input type="checkbox"/>
NOMBRE DE LA AUTOPISTA O CARRETERA (008) _____		
DELEGACION O GERENCIA DE TRAMO (009) _____		

3. DATOS GENERALES DEL PUENTE

TIPO DE ESTRUCTURA (010)	
PUENTE <input type="checkbox"/>	PASO INFERIOR VEHICULAR (P.I.V.) <input type="checkbox"/>
PASO PEATONAL <input type="checkbox"/>	PASO SUPERIOR VEHICULAR (P.S.V.) <input type="checkbox"/>
T.D.P.A (011) _____	AÑO DE MEDICION (012) _____
TIPO DE ADMINISTRACION (013) _____	
1 - Cuota	
2 - Libre	
AÑO DE CONSTRUCCION (014) _____	
NOMBRE DEL CONSTRUCTOR (015) _____	
SIGNIFICADO HISTORICO (016)	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>



4. DATOS DE LA CARRETERA

4.1 PUENTE

RUTA SOBRE EL PUENTE

ORIGEN (017) _____ DESTINO (018) _____

ORIGEN TRAMO (019) _____ DESTINO TRAMO (020) _____

KILOMETRAJE AL CENTRO DEL PUENTE (021) _____

NUM DE CARRETERA (022) _____

ORIGEN DEL CADENAMIENTO (023) _____

COORDENADAS GEOGRAFICAS (024)

LATITUD ____° ____' ____"

LONGITUD ____° ____' ____"

RUTA BAJO EL PUENTE

1.- TIPO DE RUTA (025) _____

NIVEL DE SERVICIO (026) _____

2 - TIPO DE RUTA _____

NIVEL DE SERVICIO _____

3 - TIPO DE RUTA _____

NIVEL DE SERVICIO _____

1 Carretera Federal

2 Autopista

3 Carretera Estatal

4 Camino Rural

5 Calle Urbana

6 Ferrocarril

7 Via Pluvial o rio

8 Barranca

9 Otro (Especificar) _____

1. Troncal

2. Alimentador

3. Rural

4. Otro (Especificar) _____



4.2 PASO INFERIOR VEHICULAR (P.I.V.) / PASO SUPERIOR VEHICULAR (P.S.V.)

P.I.V. (027) P.S.V. (028)

ORIGEN (029) _____ DESTINO (030) _____

ORIGEN TRAMO (031) _____ DESTINO TRAMO (032) _____

KILOMETRAJE DE INTERSECCION (033) _____

ORIGEN DEL CADENAMIENTO (034) _____

COORDENADAS GEOGRAFICAS (035)

LATITUD ____° ____' ____" LONGITUD ____° ____' ____"

RUTA DE INTERSECCION

ORIGEN (036) _____ DESTINO (037) _____

ORIGEN TRAMO (038) _____ DESTINO TRAMO (039) _____

KILOMETRAJE DE INTERSECCION (040) _____

ORIGEN DEL CADENAMIENTO (041) _____

1.- TIPO DE RUTA (042) _____ NIVEL DE SERVICIO (043) _____

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Carretera Federal | 1. Troncal |
| 2 Autopista | 2. Alimentador |
| 3 Carretera Estatal | 3. Rural |
| 4 Camino Rural | 4. Otro (Especificar) _____ |
| 5 Calle Urbana | |
| 6 Ferrocarril | |
| 7 Otro (Especificar) _____ | |

4.3 PASO PEATONAL

ORIGEN (044) _____ DESTINO (045) _____

ORIGEN TRAMO (046) _____ DESTINO TRAMO (047) _____

KILOMETRAJE DE INTERSECCION (048) _____

ORIGEN DEL CADENAMIENTO (049) _____

COORDENADAS GEOGRAFICAS (050)

LATITUD ____° ____' ____" LONGITUD ____° ____' ____"



5. DATOS GEOMETRICOS

LONGITUD DEL PUENTE (051) _____ (m)

NUMERO DE CLAROS (052) _____

NUMERO DE JUNTAS (053) _____

LONGITUD DE CLAROS (054)

CLARO 1 _____ (m)

CLARO 2 _____ (m)

CLARO 3 _____ (m)

CLARO 4 _____ (m)

CLARO 5 _____ (m)

CLARO 6 _____ (m)

CLARO 7 _____ (m)

CLARO 8 _____ (m)

NUMERO DE PILAS (055) _____

ALTURA DE PILAS (056)

PILA 1 _____ (m)

PILA 2 _____ (m)

PILA 3 _____ (m)

PILA 4 _____ (m)

PILA 5 _____ (m)

PILA 6 _____ (m)

PILA 7 _____ (m)

PILA 8 _____ (m)

ANCHO TOTAL DE LA SUPERESTRUCTURA (057) _____ (m)

ANCHO DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO (058) _____ (m)

ESPESOR DE LA CARPETA ORIGINAL (059) _____ (cm)

ANGULO DE ESIVAJE (060) _____ (Grados)

TRAZO GEOMETRICO

PLANTA (061) _____ ELEVACION (062) _____

1 Tangente

1. Plano

2 Curva

2 Pendiente

3 Curva Vertical Cresta

4 Curva Vertical Coluempio

ESPACIO LIBRE VERTICAL SOBRE EL PUENTE (063) _____ (m)

ESPACIO LIBRE VERTICAL BAJO EL PUENTE (064) _____ (m)

Si es necesario, se pueden anexar hojas para especificar mas claros o pilas.

SECCION DE LA CARRETERA

ENTRADA

(Sentido del Cadenamiento)

CORONA (065) _____ (m)

CARPETA (067) _____ (m)

CAMELLON (069) _____ (m)

ANCHO DE (071)

ACOTAMIENTOS _____ (m)

SALIDA

CORONA (066) _____ (m)

CARPETA (068) _____ (m)

CAMELLON (070) _____ (m)

ANCHO DE (072)

ACOTAMIENTOS _____ (m)

6. DATOS ESTRUCTURALES

TIPO DE PUENTE (073) _____

- 1 Losa Simplemente Apoyada
- 2 Superestructura Isostática
- 3 Superestructura Continua
- 4 Pórtico o Marco Rígido
- 5 Armaduras
- 6 Arco
- 7 Colgante
- 8 Atirantado
9. Viga Gerber
- 10 Otro (Especificar) _____

TIPO DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO (074) _____

1. Concreto Hidráulico
- 2 Mezcla Asfáltica
- 3 Otro (Especificar) _____

CARGA DE DISEÑO (075) _____

- 1 H-10
- 2 H-15
- 3 HS-15
- 4 H-20
- 5 HS-20
- 6 T3-S3
- 7 T3-S2-R4



8 Otro (Especificar) _____

6.1 SUPERESTRUCTURA

TIPO (076) _____

1. Losa Maciza
2. Losa Aligerada
3. Losa sobre Vigas
4. Losa sobre Armadura Espacial
5. Losa sobre Traveses Cajón
6. Armadura Paso Inferior
7. Armadura Paso Superior
8. Armadura Paso a Través
9. Arco Paso Inferior
10. Arco Paso Superior
11. Arco Paso a Través
12. Colgante
13. Atirantado
14. Sección Tipo Cajón Unicelular o Multicelular
15. Otro (Especificar) _____

MATERIAL DEL TABLERO (077) _____

1. Concreto Reforzado
2. Concreto Presforzado
3. Placas de Acero
4. Ortotrópico
5. Rejilla
6. Otro (Especificar) _____

NUMERO DE VIGAS O SECCION CAJON (078) _____

MATERIAL ELEMENTOS PORTANTES (079) _____

1. Concreto Reforzado
2. Concreto Presforzado
3. Acero Remachado
4. Acero Soldado
5. Mixto
6. Otro (Especificar) _____

NUMERO DE DIAFRAGMAS POR CLARO (080) _____

MATERIAL DEL DIAFRAGMA (081) _____

1. Concreto Reforzado
2. Concreto Presforzado



3. Acero
4. Otro (Especificar) _____

6.2 JUNTAS DE DILATACION

TIPO (082) _____

1. Compriband
2. Elastómero
3. Asfalto
4. Bloque de Neopreno
5. Acero sin Sello Fijo de Neopreno
6. Acero con Sello de Neopreno Comprimido
7. Dentada de Acero
8. Ángulos o Placas de Acero
9. Otro (Especificar) _____

6.3 PARAPETOS

TIPO (083) _____

1. Concreto Reforzado
2. Concreto con Pasamanos de Acero
3. Viga de Concreto sobre Pilastras de Concreto
4. Viga de Concreto sobre Pilastras de Acero
5. Defensa Metálica en Pilastras de Concreto
6. Defensa Metálica en Pilastras de Acero
7. Aluminio
8. Otro (Especificar) _____

6.4 APOYOS EXTREMOS

TIPO (084) _____

1. Estribos con Aleros Integrados
2. Estribos con Aleros Separados
3. Estribos Enterrados
4. Estribos Enterrados (en "U")
5. Caballete Desplantado por Superficie
6. Caballete con Cimentación Profunda
7. Cargadores
8. Otro (Especificar) _____

MATERIAL DEL CUERPO (085) _____

1. Mampostería
2. Concreto Ciclópeo
3. Concreto Simple



- 4 Concreto Reforzado
- 5 Otro (Especificar) _____

MATERIAL DE LA CORONA (086) _____

- 1 Mampostería
- 2 Concreto Simple
- 3 Concreto Reforzado
- 4 Otro (Especificar) _____

CIMENTACION

TIPO (087) _____ MATERIAL (088) _____

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1 Zapatas | 1 Mampostería |
| 2 Pilotes | 2 Concreto Reforzado |
| 3 Micropilotes | 3 Acero |
| 4 Pilas de Cimentación | 4 Mixto |
| 5 Cilindros o Cajones | 5 Otro (Especificar) _____ |
| 6 Mixta | |
| 7 Otro (Especificar) _____ | |

MATERIAL PILA (089) _____

- 1 Mampostería
- 2 Concreto Simple
- 3 Concreto Reforzado
- 4 Concreto Ciclópeo
- 5 Acero
- 6 Otro (Especificar) _____

PROTECCION DEL CONO DE DERRAME (090) _____

NO

SI

- 1 Concreto Simple
- 2 Concreto Reforzado
- 3 Zampeado
- 4 Jardinado
- 5 Natural
- 6 Otro (Especificar) _____

AREA DEL CONO DE DERRAME (091) _____ (m²)

DISPOSITIVOS DE ENTRADA (092) _____

- 1 Losa de Acceso
- 2 Terraplen



3. Otro (Especificar) _____

DISPOSITIVOS DE APOYO

TIPO DE APOYO MOVIL (093) _____ TIPO DE APOYO FIJO (094) _____

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Mecedora de Concreto 2. Mecedora de Acero 3. Rodillos Metálicos 4. Placas de Neopreno 5. Neopreno Integral 6. Neopreno Acero Teflón 7. Placas de Acero 8. Apoyos Tipo Cazoleta 9. Otro (Especificar) _____ | <ul style="list-style-type: none"> 1. Acero 2. Plomo 3. Neopreno 4. Neopreno Integral 5. Otro (Especificar) _____ |
|---|--|

6.5 APOYOS INTERMEDIOS

PILAS

TIPO (095) _____ SECCION (096) _____

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Muros 2. Columnas 3. Marco Rigido 4. Otro (Especificar) _____ | <ul style="list-style-type: none"> 1. Rectangular 2. Cilíndrica 3. Sección Constante 4. Sección Variable 5. Cajón 6. Caballete 7. Mástiles o Puntales 8. Otro (Especificar) _____ |
|---|---|

MATERIAL PILA (097) _____ MATERIAL CORONA (098) _____

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Mampostería 2. Concreto 3. Acero 4. Otro (Especificar) _____ | <ul style="list-style-type: none"> 1. Mampostería 2. Concreto 3. Acero 4. Otro (Especificar) _____ |
|--|--|

CIMENTACION

TIPO (099) _____ MATERIAL (100) _____

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Zapatas 2. Pilotes 3. Micropilotes 4. Pilas de Cimentación 5. Cilindros o Cajones 6. Mixta | <ul style="list-style-type: none"> 1. Mampostería 2. Concreto Reforzado 3. Acero 4. Mixto 5. Otro (Especificar) _____ |
|--|--|



7. Otro (Especificar) _____

MATERIAL PILA (101) _____

1. Mampostería
2. Concreto Simple
3. Concreto Reforzado
4. Concreto Ciclópico
5. Acero
6. Otro (Especificar) _____

DISPOSITIVOS DE APOYO

TIPO DE APOYO MOVIL (102) _____

TIPO DE APOYO FIJO (103) _____

1. Mecedora de Concreto
2. Mecedora de Acero
3. Rodillos Metálicos
4. Placas de Neopreno
5. Neopreno Integral
6. Neopreno Acero Teflón
7. Placas de Acero
8. Apoyos Tipo Cazoleta
9. Otro (Especificar) _____

1. Acero
2. Plomo
3. Neopreno
4. Neopreno Integral
5. Otro (Especificar) _____

II

7. EQUIPAMIENTO

 SEÑALAMIENTO (104)

 ALUMBRADO (105)

 SUBESTACIONES (106)

Otro (Especificar) (107) _____

8. DATOS ESTRATEGICOS

LONGITUD DE DESVIO (108) _____ (Km)

COMENTARIOS (109) _____

LIMITACIONES DE TRAFICO (110)

SI NO

COMENTARIOS (111) _____

9 FOTOGRAFIAS (112)

Las fotografías de inventario deben mostrar los aspectos importantes del puente, como mínimo se recomiendan las siguientes:

- Fotografía(s) con una vista general del puente (panorámica).
- Fotografía(s) que muestre la zona donde se ubica el puente.
- Fotografía(s) que muestre el tipo de superestructura.
- Fotografía(s) que muestre el tipo de apoyo
- Fotografía(s) que muestre la subestructura
- Fotografía(s) que muestre la superficie de rodamiento
- Fotografía(s) que muestre el equipamiento.



SISTEMA DE
ADMINISTRACION
DE PUENTES.



SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PUENTES (SIAP)
FORMATO DE HISTORIAL DE REPARACIONES (F-002)

FECHA _____
DD/MM/AA

1. DATOS GENERALES

SUPERINTENDENTE DE PUENTES (001) _____
NOMBRE DEL PUENTE (002) _____
NUMERO DE PUENTE (003) _____

2. HISTORIAL DE REPARACIONES (004)

AÑO	CONSTRUCTOR	TIPO DE REPARACION	COMENTARIOS
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

TIPO DE REPARACION

- 1 Mantenimiento Menor
- 2 Mantenimiento Mayor
- 3 Reparación Menor
- 4 Reparación Mayor
- 5 Reconstrucción
- 6 Ampliación
- 7 Reforzamiento
- 8 Ampliación de Zapatas
- 9 Recimentación
- 10 Otro (Especificar) _____

Si es necesario, anexar hojas con comentarios

SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PUENTES (SIAP)
FORMATO DE INSPECCION PRELIMINAR (F-003)

FECHA _____
DD/MM/AA

1. DATOS GENERALES

SUPERINTENDENTE DE PUENTES (001) _____
NOMBRE DEL PUENTE (002) _____
NUMERO DE PUENTE (003) _____

2. CONDICION GENERAL DEL PUENTE

HUNDIMIENTO (004) _____

DESPLOME (005) _____

SOCAVACION (006) _____

FLECHAS (007) _____

CORROSION (008) _____

OTRO (Especificar) (009) _____

CAUCE DEL RIO (010) _____

1. Obstruido Ligeramente
2. Obstruido Moderadamente
3. Obstruido Gravemente
4. Sin Obstrucción

1. Ligeramente
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia

SEÑALAMIENTO QUE INDIQUE GALIBOS (011) SI NO

SEÑALAMIENTO DE SEGURIDAD (012) SI NO

COMENTARIOS (013)



3. SUPERFICIE DE RODAMIENTO

CONDICION (014) _____

1. Buena
2. Regular
3. Mala

ESPESOR DE LA CARPETA ACTUAL (015) _____ (cm)

COMENTARIOS (016)

4. SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO

AGRIETAMIENTO EN ZONA DE APOYOS (GRIETAS DE CORTANTE) (017) _____

- 1 Ligerio
- 2 Moderado
- 3 Grave
- 4 No se aprecia

 Especificar Daños o Estado _____

AGRIETAMIENTO AL CENTRO DEL CLARO (GRIETAS DE FLEXION) (018) _____

- 1 Ligerio
- 2 Moderado
- 3 Grave
- 4 No se aprecia

 Especificar Daños o Estado _____

AGRIETAMIENTO EN LOSAS (019) _____

- 1 Ligerio
- 2 Moderado
- 3 Grave
- 4 No se aprecia

 Especificar Daños o Estado _____



AGRIETAMIENTO EN DIAFRAGMAS (020) _____

- 1 Ligerio
- 2 Moderado
- 3 Grave
- 4 No se aprecia

Especificar Daños o Estado _____

JUNTAS DE EXPANSION (021) _____

- 1 Buen Estado
- 2 Regular Estado
- 3 Mal Estado
- 4 No existen

Especificar Daños o Estado _____

DISPOSITIVOS DE APOYO (022) _____

- 1 Buen Estado
- 2 Regular Estado
- 3 Mal Estado
- 4 No existen

Especificar Daños o Estado _____

DAÑO POR IMPACTO VEHICULAR POR DEFICIENCIA EN GALIBO (023) _____

- 1 Ligerio
- 2 Moderado
- 3 Grave
- 4 No se aprecia

Especificar Daños o Estado _____

DAÑO POR IMPACTO VEHICULAR EN GENERAL (024) _____

- 1 Ligerio
- 2 Moderado
- 3 Grave
- 4 No se aprecia

Especificar Daños _____



DRENAJE (025) _____

1. Buen Funcionamiento
2. Regular Funcionamiento
3. Mal Funcionamiento
4. No se aprecia

Especificar Daños o Estado _____

DESCONCHAMIENTO EN LA SUPERESTRUCTURA (026) _____

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia

Especificar Daños o Estado _____

UBICACION DEL DESCONCHAMIENTO (027) _____

DIMENSION DEL DESCONCHAMIENTO (028) _____ (cm)

COMENTARIOS (029)

5. SUBESTRUCTURA DE CONCRETO

AGRIETAMIENTO EN PILAS (030) _____

1. Ligero
2. Moderado
3. Grave
4. No se aprecia

Especificar Daños o Estado _____



AGRIETAMIENTO EN ESTRIBOS (031) _____

- 1 Ligero
- 2 Moderado
- 3 Grave
- 4 No se aprecia

Especificar Daños o Estado _____

DESCONCHAMIENTO EN PILAS O ESTRIBOS (032) _____

- 1. Ligero
- 2. Moderado
- 3. Grave
- 4. No se aprecia

Especificar Daños o Estado _____

COMENTARIOS (033)

6. PUENTES DE ACERO

SUPERESTRUCTURA

PINTURA ANTICORROSIVA (034) _____

- 1. Adecuada
- 2. Faltante
- 3. Defectuosa
- 4. No se Aprecia

Especificar Daños o Estado _____

CORROSION (035) _____

- 1 Ligera
- 2 Moderada
- 3 Grave
- 4 No se Aprecia

Especificar Daños _____



ELEMENTOS ROTOS (036) SI NO
 ELEMENTOS FALTANTES (037) SI NO
 ELEMENTOS DEFORMADOS (038) SI NO

DAÑO EN SOLDADURAS (039) _____

- 1. Ligero
- 2. Moderado
- 3. Grave
- 4. No se Aprecia

 Especificar Daños _____

DAÑO EN PERNOS O REMACHES (040) _____

- 1. Ligero
- 2. Moderado
- 3. Grave
- 4. No se Aprecia

 Especificar Daños _____

COMENTARIO GENERAL DE LA SUPERESTRUCTURA (041)

SUBESTRUCTURA

PINTURA ANTICORROSIVA (042) _____

- 1. Adecuada
- 2. Faltante
- 3. Defectuosa
- 4. No se Aprecia

 Especificar Daños o Estado _____

CORROSION (043) _____

- 1 Ligera
- 2 Moderada
- 3 Grave
- 4 No se Aprecia

Especificar Daños o Estado _____

ELEMENTOS ROTOS (044)

SI

NO

ELEMENTOS FALTANTES (045)

SI

NO

ELEMENTOS DEFORMADOS (046)

SI

NO

DAÑO EN SOLDADORAS (047) _____

- 1. Ligero
- 2 Moderado
- 3. Grave
- 4 No se Aprecia

Especificar Daños o Estado _____

DAÑO EN PERNOS O REMACHES (048) _____

- 1 Ligero
- 2 Moderado
- 3 Grave
- 4 No se Aprecia

Especificar Daños o Estado _____

COMENTARIO GENERAL DE LA SUBESTRUCTURA (049)



7. PUENTES DE CONCRETO PRESFORZADO

SUPERESTRUCTURA

DUCTOS O CABLES EXPUESTOS (050)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

ANCLAJES DE PREESFUERZO SUELTOS (051)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

CABLES ROTOS (052)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

VAINAS O FUNDAS ROTAS (053)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

CORROSION EN CABLES (054)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

COMENTARIO GENERAL DE LA SUPERESTRUCTURA (055)



SUBESTRUCTURA

DUCTOS O CABLES EXPUESTOS (056)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

ANCLAJES DE PREESFUERZO SUELTOS (057)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

CABLES ROTOS (058)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

VAINAS O FUNDAS ROTAS (059)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

CORROSION EN CABLES (060)

SI NO

Especificar Daños o Estado _____

COMENTARIO DE LA SUBESTRUCTURA (061)

8. CALIFICACION GENERAL DEL PUENTE

SOCAVACION (062) _____

CIMENTACION (063) _____

APOYOS (064) _____

PILAS (065) _____

SISTEMA DE PISO (LOSAS) (066) _____

SISTEMA PORTANTE (VIGAS Y DIAFRAGMAS) (067) _____

DISPOSITIVOS DE APOYO (068) _____

- 5 Condición Excelente
- 4 Condición Buena
- 3 Condición Aceptable
- 2 Condición Regular
- 1 Condición Mala o Defectuosa
- 0 Condición de Falla

9. RECOMENDACIONES GENERALES

INSPECCIONES (069) _____

- 1. Evaluación a Corto Plazo (Máximo 12 meses)
- 2. Evaluación a Mediano Plazo (Máximo 2 años)
- 3. Evaluación a Largo Plazo (Máximo 3 años)
- 4. Otro (Especificar) _____

SUPERFICIE DE RODAMIENTO (070) _____

- 1. Evaluación a Corto Plazo (Máximo 12 meses)
- 2. Evaluación a Mediano Plazo (Máximo 2 años)
- 3. Evaluación a Largo Plazo (Máximo 3 años)
- 4. Otro (Especificar) _____



SUPERESTRUCTURA (071) _____

1. Mantenimiento Menor
2. Mantenimiento Mayor
3. Reparación
4. Sustitución
5. Pruebas Especiales
6. Otro (Especificar) _____

SUBESTRUCTURA (072) _____

1. Mantenimiento Menor
2. Mantenimiento Mayor
3. Reparación
4. Sustitución
5. Pruebas Especiales
6. Otro (Especificar) _____

COMENTARIOS (073)

10. FOTOGRAFÍAS DE INSPECCIÓN PRELIMINAR (74)

La fotografías de inspección preliminar deben mostrar las siguientes características:

- Al puente en su conjunto.
- Deterioros en la estructura del puente.

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 suigeneris frente a condiciones agresivas semejantes.
- Las consecuencias estructurales de estas acciones corrosivas, son diferentes en cada caso, aún cuando el proceso corrosivo llegue a ser similar.

Así pues, en beneficio del óptimo comportamiento mecánico de los elementos del puente, el tipo y concentración de aleantes en un acero, puede dar lugar frente a un contaminante atmosférico o en su caso marino, 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

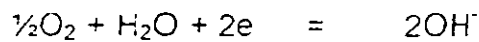
Por otro lado, un mismo tipo de corrosión con sus consecuencias deteriorantes, da lugar a cambios en las propiedades estructurales al grado de que, la afectación en un montante central de la armadura de un puente, tiene consecuencia muy diferentes de las que corresponden a una pieza similar cerca de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



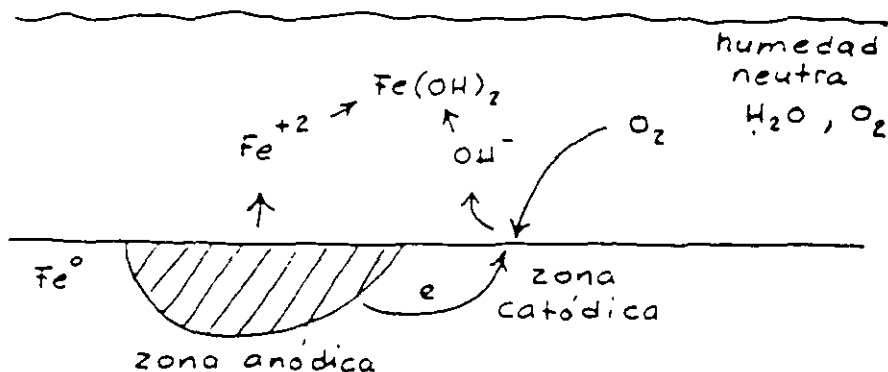
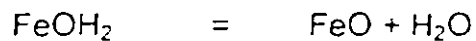
En las zonas catódicas neutras:

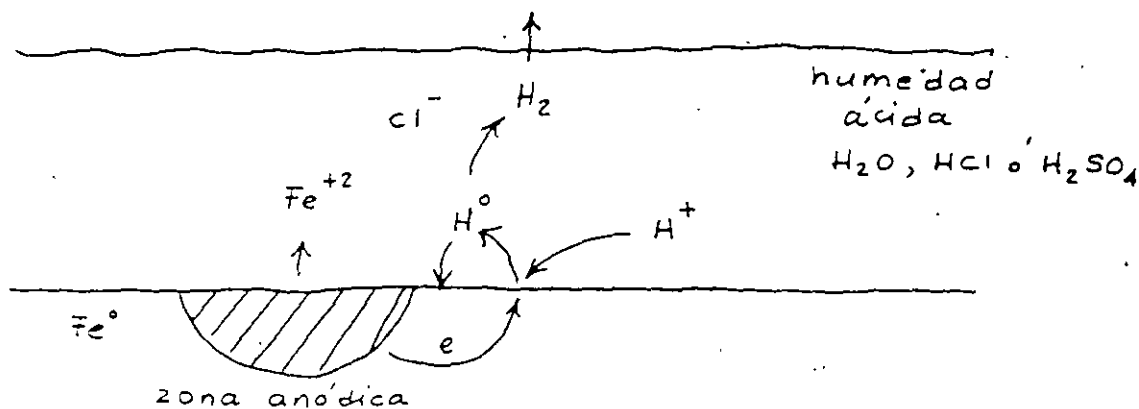


En las zonas catódicas ácidas (consecuencia de atmósferas ácidas):



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 pletas 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:

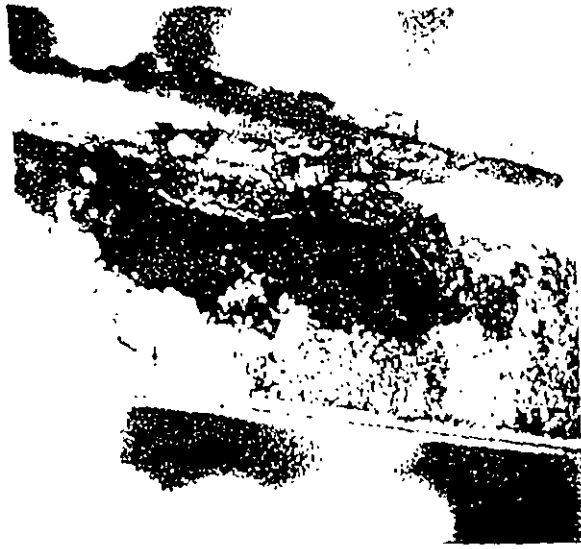
Demetrios E. Tónias **BRIDGE ENGINEERING** McGraw-Hill, Inc N Y 1994

Parsons & Brnckerhoff **BRIDGE INSPECTION AND REHABILITATION**

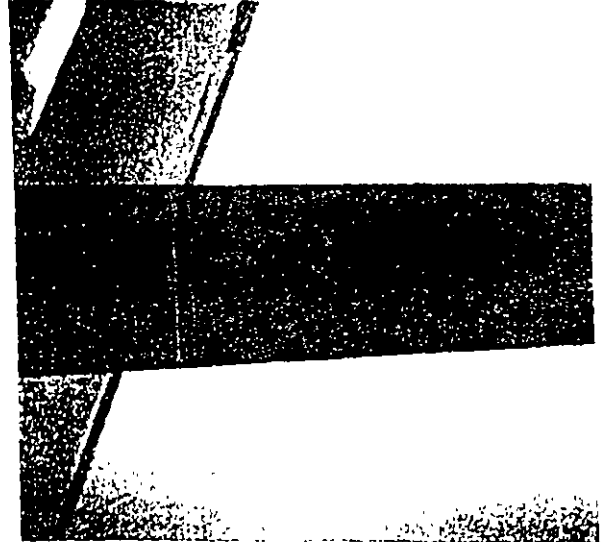
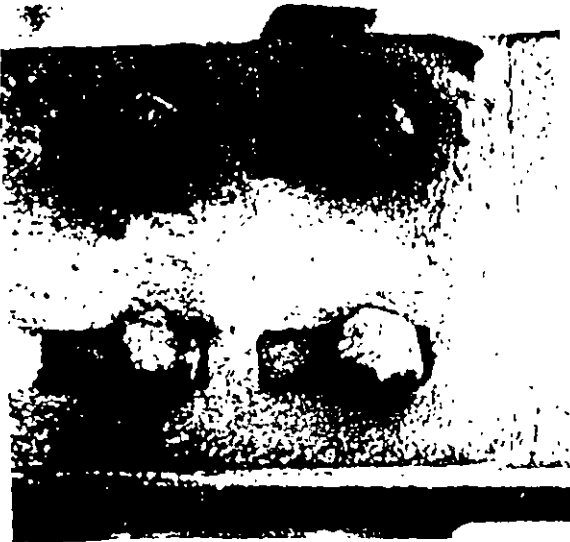
John Wiley & Sons, Inc N Y 1993

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

D C 1966



5
181



CORROSIÓN EN
ZONAS OCULTAS
(aeración diferencial)

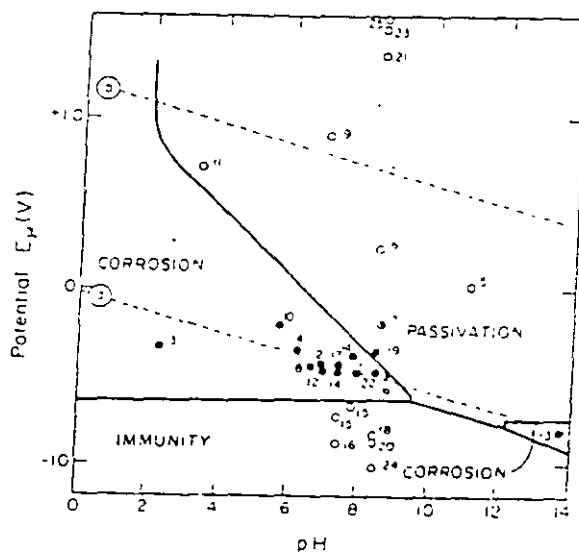
CORROSIÓN
LOCALIZADA

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

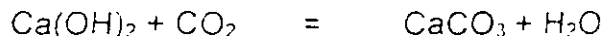


Sin embargo, dado que los "colados" en la práctica nunca son compactos ni están libres de huecos y hendiduras e incluso de fisuras, de un modo u otro las aguas de lluvia o de lavado, que siempre contienen, cuando menos iones Cl^- , SO_4 y O_2 , penetran fácilmente hasta el acero de refuerzo, provocando 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.

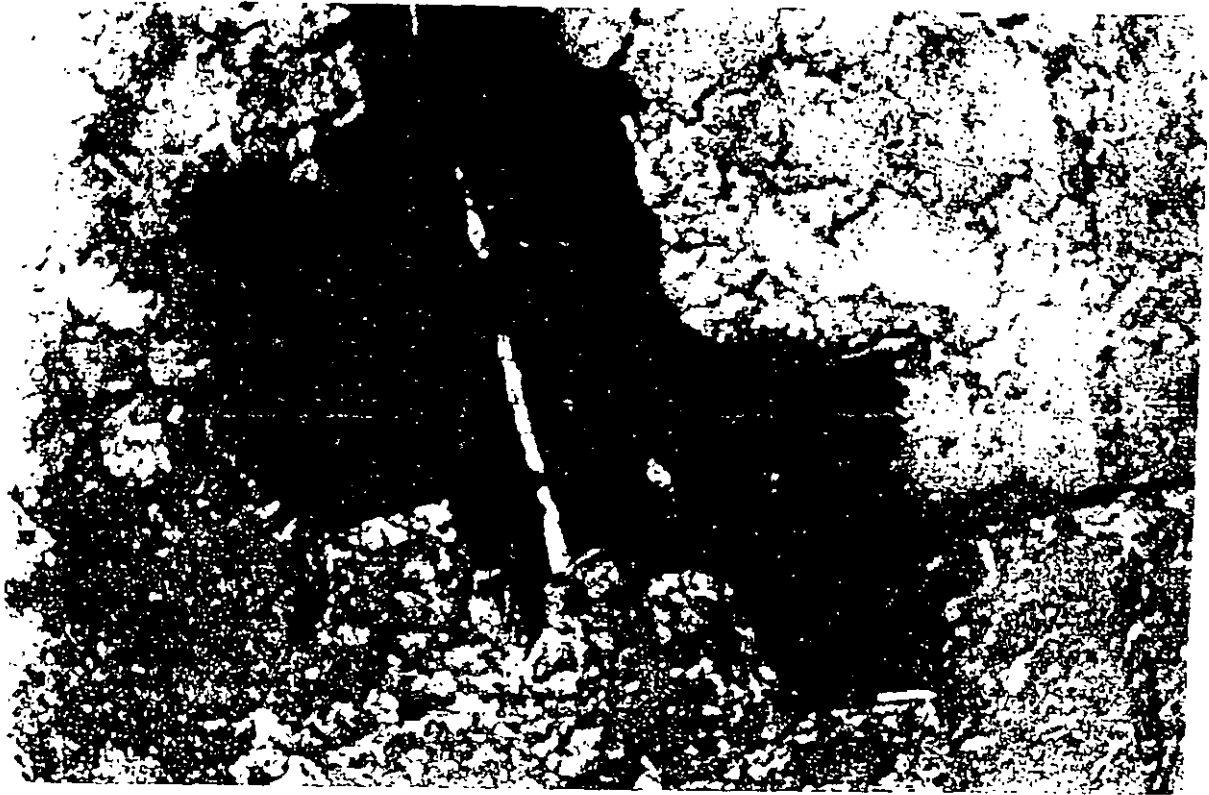
Por su parte, en el ambiente marino, el problema se complica debido a que, además, la elevada concentración de Cl^- en la brisa (casi 30%), verdaderamente destruye al acero de refuerzo, al grado de que unas veces se llega a pulverizar como óxido y otras destruye al concreto la presión que ejerce el volumen que ocupan los óxidos de fierro, con frecuencia de 8 a 10 veces el del acero del que provienen

Ahora bien, de manera simplificada puede considerarse que la protección del acero de refuerzo, se lleva a cabo de diferentes maneras:

- Protección previa de la "varilla de construcción" recubriéndosele con productos epóxicos
- Protección del acero descubierto cuando el concreto que lo rodea se ha deteriorado, utilizando mastiques o morteros epóxicos
- Protección catódica mediante cintas, instalada desde 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.
- van Medgyesi et. al. **Control de la Corrosión del Refuerzo en Estructuras de Concreto Reforzado.** Instituto FTV de Budapest, Ungría. 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 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 Kg/mm^2 en su resistencia a la tensión, por cada unidad porcentual en el contenido de cada uno de los elementos Mn y Si. Además, el Si en la proporción referida, aumenta el límite de cedencia del material y su resistencia a la corrosión.

Sin embargo, los impactos mecánicos y los calentamientos puntuales dan lugar a incrementos en la energía libre del metal y en consecuencia facilitan las fracturas, tanto debidas a corrosión bajo tensión, como por fragilización por hidrógeno.

3.1 Fractura por corrosión bajo tensión

La fractura por corrosión bajo esfuerzo es un tipo de corrosión altamente localizado y se define como la fractura perpendicular al esfuerzo de tensión en una aleación, como resultado de la acción combinada de la corrosión y del esfuerzo estático a la tensión, aún cuando con frecuencia sea imperceptible el nivel de corrosión previo a la falla del material. Este esfuerzo al que se hace referencia, puede ser residual o bien debido a una acción externa. El efecto en el metal, puede manifestarse como una fractura intercrystalina, similar a las que se dan en la corrosión de este tipo. Sin embargo, la fractura por corrosión bajo tensión, no ocurre sin esfuerzo, aún cuando se presente corrosión intercrystalina. En general, hay un umbral de esfuerzo, por debajo del cual no se presenta la fractura.

Aún cuando no se conoce cabalmente el mecanismo de la fractura por corrosión bajo tensión, el hecho de que sólo se dé en aleaciones, revela la importancia de la composición, el tratamiento térmico y el procesamiento

mecánico a que se someten los materiales que, en estas condiciones, fallan abruptamente, sin deformarse.

En virtud pues, de que el acero de presfuerzo se utiliza bajo condiciones de fuerte tensión, este material cuando menos es susceptible de sufrir este tipo de fallas.

3.2 Fragilización por hidrógeno

En virtud de que la ductilidad del acero se reduce considerablemente al aumentar su contenido de hidrógeno, lo que puede provocar la fragilización y la falla repentina, es necesario distinguir entre la fractura por corrosión bajo tensión y la fragilización por hidrógeno. En ambos casos hay fallas violentas, pero las causas son diferentes: la corrosión bajo tensión es resultado de un proceso anódico, en tanto que la fragilización por hidrógeno es un proceso catódico.

La fragilización por hidrógeno se acelera con un mínimo de esfuerzo. El hidrógeno, producto de su formación en la reducción catódica de un proceso corrosivo, no es peligroso, pero en presencia de contaminantes, como el H_2S y el SO_2 , fácilmente es absorbido por el metal, fragilizándolo.

En síntesis, en las zonas de una trabe de concreto presforzado, donde se han quedado al descubierto alambres o torones, como resultado de la destrucción de las fundas del sistema de postensado, por ejemplo, por lo regular se manifiestan signos evidentes de corrosión en diversos grados de avance. se trata de corrosión bajo tensión. Ahí, pueden presentarse fracturas súbitas. Al mismo tiempo, la eventual presencia de agua de lluvia acumulada por diversas vías y con un cierto contenido de nitratos, característicos, constituye uno de los medios más proclives a la fractura por corrosión bajo esfuerzo. También la presencia de cloruros puede ser causa de este fenómeno.

La probabilidad de fragilización por hidrógeno es mayor cuando en la atmósfera que rodea a los cables, contiene cantidades aún mínimas de H_2S y/o SO_2 , lo que con mucha facilidad se da en los puentes carreteros, como consecuencia de la concentración de emisiones de los motores de combustión interna a todo lo largo de la obra.

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

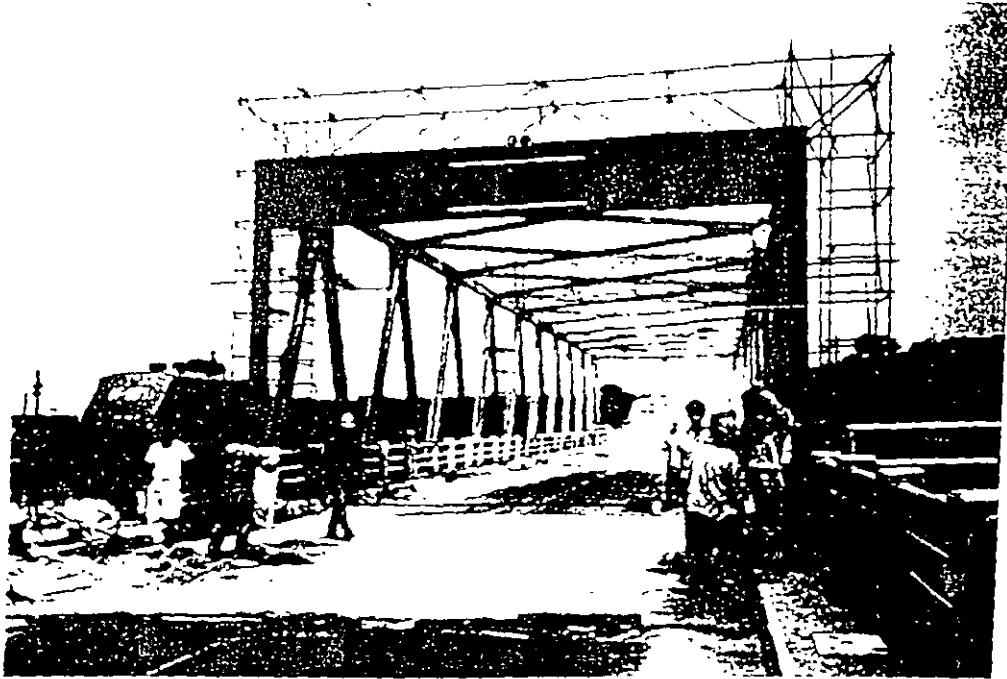
Por ahora, no existen muchas alternativas para la protección anticorrosiva del acero de presfuerzo, dadas las condiciones de su instalación. Actualmente sólo se cuenta, de manera efectiva, con procedimientos de detección de los procesos de deterioro

Referencias:

- G. V. Karpenko e I. I. Vasilenko. **STRESS CORROSION CRACKING OF STEELS**. Freund Publishing house, Tel Aviv, Israel. 1979
- F. Leonharat. **PRESTRESSED CONCRETO**. Wilhelm Ernst & Sons. Berlín 1964.
- C. Figueroa Ruano. **ACEROS Y ALEACIONES**. Gráfica Turriles. México. 1984.
- Enrique Villarreal Domínguez. **SISTEMA ELECTROQUÍMICO PARA LA DETECCIÓN DE PROCESOS CORROSIVOS EN CONCRETO PRESFORZADO Y REFORZADO**. Patente de invención No 184500. México 1997

PRIMARIO Y ACABADO EN EL
PUENTE DE ALVARADO

00046



SISTEMA DE PROTECCION CATORCICA
EN LAS PILAS DEL CONTRAALCOSO 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 PATOLOGIA D E
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.

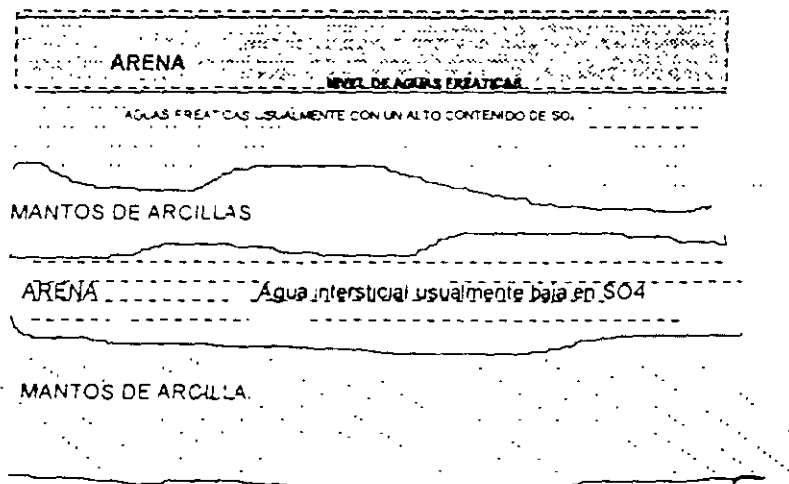


fig. 1

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.- Formación de sulfatos debido a la acción biológica.

Los sulfatos presentes en el suelo pueden provenir también de la descomposición biológica de tipo aeróbica de sustancias orgánicas que contienen proteínas y/o azufre. lógicamente en este caso sólo se toma en cuenta la albúmina sulfúrica.

En ambientes húmedos el azufre normalmente está presente en forma de compuestos orgánicos Sulfatos que pueden ser fácilmente disueltos en el suelo, mientras que el azufre combinado en forma de compuestos inorgánicos ofrece una mayor resistencia a ser disuelto y es transformado gradualmente en sulfatos. Esta transformación de azufre orgánico en sulfato requiere de la descomposición del nitrógeno contenido en las albúminas, en los nitratos, incrementando así la acidez del suelo.

De acuerdo a las investigaciones realizadas en diferentes países el uso de abonos artificiales y el estiércol aumentan en forma importante el contenido de sulfatos en el suelo, aunado a esto, el cultivo del suelo promueve la ventilación del suelo con lo que a ciertas profundidades se incrementa la oxidación del azufre en grandes extensiones, motivo por el cual en suelos cultivados las concentraciones de sulfatos pueden aumentar hasta en un 100% , respecto a suelos no cultivados.

La contaminación con sulfatos de origen fecal puede ocurrir por todas partes, con lo que la agresividad del suelo y las aguas freáticas se puede deber a la contaminación de diferentes sustancias.

Cuando se lleva a cabo la construcción de una nueva obra en un terreno cultivado es necesario realizar un estudio profundo sobre el contenido de sulfatos en el suelo así como en el agua subterránea que pudiera llegar a tener contacto con el concreto.

2.3.- Formación de Sulfatos como resultado de la contaminación Industrial.

Existen una gran cantidad de plantas industriales y fábricas (fertilizantes, galvanizados, laboratorios fotográficos, coque), las cuales desalojan en sus entornos una gran cantidad de desechos que al descomponerse en el medio ambiente producen sulfatos que penetran al suelo y a las aguas subterráneas, como un ejemplo de éstas sustancias son el carbón o la escoria, por lo que no es raro que se lleguen a encontrar concentraciones de sulfatos de 1000 a 2000 mg de SO_4 por litro.

Los rellenos con carbón y escoria incrementarán los sulfatos en el agua subterránea y el suelo, contaminando una extensión amplia.

Por otro lado en las zonas industriales así como en las zonas urbanas la combustión de carbón o gasolinas con una cierta cantidad de azufre liberará dióxido de azufre que en presencia de oxígeno y humedad forman el ácido sulfúrico. Un efecto indirecto del humo cargado de dióxido de azufre se hace presente en las ciudades donde las eflorescencias (salitre), y la degradación de ciertas fachadas son debidas frecuentemente a la formación superficial de yeso y a la adherencia de polvos como cenizas, partículas de carbón, etc.

Las aguas de lluvia, en particular las lluvias ácidas pueden contener sulfatos en forma de ácido sulfúrico el cual ataca la superficie del concreto endurecido así como el concreto plástico

3.- PROCESO DE ATAQUE POR SULFATOS.

Los efectos que causan los sulfatos en la masa del concreto se clasifican en tres grupos

A - Simultáneamente con la lixiviación o lavado de una parte de los componentes del concreto ya endurecido, principalmente del $Ca(OH)_2$, el valor del pH es reducido. Consecuentemente la hidrólisis continúa y se tiene como resultado final la formación de geles no expansivos de sílice, óxido de aluminio, y de óxido de hierro, que al ser

solubles al agua se pierden, aumentando con esto la porosidad en el concreto permitiendo la penetración en forma más rápida de los agentes degradantes dando con ello una degradación mayor al concreto.

B.- Transformación de componentes del concreto endurecido en geles no expansivos e insolubles al agua los cuales permanecerán dentro de la masa del concreto, sin embargo por su consistencia provocarán una disminución en la resistencia del concreto.

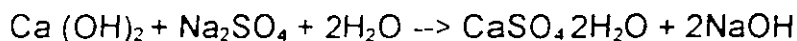
C.- Los poros y vacíos del concreto son llenados con formaciones de cristales los cuales al endurecer expanden y destruyen al concreto.

La degradación del concreto por los sulfatos es debido principalmente al fenómeno de expansión en relación con la cristalización de la etringita, siendo ésta etringita secundaria.

La formación de la etringita *expansiva destructiva* se distingue de la *expansiva no destructiva* o *primaria*, obtenida en las primeras etapas de la hidratación del cemento Portland por reacción del yeso puesto que la etringita primaria es expansiva pero se presenta en la etapa plástica del concreto motivo por el cual no causa daños a la masa al experimentar el aumento de volumen.

Esquemáticamente, la formación de la etringita se presenta a continuación:

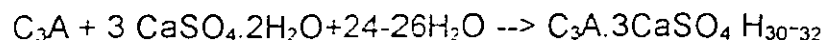
- La formación de yeso secundario por oposición al primario utilizado como retardante en el cemento. La formación del yeso secundario es resultado de una reacción de sustitución entre la portlandita y los sulfatos. Por ejemplo con el sulfato de sodio.



Si la cantidad de sulfatos es elevada (superior a 1000 mg/lit) y la concentración local de iones 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 C_3A anhídrido



Sea a partir del aluminato tetracálcico hidratado $C_4A_{H_{12}}$ de monosulfoaluminato de calcio $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot H_{12}$

Según la composición de la fase líquida, en particular de la cantidad de cal, la cristalización de la etringita puede ser expansivo o no.

Dentro de los productos ricos en cal, donde su solubilidad es reducida según lo indica la tabla No 1, la etringita se forma en el sitio al contacto del aluminato de calcio en presencia de una cantidad limitada de una solución fuertemente saturada. La velocidad de germinación, muy superior a la velocidad de crecimiento de cristales, conducen a la formación en masa de pequeños cristales de naturaleza más o menos coloidal. El sólido neoforme, donde el volumen molecular es de tres a ocho veces mayor que el del sólido inicial, sabiendo que se trata del C_3A o de $C_4A_{H_{12}}$, desarrollando esfuerzos muy elevados los cuales son debidos a la presión que acompaña a su formación

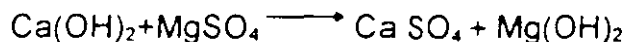
CaO (g/l)	0.065	0.112	0.168	0.224	0.670	1.080
$C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot H_{30-32}$ (g/l)	0.225	0.165	0.115	0.080	0.030	0.002

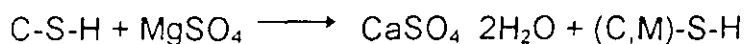
Tabla 1

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 Mg^{2+} que se intercambia con Ca^{2+} y el anión SO_4^{2-} siguiendo las reacciones:





El intercambio de Mg_2 con Ca_2 conducen a la formación de brucita $Mg(OH)_2$ que pueden detener temporalmente la penetración de los sulfatos. Ellos provocan también la transformación progresiva de los C-S-H en un silicato de magnesio hidratado M-S-H sin propiedades cementantes. Además la cristalización de la etringita inestable en presencia del sulfato de magnesio intensifica la reacción de formación de yeso.

3.2.- EL SULFATO DE CALCIO. presente dentro de los suelos sobre la forma de yeso y anhidrita y dentro de las aguas subterráneas selenitosas, es agresiva para el concreto sin importar su relativa poca solubilidad. El proceso de degradación más lento, dentro de los casos de los sulfatos de magnesio y de amonio, es debido esencialmente a la formación de una etringita expansiva.

3.3.- SULFATO DE SODIO. muy soluble, sufre una degradación por formación de yeso y de etringita expansiva aún cuando las proporciones son función a la vez de la concentración de SO_4 y de la cantidad de aluminato tricalcico C_3A del cemento. El yeso precipita muy cerca de los 1000 mg/l de SO_4^{2-} . Los C-S-H, menos sensibles que la portlandita, no son afectados directamente por el sulfato de sodio, pero son sin embargo susceptibles a descomponerse en una segunda etapa por lixiviación parcial de la cal, y la formación de yeso.

3.4.- SULFATO DE POTASIO. tiene una acción similar a la del sulfato de sodio pero la velocidad de ataque es un poco más lenta

La mayor parte de los sulfatos metálicos solubles, son agresivos al concreto con excepción del sulfato de plomo y de bario muy poco soluble

4.- PARAMETROS QUE CONDICIONAN AL CONCRETO EN UN MEDIO SULFATICO.

En la figura No 2 se observa que la resistencia química del concreto crece con la dosificación del cemento, esto es con la 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/SO_3 . donde se puede considerar que para valores inferiores de 3 se logrará un buen concreto

Las adiciones minerales como cenizas volantes silico-aluminosas, puzolanas naturales y el humo de sílice mejoran notablemente el comportamiento del concreto ante los sulfatos.

En un primer análisis se puede estimar que el mejoramiento es debido a la dilución de los aluminatos y a la modificación de la textura de los hidratos que los vuelve más compactos independientemente de la edad del concreto.

5.- Acción de las Adiciones Minerales en el Concreto.

Los cementos con adiciones tienen en general un buen comportamiento ante la agresión de los sulfatos debido a:

- A la reducción de la cantidad de cal y de C_3A en la mezcla.
- Al aumento de la compacidad de los hidratos, en relación con una disminución del volumen poros pudiendo ser hasta un 25%, en el caso de las adiciones principales. La cantidad de poros capilares mayores de 30 mm y la relación media de poros de la pasta de cemento endurecido disminuyen igualmente. Esta modificación de la estructura porosa implica una reducción de la permeabilidad y de los coeficientes de difusión
- Al modo de cristalización de la etringita, formada por precipitación a partir de la fase líquida la cual no es expansiva.

Un claro ejemplo de la eficiencia de las adiciones en la reducción de la expansión debida a los sulfatos se muestra en la figura 3.

Los cementos para los cuales la cantidad de adición es superior o igual al 60% (CHF, CLK) son considerados como resistentes a los sulfatos, independientemente del clinker de base con el cual se fabriquen. Sin embargo según los trabajos de LOCHER y más recientemente de KOLLEK y LUMEY, las adiciones con una cantidad superior al 11% de AL_2O_3 tienen un comportamiento menos óptimo.

Cuando la cantidad de adición es menor del 60%, y en el caso de cementos con cenizas volantes silico-aluminosas o puzolanas es el clinker portland base quien determina la dosificación de cemento. Este clinker deberá satisfacer todas las

especificaciones para cemento portland, en lo que respecta a la cantidad de C_3A y SO_3

5.1.- Las cenizas volantes silico-aluminosas tienen un valor de sustitución de 20 a 30%, tienen generalmente un efecto benéfico sobre el comportamiento del concreto ante los sulfatos. Este efecto es debido al consumo parcial de las cenizas de la portlandita liberada por la hidratación de los silicatos del cemento portland. Esto es debido igualmente a las modificaciones de la microestructura y en particular a la distribución dimensional de los poros que se desplazan hacia las zonas. La eficiencia de las cenizas dependen de su capacidad puzolánica esto es de su capacidad a reaccionar con la cal y a producir los hidratos cementantes.

Las cenizas ricas en cal (cantidad superior de 20%); provenientes de carbón subbituminosos y de lignitos, son menos resistentes a los sulfatos. Como con las cenizas volantes silico-aluminosas, la sustitución de 20% a 30% de cemento por puzolana natural puede tener un efecto muy positivo sobre la resistencia del concreto a los sulfatos. Siempre la eficiencia de las puzolanas dependen de su naturaleza mineralógica que es muy variable, así como su reactividad.

5.2.- Los humos de sílice. Ofrecen igualmente una buena protección contra la agresividad de los sulfatos debido al fuerte consumo de portlandita y de la estructura compacta de C-S-H.

5.3.- Los cementos con adición de fillers calcáreos son susceptibles a ser empleados en los medios sulfatados moderadamente agresivos (agua de mar por ejemplo). Su contenido dentro del cemento debería ser limitado. Los trabajos de SOROKA Y SETTER sobre la resistencia del mortero de fillers calcáreos ante el sulfato de sodio han mostrado que la sustitución del 10% al 40% de carbonato de calcio a diferentes finuras de cemento portland pueden disminuir las expansiones.

6.- Recomendaciones.

De lo anteriormente expuesto se puede comentar que para fabricar concretos resistentes al ataque de los sulfatos se debe tomar como una medida la modificación de los contenidos de aluminato tricálcico y de hidróxido de calcio. Lo que es posible mediante el uso de un cemento apropiado, como el cemento portland tipo II donde el C_3A es menor o igual a 8%, cuando se requiere una resistencia moderada a los sulfatos, mientras que para una resistencia mayor lo recomendable es el uso de un cemento tipo V con un contenido menor del 5% de C_3A .

Para la modificación del contenido de hidróxido de calcio un procedimiento adecuado consiste en utilizar un material puzolánico que sea suficientemente apto para reaccionar con el hidróxido de calcio, a fin de convertirlo en compuestos útiles que no reaccionen con los sulfatos.

Para que los sulfatos ataquen al concreto es necesario que penetren en sus poros, y para ello se requiere que se hallen en estado de solución. es decir, si los sulfatos se encuentran en estado sólido el riesgo de ataque es mínimo. pues al no penetrar en el concreto sus efectos se limitan a la superficie del mismo. Sin embargo, la primera condición es la más frecuente, y esta circunstancia pone de relieve la enorme influencia que tiene la permeabilidad del concreto en su resistencia a los sulfatos. Esto se reconoce al admitir el hecho de que emplear un cementante adecuado es un requisito necesario pero no suficiente, y que se debe complementar con la utilización de una baja relación AGUA/CEMENTO esto con la finalidad de hacer al concreto menos permeable.

Las medidas preventivas anteriores, deben aplicarse cuando se construye la estructura y existe conocimiento de que en el medio de contacto hay sulfatos en grado perjudicial para el concreto. Pero además, en caso en que se requiere dar mayor protección al concreto, o bien se trata de proteger estructuras construidas sin las 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 Huttzementen, ZKG., 1966

ACi Committee 201 Report 201R. "Guide to Durable Concrete" American Concrete Institute. Detroit, Mich. (1982).

ACCION DE LOS CLORUROS EN EL CONCRETO

ACCION DE LOS CLORUROS EN EL CONCRETO

Ing Juan Luis Cottier Caviedes
Control Diseño y Patología de
Obras Civiles S.A DE C.V

La importancia de los cloruros dentro de la masa del concreto estriba en la influencia que 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.

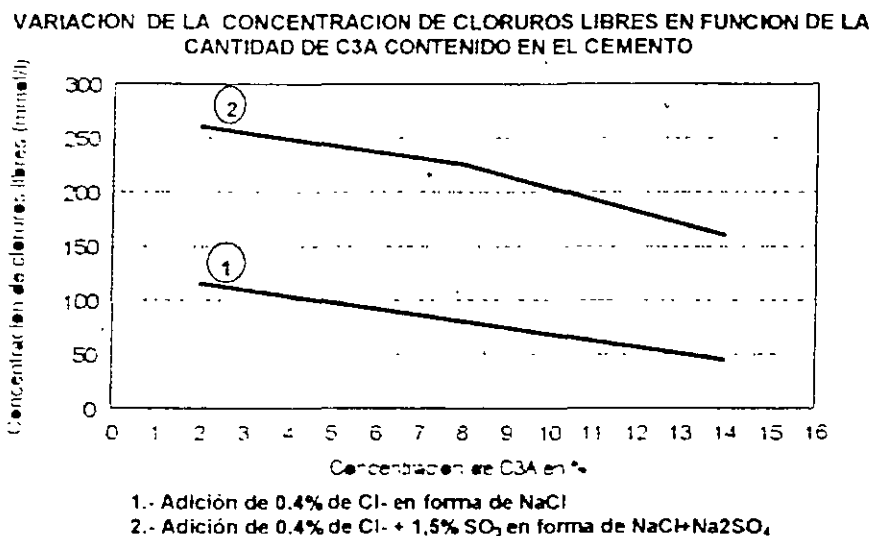
Los cloruros libres se encuentran en el concreto sobre dos formas principalmente, físicamente son absorbidos por las paredes dentro de los poros o químicamente son ligados por reacción con ciertos compuestos del cemento. En el último caso los compuestos formados son el monocloroaluminato hidratado también conocido como sal de Friedel, cuya fórmula es $C_3A.CaCl_2.10H_2O$ En las condiciones normales de concentración de ion cloro en el concreto, no se encuentra la sal de Friedel.

Los cloruros que no son fijados químicamente o físicamente pueden penetrar fácilmente al interior del concreto por capilaridad, bajo los efectos de la variación de la humedad consecuencia de los ciclos de humedecimiento secado. Se puede considerar también la penetración por difusión sobre el gradiente de concentración a partir de agua de mar por ejemplo. Estos cloruros son también susceptibles de penetrar hasta el acero de refuerzo para despasivarlo.

La capacidad de fijación de los iones CL^- por el cemento depende de la naturaleza de este último, y principalmente de la cantidad de aluminato tricálcico C_3A presente en el clinker. Una situación parecida se hace presente con otros compuestos del cemento como el ferroaluminato tetracálcico C_4AF . El cual es susceptible a formar compuestos muy complejos

Otras especies iónicas pueden intervenir sobre la fijación química de los cloruros. Así por ejemplo los iones sulfato reaccionan de preferencia con los iones cloruros sobre el C_3A

presentes en forma de sulfoaluminatos y en detrimento de la capacidad de fijación de cloruros como se puede ver en la figura 1



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 Ilston la cual es:

$$C = k d^{-m}$$

Donde k y m son parámetros dependientes del tiempo y de la permeabilidad de la pasta

Los coeficientes de difusión aparentes del ion cloro CL^- son cuantificados por el cemento portland y sus valores medios son reagrupados en la tabla 3

RELACION A/C	COEFICIENTE DE DIFUSIÓN APARENTE D_a ($10^{-12} \text{ m}^2 / \text{s}$)
0.4 - 0.6	1 - 5
0.6 - 0.8	4 - 12

Tabla 3

Otro parámetro estudiado por diferentes investigadores es la influencia de la naturaleza del catión asociado a los cloruros. Al parecer la difusión de los cloruros combinados con cationes bivalentes ($CaCl_2$ por ejemplo) es más rápida que a los correspondiente a los cationes monovalentes como el $NaCl$. Por el contrario, los cloroaluminatos se forman en cantidades más importantes a partir del $CaCl_2$ que con $NaCl$, aunque los cloruros libres sean

menos abundantes. Se estima también que la fijación de cloruros libres reduce la dimensión de los poros más pequeños modificando así la morfología de las fibras del C-S-H.

El cloruro de calcio conduce así a una estructura más abierta a nivel de poros capilares que el cloruro de sodio, el que facilitará la difusión de especies químicas libres. Así que la fijación de los cloruros ligados modifican la geometría de poros, influyendo el proceso de penetración. Estas consideraciones muestran la compleja de las interacciones entre los diferentes factores que intervienen en la difusión de los cloruros.

Principio de despasivación.

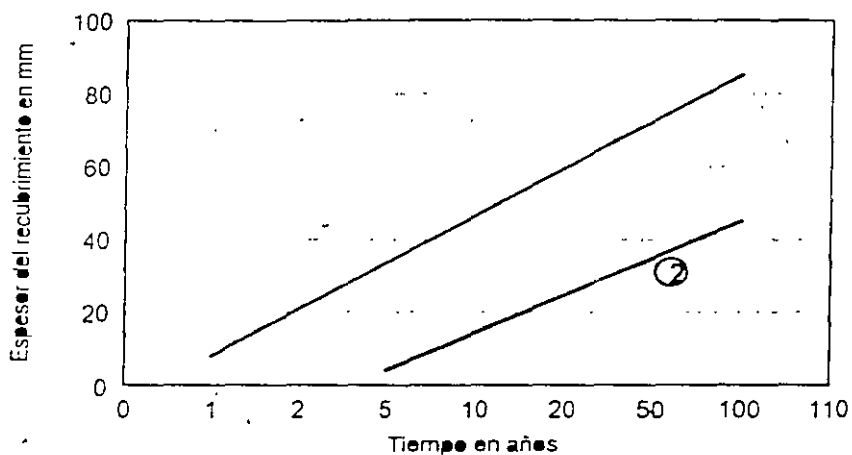
El proceso de corrosión del acero de refuerzo puede desencadenar cuando los cloruros atacan al acero en una cantidad suficiente para despasivarlo. Esta cantidad de ion cloro deberá ser más importante que el p.H de la solución intersticial, la cual es más elevada, o bien el valor del p.H. es está directamente condicionado por los iones 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 C_i/OH_i = 0.6

Como en la mayor parte de los casos de degradación por sustancias dañinas las adiciones concreto afecta la penetración de los cloruros en la masa del concreto.

La influencia de la naturaleza del cemento y las adiciones minerales.

Se pueden citar tres consecuencias relativas a la incorporación de adiciones minerales al cemento que intervienen en la penetración de cloruros.

1.- La capacidad de fijación de cloruros está determinada por la concentración de C₃A+ C₄AF del cemento. Ahora bien la concentración de estos compuestos disminuyen en presencia de escorias o cenizas volantes ya que los aluminatos provienen como sabemos del 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 p.H 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 Da (10^{-12} m ² /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 fenómeno corrosivo nos revelan en forma general que los daños son motivados por un deficiente recubrimiento del acero de refuerzo, bien por el precario espesor o por la porosidad del concreto y su poca resistencia.

Los estudios y observaciones muestran que la durabilidad del acero de refuerzo depende en primer lugar a la realización de un concreto de buena calidad, bien compactado y adecuadamente curado. Las adiciones minerales (escorias, cenizas volantes, humo de sílice etc) limitan la difusión del ion cloruro en la masa del concreto.

Es indispensable considerar en todo diseño la humedad y temperatura del medio ambiente, la posible contaminación de cloruros del medio, la carbonatación probable del concreto, así como el proceso de fisuramiento del recubrimiento, para garantizar la durabilidad del acero y del concreto.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Grupo de expertos científicos del ICODE, Durabilidad de Puentes de Concreto París 1989
- 2.- TUUTTI K. Corrosión del acero en Concreto, Instituto Sueco de Investigación en Cemento y Concreto. Ed. Estocolmo Suecia. 1982.
- 3 - POURBAIX., Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions, Oxford, 1966.
- 4 - DIAMOND S. Effects of microsilica on pore solution chemistry of cement pastes, J. Amer. Ceram. Soc., 1983.
- 5 - VENUAT M. Et ALEXANDRE J. De la carbonatation du béton, Rev. Matér, Const. 1968 y 1969.
- 6.- MIDGLEY H.G. and ILLSTON J.M., The penetration of chlorides into hardened cement pastes Cem, Concr. Res, 1984.
- 7 - SHORT N. R. And PAGE C.L. The diffusion of chloride ions through Portland and blended cement pastes, Silicates Ind. 1982.
- 8 - REGOURD M. HORNAIN H. And MORTRUUX B. Durabilite of building materials and components Proc. 1ER. Intern. Conf. Ottawa, 1978,
- 9 - BORON J. Et OLLIVIER J.P. La durabilité des Bétons, Presses des Ponts et Chaussées 1992.

ACCION DE LOS AGENTES QUIMICOS EN EL CONCRETO

El concreto es sin lugar a dudas el material de construcción más utilizado en todas las sociedades industrializadas de la actualidad, así la producción de concreto y la fabricación de sus componentes forman una parte importante de la actividad económica y de generación de recursos de las sociedades modernas

Es un material que ofrece diversas aplicaciones. compuesto principalmente por cemento, agua y agregados. Material muy durable y de buen comportamiento durante su vida útil. Sin embargo, en ciertos casos puede presentar problemas provocando un comportamiento inesperado de las estructuras o de algunos elementos de las mismas.

Son muchas más las ventajas a favor del concreto que los problemas ocasionales que presenta, por lo que estos son un precio mínimo que se paga por todos sus beneficios que del concreto se obtienen. Es importante subrayar que la mayoría de los problemas se pueden evitar o minimizar si se conocen y comprenden las causas que contribuyen a crearlos. De esta forma podemos desarrollar procesos que conjuguen calidad, eficiencia, seguridad y economía.

En el presente trabajo se tratan tres de los procesos químicos que con mayor frecuencia atacan al concreto mermando su vida útil, Acción de los sulfatos, Acción de los Cloruros y La Reacción Alcali agregado. Se pretende dar al Ingeniero Arquitecto o cualquier técnico de la construcción las bases para entender el fenómeno y algunas ideas de como de evitarlos. Dando por entendido que los procesos aquí citados no son los únicos existentes, así como la presencia en el concreto no es de un solo proceso a la vez, sino que en la mayor parte de los concretos dañados son más de dos los agentes agresores a identificar.

La presentación se lleva a cabo en forma independiente de cada tema, aunque como se mencionó su acción en la masa del concreto en general es combinada

**EFFECTOS DE LA REACCION ALCALI-AGREGADO, EN EL
CONCRETO**

EFFECTOS DE LA REACCION ALCALI-AGREGADO EN EL CONCRETO

ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES
CONTROL DISEÑO Y PATOLOGIA DE
OBRAS CIVILES S.A. DE C.V.

SINOPSIS

Se intenta mediante el presente trabajo, mostrar el estado actual del conocimiento acerca de la reacción álcali-agregado, que constituye un aspecto muy particular de la durabilidad de las obras de concreto. El tema cobra interés día a día ya que van en aumento las obras identificadas como afectadas por la reacción, así como también se han identificado más agregados como potencialmente reactivos.

Se exponen en forma general los mecanismos de desarrollo de la reacción, los factores que influyen su creación como son: la presencia de álcalis en el concreto y los agregados potencialmente reactivos, entre otros. Se expone de igual forma cuales son los principales efectos que la reacción causa en el concreto, como son: agrietamiento y disminución de la resistencia, lo que afecta a las estructuras en su seguridad y durabilidad.

El concreto ha sido -desde su descubrimiento- reconocido como un material de construcción durable, entendiéndose como durabilidad la capacidad de resistencia del material, a lo largo del tiempo, en relación con las condiciones del medio ambiente así como también con las condiciones de servicio de las estructuras.

Material compuesto de la mezcla de cemento, agua y agregados, los cuales al reaccionar y endurecer forman una piedra artificial, con un comportamiento que se acepta como homogéneo.

Las características propias del concreto como son: resistencia, manejabilidad, forma de producción, facilidad de tomar la forma del molde donde se deposita, durabilidad, etc., le han permitido ser el material de construcción más usado a través del tiempo.

En los inicios del siglo XIX se aceptaba la hipótesis de que los agregados (arena y grava) eran cuerpos inertes cuya función era principalmente como relleno sin actividad alguna, además se aceptaban solo dos agentes que causaban daños al concreto: el congelamiento y el agua de mar, haciendo a un lado cualquier otro tipo de reacciones que se relacionaran con la pasta y los agregados las cuales, por lo general, tienen efectos perjudiciales que normalmente dan origen a expansiones nocivas para la integridad del concreto.

Durante los años 20's y 30's en el estado de California, en Estados Unidos, se observaron una serie de agrietamientos en estructuras que cumplían ampliamente con las

especificaciones marcadas en los códigos de diseño, construcción y calidad de los materiales, motivados por encontrar una respuesta real al fenómeno de agrietamiento, un amplio grupo de técnicos se dieron a la tarea de estudiar el comportamiento inexplicable.

En el año de 1940 el investigador Thomas Stanton pudo demostrar la existencia de la reacción llamada álcali-agregado, como un proceso intrínseco de degradación del concreto, dejando en claro que las condiciones del medio ambiente en que se encuentran las estructuras son tan importantes como lo es el cemento y los agregados, reafirmando el verdadero papel que los agregados desempeñan como componentes activos, utilizados en la dosificación del concreto

Estudios posteriores a los realizados por Thomas Stanton demostraron que éstos agrietamientos y expansiones en el concreto tenían su origen en una combinación de cemento con alto contenido de álcalis y agregados opalinos usados en su dosificación.

Durante las décadas siguientes este fenómeno se ha estudiado en diferentes laboratorios y en diversos países tales como Australia, Canadá, Francia, Nueva Zelanda, China, Sudáfrica, etc.; investigaciones que han experimentado un rápido progreso en distintas direcciones, logrando identificar los diferentes tipos de agregados que son susceptibles a intervenir en dicha reacción, mecanismos de desarrollo y métodos de diagnóstico. Muchos han sido los aportes al tema, sin embargo se pueden identificar cuatro como de particular importancia. Thomas Stanton de Estados Unidos quien explicó por primera vez el fenómeno de la reacción, Swenson de Canadá, quien identificó la reacción Alcali-Carbonato, Idarm de Dinamarca quien por primera vez investigó un concreto dañado con la reacción álcali-agregado en Europa y Vivian de Australia quien explicó los mecanismos de la reacción

Las investigaciones de T Stanton marcaron el camino para innumerables investigaciones en el área de la reacción 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-silice

Varios tipos de interacciones pueden ocurrir en cada clase y no todas son necesariamente expansivas o deletéreas

De las reacciones presentadas, la primera se considera diferente de las otras pues se lleva a cabo entre los álcalis aportados por el cemento en la fase líquida del concreto y las rocas carbonato, este es un caso poco frecuente. Se identifica como un proceso químico de dolomitización esto es una descomposición de la dolomita (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.

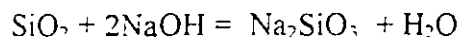
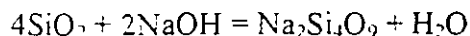
Las reacciones álcali-silicato ocurren en concretos ricos en álcalis los cuales contienen argilita y rocas del tipo grauvaca en el agregado. La reacción de este género de rocas y los álcalis es por lo general lenta y no está completamente comprendida. Los constituyentes silíceos en los agregados pueden expandirse causando la ruptura del concreto. Por la expansión de partículas individuales, se sugiere la absorción de agua sobre las superficies alúmino-silíceas previamente secas localizadas en las porciones microcristalinas de las mismas. Se deduce que puede existir una relación directa entre la cantidad de material microcristalino, la porosidad y la expansión del concreto que contiene estos agregados.

La reacción más frecuente donde intervienen los hidróxidos álcali y el material silíceo de los agregados del concreto es identificada como álcali-silice, fenómeno que es particularmente expansivo ya que tiene la capacidad de desarrollar suficiente presión de dilatación para fisurar y romper el concreto. Generalmente la reacción progresa lentamente, permitiendo que las expansiones sean previstas algunos años antes de que el daño de la estructura sea de gravedad.

Esta reacción tiene la particularidad de producir un gel álcali-silíceo el cual es higroscópico y es el resultado de la interacción de los álcalis solubles en el cemento y los elementos integrantes de las partículas de agregados, que por su característica de ser

hidrofílico 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 clínker y también como constituyentes menores en los otros minerales del cemento.

Al parecer los álcalis tienen su origen en la materia prima utilizada en la fabricación del cemento, usualmente la fracción arcillosa y el carbón (si éste es utilizado como combustible del horno). Si el material arcilloso utilizado como materia prima contiene mica o arcilla ilitica, entonces el clínker producido estará enriquecido con potasio, mientras que si está presente el feldespato degradado, el clínker puede contener más sodio o potasio, o ambos, dependiendo de la composición del feldespato en la materia prima.

Las cantidades finales de los álcalis presentes en un clínker dependerán de las proporciones de mica, ilita o feldespato en la alimentación del horno.

Las fases álcalis tienden a ser una fracción volátil en el ambiente del horno. Alrededor de un % se volatiliza durante el proceso de quemado. Una gran cantidad del álcalis es redepositado en la cadena de sección del horno y en los precalentadores, precipitadores de polvos y filtros. A fin de reducir los consumos de combustible y emitir gases más limpios, la recirculación de polvos es práctica común en las plantas modernas pero este procedimiento tiene un efecto adverso en la composición del clínker del cemento.

Con el objeto de contabilizar la cantidad de álcalis presentes en el cemento o concreto se ha generalizado la práctica de expresar el contenido de álcalis en términos de sodio equivalente, correlacionando los óxidos de sodio y potasio en términos de proporciones moleculares. El cálculo a seguir es bajo la relación matemática siguiente.

Sodio equivalente = $na_0 + 0.653 K_2O$ relación en peso

Cuando el valor del sodio equivalente se encuentra por debajo de 0.6% en peso, la reacción 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 vitrea en carácter. Un ejemplo de los minerales naturales que cumplen estos criterios se presenta en la tabla 2.

Algunos granitos, gneises graníticos, hornblendas y grauwacas, se ha encontrado que son reactivos cuando se utilizan en el concreto. Se ha notado que, aunque el mineral reactivo preciso constituyente dentro de estas rocas no pueden ser identificado, los granos de cristal de cuarzo que ellas contienen muestra que son amorfos cuando son examinadas utilizando un microscopio polarizado. Una observación ulterior (ref 6) mostró que la reactividad puede ser correlacionada en forma general con la severidad del esfuerzo.

Además de las características de la sílice reactiva, existen otros factores que influyen en la forma como se desarrolla la reacción y la intensidad de sus efectos.

Entre los factores más importantes se encuentran la temperatura, la humedad y la granulometría de los agregados.

La temperatura es un factor que incrementa la velocidad con que se produce la reacción e intervienen en las dos etapas del desarrollo de la reacción: creación del gel y proceso de expansión.

Existe una prueba la cual permite demostrar la influencia de la temperatura en la primera etapa. Esta prueba es identificada como "trozo de gel" y fue desarrollada por Jones y

Tarleton (ref. 2), en la cual las partículas de agregado reactivo están expuestas a soluciones concentradas de álcali sobre la superficie de una tableta de cemento, a temperatura ambiente. Los materiales altamente reactivos, tales como el ópalo, desarrollan gel sobre sus superficies, dentro de unos pocos días de almacenados. Si la temperatura de almacenamiento alcanza unos $^{\circ}\text{C}$, el desarrollo de gel sobre la superficie de tales partículas ocurrirá dentro de 24 horas, mientras que en algunos materiales menos reactivos tales como algunos pedernales, comenzarán a mostrar desarrollo de gel, aunque a temperaturas normales no se 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 hidróscopico, 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 contruidos con el mismo concreto.

Los métodos de auscultación y diagnóstico de un concreto dañado, así como la evaluación del grado de reactividad de los agregados quedan fuera de los objetivos del presente trabajo, sin embargo es importante comentar que existen grandes adelantos en las investigaciones que permiten contar con métodos confiables para poder determinar la inclusión a fin de minimizar los efectos nocivos de la reacción álcali-agregado.

CONCLUSIONES

La reacción 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. Blackie and Son Ltd., Great Britain, 1991
- 2 Swamy "Alkali-Aggregate Reactions in Concrete: Material and Structural Implications"
- 3 Swamy, editor "The alkali-Silica Reaction in Concrete". Blackie and Son Ltd., Scotland, 1992.
- 4 Mena Ferrer Manual "Reacción Alkali-Silice en el Concreto" Revista IMCYC, VOL. 21, 1983, PP 17-31.
- 5 "Recommendations Provisoires pour la Prevention des Desordres dus à l'Alkali-Reaction". Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Ministère de l'Équipement du Logement, des Transports et de la Mer Paris, Janvier 1991.
- 6 Calleja José "Posibilidades de Utilización de Aridos Locales para Hormigones de Firmes Rígidos". Curso de Pavimentos de Hormigón del Colegio de Ingenieros de Caminos y Puertos. España, 1986
- 7 Petterson Karin "Effects of Silica Fume on Alkali-Silica Expansion in Mortar Specimens". Swedish Cement and Concrete Research Institute. Stockholm, 1992.
- 8 Suplemento Mexicano del Informe del ACI-201; "Guía para la Durabilidad del Concreto" México, Noviembre, 1989
- 9 Kostmatka H Steven, Fiorato Anthony. "Detecting and Avoiding Alkali-Aggregate Reactivity". Concrete Technology Today, Portland Cement Association Skokie, Ill., November, 1991
- 10 Building Research Establishment Digest "Alkali Aggregate Reactions in Concrete". Building Research Station, Garston, United Kingdom, March, 1988
- 11 British Cement Association "The Diagnosis of Alkali-Silica Reaction." Publication 45 042

- 12 Veronelli Dante J.E. "Durabilidad de los Hormigones. Reacción Arido-Alcali". Monografia 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.
- Strenght-gage ó extensómetro.
- Otros.

Todos ellos deben ser calibrados con una medición inicial a la hora del tensado de la unidad que miden.

En el caso que nos ocupa, al igual que en la totalidad de las obras, no se han colocado tales dispositivos, por lo que el valor del esfuerzo no es un parámetro disponible. El proyectista sólo puede manejar un valor que sale del esfuerzo de la curva de tensado, y calcular las pérdidas que haya tenido, por lo tanto es un valor estimado.

La sección se puede llegar a determinar siempre y cuando el cable sea accesible desde la periferia de la trabe. Para ello se necesita instalar una pasarela de trabajo, hacer una abertura en la pared de concreto con mucho cuidado con un pequeño cincel muy afilado, ya que los golpes en una trabe comprimida no son muy aconsejables por el riesgo que implican. Finalmente se llega al ducto, se corta el mismo y se observa en el interior la existencia ó no de la inyección y el estado de los cables; eventualmente se podrá apreciar y medir la reducción de la sección de los cables. Si hubiese vacíos se podrá hacer uso de un endoscopio, aparato basado en el principio de la conducción de las imágenes por medio de fibras ópticas, equipado con una fuente luminosa para observar más allá ó alrededor de la abertura inicial.

Para ubicar los cables se puede emplear un equipo de detección basado en la emisión de un flujo magnético, el pachómetro ó un equipo basado en la emisión de rayos nucleares, aparato radiográfico.

Para resumir.

1).-La determinación de la sección de los cables es:

- Costosa.
- Tiene su limitación, solo en las partes accesibles.
- Tiene su riesgo, provoca fisuras por los golpes.

2).-La determinación del esfuerzo es solo posible por estimación.

3).- La información que se obtiene en todo caso es válida sólo en un punto de un cable y no se puede inferir de manera razonable que puede estar pasando en una sección a unos escasos decímetros de la explorada.

Por todo lo anterior, podemos deducir que una campaña de inspección en las condiciones descritas del puente "Alvarado" no es rentable en términos de la relación de costos -cantidad de información- validez 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 si se podía prever es que tarde ó temprano ese proceso llevaría a la destrucción de las piezas estructurales.

Ante esta situación se realizó un proyecto de reforzamiento que tomase el relevo de la capacidad a medida que el sistema existente fuese fallando.

III. PROYECTO DE REPARACION

A finales de 1986, de acuerdo a las directivas mencionadas anteriormente, se desarrolló un proyecto de reparación sobre las siguientes bases:

1. Para cada trabe se determinaron las solicitaciones debidas a la carga muerta (peso + sobrecargas) y a la carga viva. Para ese caso se determinó una cantidad de cables de presfuerzo para tomar el 100% de las cargas. En la Fig No. 2 se muestran las propiedades geométricas de la sección en estudio.
2. Para cada trabe se estimó la fuerza de presfuerzo que tenderían los cables existentes "si no tuviesen corrosión". Para este estado se revisó la capacidad de la estructura y se determinaron los esfuerzos en las diferentes fibras de las secciones (Fig. No. 3). Se calculó la cantidad de presfuerzo complementario exterior. (6 cables 12T13 por trabe) que se podía aplicar a cada trabe asumiendo que actúa completamente el presfuerzo inicial colocado al construir la obra, de tal manera que al considerar el presfuerzo inicial más el esfuerzo complementario exterior no se exceden los esfuerzos admisibles del concreto según su f_c 28 teórico (de 350 kg/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:

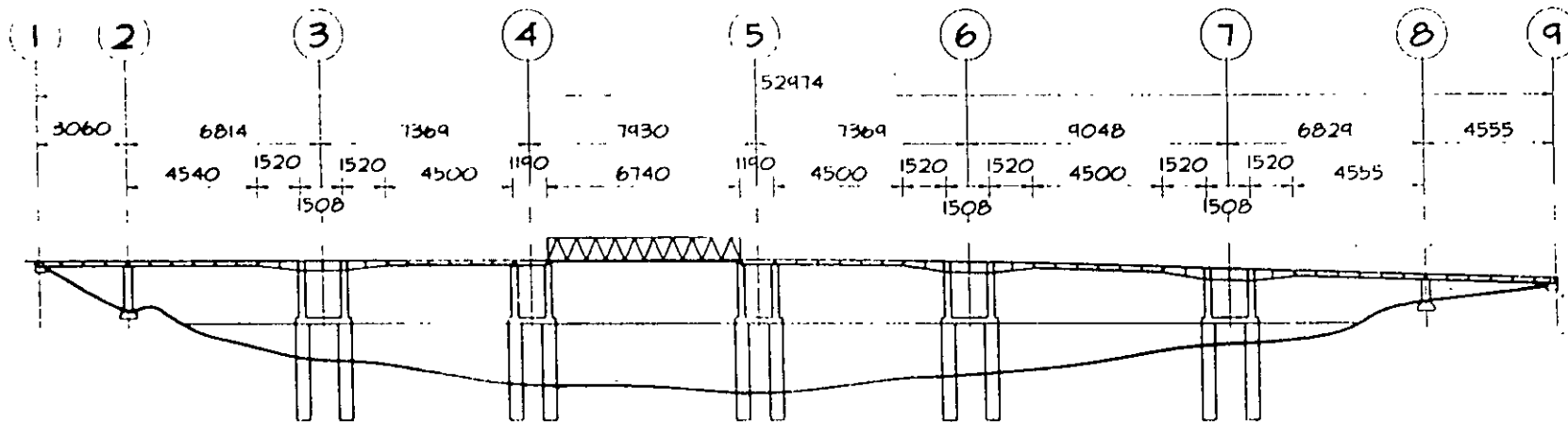
- ◆ Vigas con un presfuerzo adicional exterior no adherido, el cual aumentó la seguridad de las mismas.
- ◆ Gráfica de fuerza de presfuerzo -deformación en ciertas secciones.
- ◆ Bloques de anclajes, para el 100%de las cargas con las partes ahogadas, así como desviadores.

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 reecarpentados, cambio de barandales, se podrán ver en las gráficas construidas en la primera etapa la pérdida de presfuerzo de los cables colocados en la construcción original, misma que se asignará a la corrosión del presfuerzo ahogado en la trabe.

La otra situación extrema es tal que podemos imaginar que el presfuerzo original dentro de la trabe se ha corroído y desaparecido completamente Fig. 7). En lugar de dar una ruptura frágil, el presfuerzo exterior se moviliza y toma el 100% de las cargas muertas y vivas, en este caso T3-S3, lo cual se verifica al calcular el momento último resistente de la sección de la sección de acero de presfuerzo exterior, considerando como una sección de acero no adherente. Previamente se verificó que la sección no falla por aplastamiento del concreto, ya que el momento por capacidad última del concreto es superior al calculado anteriormente.

El razonamiento anterior es válido, siempre y cuando el presfuerzo exterior se conserve intacto; esto quiere decir que su sección no haya sido 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 .



233

ELEVACION GENERAL POR EL EJE DEL PUENTE



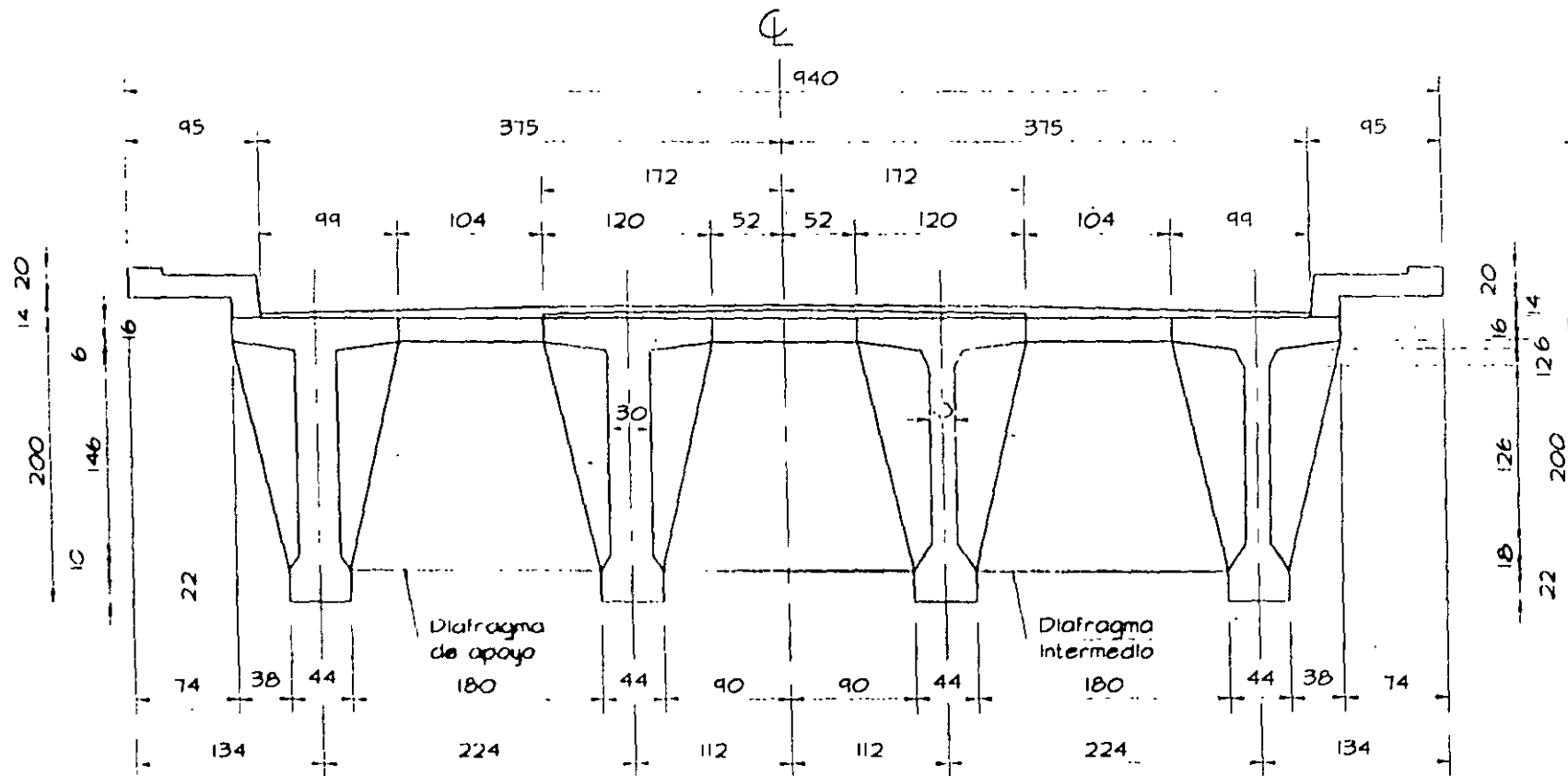
CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

PUENTE
"ALVARADO"

00090


234



MEDIA SECCION
POR EJE DE APOYO

MEDIA SECCION
AL CENTRO DEL CLARO

SECCION ORIGINAL

 CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

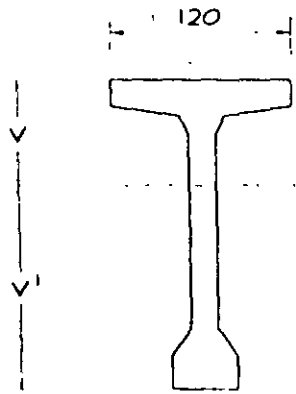
DIRECCION TECNICA

PUENTE "ALVARADO"
TRAMO DE 45 mts. FIG. No. 1

16000

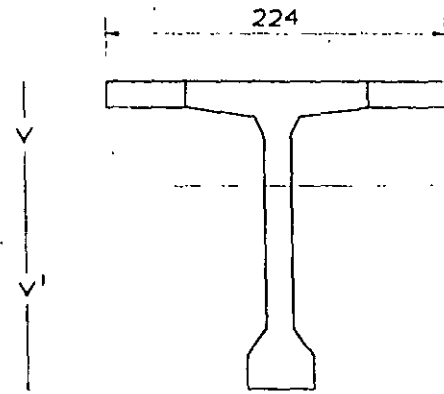
PROPIEDADES GEOMETRICAS

SECCION AL CENTRO DEL CLARO



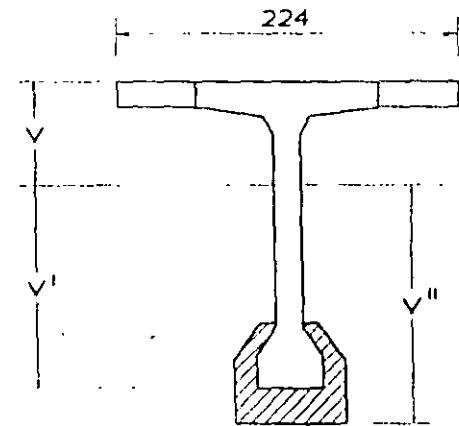
VIGA

$A = 0.645 \text{ m}^2$
 $V = 0.8207 \text{ m}$
 $V' = 1.1793 \text{ m}$
 $I_{xx} = 0.3223 \text{ m}^4$
 $I/V = 0.3921 \text{ m}^3$
 $I/V' = 0.2133 \text{ m}^3$



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

$A = 1.055 \text{ m}^2$
 $V = 0.9483 \text{ m}$
 $V' = 1.0517 \text{ m}$
 $V'' = 1.2017 \text{ m}$
 $I_{xx} = 0.6787 \text{ m}^4$
 $I/V = 0.7151 \text{ m}^3$
 $I/V' = 0.6453 \text{ m}^3$
 $I/V'' = 0.5648 \text{ m}^3$

235



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DIRECCION TECNICA

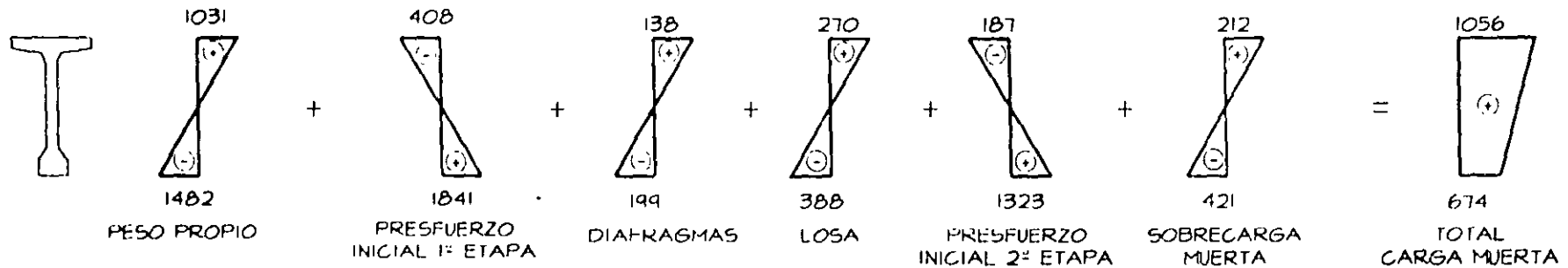
PUENTE "ALVARADO"
TRAMO DE 45 mts.

FIGURA No. 2

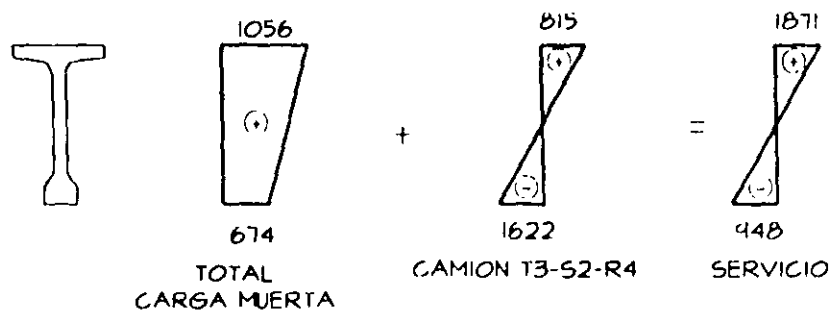
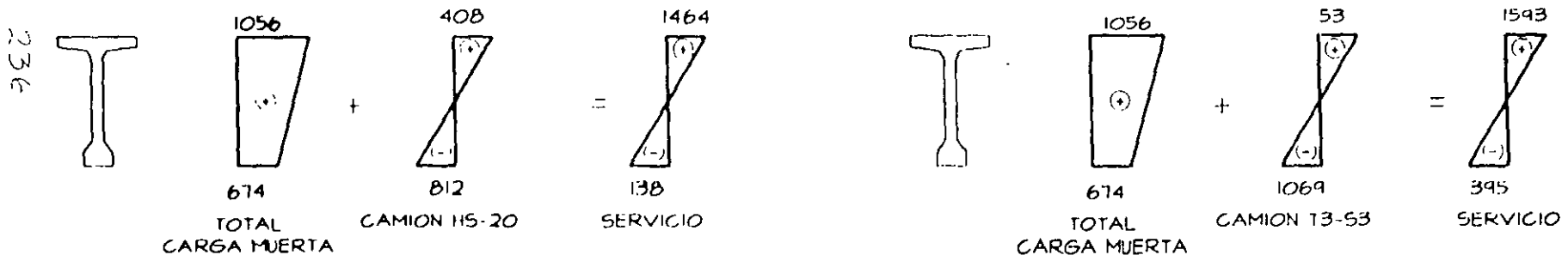
ESFUERZOS ACTUANTES EN EL PUENTE (T/m²)

SECCION ORIGINAL

a) CARGAS MUERTAS



b) CONDICIONES DE SERVICIO

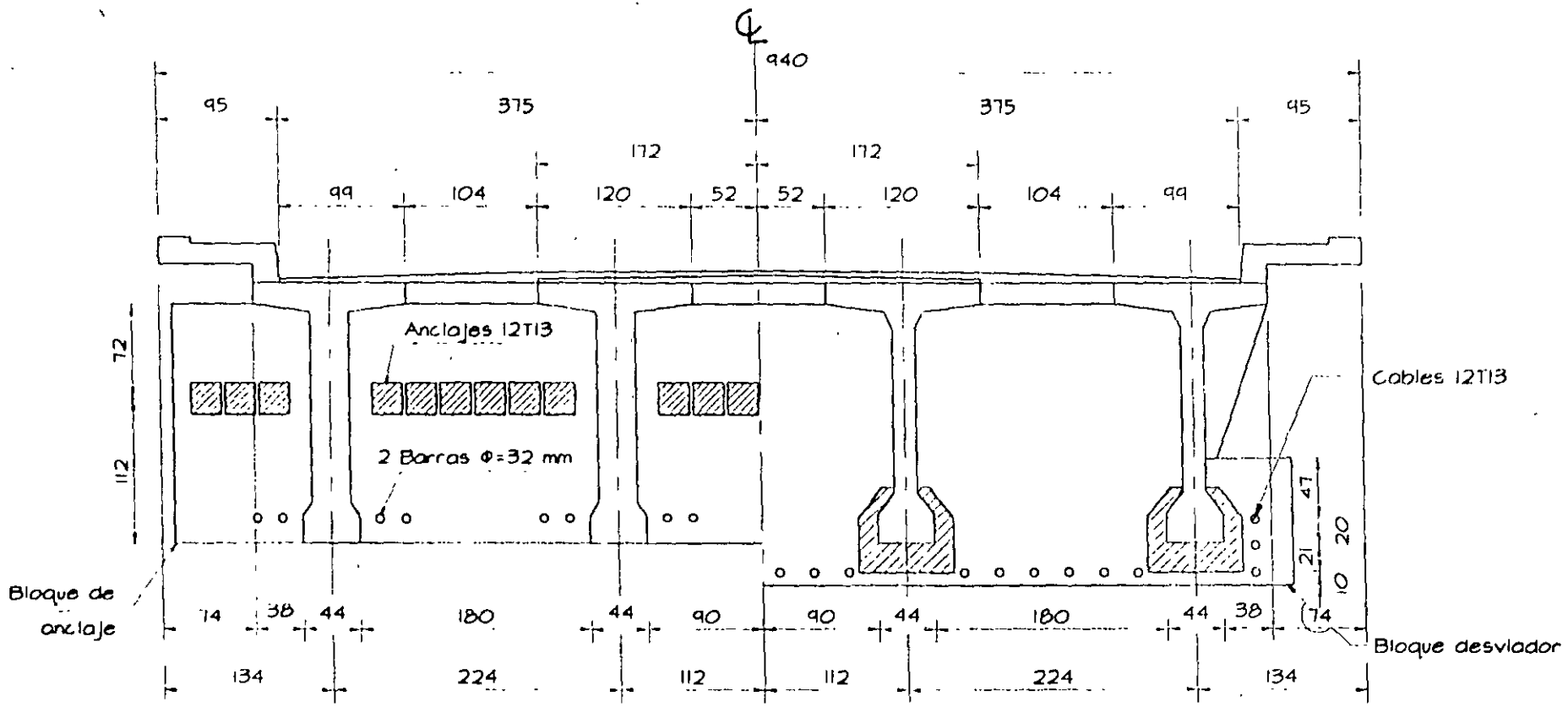


CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DIRECCION TECNICA

PUENTE "ALVARADO"
 TRAMO DE 45 mts. FI No. 3

11119

237



MEDIA SECCION
POR EJE DE
BLOQUE DE ANCLAJE

MEDIA SECCION
AL CENTRO DEL CLARO

SECCION LOCALIZACION PRESFUERZO ADICIONAL



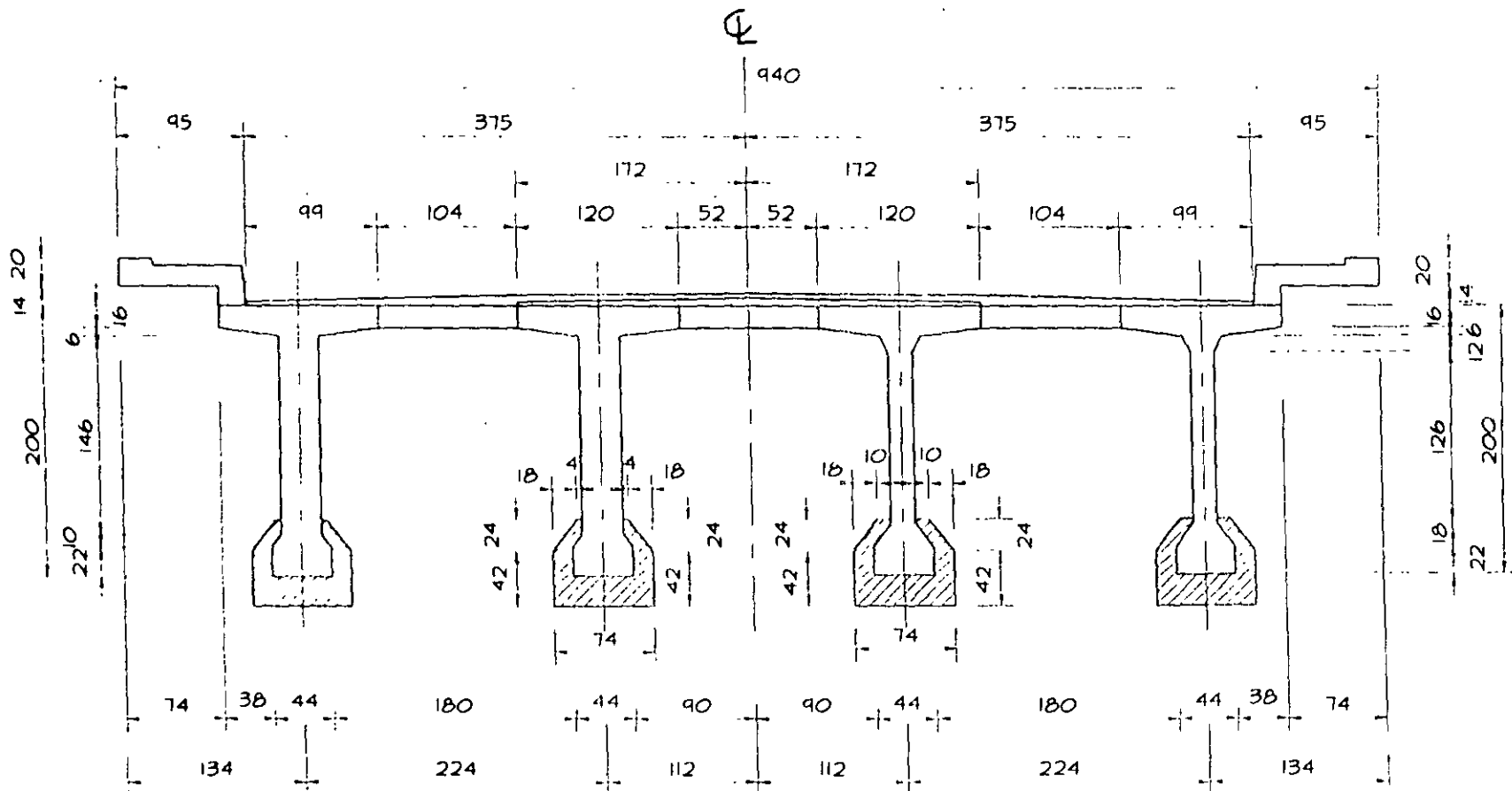
CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
 DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

FUENTE "ALVARADO"
 TRAMO DE 45 mts. FIGURA No. 4

26000

236



MEDIA SECCION
POR EJE DE APOYO

MEDIA SECCION
AL CENTRO DEL CLARO

SECCION AMPLIADA


CAMINOS Y Puentes FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DIRECCION TECNICA

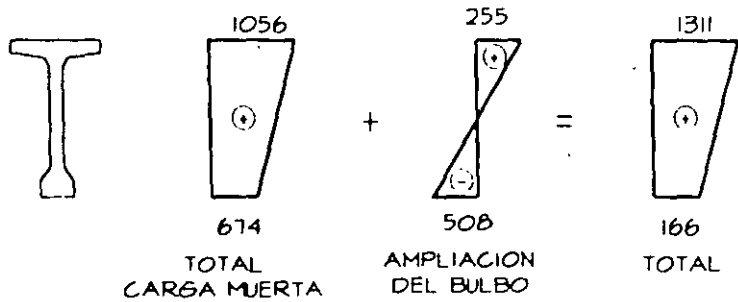
PUENTE "ALVARADO"
 TRAMO DE 45 mts. FIG 10.5

00095

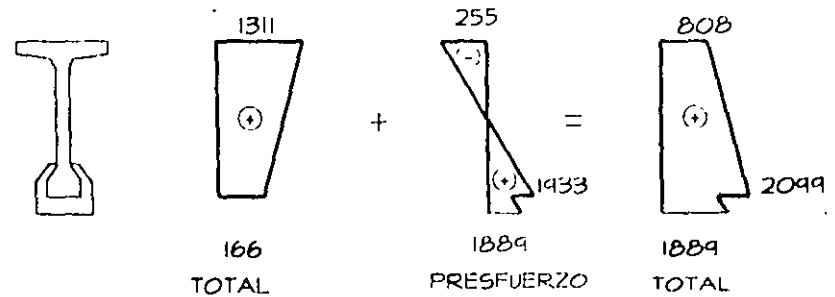
ESFUERZOS ACTUANTES EN EL PUENTE (T/m²)

SECCION AMPLIADA Y 100% DEL PRESFUERZO ORIGINAL

a) CARGAS MUERTAS

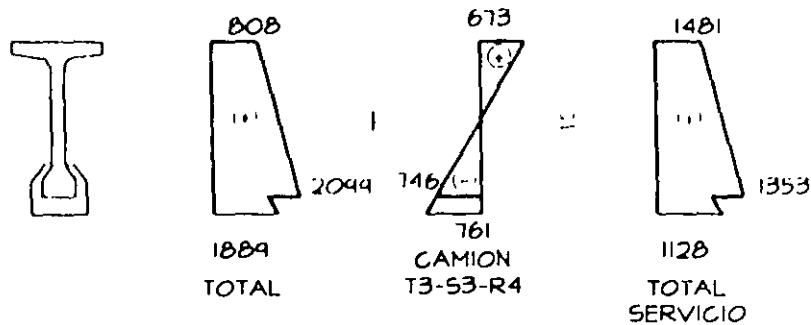
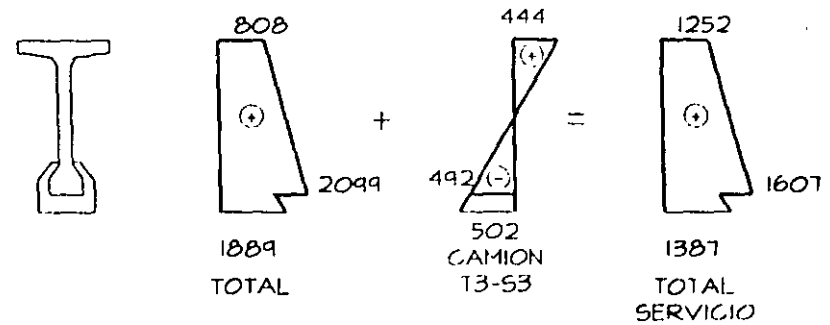
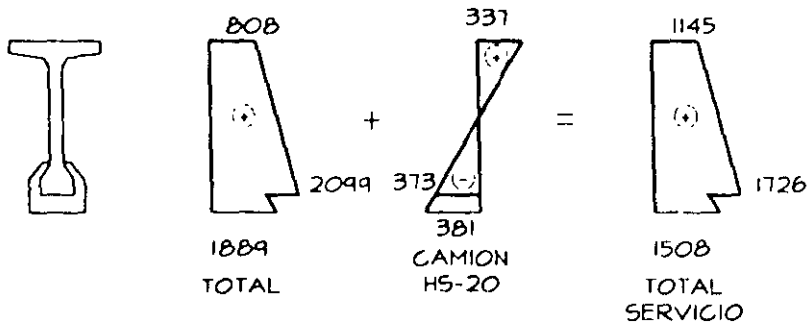



b) PRESFUERZO ADICIONAL (6 Cables 12T13 por Trabe)



c) CONDICIONES DE SERVICIO

239





**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
 DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**
 DIRECCION TECNICA

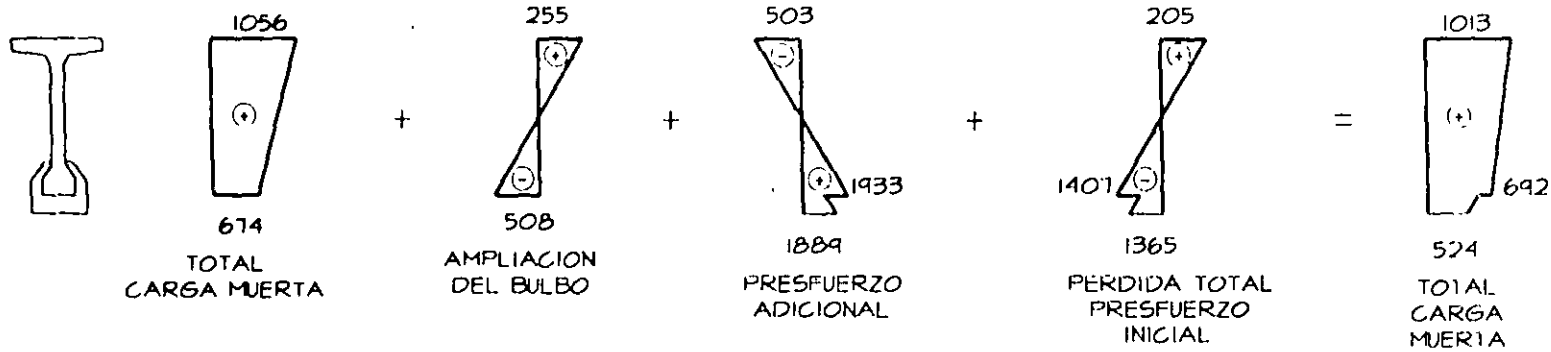
PUENTE "ALVARADO"
 TRAMO DE 45 mts. FIGURA No. 6

00096

ESFUERZOS ACTUANTES EN EL PUENTE (T/m²)

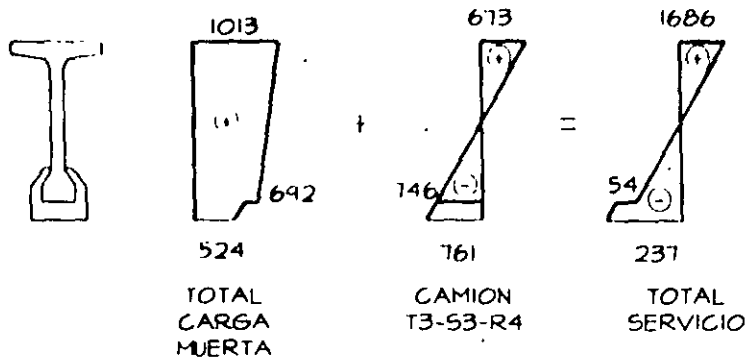
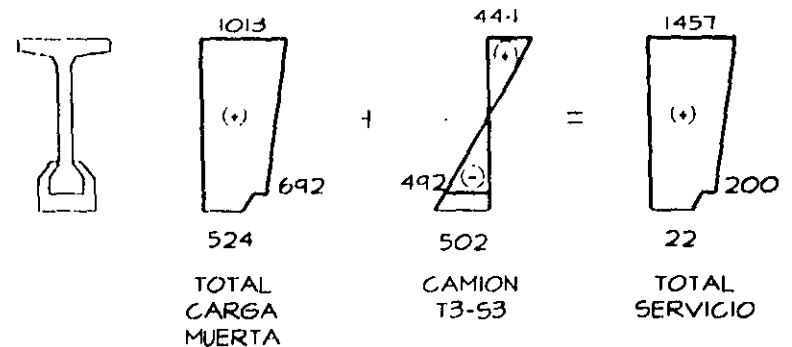
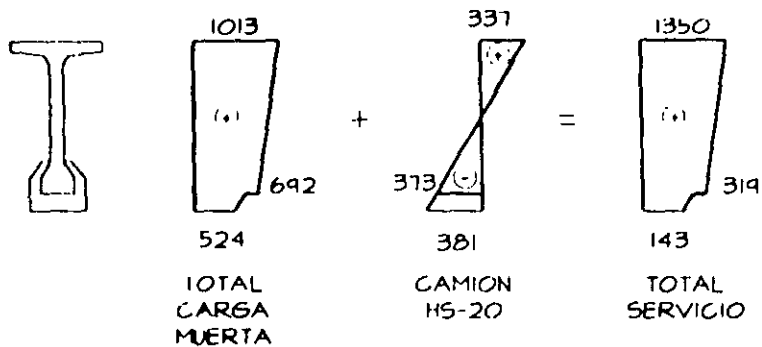
SECCION AMPLIADA Y PERDIDA TOTAL DEL PRESFUERZO INICIAL


a) CARGAS MUERTAS



b) CONDICIONES DE SERVICIO

240




CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
 DIRECCION TECNICA

PUENTE "ALVARADO"
 TRAMO DE 45 mts. FIG. 10.7

00097

**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 BPCL
<p>a) TEMPORALES</p> <p>COMPRESION</p> <ul style="list-style-type: none"> - PRETENSADOS $0.60 f'_{cl}$ - POSTENSADOS $0.55 f'_{cl}$ <p>TENSION</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con acero de refuerzo $0.8 \sqrt{f'_{cl}}$ - Máximo esfuerzo $2.00 \sqrt{f'_{cl}}$ <p>b) EN SERVICIO</p> <p>COMPRESION $0.40 f'_{c}$</p> <p>TENSION</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con acero de refuerzo $1.60 \sqrt{f'_{c}}$ - Con acero de refuerzo pero expuesto a condiciones severas $0.80 \sqrt{f'_{c}}$ - Sin acero de refuerzo 0.00 	<p>a) TEMPORALES</p> <p>COMPRESION $0.60 f'_{cl}$</p> <p>TENSION $0.70 (6+0.06 f'_{cl})$</p> <p>b) EN SERVICIO</p> <p>COMPRESION</p> <ul style="list-style-type: none"> - Combinación casi-permanente $0.50 f'_{c}$ - Combinaciones raras y frecuentes $0.60 f'_{c}$ <p>TENSION</p> <ul style="list-style-type: none"> - En clase I 0.00 - En clase II - Combinaciones raras <ul style="list-style-type: none"> - A nivel del acero de presfuerzo $6+0.06 f'_{c}$ - En otras secciones $1.50 (6+0.06 f'_{c})$ - Combinaciones frecuentes <ul style="list-style-type: none"> - A nivel del acero de presfuerzo 0.00 - En clase III - La sobretensión en el acero de presfuerzo debe ser menor a $0.10 f_{rg}$

241

00098

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)

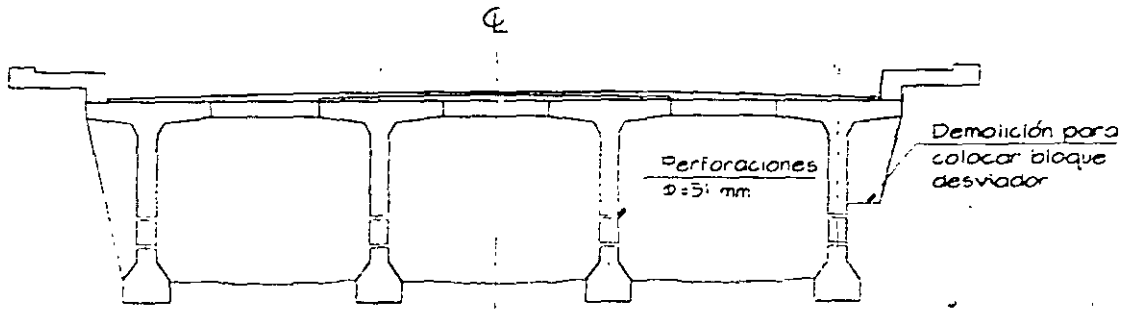


FIGURA 1

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

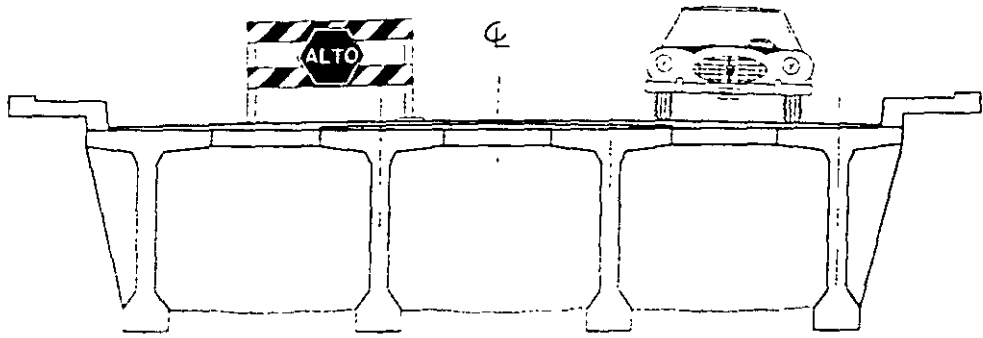


FIGURA 2

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

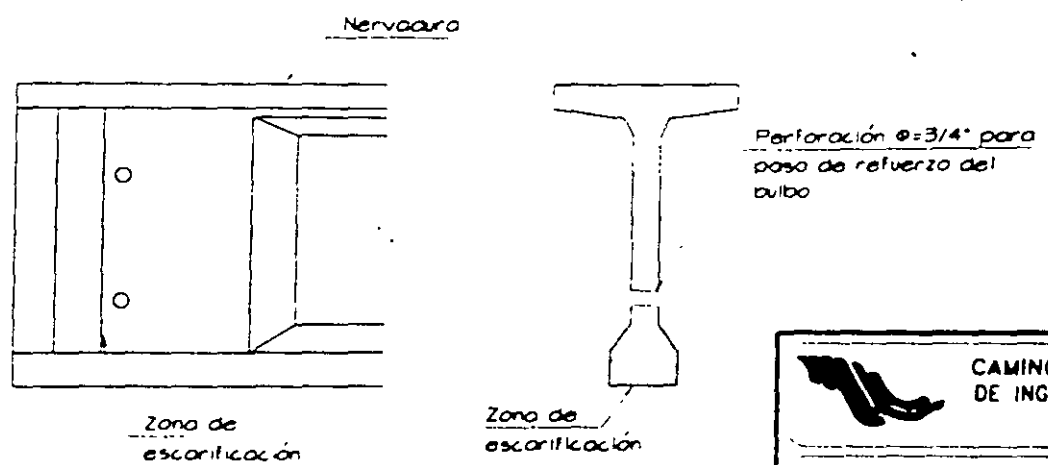



FIGURA 3



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)

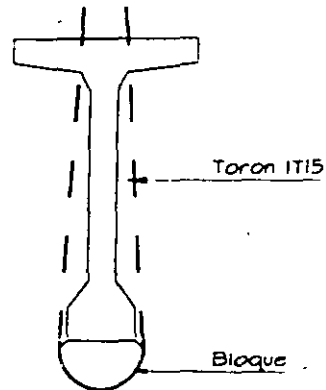


FIGURA 4

- 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)

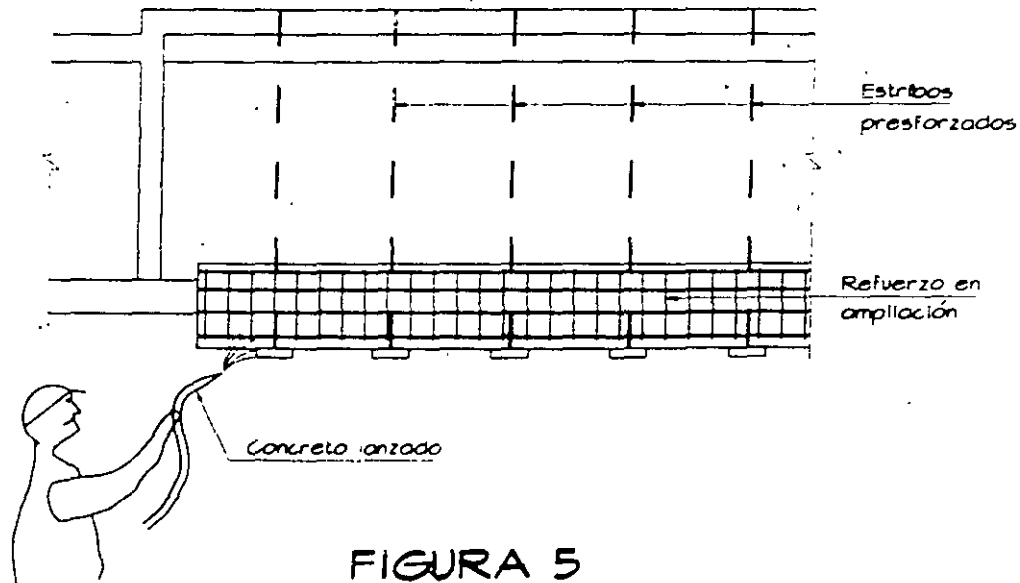


FIGURA 5

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



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TECNICA

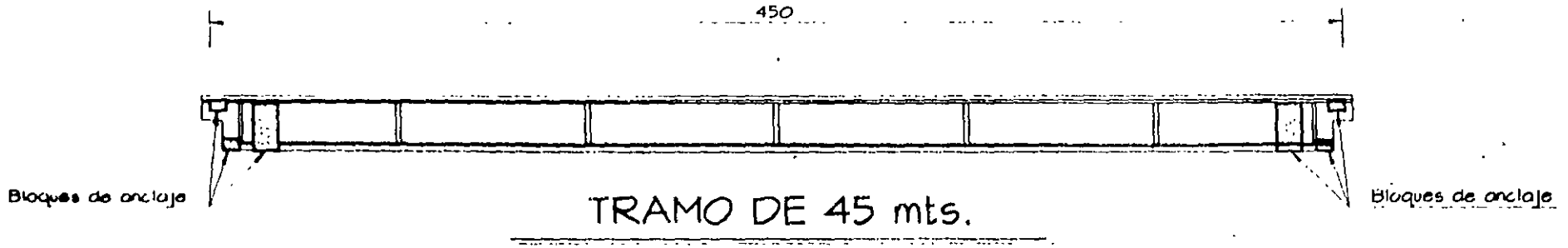
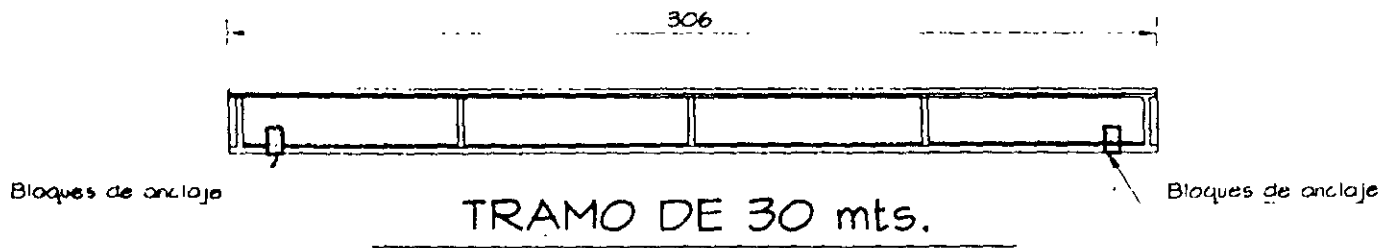
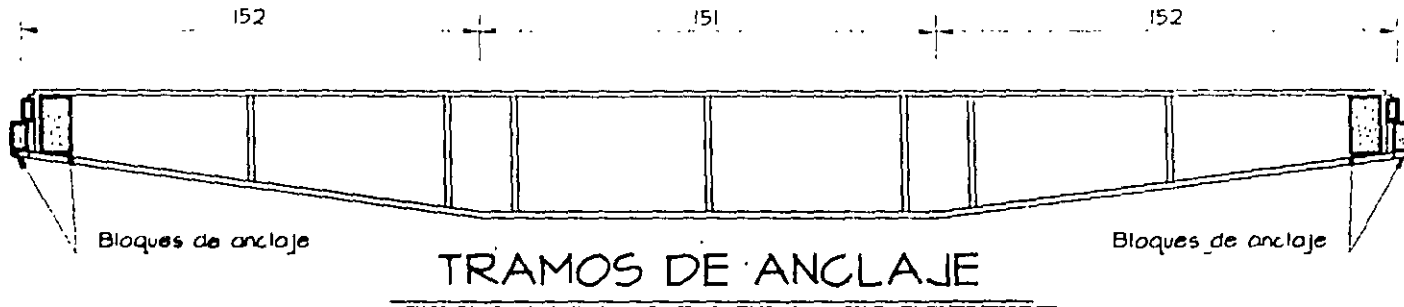
PUENTE "ALVARADO"

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



244

	CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS		
	DIRECCION TECNICA		
FUENTE "ALVARADO"			
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	110.1	3	

00101

FASE IV

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

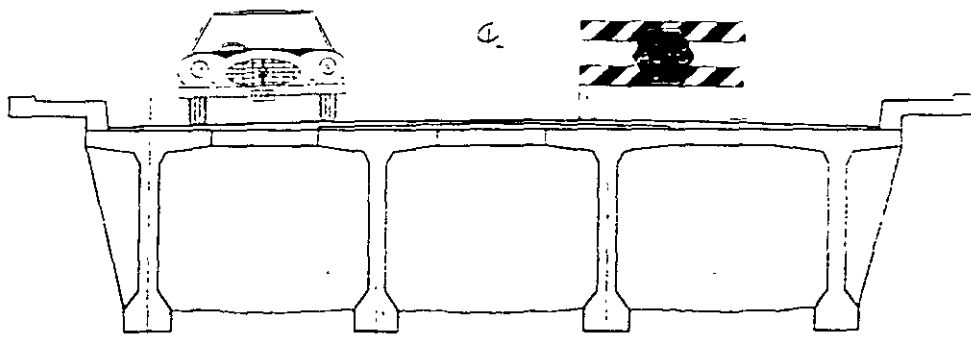


FIGURA 6

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

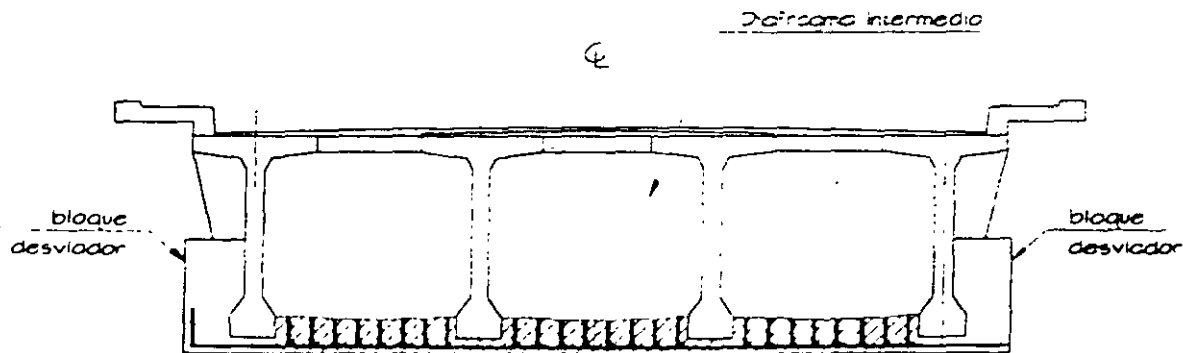

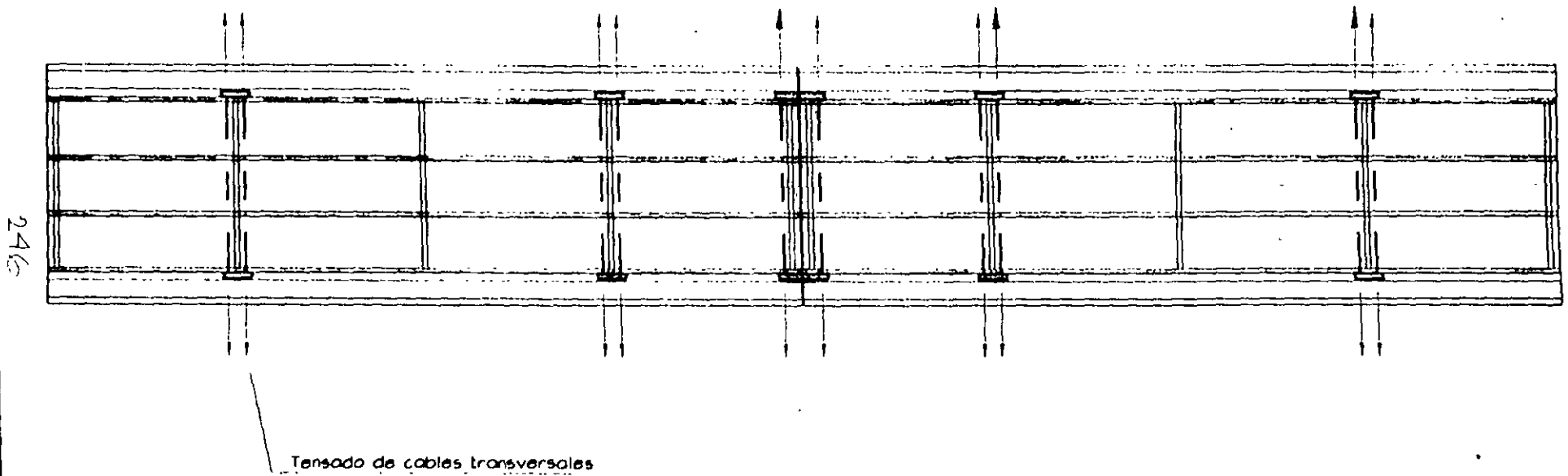



FIGURA 7

	CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS	
	DIRECCION TECNICA	
PUENTE "ALVARADO"		
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO		HOJA No. 4

FASE VI

a) Insertar y tensar los cables de presfuerzo transversal

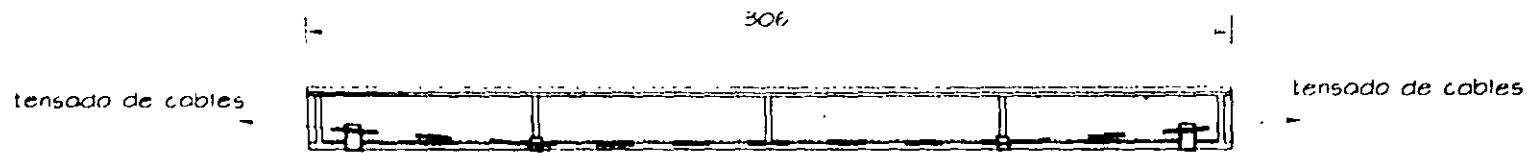
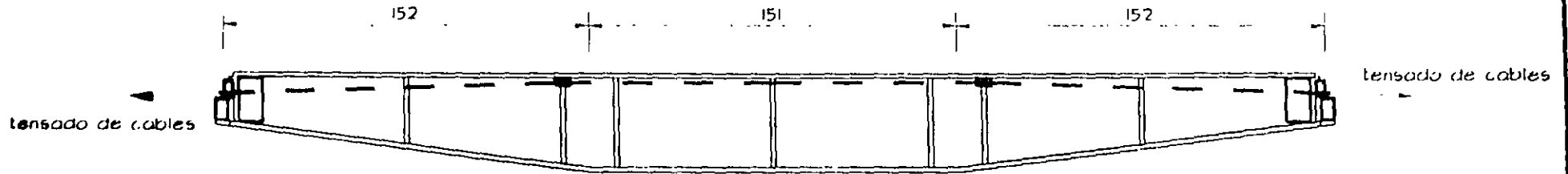


	CAMINOS Y Puentes FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS	
	DIRECCION TECNICA	
PUENTE "ALVARADO"		
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO		110 '6.5

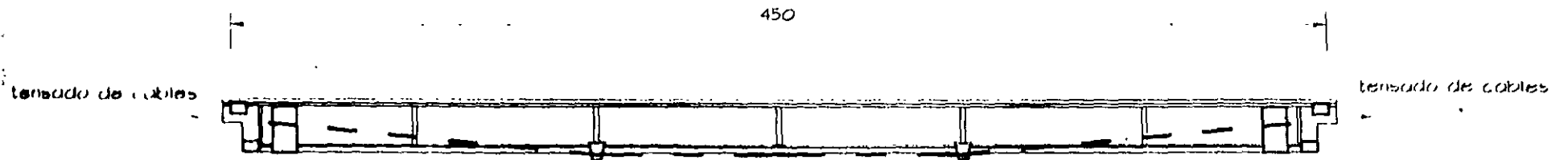
UJ103

FASE VII

- a) Insertar y tensor los cables de presfuerzo longitudinal
- b) Colocar juntas de calzada
- c) Abrir el puente a la circulación normal



247



	CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
	DIRECCION TECNICA
PUENTE "ALVARADO"	
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	HOJA No. 6

00104

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
		TOTAL	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 %

**PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS PARA
EVALUACIÓN DE PUENTES**

ROBERTO GÓMEZ MARTÍNEZ

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

CONSIDERACIONES GENERALES

- ◆ VIDA UTIL
- ◆ DAÑO ACUMULADO
- ◆ COSTO DE SUSTITUCION Y REPARACION

PRUEBAS
DESTRUCTIVAS

PRUEBAS
NO
DESTRUCTIVAS

DISCONTINUIDADES

COSTO

CONFIABILIDAD

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS (PND)

{ FISICA + INGENIERIA }

- CARACTERIZACION DE MATERIALES
- INSPECCIONES
- DETECCION DE DAÑO
- EVALUACION DE TOLERANCIAS

GLOBALES : (radar, termografías)

PND

LOCALES : (ultrasonido, rayos X, tomografías, líquidos penetrantes, electromagnetismo)

PND LOCALES

LIQUIDOS PENETRANTES

- materiales no porosos
- líquido fosforescente penetrante
- discontinuidades en la superficie

INSPECCION DE PARTICULA MAGNETICA

- magnetizado de objeto o superficie
- se aplican partículas magnéticas
- se mide escape de partículas

RAYOS X

- radiación de rayos X, rayos gama, partícula beta, etc
- imagen de sombras

TOMOGRAFIA

- similar a los rayos X
- imagen
- se mide radiación
- volúmenes

DEFECTOS EN SOLDADURAS

- POROSIDADES
- RESIDUOS DE ESCORIA
- FUSION INCOMPLETA
- PENETRACION INCOMPLETA
- GRIETAS

ULTRASONIDO

- propagación de ondas en un sólido

$$V_p = \{ E (1-\nu) / \rho(1+\nu) (1-2\nu) \}^{1/2}$$

donde :

E = Módulo de Elasticidad

ν = Módulo de Poisson

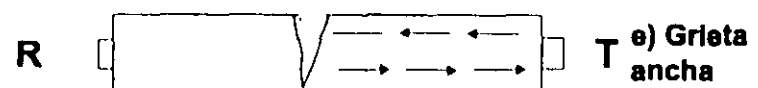
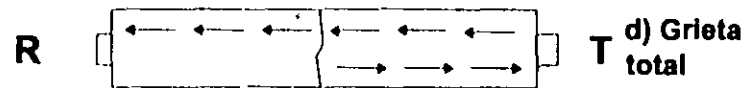
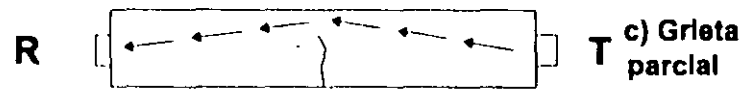
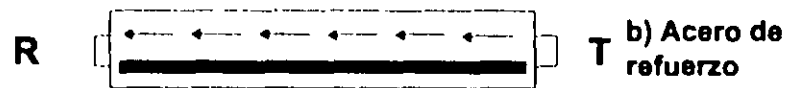
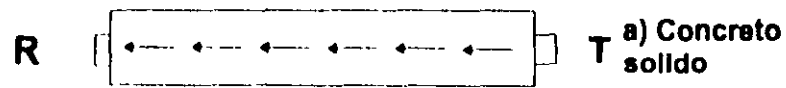
ρ = densidad

Velocidad de pulso = (longitud de la trayectoria/tiempo transcurrido)

V-METER

- homogeneidad del concreto
- presencia de imperfecciones
- cambio en las propiedades
- estimación del módulo elástico

FACTORES QUE AFECTAN LA TRANSMISIÓN DE UNA ONDA DE SONIDO A TRAVÉS DEL CONCRETO



R = receptor
T = transmisor

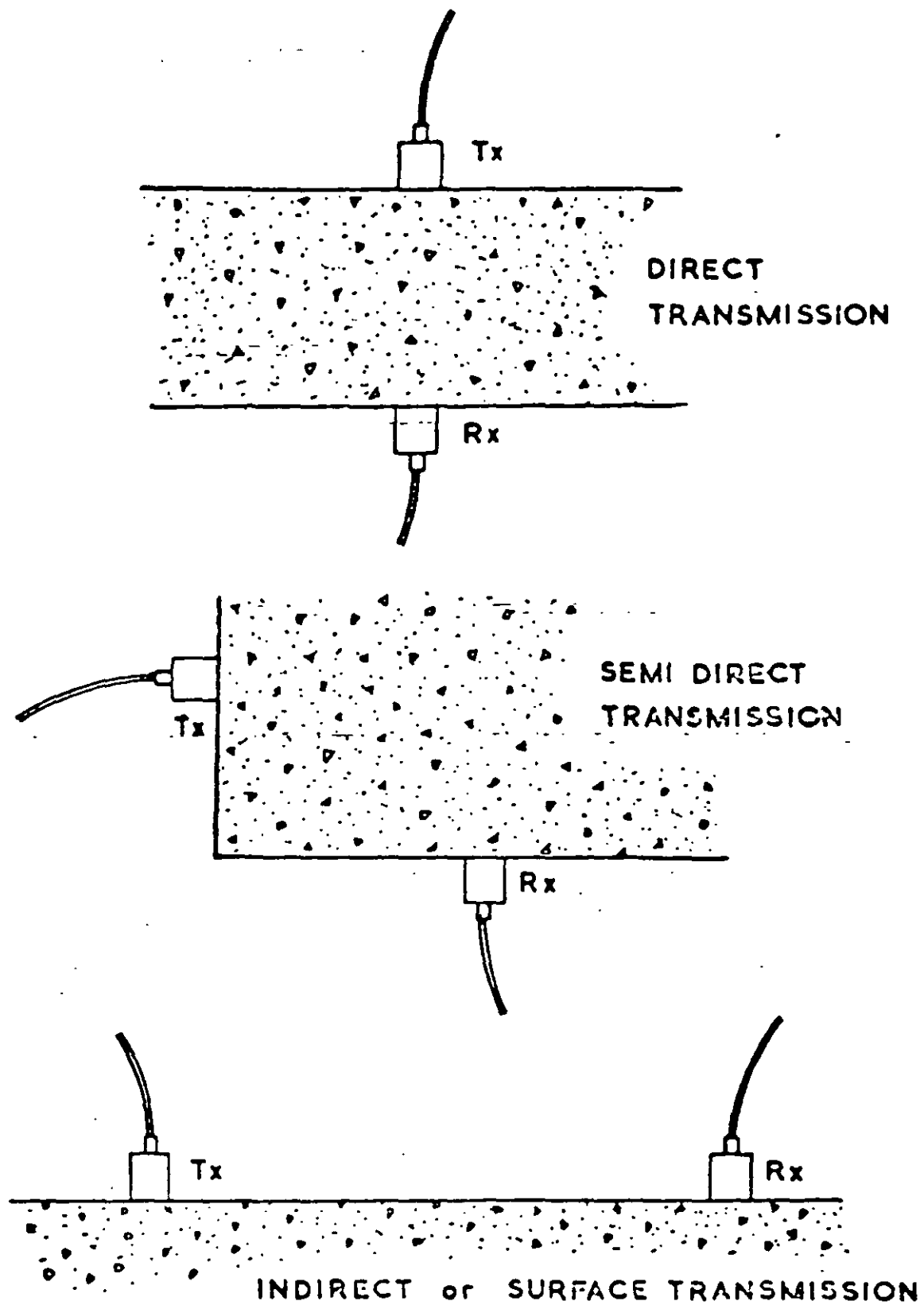


Fig.1: Methods of propagating ultrasonic pulses

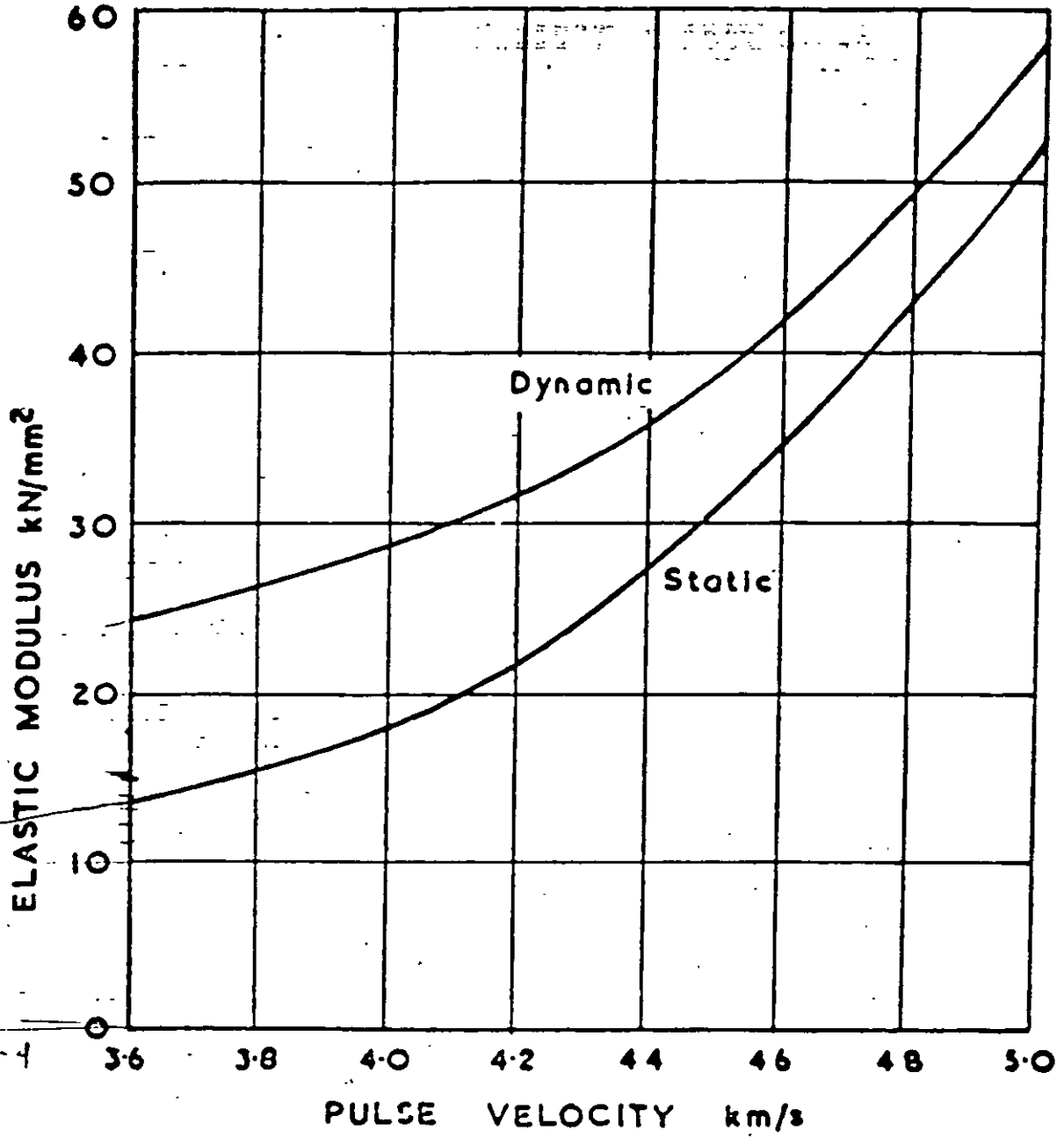


Fig.2: Curves relating Pulse Velocity with Static and Dynamic Elastic Modulus

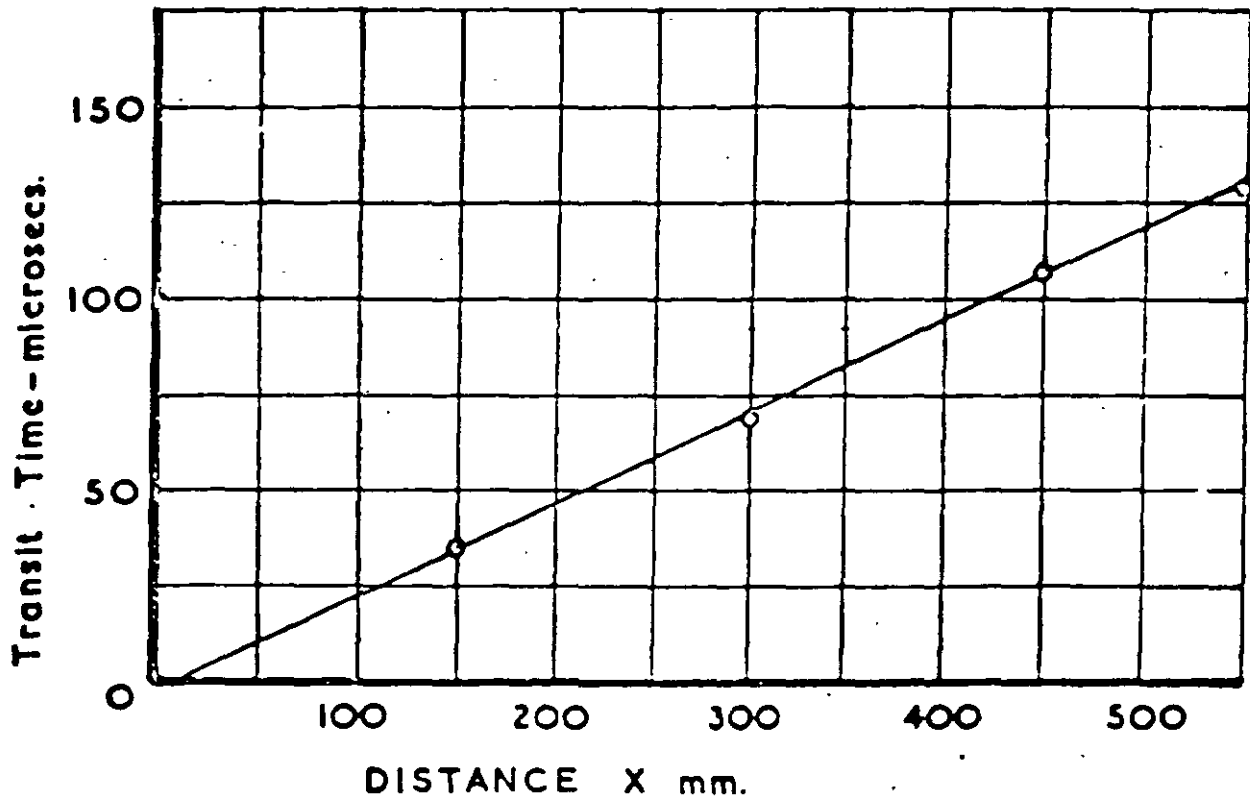
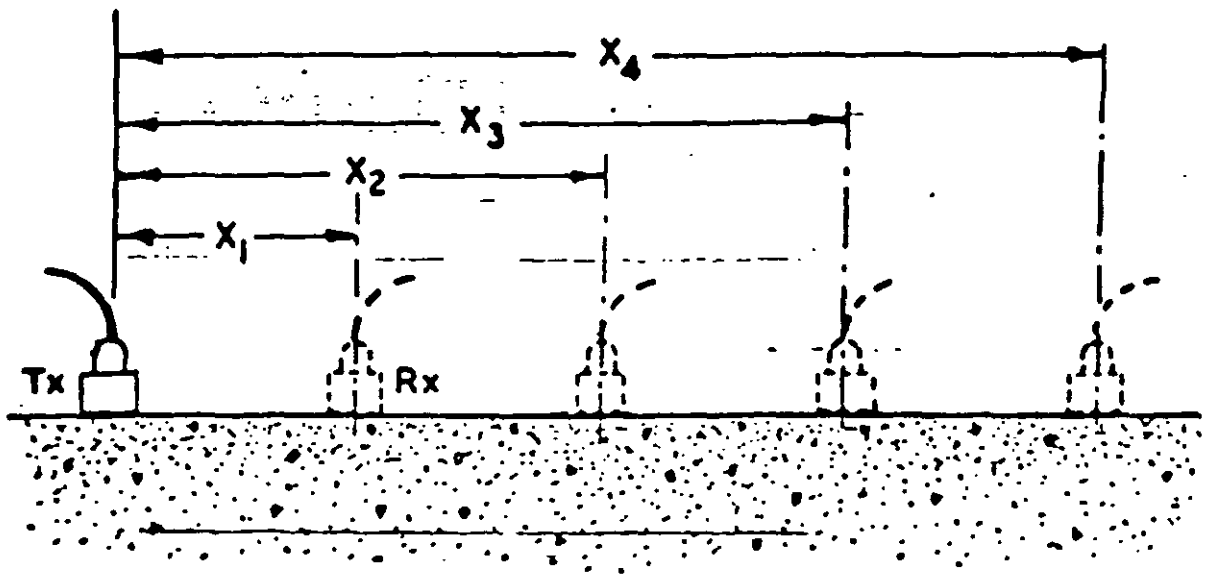
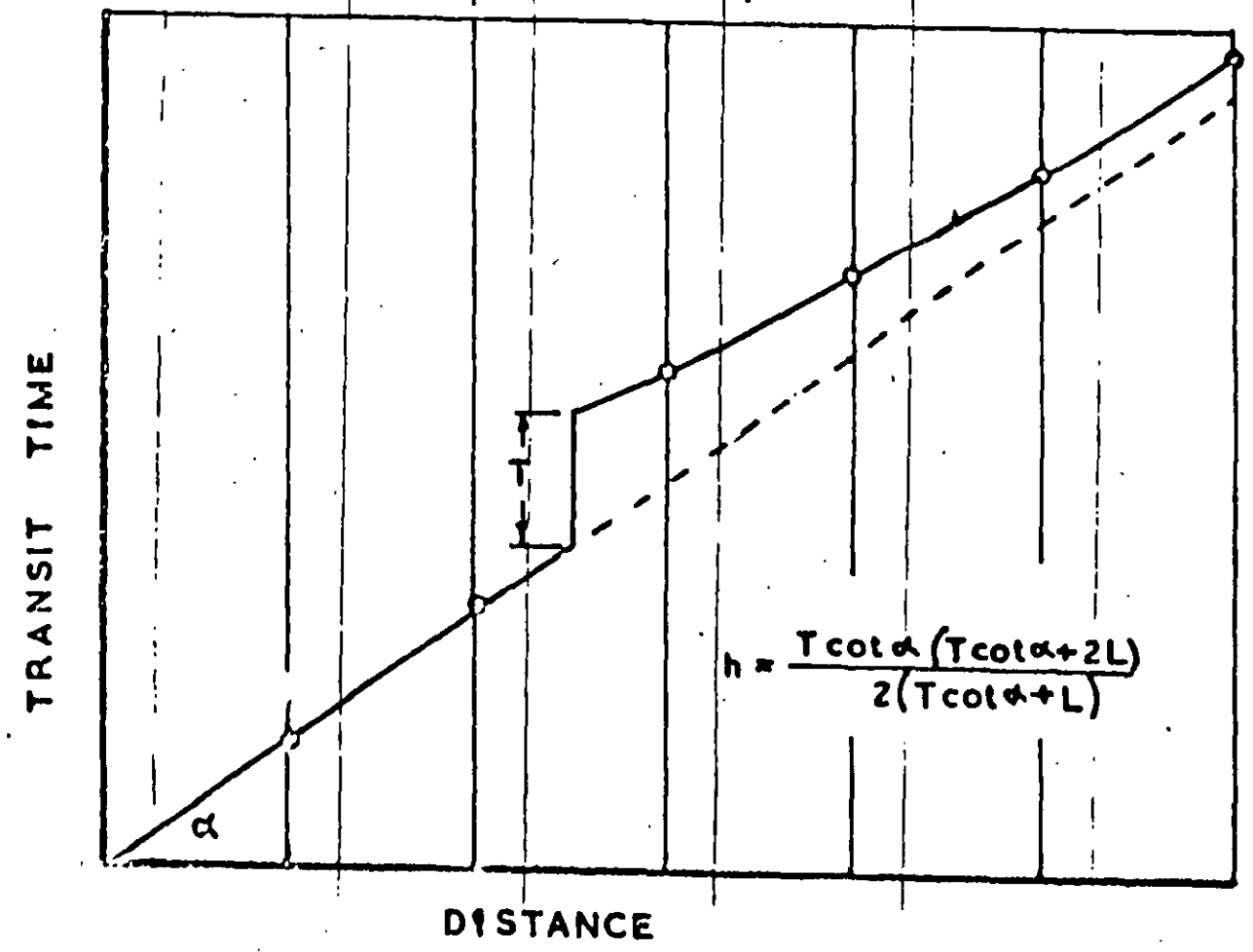


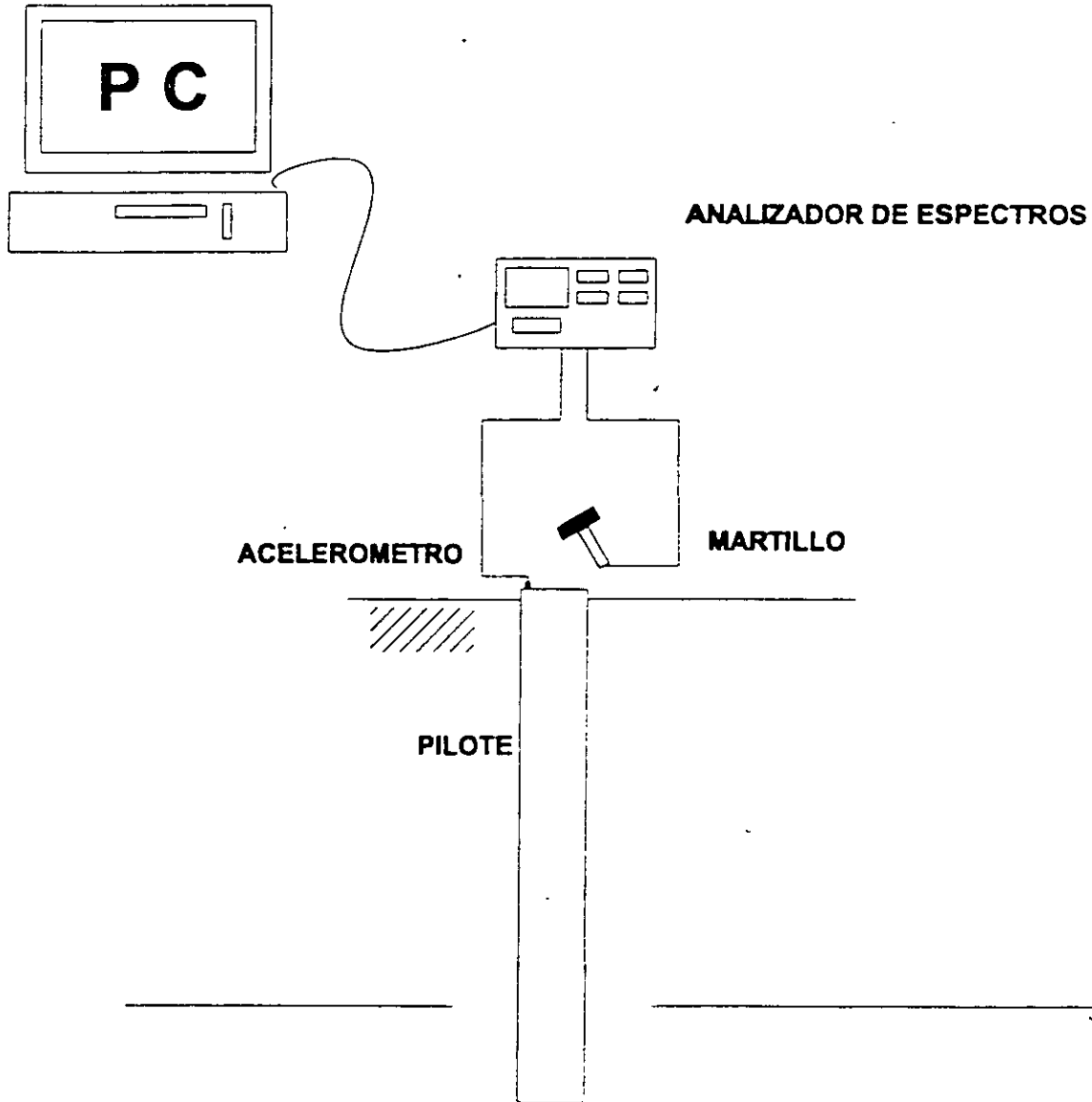
Fig. 3:
Pulse Velocity determination by Surface (indirect) Method



Fig.4:
Determination of
Crack Depth

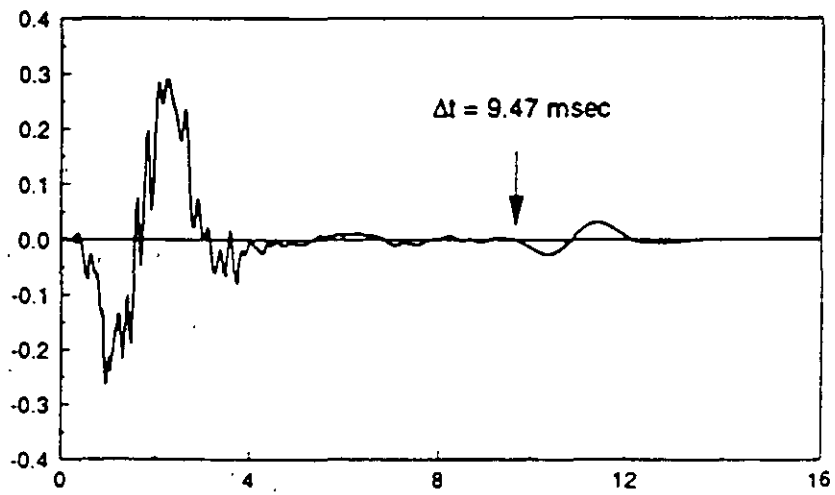


EVALUACIÓN NO DESTRUCTIVA DE PILOTES O PILAS COLADAS EN EL SITIO



ECO

$$Z = \frac{V_p \cdot \Delta t}{2}$$



MOVILIDAD

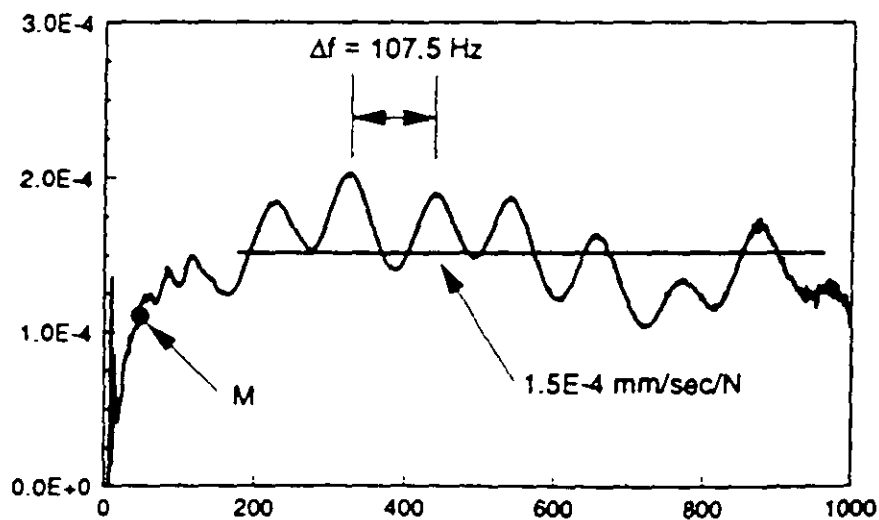
$$\text{Movilidad} = \frac{V(f)}{P(f)} = \frac{A(f)}{i\omega P(f)}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$P(f)$ = espectro de potencia de la fuerza

$A(f)$ = espectro de potencia de la aceleración

$$z = \frac{V_p}{2 \cdot \Delta f}, \quad N = \frac{1}{\rho_c \cdot A_c \cdot V_p}, \quad k_{\text{mov}} = \frac{2\pi f_m}{\frac{V(f)}{P(f)}}$$



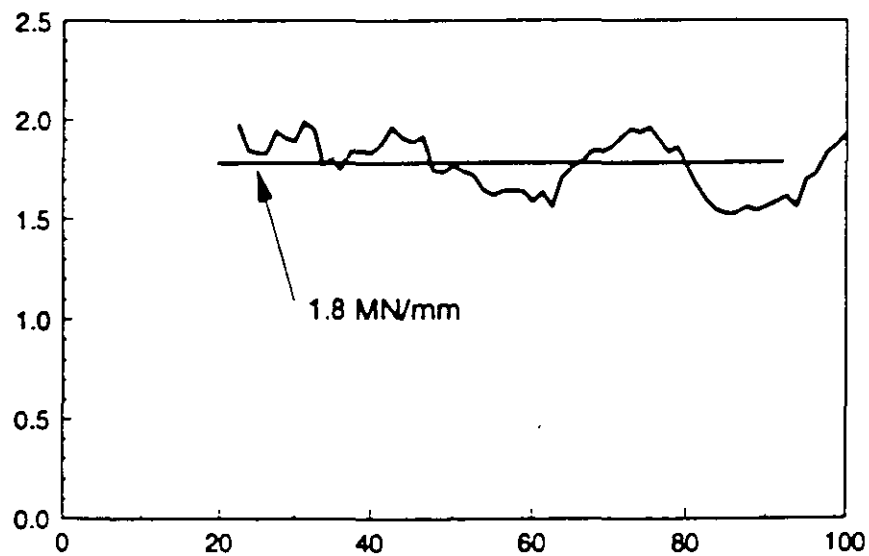
FUNCIÓN DE IMPEDANCIA

00015

$$\mathbf{K}^* = \mathbf{K}_R + i\mathbf{K}_i$$

\mathbf{K}^* = rigidez dinámica del pilote

$$\mathbf{K}^* = \left(\frac{\mathbf{V}(f)}{i\omega \mathbf{P}(f)} \right)^{-1} = \left(\frac{-\mathbf{A}(f)}{\omega^2 \mathbf{P}(f)} \right)^{-1}$$



RADIOGRAFIA

00016

Rayos X

- **Calidad del concreto (homogeneidad y grietas)**
- **Defectos en el acero de refuerzo o presfuerzo (errores en la colocación, deformaciones anormales, fracturas de cables, corrosión, pérdida de adherencia)**
- **Calidad del mortero (huecos en ductos de presfuerzo)**

Aplicabilidad

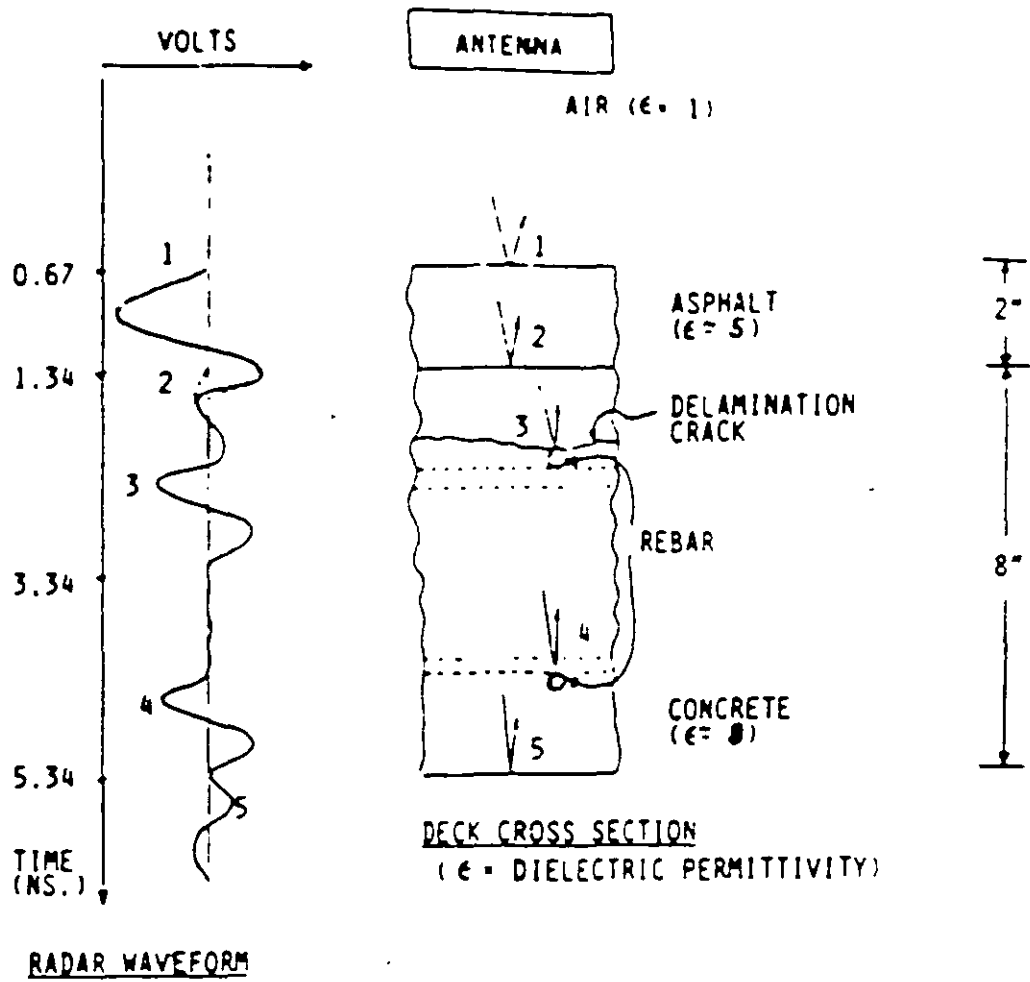
$0.50 \text{ m} \leq x \leq 1.0 \text{ m}$

EXTRACCIÓN DE CORAZONES

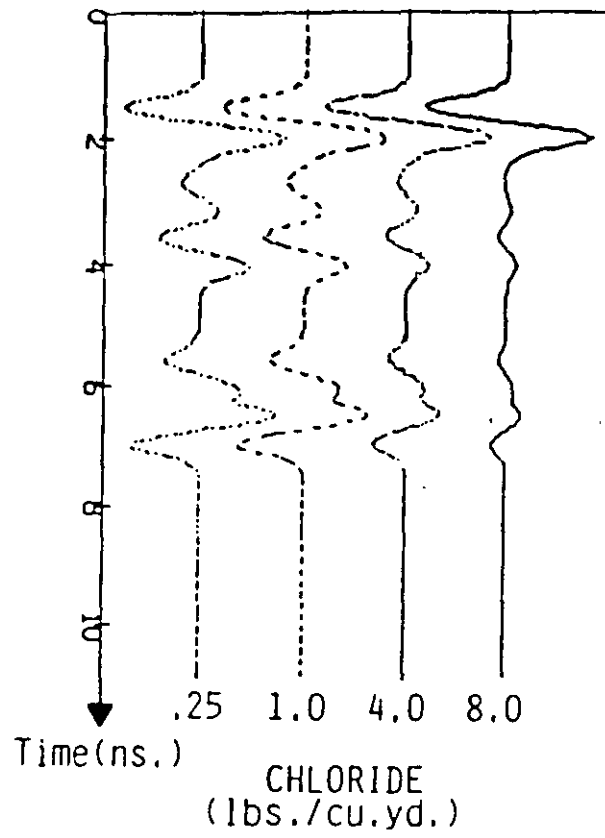
- * DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
- * DETERMINACIÓN DE MÓDULOS ELÁSTICOS DEL CONCRETO
- * PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DEL MODELO MATEMÁTICO

RADAR

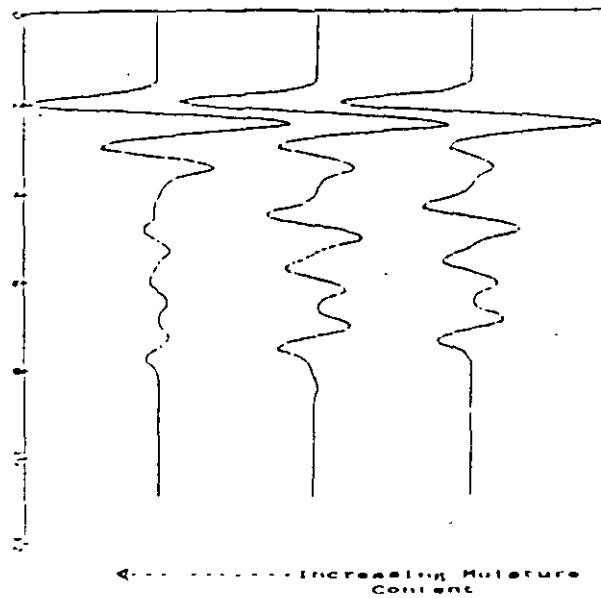
- Antena
- Pulso electromagnético
- Reflejo de pulsos
- Tiempo de viaje de los pulsos



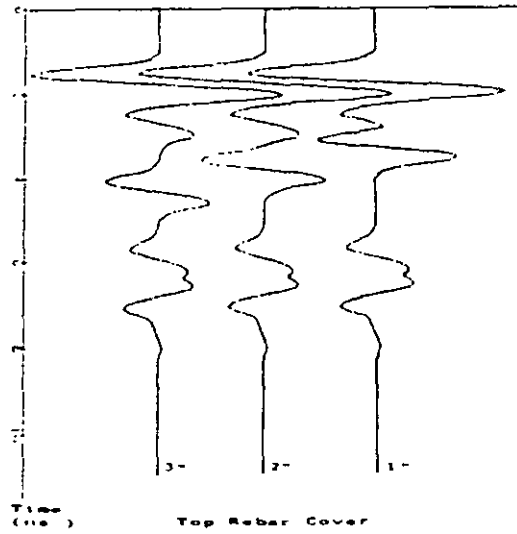
Construcción de una onda de radar



Ondas de radar para variaciones de contenido de cloruros



Ondas de radar para variaciones de contenido de humedad



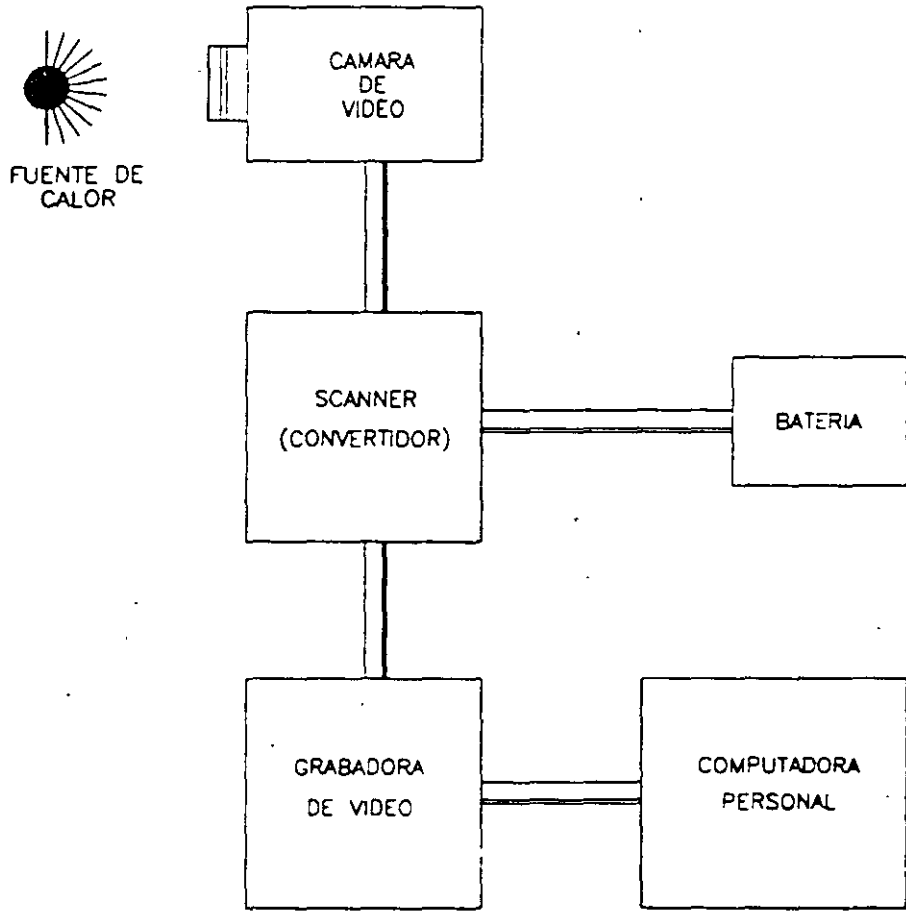
Ondas de radar para variaciones de recubrimientos de concreto

TERMOGRAFIA

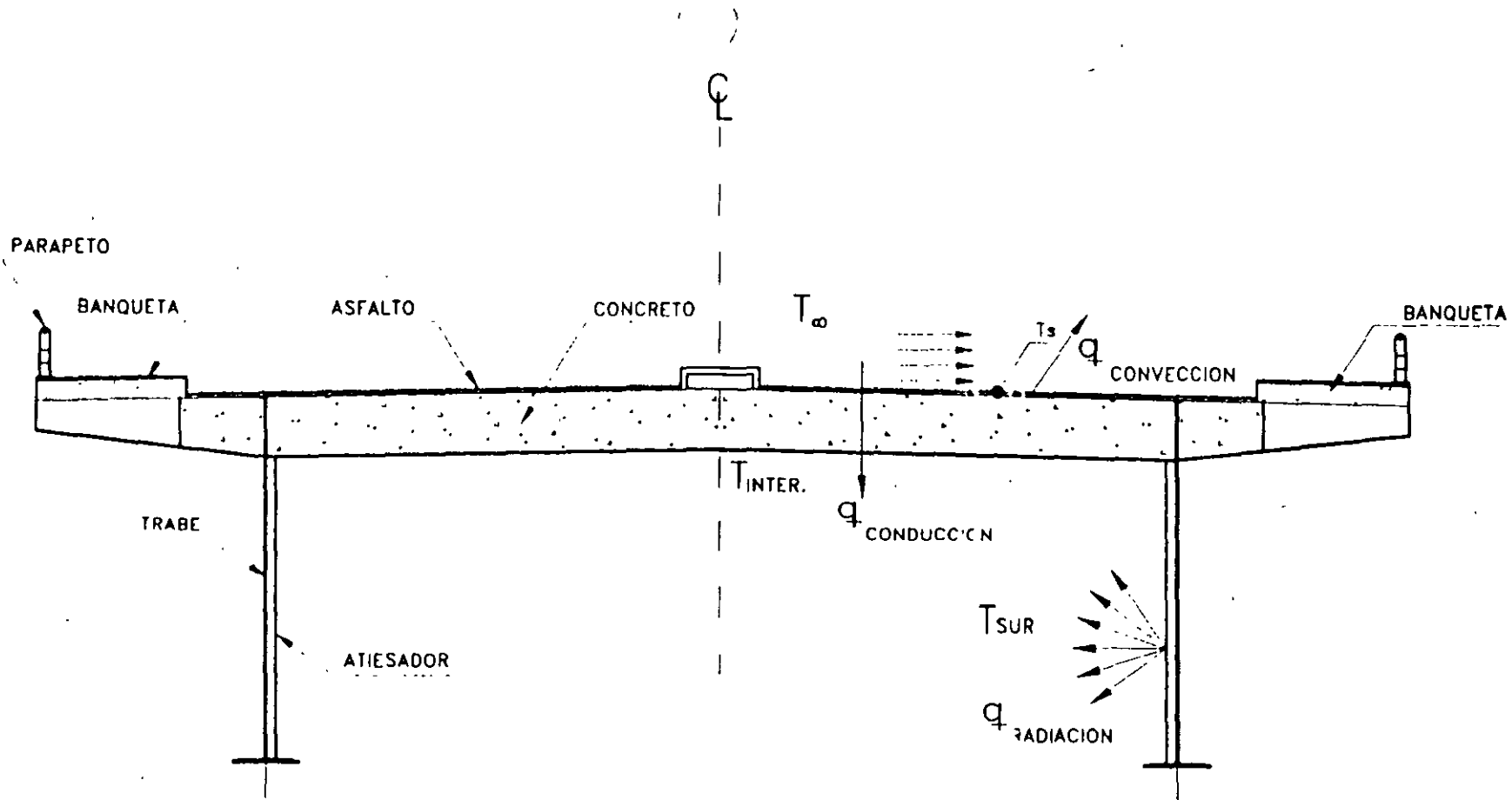
- * MEDICION DE LA EMISION DE INFRAROJO

- * LOCALIZACION DE ANOMALIAS TERMICAS

- * INTERACCION TERMODINAMICA



ESQUEMA DE MEDICION DE DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS



271

ESQUEMA DE TRANSFERENCIA DE CALOR

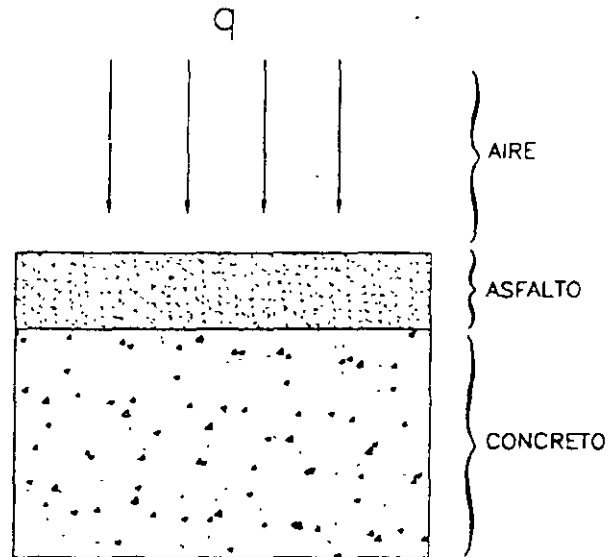
TRANSFERENCIA DE CALOR

$$E \rightarrow \Delta t$$

* *Conducción* $q_n = -K \frac{dT}{dn}$

* *Convección* $q = h(T_s - T_\infty)$

* *Radiación* $q = \epsilon \sigma (T_s^4 - T_{sur}^4)$



$$\Gamma = \frac{\epsilon_c - \epsilon_a}{\epsilon_c + \epsilon_a}$$

$\epsilon = (\rho c \lambda)^{1/3} = \text{EMISION TERMICA}$

$\rho = \text{DENSIDAD}$

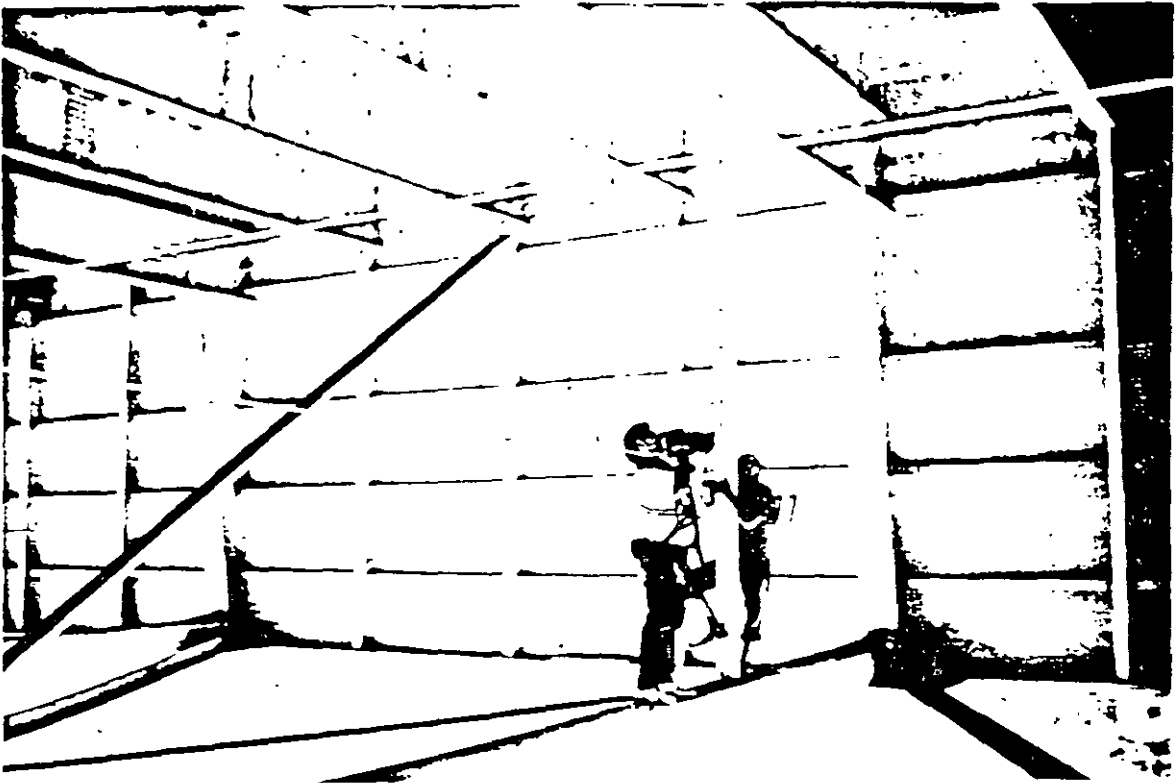
$c = \text{CALOR ESPECIFICO}$

PARAMETROS FISICOS

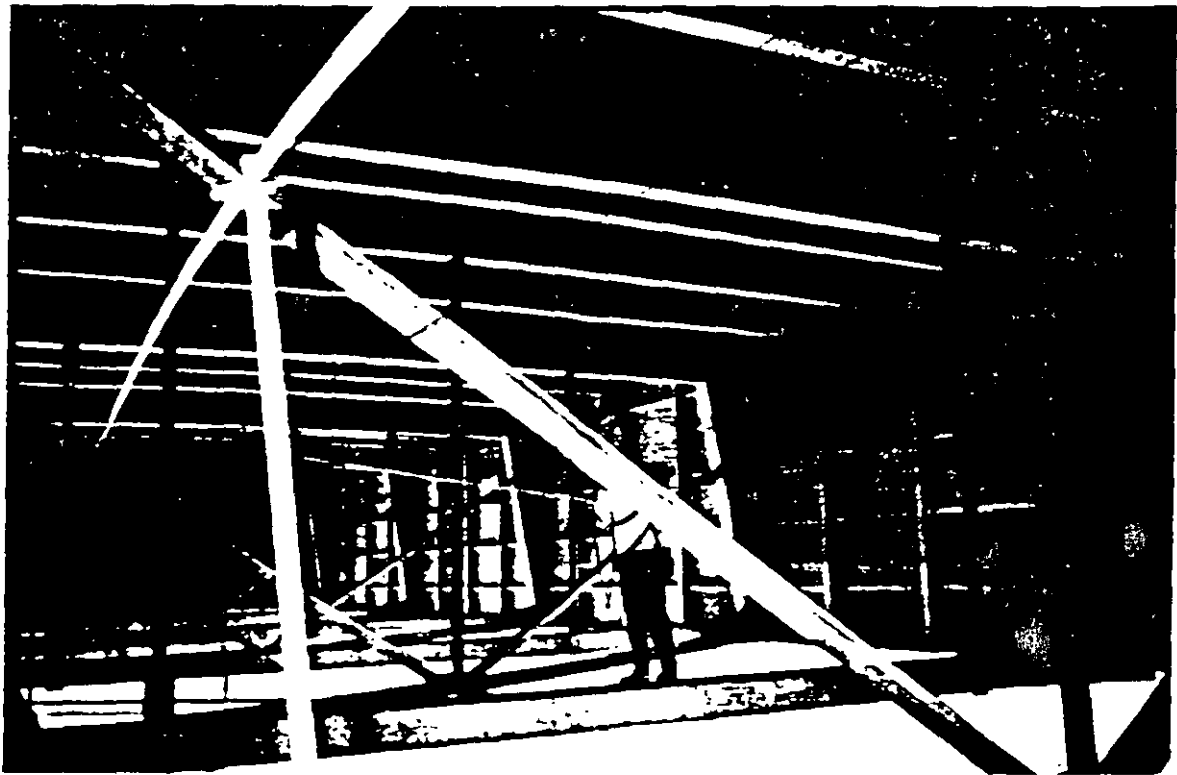
- Emisividad
- Temperatura del sistema de piso
 - Temperatura ambiente
 - Conductividad
 - Hora del día
- Velocidad del aire



Equipo de Termografía



(a)

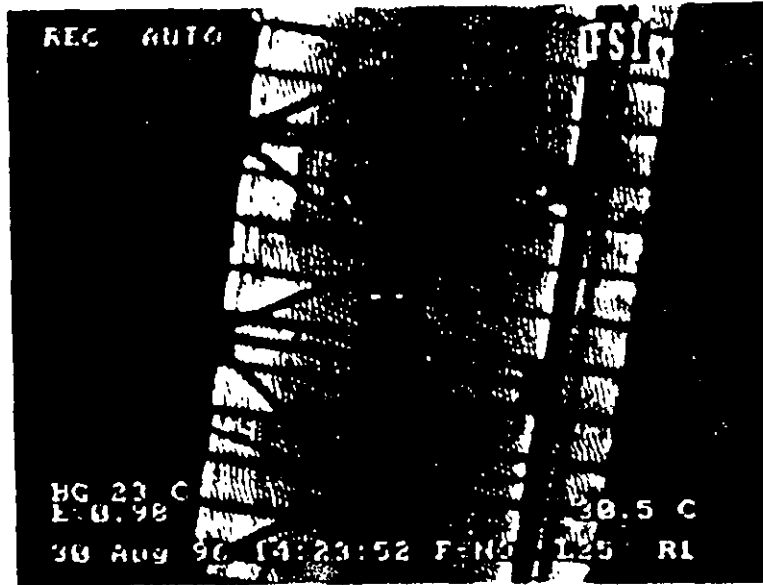


(b)

Grabación de videos para termografía

REPORTE FOTOGRAFICO

OBRA	<u>PUENTE MARIANO</u>	CLIENTE:	<u>CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS</u>	FECHA	<u>Octubre 1998</u>
	<u>GARCIA BELA</u>	REVISOR:	<u>TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCION, S.A. DE C.V.</u>		
CUERPO	<u>UNICO</u>			HOJA	<u>1 DE 10</u>
KM	<u>8 + 650</u>				



OBSERVACIONES:

Mapa térmico del Puente al centro del mismo, mostrando la temperatura central.

TERMOGRAMA No. 1



RIADA, S.A. DE C.V.
diseño, gerencia y construcción

277

0022

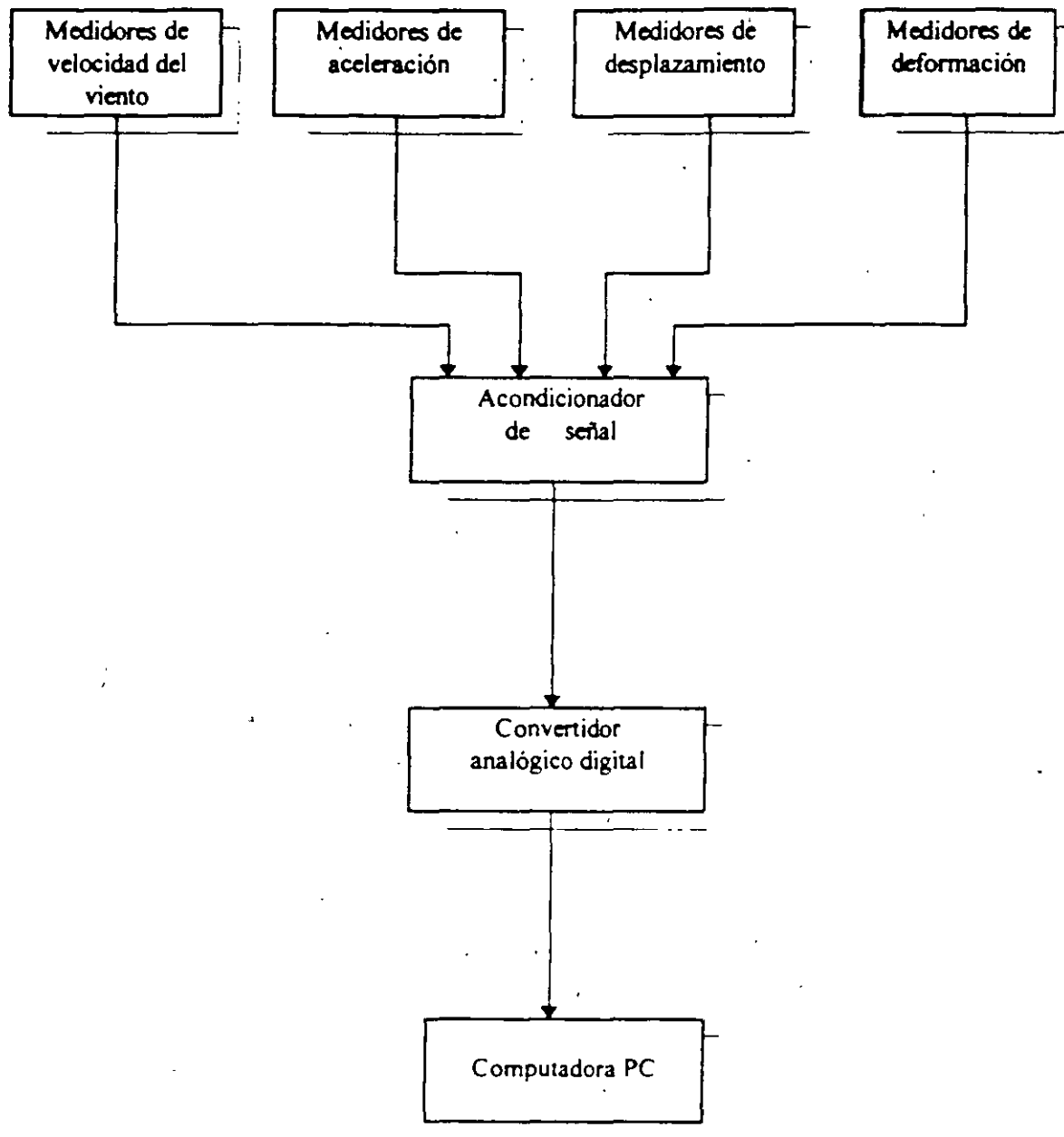


Figura 2.6 Diagrama de flujo del registro de señales

PND GLOBALES

TERMOGRAFIA

RADAR

CARGA ESTATICA

- a). medición de deformaciones
- b). medición de desplazamientos

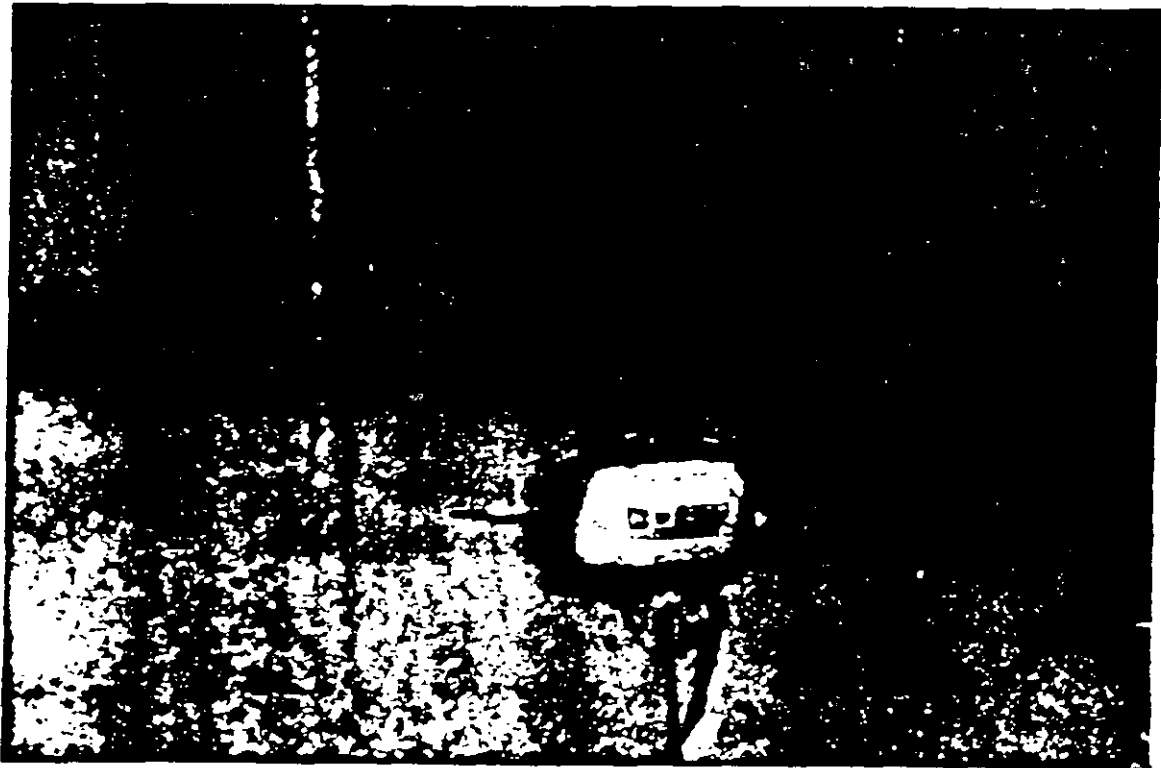
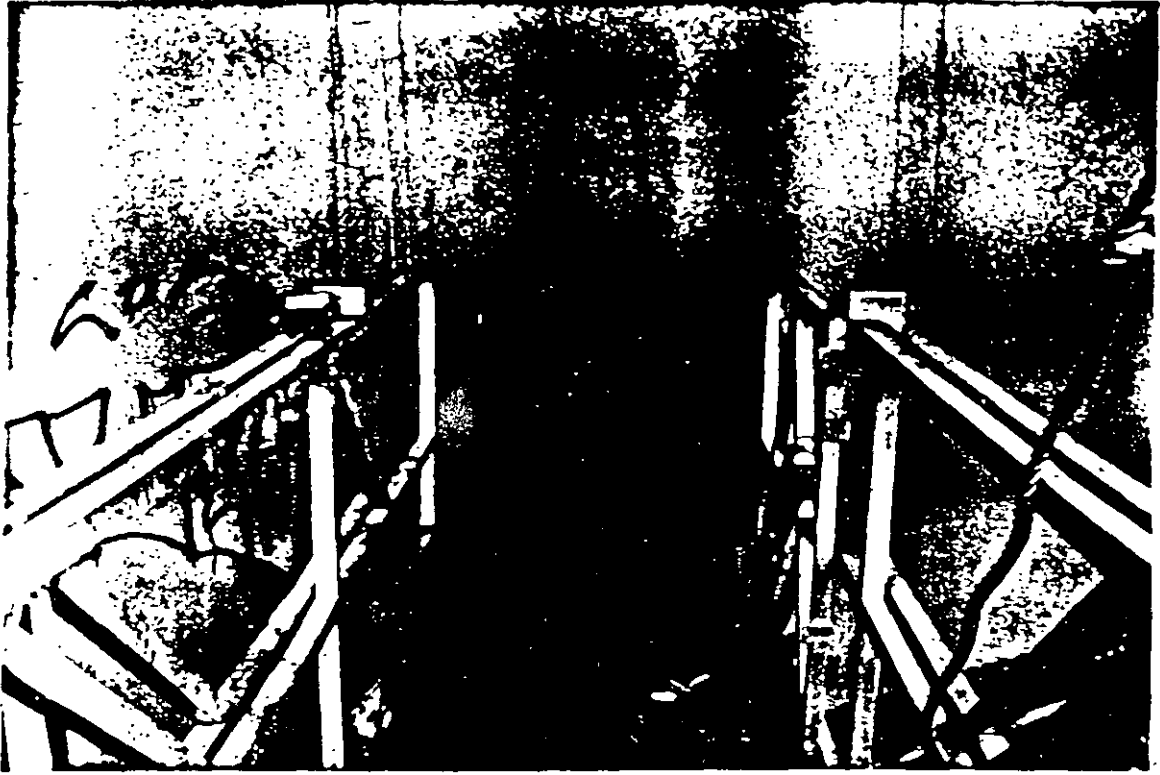
CARGA DINAMICA

- a). medición de aceleraciones
- b). historias de deformaciones
- c). historias de desplazamientos



INSTALACIÓN DE DEFORMÍMETROS

00033



INSTALACIÓN DE DEFORMIMÉTROS

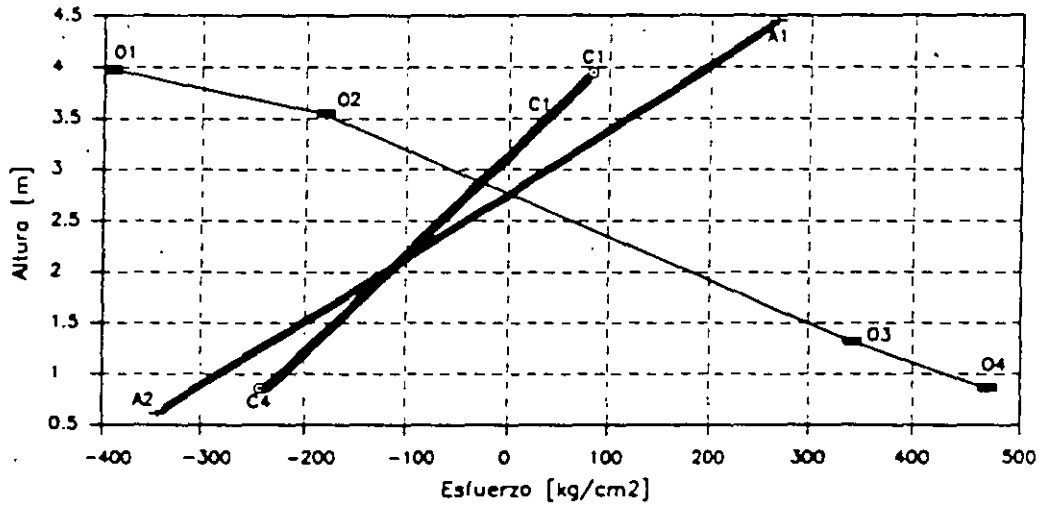


Fig 9 Deformaciones medidas en las tres secciones de la superestructura. Prueba No. 7, puente Ing. Mariano García Sela

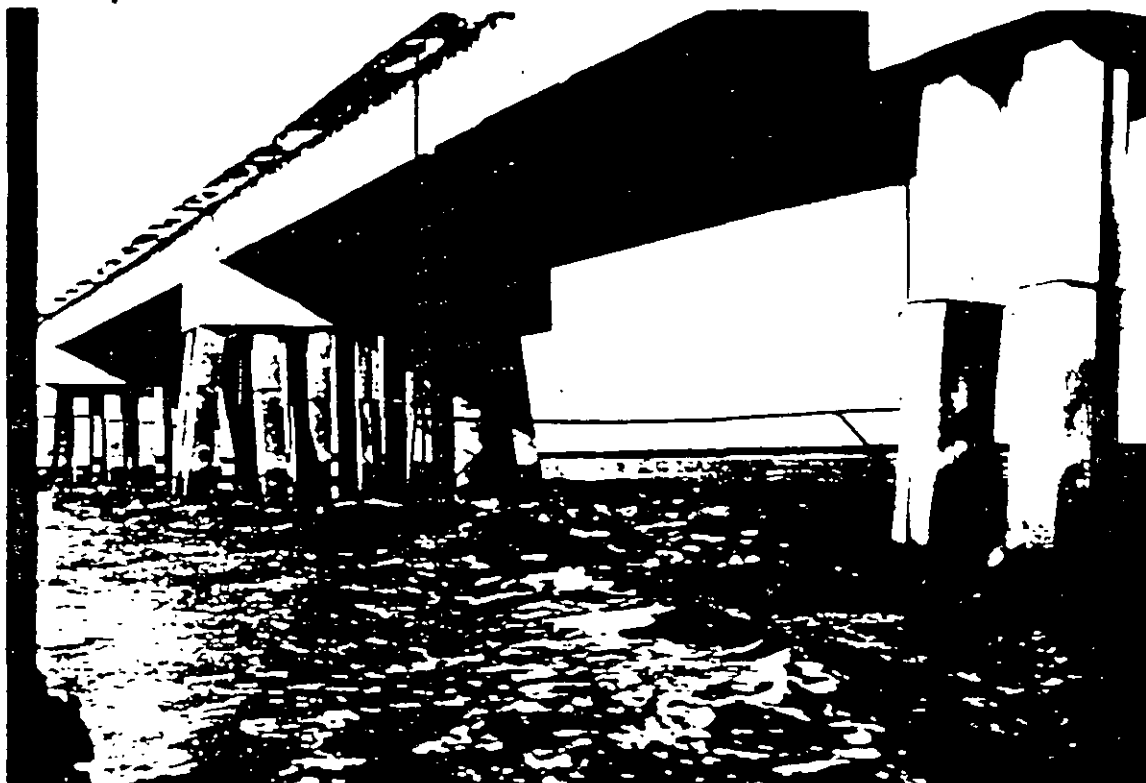


FOTO 2.1

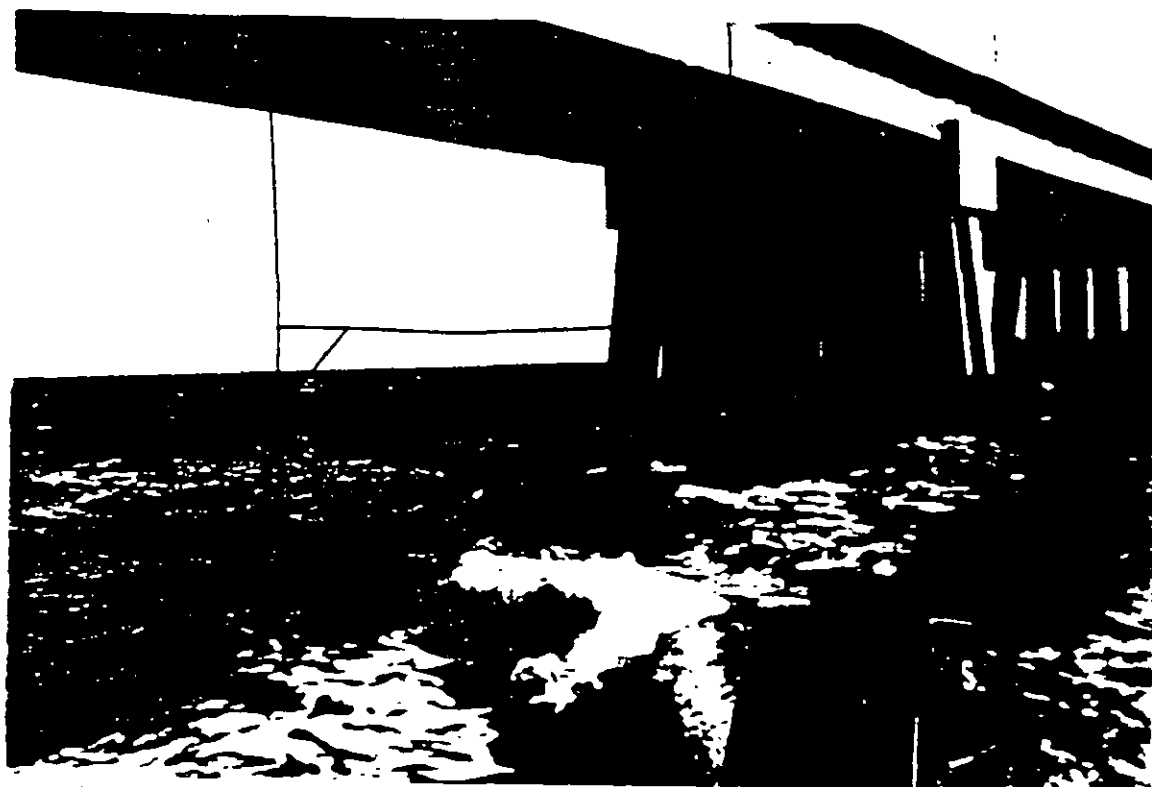


FOTO 2.2

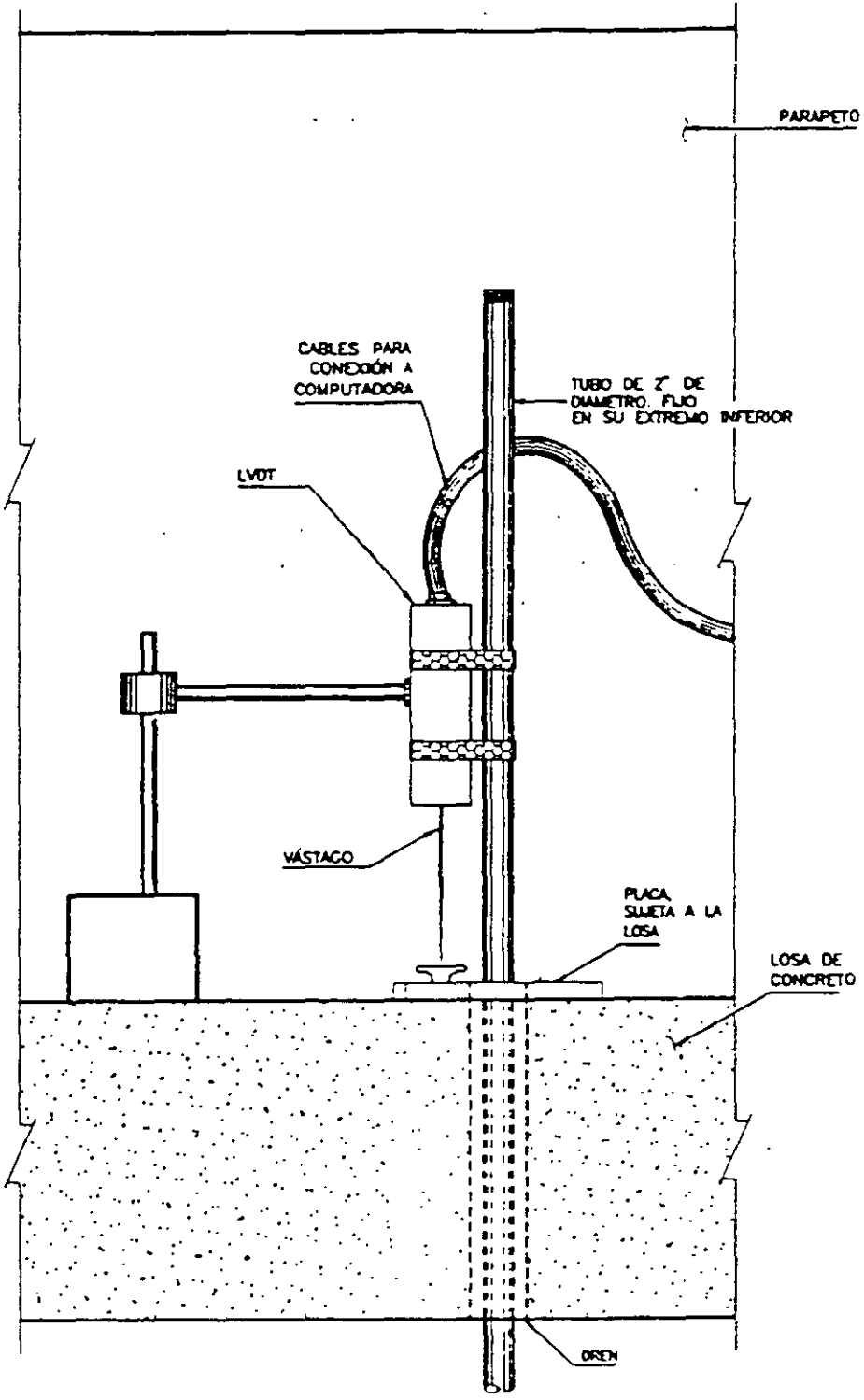


Fig 2.3 Croquis del sensor para medición y registro de desplazamientos. Puente la Unidad

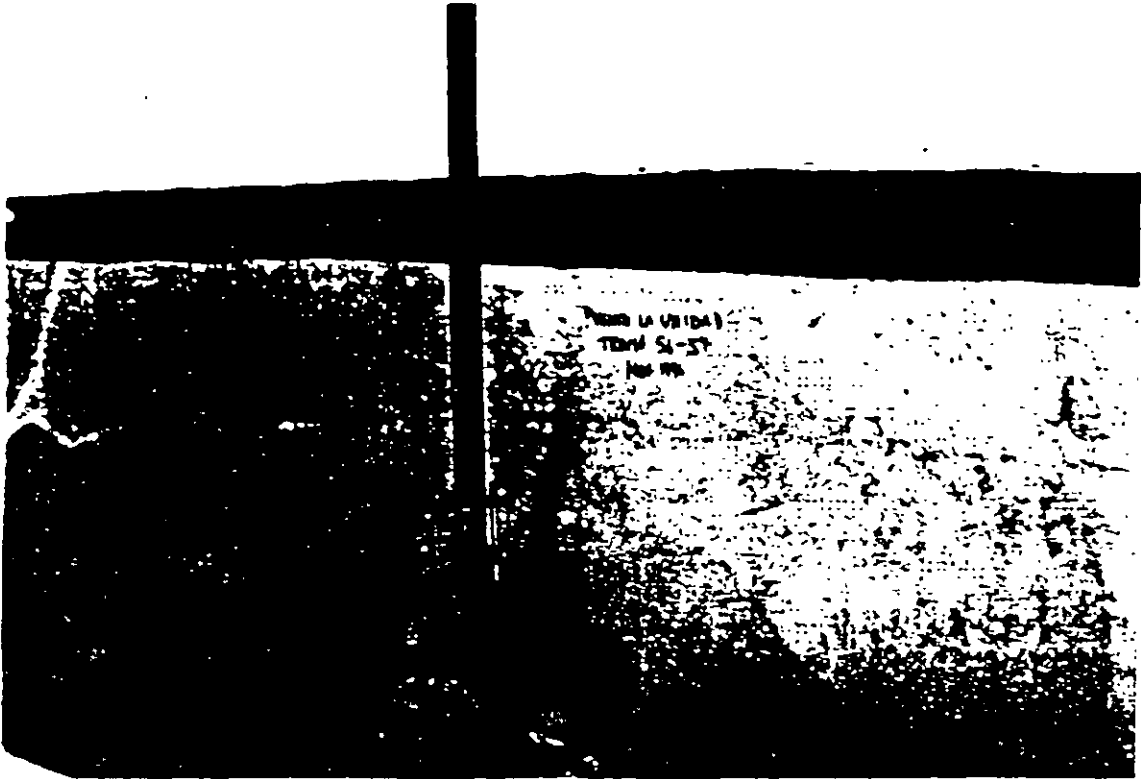


FOTO 2.7

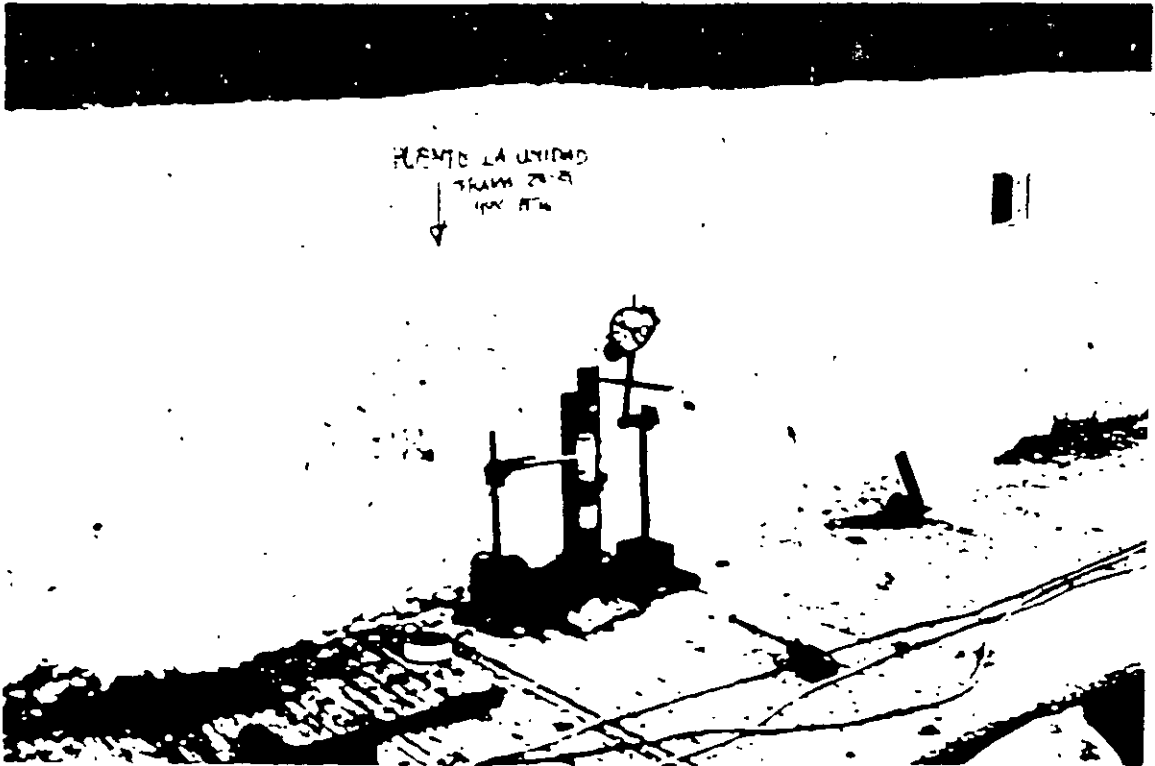


FOTO 2.8

PUENTE LA UNIDAD

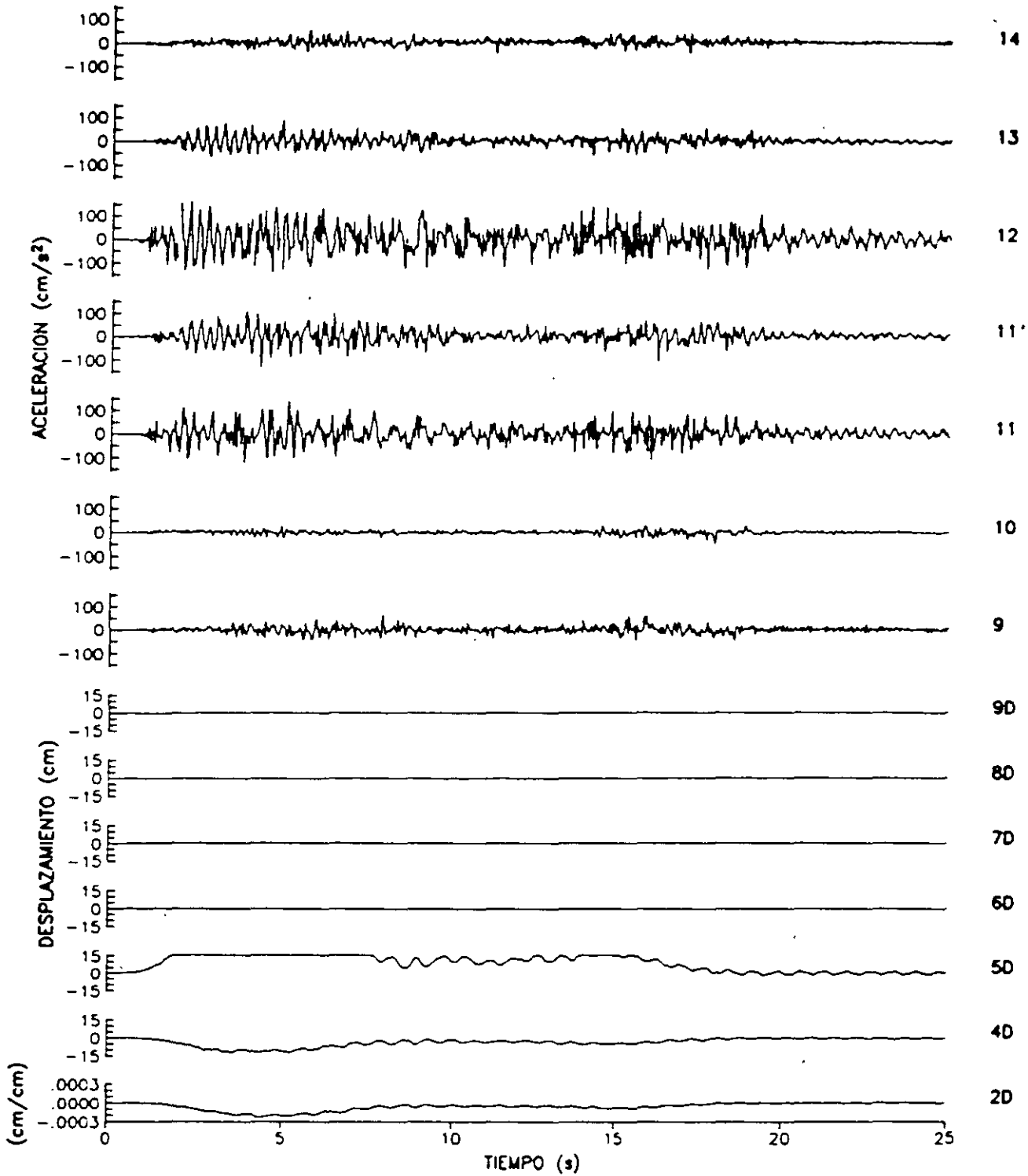
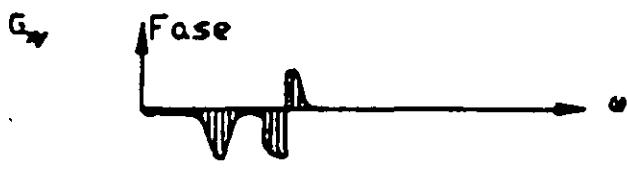
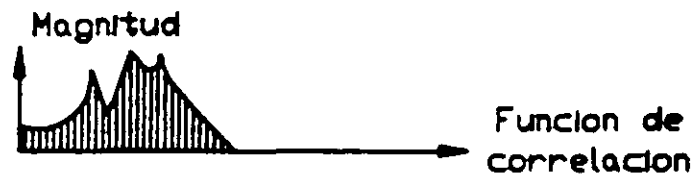
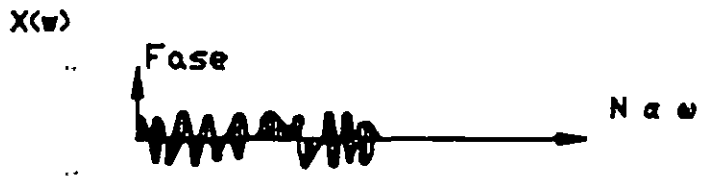
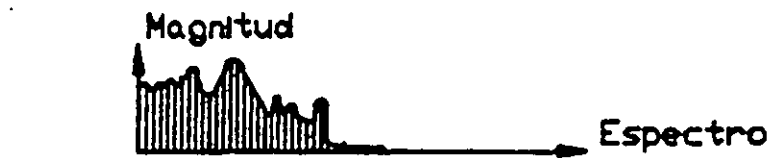
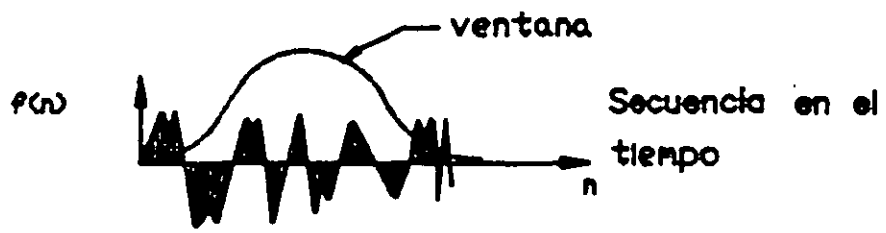
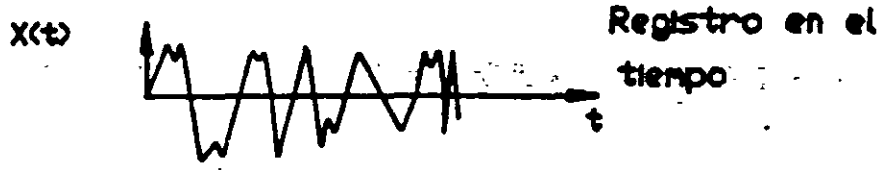


Fig 46 Primer segmento de aceleraciones y desplazamientos verticales, y deformaciones longitudinales producidas por los seis camiones. Tercera prueba dinámica, tablero de la margen izquierda



ANÁLISIS DE SEÑALES.

Transformada rápida de Fourier

$$X(f) = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

Función de autocorrelación

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) x(t+\tau) dt$$

Función de correlación cruzada

$$R_{xy}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) y(t+\tau) dt$$

$$F_{xy}(f) = \int_0^T R_{xy}(t) e^{-2\pi jft} dt$$

$$F_{xy}(f) = Q_{xy}(f) + jC_{xy}(f)$$

ANÁLISIS DE SEÑALES

Función de ángulo de fase

$$\theta_{xy}(f) = \tan^{-1} [Q_{xy}(f) / C_{xy}(f)]$$

Función de coherencia

$$\gamma_{xy}^2(f) = \frac{|F_{xy}(f)|^2}{F_{xx}(f) F_{yy}(f)}$$

Función de transferencia

$$H_{xy}(f) = \frac{F_{xy}(f)}{F_{xx}(f)}$$

29C

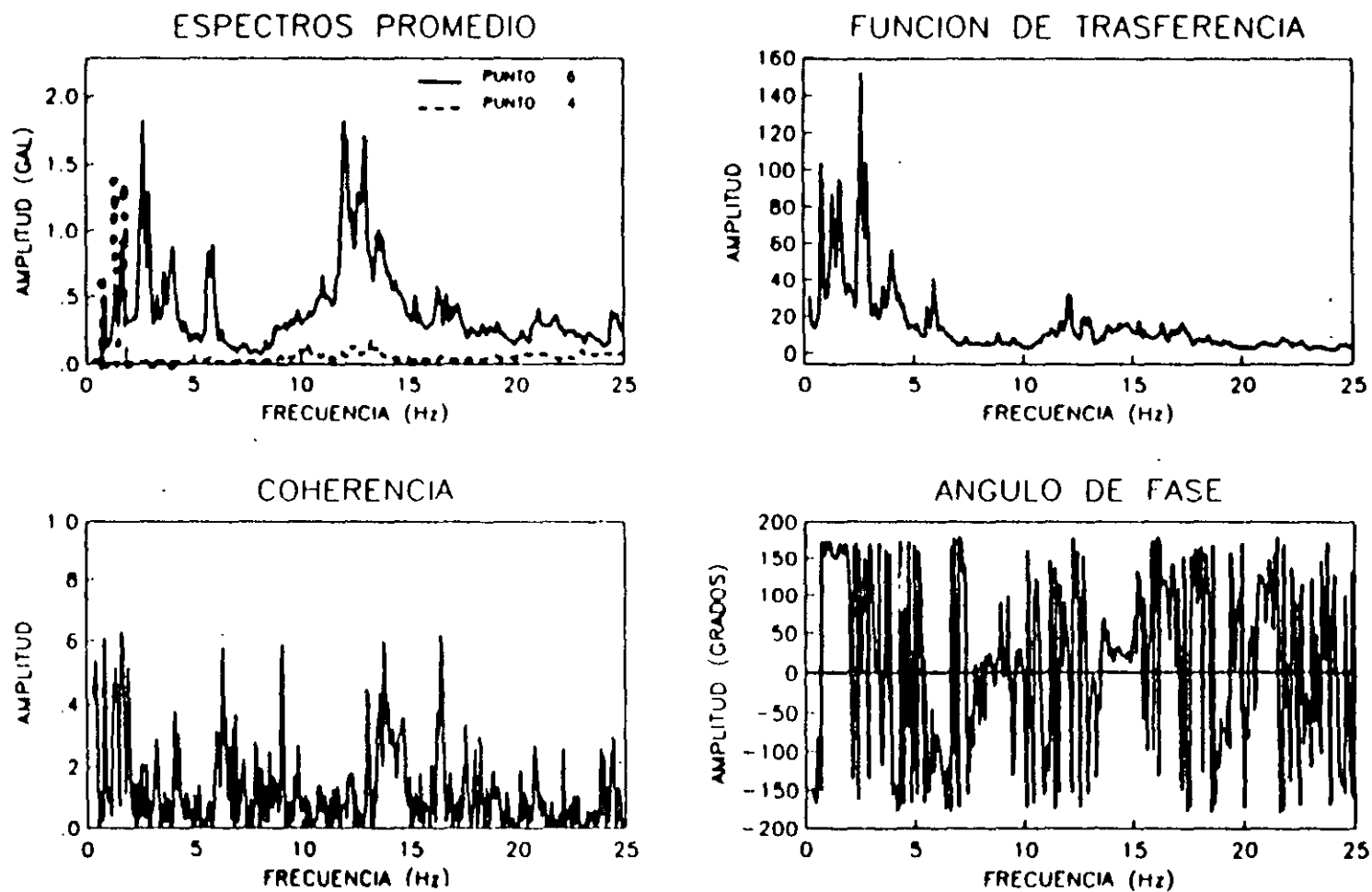
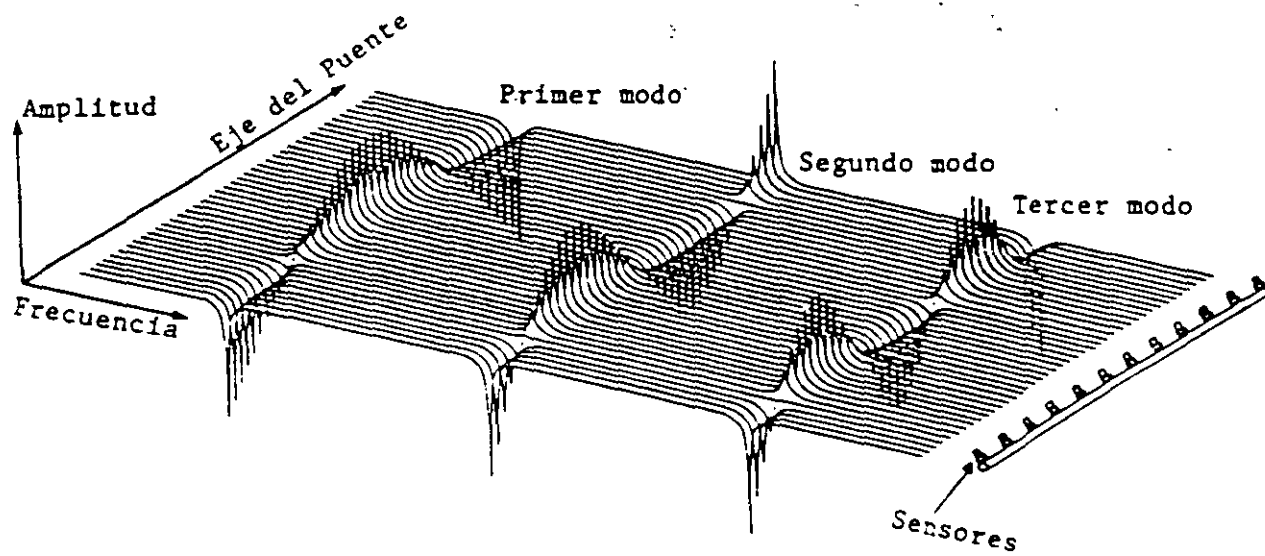


Fig 10. Comparación de las funciones de la frecuencia obtenidas a partir de los movimientos verticales registrados en los puntos 6 y 4. Prueba de vibración ambiental, puente Ing. Mariano García Sela

00042

TABLA I . COMPARACION DE LAS FRECUENCIAS (en HZ) EXPERIMENTALES
Y ANALITICAS. PUENTE ING. MARIANO GARCIA SELA.

MODO	EXPERIMENTAL (análisis de señales)	ANALITICO (elementos finitos)
1	0.830	0.919
2	1.611	1.233
3	1.953	1.726



CRITERIOS DE SEGURIDAD

1). CRITERIO DE SEGURIDAD MODAL

$$MAC(x_k, y_k) = \frac{(|x_k^T \cdot y_k|^2)}{(x_k^T \cdot x_k \cdot y_k^T \cdot y_k)}$$

$$0 \leq MAC \leq 1$$

MAC mide la correlación entre dos formas modales obtenidas de dos grupos de pruebas diferentes

$X, Y =$ Conjuntos de formas modales

$x_k =$ modo k

$y_k =$ modo k

2). CRITERIO DE SEGURIDAD MODAL DE COORDENADAS

$$COMAC(i) = \frac{\sum_{k=1}^{N^{modos}} (|x_{ki} y_{ki}|)^2}{\sum_{k=1}^{N^{modos}} x_{ki}^2 \sum_{k=1}^{N^{modos}} y_{ki}^2}$$

$$0 \leq COMAC \leq 1$$

COMAC sirve para identificar puntos o coordenadas de la estructura donde dos formas modales, de dos grupos de pruebas diferentes, no coinciden

$X, Y =$ Conjuntos de formas modales

$X_{ki} =$ coordenada modal en el punto i , modo x_k

$Y_{ki} =$ coordenada modal en el punto i , modo y_k

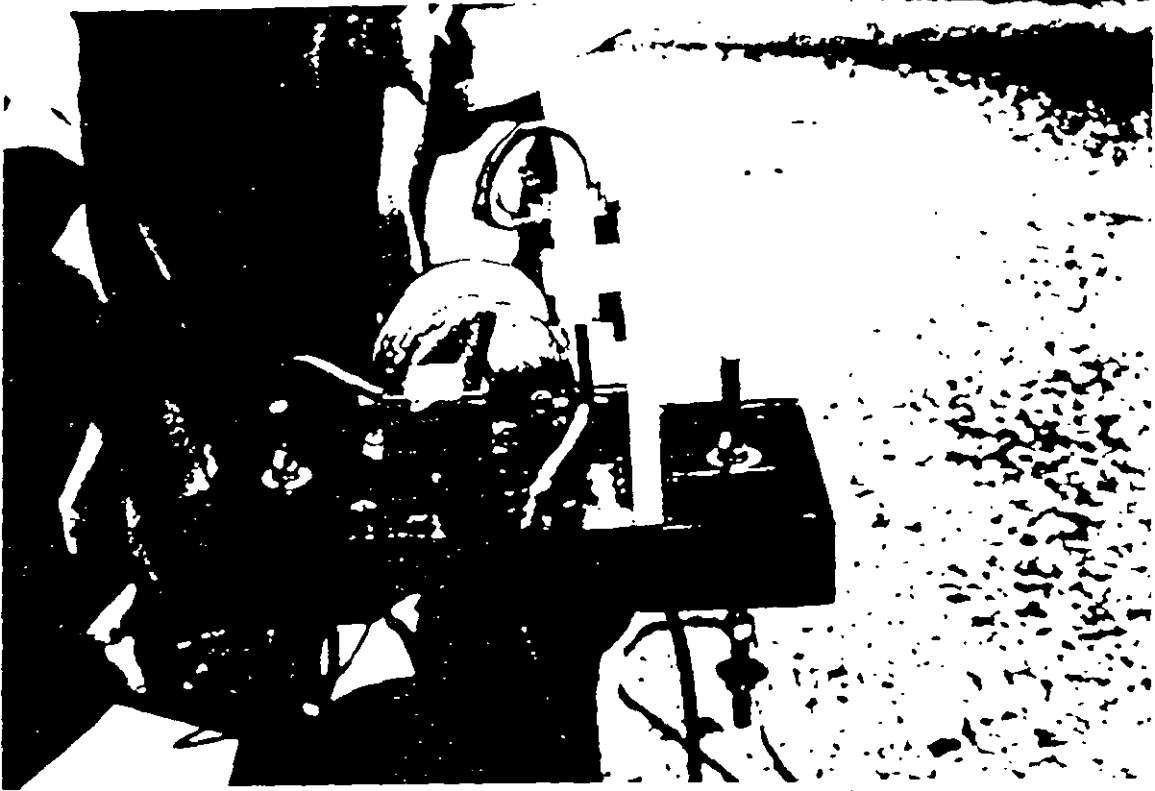
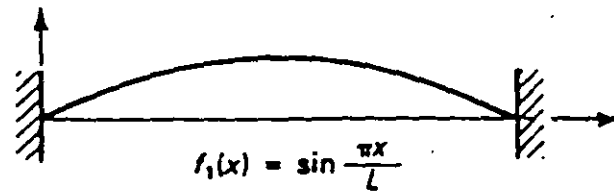
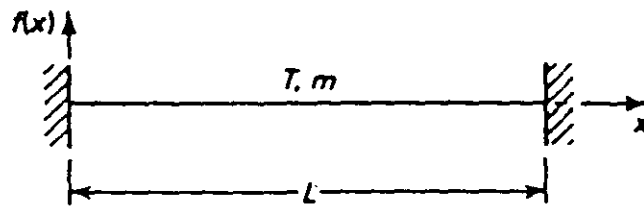


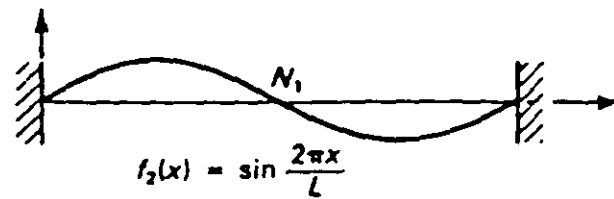
FOTO 39



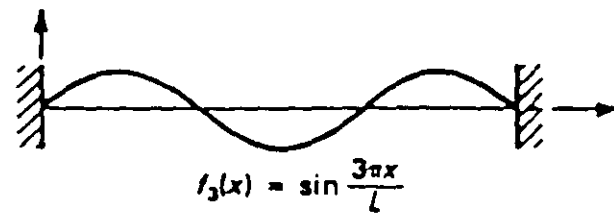
FOTO 40



$$\omega_1 = \pi \sqrt{\frac{T}{mL^2}}$$



$$\omega_2 = 2\pi \sqrt{\frac{T}{mL^2}}$$



$$\omega_3 = 3\pi \sqrt{\frac{T}{mL^2}}$$

FORMAS MODALES

297



FOTO 41

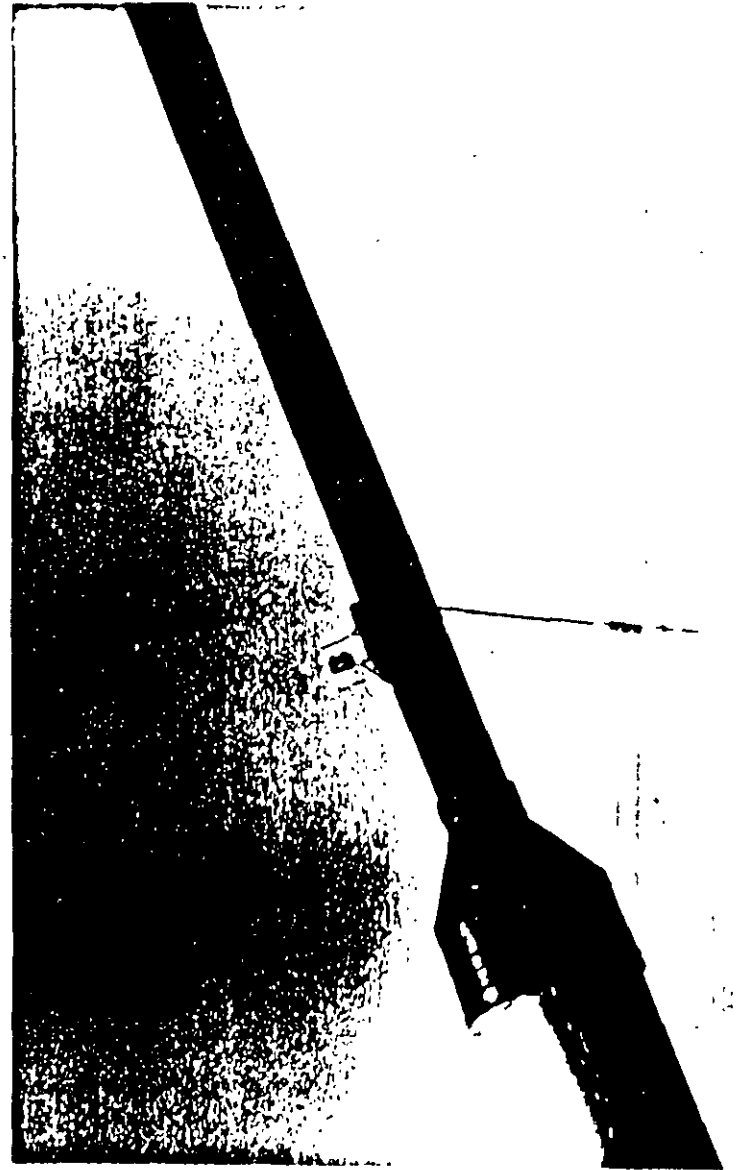


FOTO 42

00049

298



FOTO 43



FOTO 44

00050

299

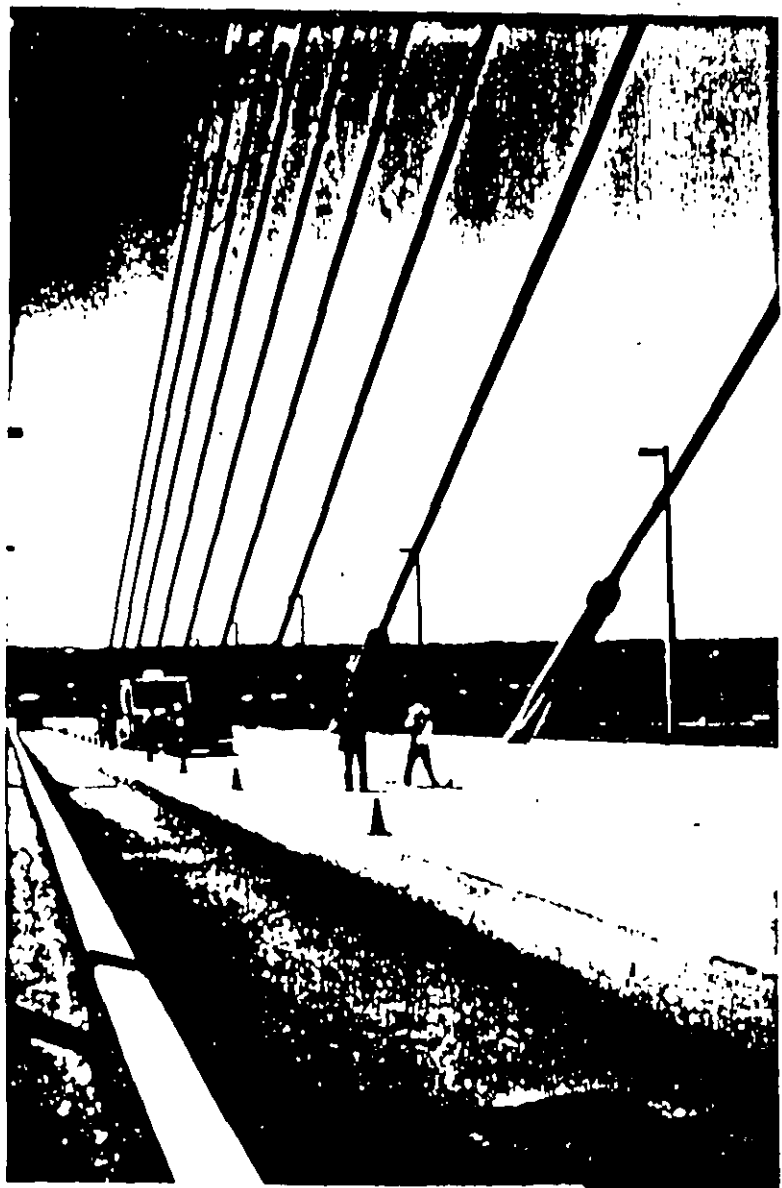


FOTO 45

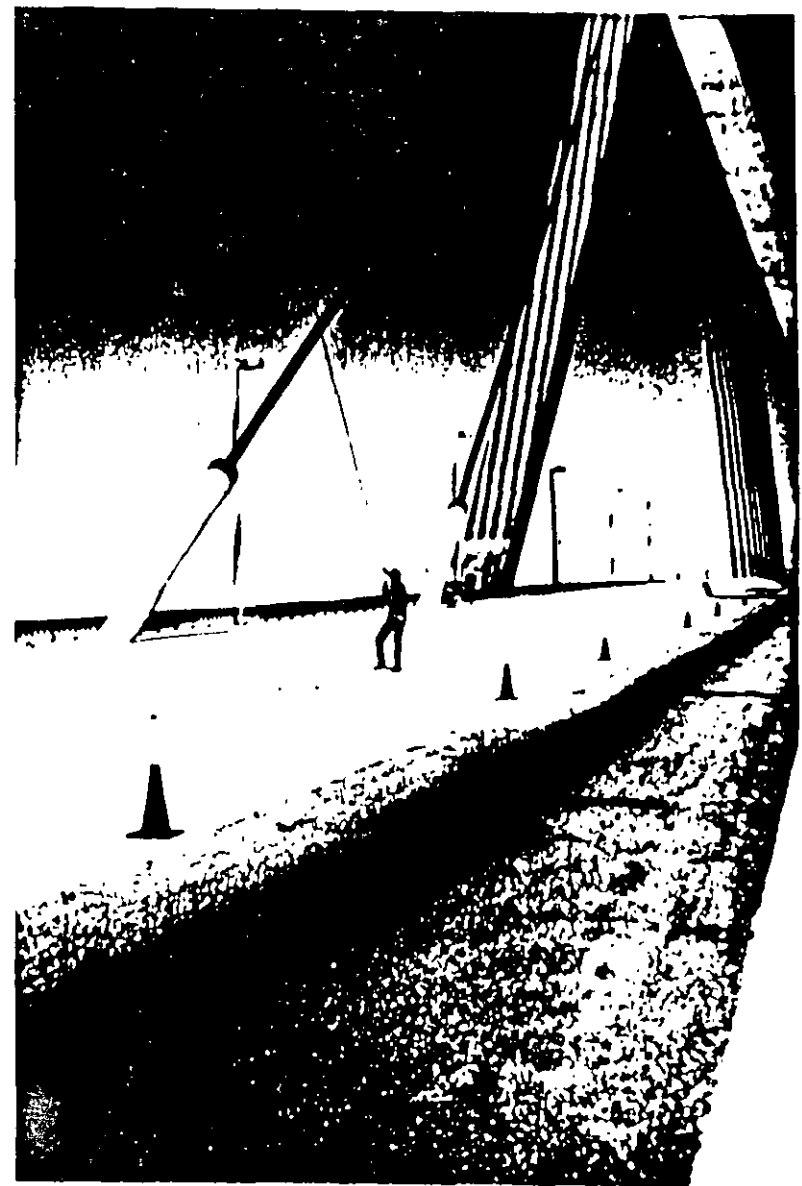


FOTO 46

00051

FRECUENCIAS NATURALES DE TIRANTES (en Hz). PUENTE TAMPICO

TIRANTE	MASTIL 13		MASTIL 14	
	LADO TIERRA	LADO AGUA	LADO TIERRA	LADO AGUA
B	1.78	2.12	2.17	1.98
C	1.26	1.48	1.55	1.29
D	1.09	1.22	1.31	1.16
E	0.92	1.11	1.05	0.89
F	0.82	0.96	0.90	0.79
G	0.73	0.86	0.87	0.70
H	0.64	0.74	0.74	0.66
I	0.62	0.72	0.72	0.60
L	0.63	0.73	0.71	0.63
J	0.57	0.65	0.69	0.60
K	0.59	0.68	0.70	0.59

300

00052

COMPARACIÓN DE TENSIONES (en toneladas) EN LOS TIRANTES. PUENTE TAMPICO

TIRANTE	MASTIL 13				MASTIL 14				EC. 3.3/D.H.			
	LADO TIERRA		LADO AGUA		LADO TIERRA		LADO AGUA		MASTIL 13		MASTIL 14	
	Ec. 3.3	D.H.	Ec. 3.3	D. H.	Ec. 3.3	D.H.	Ec. 3.3	D. H.	LADO TIERRA	LADO AGUA	LADO TIERRA	LADO AGUA
B	296	289	311	327	333	337	346	357	1.02	0.98	0.99	0.97
C	229	205	237	211	259	228	231	205	1.12	1.13	1.14	1.13
D	250	222	227	213	266	234	278	249	1.13	1.06	1.14	1.12
E	314	267	324	284	290	253	284	244	1.18	1.14	1.15	1.17
F	325	281	364	284	290	253	296	268	1.15	1.29	1.15	1.11
G	332	291	341	294	350	300	307	284	1.14	1.16	1.17	1.08
H	314	274	357	276	317	273	340	307	1.15	1.30	1.16	1.11
I	363	328	376	324	370	330	349	315	1.11	1.16	1.12	1.11
L	464	424	459	419	437	390	454	412	1.10	1.10	1.12	1.10
J	461	431	443	412	489	461	503	480	1.07	1.08	1.06	1.05
K	565	550	577	547	593	443	573	567	1.03	1.06	1.34	1.01

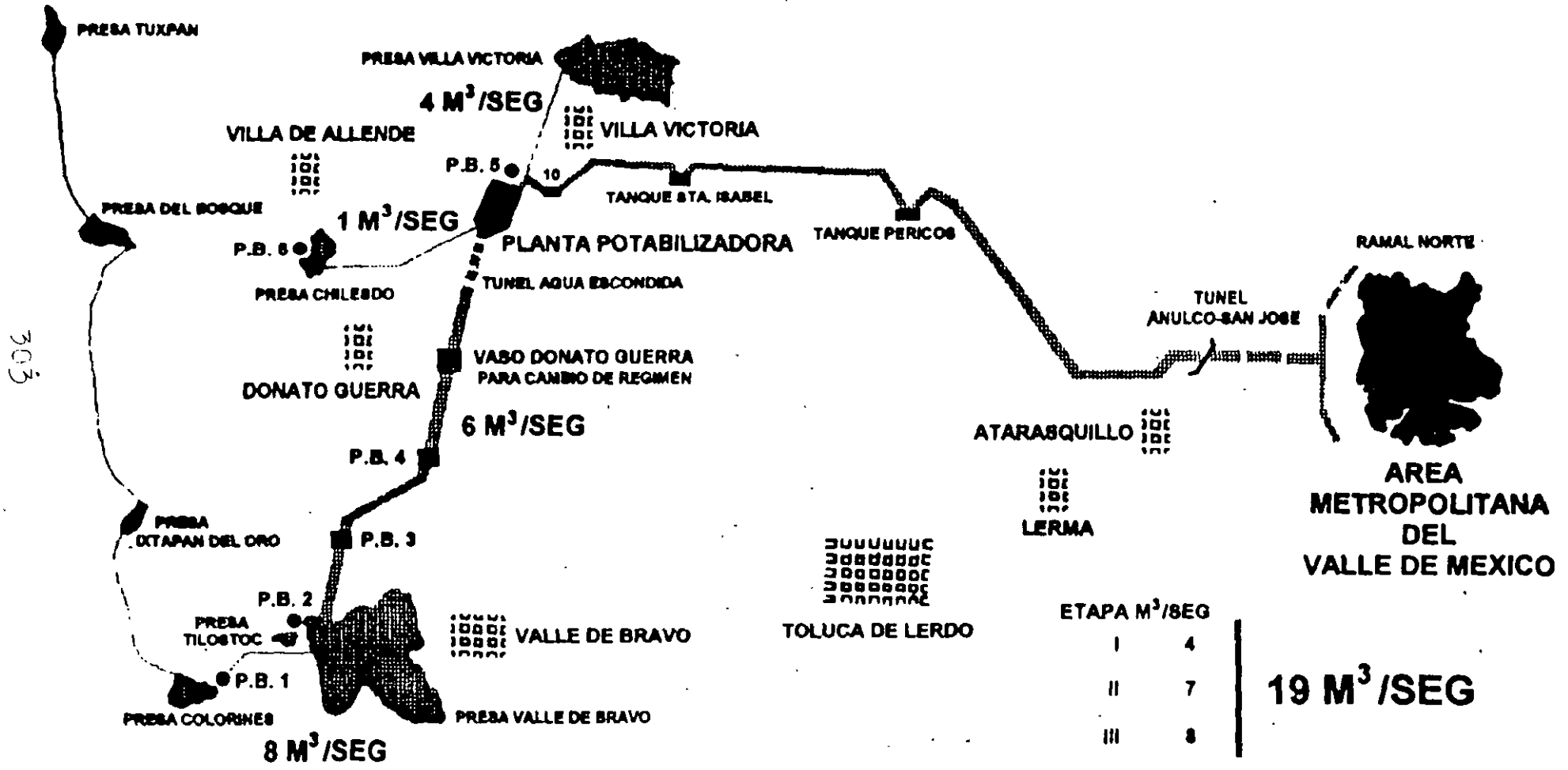
D.H. : Dispositivos hidráulicos

INSTRUMENTACION PERMANENTE

Beneficios :

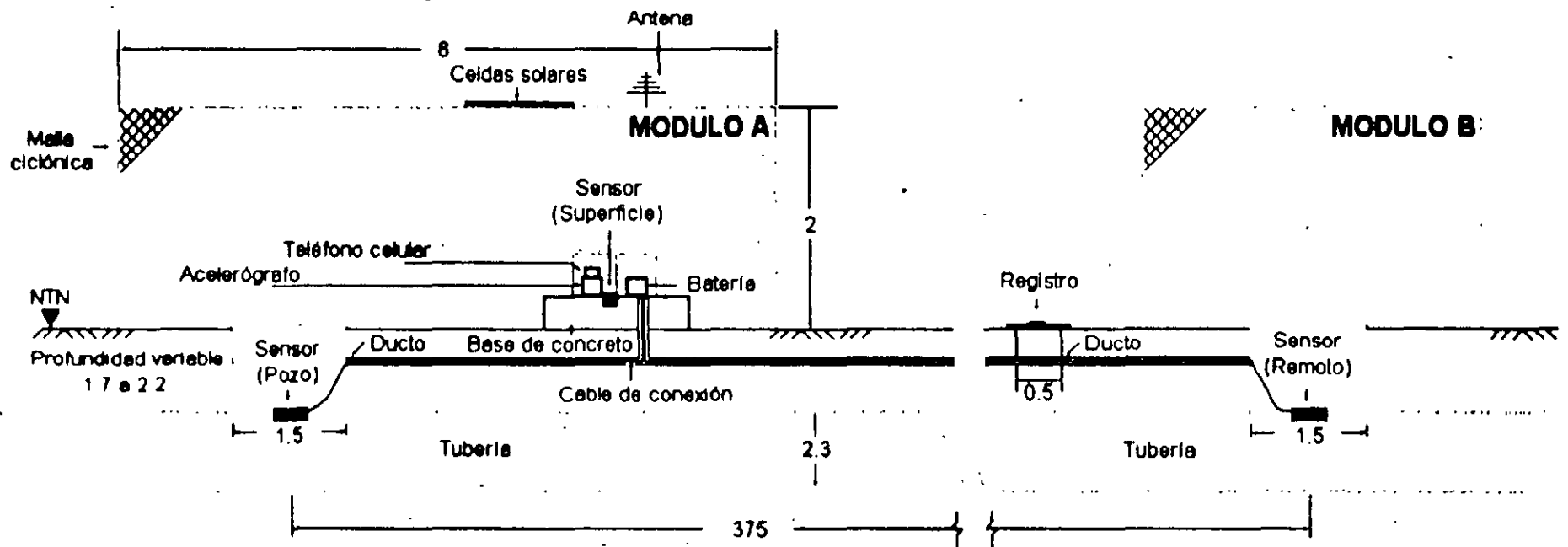
- control de pruebas de carga
- validación de las hipótesis de análisis y diseño
- monitoreo a lo largo de la vida útil de la estructura
- variación de niveles de esfuerzo y evolución de deformaciones diferidas (contracción y fluencia)
- verificación sistemática de tensiones en tirantes
- verificación de coeficientes de fricción en trabes presforzadas
- determinación de potenciales de corrosión

CROQUIS DEL SISTEMA CUTZAMALA



303

304



Módulos de registro

00056

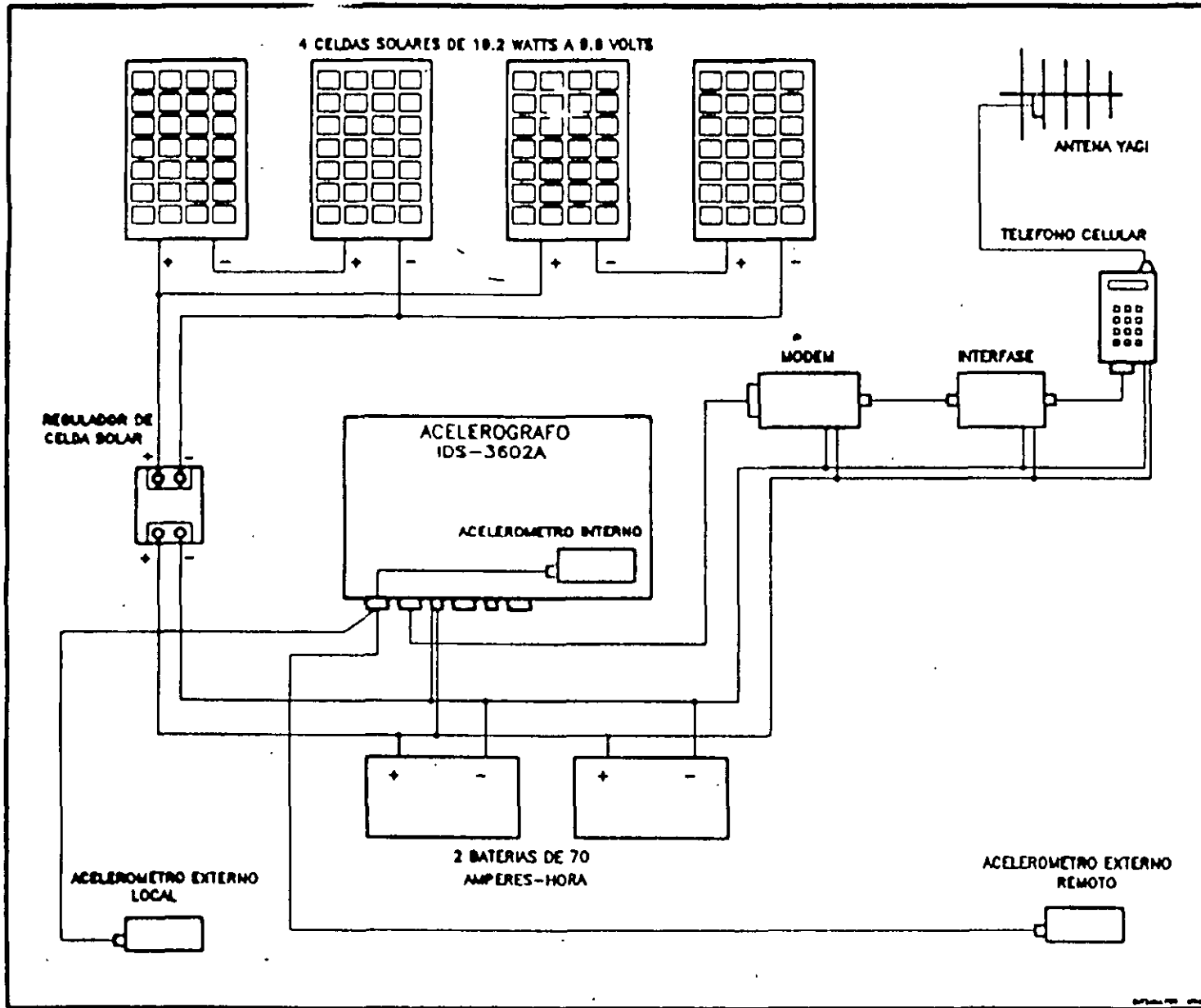
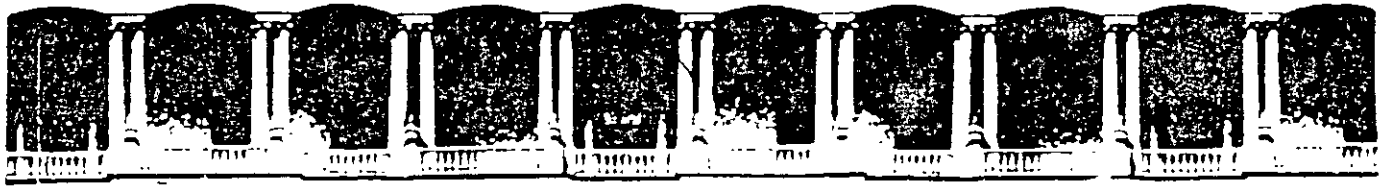


Figura 1. Diagrama de bloques de la estación de campo.

305

00057



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

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN
DE CARRETERAS

**TEMA:
ESTRATEGIA DE LA
CONSERVACIÓN DEL SISTEMA
CARRETERO EN MÉXICO: SIMAP**

**EXPOSITOR:
ING. RODOLFO TÉLLEZ GUTIÉRREZ**

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

306

Indice

	<u>Página</u>
1. La Red Carretera Nacional. Su Evolución Histórica y sus Condiciones.	1
2. Necesidad de una Estrategia Nacional de Conservación.	9
3. Bases para una Estrategia Nacional de Conservación.	11
4. Componentes de la Estrategia de Conservación Propuesta.	15
5. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente Técnica.	17
5.1 Sistema para la Evaluación de la Condición Estructural.	17
5.1.1 Bases Conceptuales del Sistema Mexicano.	18
5.1.2 Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos	19
5.2 Módulo Económico del Sistema de Gestión.	23
6. Análisis de los Costos de Operación.	27
7. El Paradigma para Ordenar la Importancia de las Carreteras.	29
8. Comentarios Adicionales sobre el Estudio de Pesos y Dimensiones.	35
9. Equiparación del Criterio de Jerarquización Basado en el Valor de la Carga con otros Criterios comúnmente utilizados.	39
10. Niveles de Calidad según la Importancia Económica de la Carretera.	43

	<u>Página</u>
11. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente de Generación de Recursos.	45
11.1 Ideas Generales.	45
11.2 Sistemas de Generación de Recursos.	49
11.3 Una Propuesta Específica para la Obtención de Recursos para la Conservación Vial en el Caso de México.	52
12. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente Organizacional.	61
12.1 Organización General de los Trabajos de Conservación.	61
12.2 Organización Institucional de los Trabajos de Conservación.	68
Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos.	71
1. Metodología de Campo para la Evaluación de la Red.	71
2. Lineamientos Generales del Sistema.	74
3. Equipo de Cómputo.	75
4. Banco de Datos.	75
5. Formatos.	77
6. Evaluación Sistemática de la Red y su Implementación.	78
7. Recomendaciones para la Implementación del Sistema.	80

	<u>Página</u>
8. Instructivo de Llenado de los Formatos.	80
8.1 Aspectos Generales.	80
8.2 Datos Comunes para todos los Formatos.	81
8.3 Formato No. 1: DATOS GENERALES (DATOGEN).	81
8.4 Formato No. 2: INDICE DE SERVICIO (ISA).	83
8.5 Formato No. 3: CAPACIDAD ESTRUCTURAL (CAPES).	85
8.6 Formato No. 4: INVENTARIO DE DETERIOROS (INVEDET).	87
8.7 Formato No. 5: HISTORIAL DE REPARACIONES (HISTOREP).	89
8.8 Formato No. 6: CARACTERISTICAS GEOTECNICAS (CARGEOT).	89
9. Descripción de la Mecánica de Desarrollo de los Subsistemas que Conforman el S.I.M.A.P.	94
9.1 Subsistema DATOGEN.	94
9.2 Subsistema ISA.	95
9.3 Subsistema CAPES.	95
9.4 Subsistema INVEDET.	97
9.5 Subsistema HISTOREP.	97
9.6 Subsistema CARGEOT.	98

	<u>Página</u>
9.7 Subsistema REFIN.	99
ANEXO 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del S.I.M.A.P.	103
I. Metodología para la Obtención del Índice de Servicio Actual.	103
I.1 Requerimientos.	103
I.2 Observaciones a Tomarse en Cuenta.	103
II. Metodología para la Medición de Deflexiones.	104
II.1 Equipo Requerido.	104
II.2 Procedimiento.	104
II.3 Cálculos de Campo.	104
III. Ejemplo de Aplicación.	105
Apéndice 2. Módulo Económico del Sistema de Administración de Pavimentos.	111
1. Introducción.	111
2. Estructura del Módulo Económico.	112
Apéndice 3. Costos de Operación.	115
1. Análisis del efecto de la Pendiente, la Velocidad y la Curvatura de las Carreteras en los Costos de Operación Vehicular.	115
2. Análisis del Efecto del Estado Superficial de la Carretera en los Costos de Operación Vehicular	126

	<u>Página</u>
2.1 Indicadores del Estado Superficial.	128
2.2 Gráficas.	138
Apéndice 4. Sistema de Información Comercial (SECOFI)	147
Apéndice 5. Consideraciones sobre el Comportamiento de Diferentes Tipos de Vehículos Representativos del Tránsito Nacional en Relación a su Capacidad de Carga y Daño a la Infraestructura	157
Referencias.	169

1. La Red Carretera Nacional. Su Evolución Histórica y sus Condiciones.

México ha desarrollado una red de comunicación carretera no desdeñable, a partir de mediados de la década de los años 20's de este siglo. Esta red ha desempeñado desde aquel entonces un papel muy importante en la evolución nacional, si bien éste no fue el mismo en todas las épocas.

Durante muchos años, el papel asignado a la red carretera fue, certeramente, netamente desarrollista; buscando comunicar sobre todo a la capital de la República con las capitales de los Estados, se pretendió exitosamente reforzar la integración nacional.

Una segunda etapa del desenvolvimiento de la red se dedicó principalmente a la comunicación con todas las ciudades de importancia, en un afán por completar la integración territorial nacional, a la vez que empezaron a manifestarse otro tipo de preocupaciones, incipientemente relacionadas ya con una vida económica que comenzaba a manifestar necesidades importantes. Estos criterios condujeron a la densificación de la red pavimentada y a la aparición de las rutas principales hacia la frontera norte del país, rutas de desarrollo hacia el sureste y otras.

Cumplidas las dos etapas de desarrollo anteriores en forma razonable y aprovechando los beneficios de lo ya realizado (por cierto, no sólo en el campo carretero), la vida económica y social de México comenzó a reforzarse en forma importante; sin embargo, en los comienzos de la década de los 70's fue evidente que a una red carretera relativamente moderna para la época y con una cobertura nacional cada vez más eficiente, no correspondía una penetración puntual en un campo mexicano en el que la diseminación habitacional en un número muy alto de pequeños pueblos y rancherías, combinado este fenómeno con la bien conocida geografía física del país, abundante en montañas, lugares de difícil acceso y otras particularidades actuantes en el mismo sentido, causaban un grave estado de marginación y abandono a grandes comunidades especialmente constituidas por la población más pobre y necesitada de estímulo. Todo ello condujo a lo que podría considerarse como una tercera etapa en el desarrollo de la red nacional carretera, en la que se puso un énfasis muy especial en la construcción de una red rural de pequeños caminos alimentadores y de rutas de penetración. El objetivo fundamental de esta preocupación fue seguramente el

combate al caciquismo, a la ignorancia, a la insalubridad y a otros amigos de la marginación. Se hicieron muchos caminos no destinados al paso de vehículos, sino al paso de ideas. Hoy, sin embargo, es evidente que esa red destinada a lograr un equilibrio adecuado en la vida nacional tuvo y siempre tendrá una importancia social y económica, pues por el camino que transita la enfermera y el maestro, también entran insumos y salen cosechas y poco después entran insumos y salen productos de agroindustria; muchos de los más modestos caminos rurales han llegado a ser en poco tiempo importantes carreteras totalmente integradas a la red nacional económica; otros conservan su modesto papel inicial, quizá no menos importante.

No hay que decir que durante todo el desarrollo de esta tercera etapa, que en muchos sentidos continúa en la actualidad, la nación siguió construyendo carreteras de mayor ambición y perfeccionando la red ya existente, sobre todo en materia de acortamientos y libramientos.

Es claro que este desarrollo carretero coexistió con un paralelo desenvolvimiento nacional que llevó a la nación a la creación de una infraestructura industrial, comercial y financiera que al alborear la década de los 80's prometía una rápida posibilidad de acceso a desarrollos mucho más modernos y avanzados. En este concierto, la red carretera nacional, si bien incipiente, estaba demostrando ser suficiente para sustentar el desarrollo; por su cobertura y por su variada gama de niveles, no constituía un freno. A despecho de lo anterior, se manifestaba en este momento ya un fenómeno que debería preocupar a todos y que, en especial para los ingenieros, debería constituir una lacerante interrogante. En efecto, aún en aquellos prósperos años, no dejaba de manifestarse un desequilibrio agudo entre una planta industrial que normalmente se situaba entre las primeras quince del mundo, una estructura financiera muy moderna, una vida comercial sumamente pujante y un nivel de vida popular que en muchos casos no correspondía al panorama anterior. Dado lo involucrada que la ingeniería civil se encuentra en ciertos aspectos de la fundamentación del desarrollo nacional, la contradicción atrás señalada debe ser motivo de seria preocupación y quizá una primera consecuencia de tal preocupación pudiera ser la conclusión de que en el momento presente y en el próximo futuro, a la ingeniería civil no le basta hacer obras para el país, sino que precisa hacerlas en condiciones que realmente incidan en el desarrollo social y cultural y en la generación de riqueza para la nación. Con base en esta conclusión se sostienen muchas de las ideas

que más adelante se sustentarán.

Son bien conocidas las consecuencias del bache económico en que México cayó en la década de los 80's. Su reflejo en la problemática actual de la red carretera no puede exagerarse; de hecho esta situación coyuntural a la que afortunadamente parece vérsese un final es muy influyente en la problemática que ahora ha de ser afrontada.

En los últimos años se ha desarrollado lo que podría considerarse una cuarta etapa en el desarrollo de la red nacional, durante la cual, han aparecido y han de aparecer más, un número importante de carreteras muy modernas, merecedoras del calificativo de auténticas autopistas, en las que la participación del capital privado ha jugado por primera vez un papel trascendental en la construcción de la infraestructura nacional. El transporte nacional habrá de beneficiarse extraordinariamente de esta nueva situación.

Del breve panorama histórico anterior se deduce que muchas de las carreteras que hoy resultan importantes en el movimiento nacional fueron construidas hace muchos años para condiciones que, sin exageración, pueden considerarse correspondientes a un país diferente a aquél en que hoy vive el mexicano.

En la década de los 50's, el camino más ocupado de la República era quizá la carretera México-Puebla, con un aforo de 4 mil vehículos, de los que quizá un 10% eran de carga; el camión más pesado no excedía entonces de 8 a 10 toneladas de peso total. En el México actual, como bien se sabe, existen aforos que pueden llegar a ser de 20 a 30 mil vehículos, con 30 ó 40% de vehículos pesados de carga (una proporción notablemente alta a escala mundial). El peso total de los camiones puede ser hoy de 50, 60 ó hasta 70 toneladas. En cualquier caso, los aforos vehiculares de 5 a 10 mil vehículos diarios, con la misma proporción de vehículos pesados, son relativamente frecuentes en el fragmento de la red más ocupado (con longitudes en el orden de los 30 mil kilómetros). En parte, algo de este desarrollo tiene que ser debido a la relativa ausencia de la competencia del ferrocarril.

Habla bien de los planeadores y constructores de antaño, el hecho de que muchas de las carreteras que forman parte de ese segmento más ocupado figuran entre las primeras puestas en servicio; es decir, entre las más antiguas. No es, pues, de extrañar que ya que fueron

construidas para condiciones de tránsito radicalmente diferentes a las actuales, muestren hoy muy especiales condiciones de debilidad estructural y problemática no menos especial para su correcta conservación.

En efecto, los vehículos de antaño transmitían esfuerzos relativamente pequeños, cuyo alcance vertical era también escaso, quizá no superando los 30 ó 40 centímetros. En comparación, los vehículos de carga actuales producen esfuerzos mucho mayores, que llegan con valores significativos a profundidades también más grandes, en el orden de 1 metro y más.

Al importante hecho anterior hay que añadir dos circunstancias. En primer lugar, los materiales empleados en aquellos años para la construcción, especialmente en terracerías, eran de una calidad que hoy debe considerarse como inaceptable para capas que quedan bajo la influencia de las nuevas cargas. Abundan las terracerías francamente arcillosas, de baja resistencia y muy sensibles a cambios volumétricos por variación en sus contenidos de agua, lo que conduce obviamente a carreteras de superficie muy deformable. La segunda circunstancia estriba en que aquel número relativamente escaso de los vehículos que entonces se consideraban pesados, producía efectos de fatiga relativamente poco notables. En la actualidad, esos materiales débiles están al alcance del efecto de penetración de los modernos arreglos vehiculares y dejan ver dramáticamente su baja resistencia, pero además, la mucho mayor repetición de cargas mucho más pesadas induce efectos de fatiga devastadores y causan deformaciones permanentes intolerables.

Estas condiciones imponen a la red básica mexicana condicionantes de conservación muy propias y, por supuesto, diferentes a las prevalecientes en otras redes carreteras en que ya se ha realizado un esfuerzo de modernización que México aún no ha completado, ni mucho menos.

Los hechos anteriores sugieren la necesidad de una nueva estrategia de construcción de las carreteras que se incorporen en el futuro a la red mexicana. Antaño, la filosofía de diseño de la sección estructural fue lograr una zona superior relativamente resistente, aceptando abajo en forma progresiva materiales francamente débiles, que se consideraban a salvo de la influencia de las cargas. Cuando hoy han de ser

conservadas esas carreteras, se requieren verdaderas acciones de reconstrucción en lo profundo, pues aquellas zonas débiles quedaron dentro de la zona crítica.

El cambio de filosofía de diseño que se preconiza para la época actual tiende a lo contrario. Secciones convenientemente robustas en lo profundo y, si por razón de limitación de recursos, algún riesgo ha de aceptarse en la sección estructural, éste debe ser tomado lo más superficialmente posible, donde el refuerzo es una operación natural de costo mínimo. El pavimento no es una estructura que falle de un minuto para otro; capas superficiales débiles significan duraciones cortas, de manera que el criterio expuesto puede manejarse dentro de otro de inversiones diferidas. Fallas en lo profundo no se resuelven más que con costosísimas operaciones de reconstrucción.

Resumiendo, puede considerarse que en este momento, México posee una importante red rural capilar de caminos modestos, cuya finalidad esencial es el desarrollo primario, la facilitación de la permeabilidad a la cultura, al gobierno y al mejoramiento social. Nunca podrá exagerarse la importancia de esta red. Su mantenimiento habrá de ser el necesario para cumplir estas funciones.

Por otro lado se encuentra la parte de la red caminera cuya misión fundamental es sustentar los flujos que son resultado de las grandes actividades económicas y comerciales del país y de sus contactos internacionales que serán cada vez más intensos. Esta porción es la que generalmente se identifica con la más directa contribución del transporte a la 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.

1. La Red Carretera Nacional. Su Evolución Histórica y sus Condiciones

- La actual red básica continuará siéndolo. Esos 25 ó 30 mil kilómetros cubren un área de la geografía nacional en la que seguirán manteniéndose fuertes demandas de transporte; de hecho, esa red habrá de ser reforzada estructuralmente, ampliada y mejorada para afrontar demandas más exigentes, sin excluir de ninguna manera el que en muchos casos las vías actuales hayan de ser inclusive sustituidas por otras nuevas más concordantes con las crecientes demandas.
- Las grandes inversiones que exigen las carreteras modernas habrán de hacer necesaria una creciente participación del capital privado. El aspecto del financiamiento y de los mecanismos de recuperación correspondientes será cada vez más relevante. El punto álgido a buscar en estos mecanismos de financiamiento, tarificación y recuperación estará en muchos casos en lograr paquetes financieros que permitan disponer de recursos para proyectos en que la recuperación sea pobre en los primeros años de funcionamiento. Si la planeación nacional ha de adelantarse a la demanda o, por lo menos, ha de conducir a obras de aparición muy cercana a la necesidad, seguramente seguirá ocurriendo, que carreteras muy importantes para el país comiencen con niveles de tránsito bajo pero susceptibles de desarrollos adecuados; de esta manera podrán afrontarse las primeras etapas de vida de las obras con cuotas o costos de mantenimiento razonables que no se transformen en un factor disuasivo de su puesta a punto.
- Independientemente del desarrollo de una red productora de riqueza con capacidad estructural adecuada, buena cobertura y buena conservación, habrá de seguirse desarrollando una red alimentadora municipal y rural que, con sus propias funciones, redondee el panorama nacional del transporte carretero.
- En el otro extremo del espectro, es de prever el desarrollo creciente de la red de carreteras de 4 ó más carriles y de autopistas construidas bajo el régimen de concesión. En muchos casos estas vías modernas substituirán o coexistirán con tramos actuales de la red básica.
- Es de esperar que el futuro traiga también un mayor equilibrio entre el transporte ferroviario, al que en México deben considerársele grandes perspectivas, y el carretero, por efecto de un creciente

desarrollo del intermodalismo, de instalaciones de acopio y del desarrollo de auténticas redes de distribución de carga. También es de esperar una creciente atracción de los puertos marítimos y fronterizos, con su correspondiente influencia en el desarrollo de la red carretera. El desarrollo del cabotaje ejercerá una creciente influencia en la planeación del transporte terrestre, como también la tendrá un eficaz desarrollo de la red nacional de ductos.

En lo referente al estado actual (principios de 1994) de la red básica, se harán algunos señalamientos de mayor detalle en páginas subsiguientes de este trabajo, pero para dar una idea inicial se considera en la Tabla 1 una distribución de la calidad por estado superficial y por porcentajes de una red básica de 30,000 kilómetros, manejando índices de servicio o sus equivalencias a índice internacional de rugosidad (Referencia 1).

Una mayor sensibilidad a los números señalados en la tabla se obtiene analizando las gráficas de costo de operación de vehículos carreteros, en función del estado superficial de las carreteras, las cuales aparecen en este mismo trabajo.

**Tabla 1. DISTRIBUCION DE LA CALIDAD
POR ESTADO SUPERFICIAL DE
LA RED BASICA DE 30,000 KM**

INDICE DE SERVICIO ACTUAL	COEFICIENTE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD	PORCENTAJE DE LA LONGITUD TOTAL EN CADA RANGO
> 4	< 2.5	0.2
3 - 4	2.5 - 5.0	30.0
2 - 3	5.0 - 7.5	66.0
1 - 2	7.5 -10.0	3.8

2. Necesidad de una Estrategia Nacional de Conservación.

Antes de entrar a esta parte medular del tema debe acotarse cuidadosamente su alcance en cobertura conceptual. Lo que sigue en este trabajo se referirá en forma exclusiva a lo que atrás ha quedado referido como la parte de la red nacional de carreteras generadora de riqueza. Sin dejar de ignorar su importancia, quedará fuera el tema de la conservación de la red rural capilar ya mencionada. Aún más, aceptando que mucho de lo que se dirá en lo que sigue es aplicable a todo lo que podría ser la red pavimentada federal y estatal, el énfasis conceptual se hará en la fracción de la misma que conforme los grandes corredores de transporte de carga del país. Parece que ha de aceptarse que la ejecución de las ideas propuestas deberá circunscribirse de momento a la red sustentadora y generadora de la riqueza nacional, valuada como se dijo en alguna cifra comprendida entre 20 y 30 mil kilómetros. Los conceptos aquí vertidos, podrán irse aplicando en cobertura creciente a toda la red pavimentada de asfalto, a medida que la destreza y los recursos lo vayan permitiendo.

Para llegar al convencimiento de la necesidad de reunir las tareas de la conservación carretera en un conjunto sistematizado al que pueda darse el nombre de una estrategia, parece conveniente ponderar los siguientes hechos:

- En primer lugar se presenta el arrastre de la historia dentro de la que se generó la red básica mexicana que atrás se analizó brevemente.
- En segundo lugar existe el hecho innegable de que la conservación de la red nacional frecuentemente ha quedado preterida en relación a una dedicación preponderante a tareas de construcción de nuevas obras, fenómeno generalizado en todos los países que buscan acceso a un rápido desarrollo, aunque no se ignore el hecho de que trabajar para lo nuevo tiene muchos aspectos más gratificantes que conservar lo ya adquirido. No hay que decir que aquí existe una fundamental ocasión de reflexión, a nivel de criterio general.
- En tercer lugar se da la circunstancia de que la red nacional carretera, aún considerada en su segmento básico, ha crecido muy por encima de lo que es posible administrar con métodos

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

3. Bases para una Estrategia Nacional de Conservación

todos los sobrecostos de operación de los vehículos de carga que sea posible eliminar (eliminar el desperdicio de recursos reales).

De esta manera, la base conceptual de la Estrategia de Conservación propuesta resulta ser la optimización del transporte de carga, eliminando todos los sobrecostos de operación vehicular que la infraestructura pueda contribuir a eliminar.

Lo anterior hace quizá superfluo declarar que todo el resto de la presente exposición deja a un lado lo que podría considerarse la conservación rutinaria de cualquier carretera (limpieza de cunetas y contracunetas, corrección de grietas, amacizamiento y corrección de taludes, reparación de obras de drenaje superficial, etc), concentrándose en aquellas acciones de conservación consideradas como especiales que se reflejan directamente y en forma preponderante en la eliminación de los costos operativos.

Para fines de claridad conviene ahora establecer algunas definiciones que expliquen el alcance conceptual de algunos términos que se utilizarán en lo que sigue.

- Para los fines de este trabajo se entenderá por conservación normal o rutinaria, como ya se dijo, el conjunto de trabajos que deben hacerse para detectar y corregir continua y oportunamente los deterioros naturales de carácter menor, con el propósito de mantener en el corto plazo las condiciones originales de circulación y seguridad.
- Conservación preventiva se considerará al conjunto de actividades que deben realizarse o bien para corregir deterioros que vayan transformándose en mayores, o bien para ir adaptando la vía a condiciones de circulación y seguridad en evolución natural, por crecimiento del tránsito o por el paso del tiempo. Se trata de las acciones que mantendrán a la carretera dentro del nivel de servicio deseado en el mediano plazo. Estas acciones deben ser objeto de la Estrategia Nacional de que se trata en este trabajo. La deficiencia en la conservación preventiva conducirá a la conservación correctiva, siempre más costosa y generadora de sobrecostos de operación por falta de oportunidad. La conservación preventiva engloba, de esta manera, acciones que no sólo sirven para mantener las condiciones técnicas y de

seguridad de la carretera, sino que incluyen también a las actividades necesarias para que tenga lugar un verdadero concepto de conservación, según el cual las cualidades de la carretera deben no ya mantenerse, sino ir evolucionando en el tiempo, de manera que se mantenga el nivel de servicio inicialmente considerado como adecuado, a pesar de que las condiciones de ocupación del camino vayan creciendo como resultado de una evolución natural; es decir, si el tránsito aumenta en número, peso o importancia de los vehículos a lo largo del tiempo, durante ese lapso, la ruta deberá conservar el nivel de servicio para el que se la construyó.

- La tercera etapa de acciones de conservación considerada en este trabajo es la modernización y/o reconstrucción de la carretera. Este es un proceso al que puede llegarse de dos maneras, sea porque por falta de conservación preventiva ocurra un nivel de deterioro tal en la ruta que por acciones de conservación correctiva no sea ya posible una regeneración que no implique una auténtica reconstrucción, o bien porque las condiciones operativas de la carretera hayan cambiado en tal magnitud que ninguna acción que pueda ser considerada de conservación baste para su regeneración (se piensa ahora en crecimiento del tránsito, el deseo de que sea más veloz, aparición o proliferación de vehículos de mayor capacidad o en una natural y comprensible degeneración estructural debida al embate del tránsito, de la acción de factores ambientales y del tiempo).

4. Componentes de la Estrategia de Conservación Propuesta.

Una Estrategia de Conservación de Nivel Nacional tiene que abarcar temas que trasciendan necesariamente los aspectos puramente técnicos del problema. Sin discutir la importancia de éstos, hoy se reconoce en todas partes que uno de los fundamentos de una consistente política de conservación es la obtención de un mecanismo económico-financiero que permita obtener los recursos necesarios para la tarea, que en los tiempos actuales han llegado a ser muy considerables. De esta manera una Estrategia de Conservación Nacional ha de contemplar una vertiente económica, con la cual los encargados de estos trabajos consigan convencer a las autoridades nacionales correspondientes de las ventajas, conveniencia y necesidad de erogar en estos rubros; tarea no fácil, si se piensa en los muchos y poderosos competidores que la conservación encontrará en cualquier reparto de un presupuesto nacional.

Adicionalmente, es opinión de los autores de este trabajo que posiblemente en ninguna parte exista una organización idónea en cuanto a personal, equipos, criterios de distribución de recursos, realmente apropiada para hacer frente a las complicadas tareas que las modernas redes exigen. Predomina un criterio puramente técnico-ingenieril con menor consideración a otros que hoy han alcanzado similar importancia. De esta manera, una Estrategia Nacional de Conservación habrá de dar atención a una tercera vertiente de carácter organizacional.

5. Estrategia de Conservación Propuesta. Vertiente Técnica.

5.1 Sistema para la Evaluación de la Condición Estructural.

Evidentemente, el primer paso para establecer en forma operativa cualquier estrategia de conservación es conocer el estado de cualquier tramo carretero que desee conservarse. A un sistema que permita realizar las acciones encaminadas a tal fin suele denominársele un Sistema de Gestión de la Condición Estructural de la Carretera o de Gestión de Pavimentos. En lo que sigue se verá que este último nombre, aunque consagrado por la literatura, no es muy apropiado para el caso mexicano, pues se refiere únicamente a una parte superficial del problema.

Los sistemas de administración de pavimentos y de toma de decisiones en materia de conservación que tradicionalmente se desarrollaron en el mundo, a despecho de su excelente calidad para los ambientes para los que fueron concebidos, se consideraron en México insuficientes. Estos sistemas procedían de países desarrollados, con excelentes redes de carreteras, hechas de buenos materiales y estaban calibrados para reaccionar ante la evolución del estado superficial del pavimento y ello en dos sentidos, rugosidad (fricción con la llanta, que se traduce en seguridad de marcha) y deformación o deterioro en la carpeta (que se controla a través del concepto Índice de Servicio o Índice Internacional de Rugosidad). Se partía así de la base de que en todos los casos se tenía una falla funcional, pero nunca estructural. Los métodos correctivos que estos sistemas proporcionaban eran sobrecarpetas, reciclados u otros tratamientos superficiales, dependiendo del espesor de carpeta comprometido en la falla funcional.

En México se consideró que estos criterios no son aplicables en forma única, puesto que con mucha frecuencia los deterioros superficiales están ligados a fallas estructurales profundas (Referencias 2, 3, 4 y 5). Existen en México secciones cedentes, de alta deformación elástica o muy débiles estructuralmente, en las cuales las sobrecarpetas o los tratamientos superficiales están destinados al fracaso inmediato por efectos de fatiga o de deformación acumulada.

Los métodos de evaluación que México adopte tienen que contemplar la estructura de la carretera en profundidad, para detectar una posible falla estructural; no se puede aceptar que las deficiencias en la calidad de rodamiento constituyan el único problema a tomar en cuenta como norma de criterio. Por otra parte, los sistemas disponibles a nivel internacional han ido tomando en los últimos 10 años, estas mismas tendencias de criterio.

También es evidente que una prospección en profundidad realizada por métodos tradicionales básicamente (inspección visual, sondeos, trabajos de laboratorio, etc.) queda fuera de cuestión por razones de tiempo, personal involucrado y costo. De esta manera es preciso encontrar un sistema rápido y simple, a la vez que económico, para la detección de las necesidades de mantenimiento, de refuerzo o de eventual reconstrucción.

5.1.1 Bases Conceptuales del Sistema Mexicano.

El sistema mexicano se fundamenta en tres puntos básicos:

- a. Ha de aceptarse algún tipo de correlación entre la evolución del estado superficial del pavimento y su condición general, de manera que, cuanto más pobre sea la calidad superficial y más rápidamente se deteriore, peor debe ser la condición estructural.
- b. Ha de aceptarse que la deficiencia estructural puede correlacionarse con alguna medida hecha desde la superficie del pavimento. La deflexión o cedencia del pavimento bajo una carga patrón preestablecida, parece ser el concepto que mejor sirve para estos fines. Esta es una conclusión de carácter cuantitativo y se acepta que la magnitud de la deflexión mide el defecto estructural, aunque no lo analice ni lo localice.
- c. Cuando las deflexiones muestren deficiencia estructural en el pavimento, sólo la exploración directa permitirá el diagnóstico y la ubicación precisa de dichos daños estructurales.

5.1.2 Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos.

Se denomina así al conjunto de operaciones que tienen por objeto conocer el estado actual del tramo carretero por conservar, estimando las acciones y costos necesarios para llevarlo a una determinada condición considerada aceptable con una indicación del costo necesario para ello. Se trata de un sistema de gestión de la sección estructural de carreteras.

1. El primer paso ha de ser una prospección del estado superficial de la carretera. Esta se hace utilizando un perfilómetro de trazo continuo o instrumento similar, que trabaja incorporado al tránsito a velocidades en el orden de los 30 km/hora y que proporciona un índice de servicio o índice internacional de rugosidad del camino recorrido. En países con redes muy deterioradas, podría estimarse que índices de servicio por arriba de 2 ó 2.5 liberan al camino hasta el siguiente año, sin acciones especiales de mantenimiento. El perfilómetro ha de pasar una vez al año sobre todo tramo de la red básica sujeta a análisis de conservación preventiva.

El paso en años sucesivos dará la evolución del índice de servicio, señalando la necesidad de estudios más a fondo en los tramos de evolución rápida. En ese tiempo, habrá de tomarse en cuenta que los trabajos de conservación normal pueden enmascarar la evolución desfavorable que se tendría en los tramos donde exista una deficiencia estructural más acusada, que lógicamente serían los escogidos para ejercer dicha conservación normal; ésta es información esencial para manejar en el banco de datos disponible en computadora.

A modo de ilustración es de esperar que en la red mexicana, unos 6 mil kilómetros de los 30 mil kilómetros bajo observación muestren un índice de servicio abajo del límite escogido y con una evolución suficientemente rápida como para justificar que esos tramos sean objeto de tratamiento en la segunda fase de aplicación del sistema.

2. El segundo paso será realizar en los tramos o carreteras en que se haya demostrado la necesidad, un estudio de deflexiones. El volumen de trabajo por ejecutar hace aconsejable la utilización de deflectómetros móviles, de tipo automático, que circulan sobre la carretera a velocidades del orden de 3 ó 4 km/hora o mayores, según el tipo de medidor.

Una condición fundamental para que la medida de deflexiones tenga un sentido físico interpretable es que se comparen las provenientes de tramos homogéneos, en materiales, características estructurales, condiciones topográficas y aún en condiciones de detalle, tales como el drenaje o el subdrenaje. La selección de estos tramos homogéneos debe hacerse entonces con base en recorridos de personal experimentado. Este personal llena formas que reflejan la situación general de tramo con información almacenable en el banco de datos.

Una vez dividido el camino en estudio en tramos homogéneos, se seleccionan en cada uno, uno o dos subtramos representativos del orden de 300 a 500 metros, que no deben representar más del 10% del segmento en estudio. Esto hace congruente al estudio de deflexiones con la prospección del estado superficial, de manera que esta segunda etapa del análisis puede completarse 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

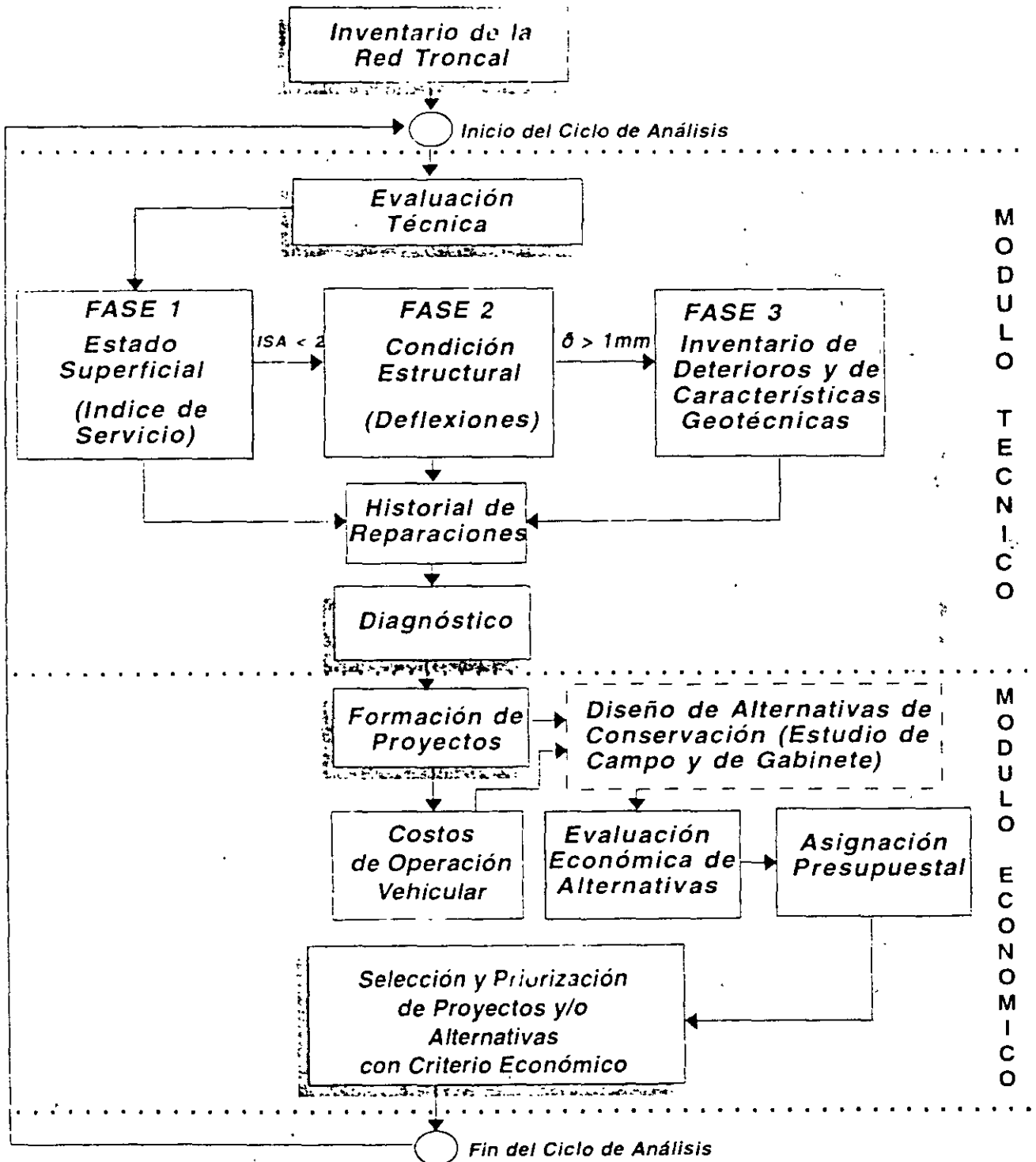


Figura 1.

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

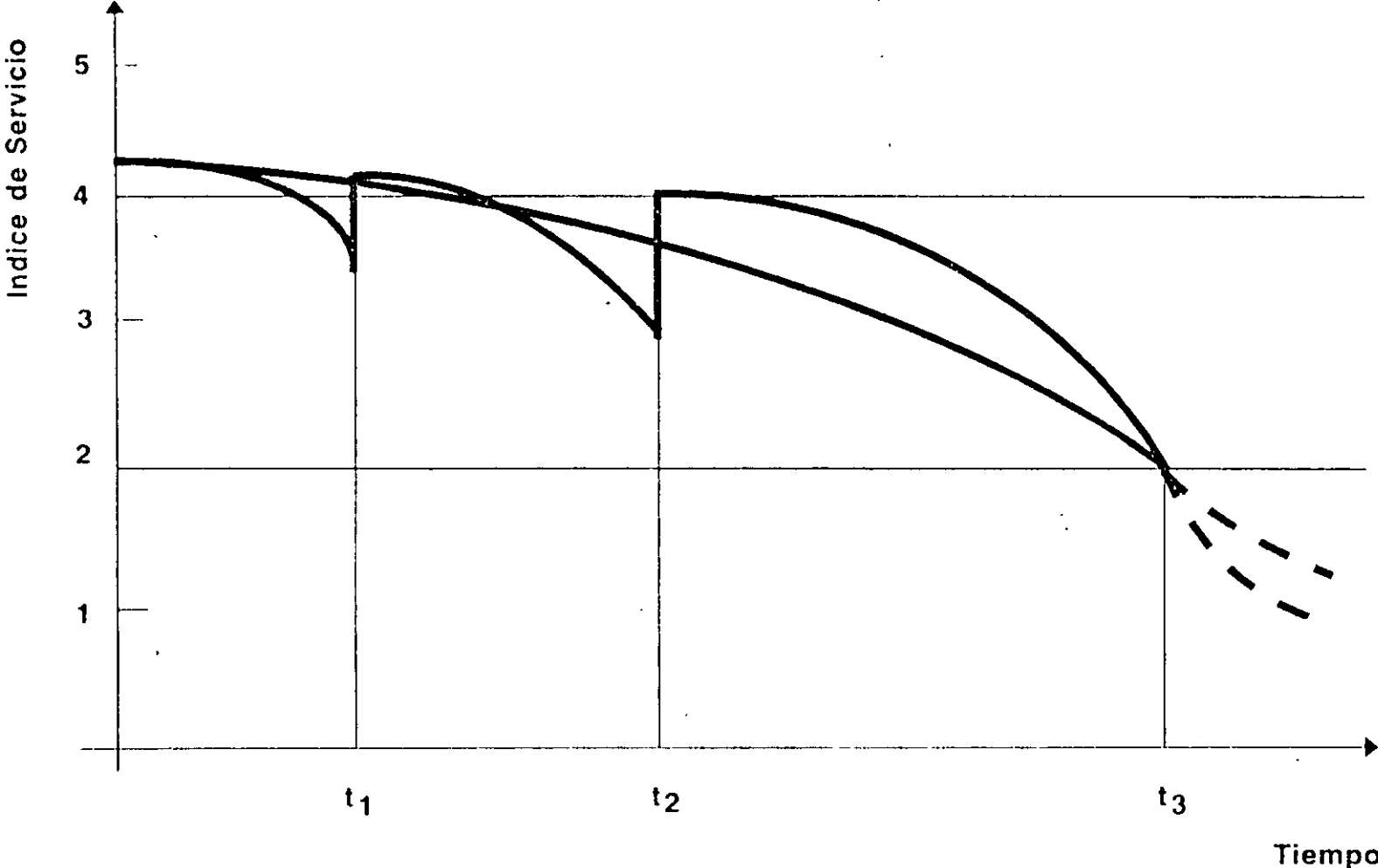


Figura 2.

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 estos temas y las gráficas para la estimación de los sobrecostos de operación vehicular a que llegó el I.M.T.

7. El Paradigma para Ordenar la Importancia de las Carreteras.

Como atrás quedó dicho, el objetivo único de la conservación de la red productora de riqueza es favorecer en todo lo que sea posible el transporte de carga y el medio para lograr tal fin, desde el punto de vista infraestructural, es disminuir en todo lo que sea posible los sobrecostos de operación vehicular. Para completar este criterio y con vistas a poder ordenar los caminos según su orden de importancia para los fines perseguidos, falta un criterio calificador de dicha importancia.

Obviamente criterios pudieran no faltar, pero cuando abundan, surgen las contradicciones entre ellos, aparece la confusión y se entorpecen o paralizan las acciones, sin olvidar que criterios controvertidos son el campo adecuado para la acción de la opinión y preferencias personales.

En el Instituto Mexicano del Transporte se ha buscado que el criterio para la ordenación de la importancia de las carreteras fuera sencillo y, de preferencia, único. El criterio escogido fue tan simple como el valor de la carga transportada por la carretera en un período anual. De algún modo se acepta que el camino que transporta más valor de carga es el más influyente en la generación de riqueza nacional. Obviamente no se ignora la posibilidad de existencia de casos de diferente comportamiento, pero éstos existirían en cualquier otro paradigma seleccionado.

También, en su momento se dio atención al criterio tradicional de otorgar importancia al camino en proporción a su aforo vehicular, pero se juzgó y 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	Perlas finas o cultivadas,	10.89	21	Preparaciones alimenticias	1.78
99	NO	10.82	96	Manufacturas diversas	1.73
97	Objetos de arte, de colección	10.30	41	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 sombrerería 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 (mlles)	JERARQUIZACION POR CANTIDAD DE CAMIONES	TONELADAS POR DIA (mlles)	JERARQUIZACION POR TONELADAS	VALOR DE LA CARGA POR DIA (mlles 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
AMAZOC	0.54	10	6	10	26	10

7. El Paradigma para Ordenar la Importancia de las Carreteras

Tabla 3.

LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE PESOS Y DIMENSIONES SOBRE LA RED CARRETERA PRINCIPAL

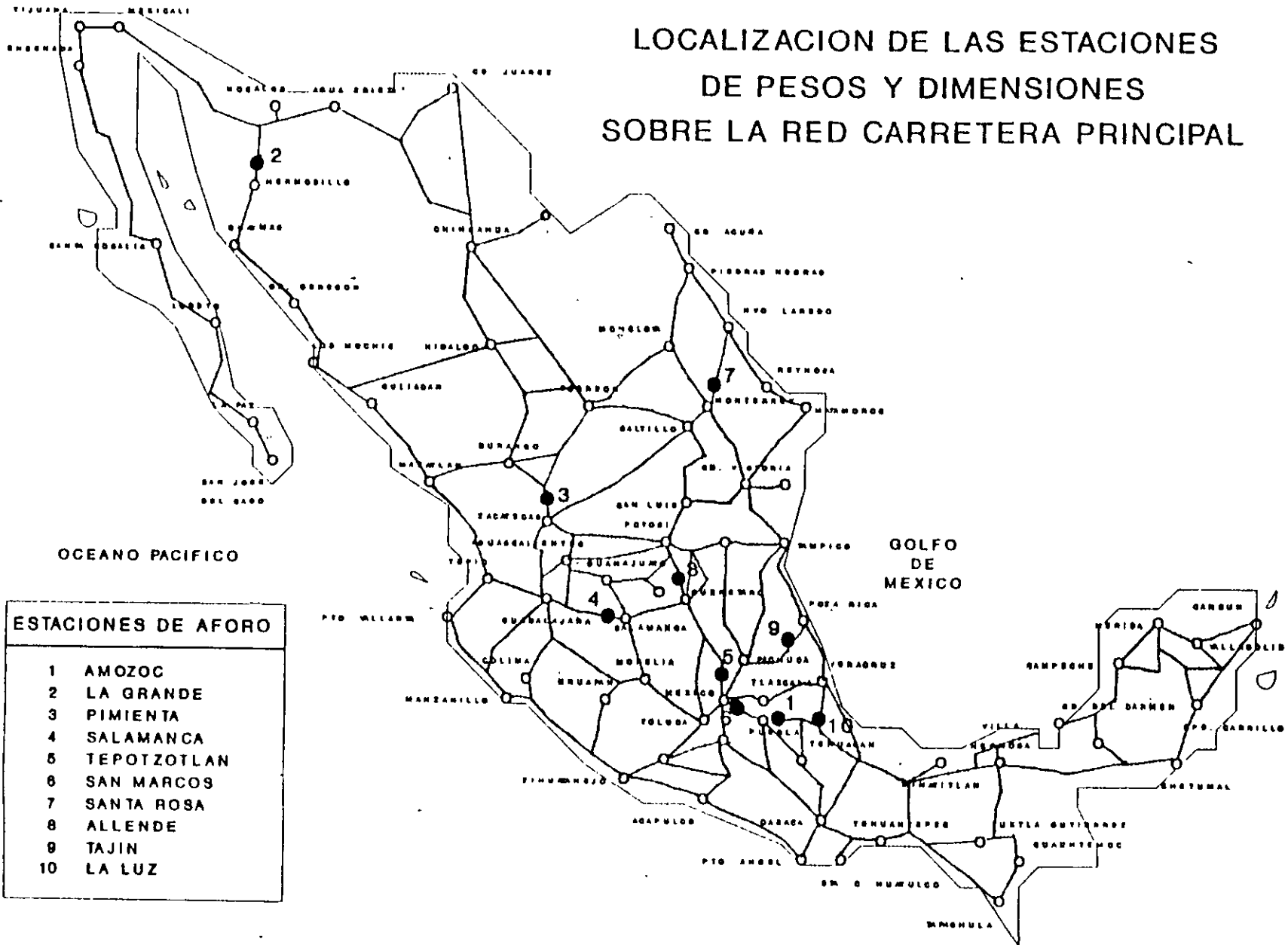


Figura 3.

345

8. Comentarios Adicionales sobre el Estudio de Pesos y Dimensiones.

Debe hacerse en este momento una disgresión en relación a este estudio de pesos y dimensiones que tan someramente se acaba de mencionar. Ante todo debe considerarse, en opinión de los autores de este trabajo, que difícilmente cualquier entidad responsable del transporte en cualquier país, pudiera encontrar un estudio más importante y más trascendente. Al ir conociendo en el transcurso de los años los movimientos de carga que ocupan las carreteras nacionales se obtiene información de incalculable valor que trasciende en mucho la contribución de este estudio a la Estrategia Nacional de Conservación aquí propuesta, cuya importancia por otra parte no puede disminuirse. Se ha señalado que el estudio podría basarse en el establecimiento de 20 ó 25 estaciones temporales cada año (en México), lo que significa, a un costo estimado por estación que trabaje una semana de 130 mil nuevos pesos (40 mil dólares), un costo total anual del orden de 3.3 millones de nuevos pesos (1 millón de dólares), cifras no impresionantes y en forma proporcional, al alcance pleno de las posibilidades de cualquier país. Obviamente un mayor número de estaciones temporales instaladas cada año llevaría a una aceleración del proceso de adquisición de información a escala nacional, pero debe tenerse modestia en el gasto y, sobre todo, realismo, en el sentido de que 20 ó 25 estaciones proporcionan en el caso de México, información que ha de ser procesada, computarizada y, muy especialmente, digerida; es posible que los números mencionados resulten apropiados ante las circunstancias reales.

Además del apoyo a la Estrategia General de Conservación que ya ha quedado descrito, la información obtenida tendría las siguientes utilidades:

- Al ir conociendo los flujos de carga en las diferentes carreteras del país, se adquirirá un elemento contribuyente hacia el adecuado conocimiento del preocupantemente desigual desarrollo regional tan frecuente en países en vías de desarrollo y de incalculable utilidad para la planeación nacional a esa escala.
- El conocimiento de la distribución de la carga en las regiones y carreteras del país sería una contribución decisiva para la planeación de la red nacional de carreteras.

- El mismo conocimiento sería una contribución muy importante para la evaluación y planeación operativa de la red nacional de ferrocarriles.
- Tan detallado conocimiento de la distribución de cargas permitiría planear el intermodalismo en el transporte cada vez con mejor conocimiento de detalle. Esto afectaría a la planeación adecuada de estaciones de transferencia para carga y mercancías, para almacenamientos, para estaciones de concentración y reparto a ciudades y para otras finalidades necesarias del mismo orden. Con la información podría definirse con conocimiento creciente la distribución de mercados, con todo lo que ello implica en la planeación nacional del transporte y la detección de oportunidades de negocio para los transportistas privados.
- Se definirían cada vez mejor los grandes corredores del transporte nacional y, lo que pudiera ser aún más importante, sus cambios y variaciones.
- El resultado del estudio es obviamente esencial para adquirir criterios que sustenten un adecuado reglamento de pesos y dimensiones de los vehículos de carga circulantes, pues no sólo conduce al conocimiento de los pesos sino de los sobrepesos.
- Conectado con el punto inmediatamente anterior, el estudio permite conocer el grado de agresión del transporte que realmente circula y que sucede en la infraestructura carretera, pero permite también comparar este efecto negativo con la ventaja que pudiera dar al autotransporte nacional la posibilidad de llevar más carga, disminuyendo el número de viajes y aumentando la rentabilidad de cada uno. De hecho, ya en la etapa incipiente de aplicación en que ahora se halla el estudio en México, ha rendido importantes frutos en tan controvertido terreno (Apéndice 5).
- Del análisis de los diferentes tipos de vehículos circulantes y de su agresividad comparativa sobre la carretera a cargas netas iguales transportadas, saldrán criterios para alentar la fabricación, armado y uso de los arreglos vehiculares menos agresivos, con el correspondiente desaliento para los vehículos cuya disposición de ejes produzca daños comparativamente mayores a iguales capacidades de transportación.

- También ha demostrado ya la incipiente información disponible, su gran potencialidad para poder estimar el efecto de diferentes medidas reglamentarias en los costos con que las mercancías llegan al mercado usuario (Apéndice 5).
- Las estaciones temporales que se utilizan para adquirir la información podrían servir colateralmente como estaciones de control para cualquier reglamento de pesos y dimensiones que sea establecido, con la ventaja de producir un control no previsible por los usuarios, suficiente y, de hecho, gratuito.
- Es evidente la potencialidad del estudio para detectar necesidades de modernización, ampliación, refuerzo, libramientos y otros aspectos de detalle de la infraestructura carretera nacional.
- Como beneficio colateral proporciona un nivel de estudios origen y destino desconocido hasta el momento, que fácilmente podrán en el futuro cercano conducir a reales posibilidades de simulación del transporte.
- Es evidente la contribución del estudio a cualquier reglamentación sobre transporte de sustancias peligrosas cuyos corredores serían fácilmente identificados por el estudio.

9. Equiparación del Criterio de Jerarquización Basado en el Valor de la Carga con otros Criterios comúnmente utilizados.

La jerarquización de las carreteras para definir su importancia relativa se ha realizado en el pasado con base en dos criterios principales. El más común y popular en la práctica ha sido el aforo vehicular. Según este criterio, la carretera más importante es aquella por la que transitan más vehículos; en cuestiones de transporte propiamente dicho, a veces el aforo se circunscribe a únicamente el número de camiones de carga o al de éstos y autobuses de pasajeros. En análisis de más detalle, se ha utilizado como índice de importancia de las carreteras, un criterio beneficio/costo, que obviamente se aplica a muy diversas facetas del papel de las carreteras dentro de la vida social; en este criterio, se compara el beneficio económico del influjo de la carretera misma o de algo que a ella se le haga con el costo que tal cosa conlleve.

En el caso del estudio de pesos y dimensiones vehiculares atrás detallado, aplicado a la Estrategia Nacional de Conservación Carretera, el aforo vehicular refleja de algún modo el costo de operación de los camiones de carga circulantes por cada estación; éste es un dato usualmente tomado en cuenta para definir la importancia de una carretera (por ejemplo, para analizar la conveniencia y oportunidad de acciones de conservación) empleando un criterio tradicional beneficio/costo, en el que el costo es lo que haya que invertirle a la carretera para el fin deseado y el beneficio es el ahorro en costos de operación vehicular que se tenga con la acción emprendida. La jerarquización por valor económico de la carga recoge indudablemente de algún modo el costo de operación vehicular, pero induce a dar la mayor importancia a los tramos carreteros que más inciden en la generación de la riqueza nacional, respaldando acciones (de planeación, proyecto o conservación) que tiendan a reducir los costos del transporte de mercancías, haciendo al país más eficiente en el interior y competitivo.

Los autores de este trabajo piensan que la jerarquización por valor económico de la carga va más lejos que la interpretación literal de los aforos y que representa un criterio más trascendente para valuar la importancia de la vía terrestre, sea carretera o ferroviaria. A modo de simple ejemplo, se ve en la Tabla 4 que la estación Santa Rosa ocupa el lugar 7 por aforo, pero el 3 por valor de la carga; esta estación está

Tabla 4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ESTACIONES CARRETERAS INSTALADAS DURANTE 1991

ESTACION DE AFORO	NUMERO DE CAMIONES POR DIA (miles)	JERARQUIZACION POR CANTIDAD DE CAMIONES	TONELADAS POR DIA (miles)	JERARQUIZACION POR TONELADAS	VALOR DE LA CARGA POR DIA (millones de dólares)	JERARQUIZACION POR VALOR DE LA CARGA	RELACION BENEFICIO/COSTO	JERARQUIZACION POR RELACION BENEFICIO/COSTO
TEPOTZOTLAN	5.25	1	102	1	182	1	17.6	1
ALLENDE	3.33	2	67	2	94	2	14.2	2
STA. ROSA	1.88	7	22	8	64	3	4.4	8
PIMIENTA	2.22	5	41	4	52	4	3.2	9
SALAMANCA	1.67	8	26	5	50	5	5.1	6
LA LUZ	2.60	3	44	3	43	6	8.6	3
SN. MARCOS	2.34	4	22	9	41	7	7.7	4
AMAZOC	2.16	6	24	6	35	8	6.8	5
TAJIN	1.43	10	20	10	31	9	4.7	7
LA GRANDE	1.48	9	22	7	27	10	3.2	10

9. Equiparación 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.

Desde este punto de vista, la propuesta tiene un carácter relativamente contingente, sirviendo para colocar la red básica en una condición tal, en alineamiento, seguridad y condición estructural, que en el futuro pueda mantener un estado satisfactorio con inversiones ya principalmente enfocadas al mantenimiento rutinario y no tanto, ni mucho menos, al refuerzo y/o la reconstrucción. Así, al cabo de los períodos de tiempo que se señalarán en la propuesta, la continuación de los programas de obtención de recursos que se exponen podrían inclusive reforzar las necesarias políticas de construcción de nuevas vías, que probablemente nunca dejarán de presentarse.

Los estudios del I.M.T. que amparan la propuesta presentada contienen muchos detalles analíticos que no se incluyen en este trabajo, que se limita a una presentación de resultados.

Los estudios realizados toman en cuenta el hecho de que aún los 30 mil kilómetros de red básica considerados en los análisis no deben llegar al mismo nivel de calidad. La estrategia general elaborada por el propio I.M.T. contiene los elementos para jerarquizar el estado final de índice internacional de rugosidad a que debe llegarse en los diferentes arcos de la red, estableciendo prioridades y jerarquías de acuerdo con criterios que ya han sido expresados en este trabajo.

Todos los arcos de la red fueron analizados individualmente, con base en su contribución económica al transporte general, expresada por el valor de la carga transportada por cada uno, cuando esta información estuvo disponible y con base en aforos (con énfasis en los vehículos de carga),

cuando no lo estuvo. Debe tenerse en cuenta que el estudio de campo de pesos y dimensiones de los vehículos, tantas veces mencionado, es aún joven en México, pero es de esperar que cuando vaya rindiendo más de su vital información, puedan realizarse los ajustes necesarios; otro tanto ocurrirá cuando por avatares obligados en la futura vida nacional, ocurran cambios que los justifiquen.

Todos los arcos fueron analizados con el criterio de integrarlos en corredores homogéneos de transporte (Referencia 13) a través del territorio nacional, pues estos elementos deben constituir la unidad de estudio, antes que los arcos aislados definidos geográficamente o por cualquier otro sistema que no sea el transporte carretero mismo y sus posibilidades de integración con otros modos; tales como puertos marítimos o fronterizos, el ferrocarril, el abasto a ciudades o consideraciones de desarrollo regional.

11.3 Una Propuesta Específica para la Obtención de Recursos para la Conservación Vial en el Caso de México.

La propuesta que a continuación se menciona en su parte conceptual y conclusiva, está contenida en forma más detallada en la Referencia 1. Sin embargo, antes de entrar a su parte medular, conviene proporcionar algunos datos correspondientes a la situación concreta de México (1994) que serán útiles para proporcionar un marco de referencia. También debe aclararse desde ahora que la propuesta se refiere a la red federal básica de carreteras mexicanas, de unos 30 mil kilómetros de longitud que no considerará 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	9561
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

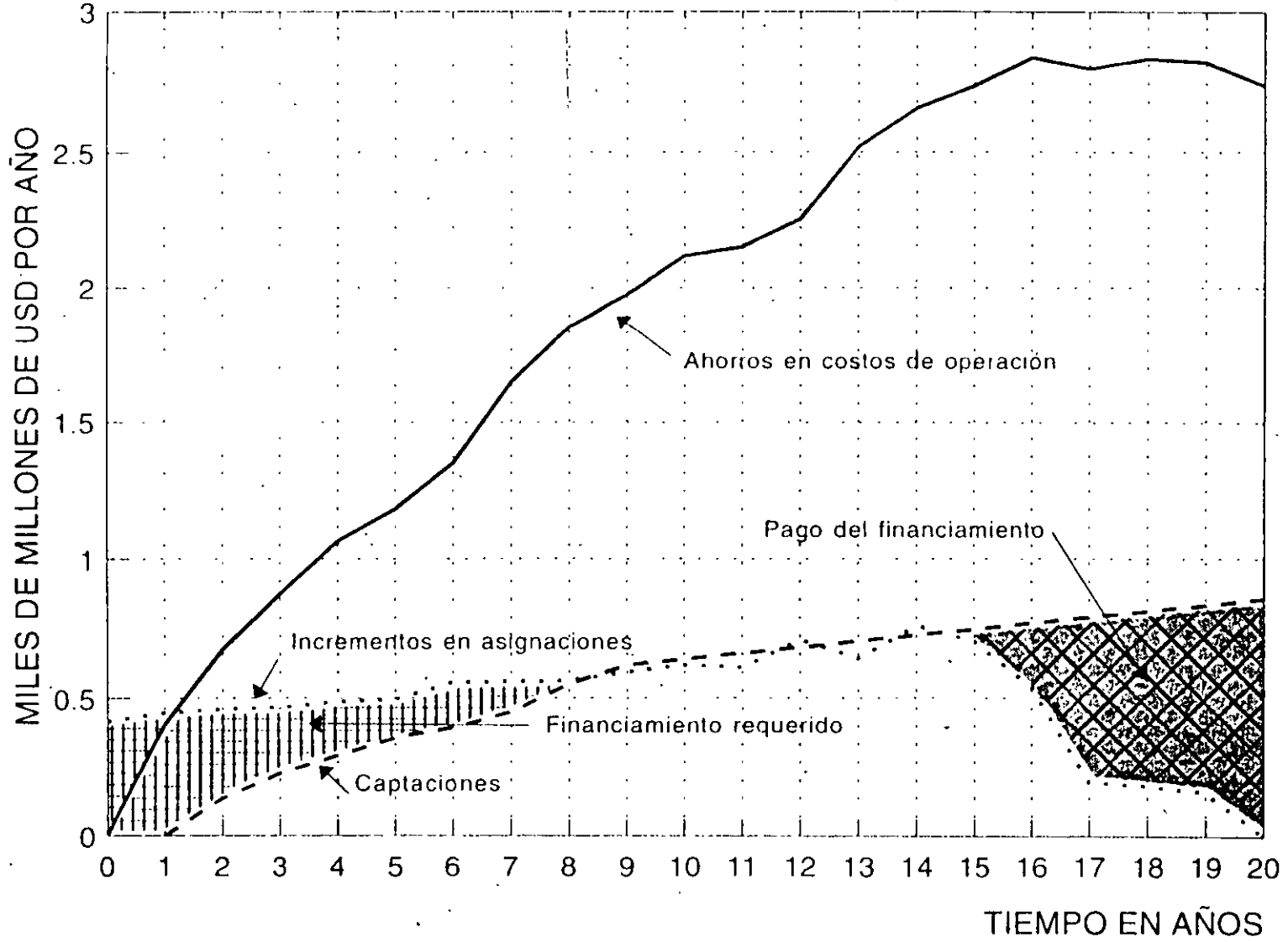


Figura 4.

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.

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

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 prevaletentes, sus tradiciones y evolución histórica y, desde luego, las condiciones y características de cada red nacional de carreteras.

Lo que no tiene duda es que parecen presentarse dos criterios rectores que independientemente de que han existido siempre, adquirieron en los últimos años (por lo menos en los países en desarrollo) una relevancia muy notable. Uno es el hecho, ya tan mencionado, de que los costos de la conservación adecuada de una red nacional son tan cuantiosos que su correcta administración se ha convertido en una empresa vital, vigilada por muchos sectores y de gran trascendencia intrínseca. El segundo criterio rector se refiere al objetivo mismo de la conservación: la enorme difusión, creciente complejidad y decisiva influencia de las actividades comerciales del país y del adecuado fomento hacia el desarrollo industrial, producen una clara y perentoria obligatoriedad de que el fin de las tareas de conservación sea la optimización del transporte, con muy especial énfasis en el de carga. Ya no se trata de

tener buenas carreteras; se trata ahora de tenerlas en un estado debidamente jerarquizado, de acuerdo con la importancia de la ruta en tanto forme parte de un corredor de transporte que contribuya a los desarrollos anteriores. Esta idea debe conducir a un cierto cambio en el criterio de los típicos ingenieros de caminos, vinculando su actividad, antaño frecuentemente orientada en demasía a aspectos exclusivamente técnicos, hacia los terrenos del fomento al comercio, al desarrollo industrial y al intercambio social.

La Referencia 15 presenta un útil panorama de las prácticas seguidas en muchos países y de las principales preocupaciones que en ellos se tienen en torno a los trabajos de conservación y a la contribución de las empresas privadas en los mismos. La fuente de información de la referencia proviene del reporte World Bank-INU 91 ("Assessment of Road Maintenance by Contract").

Lo más destacable en el panorama mundial se resume a continuación, en la inteligencia de que se conjunta información de países de los más diversos rangos de desarrollo económico y tecnológico:

- Se detecta dondequiera la necesidad de mejorar la conservación carretera.
- La participación de los contratistas privados en la conservación que tenga carácter de reforzamiento, modernización o reconstrucción (llamada conservación periódica) es muy abundante y creciente.
- En la conservación rutinaria, la contratación con empresas privadas comienza a ser una opción a la que se recurre.
- Se manifiesta una preocupación importante por mejorar la eficiencia de los trabajos de conservación hechos por la Administración Pública.
- Prevalece la idea de que la repartición de los trabajos entre la Administración Pública y las empresas privadas debe ser casuística y flexible.
- Realizar toda la conservación por medio de empresas privadas se considera una opción, pero no la única opción.

- Se acepta que la Administración Pública debe planear los trabajos de conservación, con especificaciones claras y fijación estricta de niveles de calidad, tanto para los trabajos realizados por la Administración Pública como por los contratistas privados. En otras palabras, se reconoce dondequiera la necesidad de lo que en este trabajo se ha llamado una Estrategia Nacional de Conservación.
- Existe una marcada tendencia a aceptar con los contratistas privados, términos de contratación de 3 ó más años. Períodos menores no permiten inversiones en equipos variados y especializados que optimicen las labores de conservación.
- La mayor parte de los países no reportan una diferencia importante en costos entre los trabajos realizados por sus administraciones públicas y por los contratistas privados, pero el trabajo gubernamental puede tener incrementos de eficiencia muy significativos cuando se le pone a competir con el trabajo privado.
- En la labor de los contratistas privados, existe a nivel mundial una preocupación por propiciar la intervención de empresas pequeñas.
- Cuando se han dividido los trabajos de conservación entre contratistas privados e instituciones de gobierno, se han reportado beneficios mutuos por incremento en la competitividad de ambas fuerzas de trabajo.
- Las economías de escala que pueden conseguirse dando grandes contratos de conservación a grandes empresas, son por otra parte, a menudo contrarrestadas por una disminución del nivel de competitividad y de eficiencia de tales grandes empresas.
- Suele considerarse al trabajo gubernamental como más capaz de dar respuesta pronta a casos de emergencia.

De lo anterior se desprende claramente que no existen tendencias totalmente favorables al trabajo privado o al público; ambos han de ser cuidados, protegidos de alguna manera y convenientemente entrenados. La conclusión universalmente aceptada de que el buen desenvolvimiento de sistemas de conservación privada requiere contratos de duración mayor que la usual, es importante. Esta necesidad es quizá mayor en

países en vías de desarrollo, en los que las redes carreteras suelen adolecer de deficiencia estructural, pues en tales casos, los primeros tiempos de la evolución de un contrato implican refuerzos o reconstrucciones muy demandadoras de inversiones que sólo podrán recuperarse en años subsecuentes, en los que la conservación tenga un carácter más rutinario.

Los autores de este trabajo piensan que los trabajos de conservación ofrecen amplio campo para la intervención privada. Coinciden en considerar prácticamente inevitables los contratos de duración razonablemente larga, que permitan las inversiones necesarias y los tiempos de recuperación suficientes. Piensan también que la gran empresa tiene cabida en estos programas, así como lo tiene la mediana; la diferencia entre ambas puede centrarse en la longitud del tramo a conservar, objeto del contrato. Estas longitudes podrían llegar a ser del orden de 500 kilómetros en los grandes contratos y de 100 a 200 kilómetros en los contratos con empresas medianas.

No se ve con la misma claridad la posibilidad de contar con la deseable presencia de empresas pequeñas en estos trabajos. Esta presencia sería conveniente para fomentar el desarrollo local y como un elemento de justicia general, pero estas ideas no deben llevar a encomendar los trabajos a quien no tenga la fuerza necesaria para hacerlos bien.

El encomendar la conservación rutinaria a una empresa pequeña, dejando la conservación de refuerzo y reconstrucción inicial o periódica a una empresa mayor, no es un criterio que se recomiende por 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

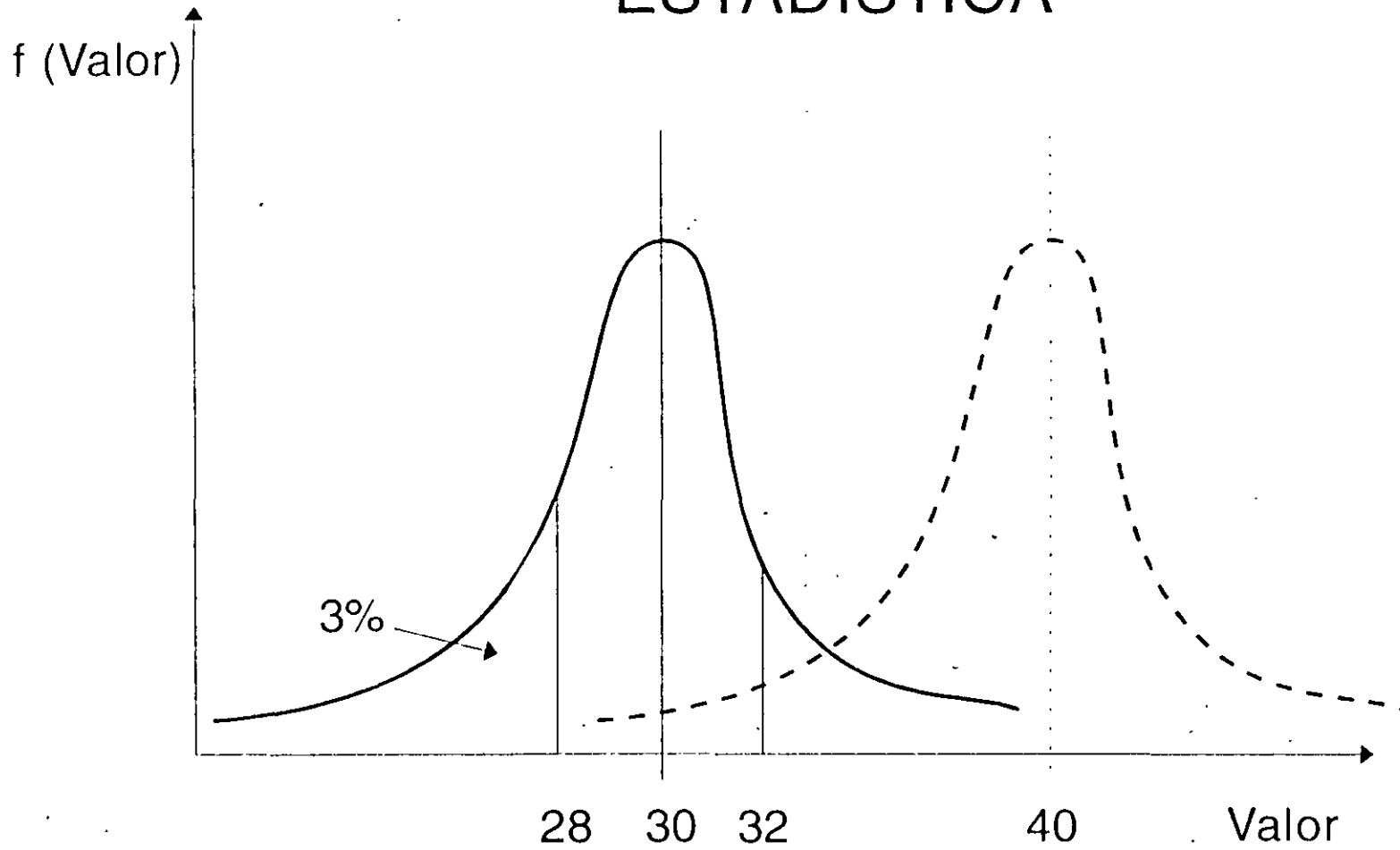


Figura 5.

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 completar en un año, longitudes correspondientes a las que resultan de haber completado el paso del perfilómetro o equivalente en la longitud total de la red estudiada en el mismo período de tiempo.

En el caso de México, se considera que un valor estadístico de la deflexión superior a 1 mm, (0.04 pulgadas) indica que ese tramo debe ser estudiado en la tercera etapa del sistema.

No cabe duda de que puede suceder que la longitud de caminos y tramos, que de acuerdo con lo anterior requieran ser analizados en la tercera etapa, puede resultar mayor que las disponibilidades de recursos económicos de que se disponga para un año dado. Cuando ello es así, son otras consideraciones tales como la importancia económica del camino, su volumen de tránsito y otras de carácter social, las que lleven a seleccionar el conjunto compatible con los recursos disponibles. No hay que decir que los caminos que han quedado fuera de tratamiento en este caso, deben ser objeto de preferente atención al año siguiente o sujetos a conservación normal cuidadosa.

En la tercera etapa del sistema debe hacerse un análisis cuidadoso de los caminos sobre los que habrá que ejercer acción de mantenimiento especial, refuerzo o eventual reconstrucción. Esto debe hacerse por procedimientos convencionales que incluyan exploración de campo y trabajo de laboratorio, a fin de conocer el comportamiento estructural al detalle y sus fallas y elaborar los proyectos de refuerzo o reconstrucción respectivos.

Un elemento esencial del sistema es el banco de datos, sin el cual no cabe pensar en el establecimiento a largo plazo de la metodología general que se ha descrito.

En primer lugar, el I.M.T. cuenta con un programa (disponible en el I.M.T.) que permite manejar los índices de servicio, para definir zonas por arriba y por abajo del límite de rechazo previamente seleccionado.

En segundo lugar, desarrolló también un programa (disponible en el I.M.T.) para el manejo de la información de las deflexiones.

Es de recalcar la conveniencia a que ha llegado la experiencia mexicana en el sentido de incorporar en todo lo que sea posible al sistema, la acción personal de los ingenieros a cargo del camino, a fin de robustecer su conocimiento del mismo y de tener información de primera mano sobre su estado general (Ref. 2).

2. Lineamientos Generales del Sistema.

El Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos (S.I.M.A.P.) se puede definir como el conjunto de actividades relacionadas con los procesos de organización, coordinación y control que afecten la funcionalidad, economía y vida útil de la sección estructural de las carreteras y que permitan una utilización adecuada de los recursos humanos y presupuestales disponibles. Se considera al S.I.M.A.P. en su fase I específicamente, como la herramienta actual necesaria para ejecutar los trabajos de conservación correctos a las necesidades existentes en el lugar y el momento precisos.

El S.I.M.A.P. está compuesto básicamente por 7 subsistemas: el DATOGEN que registra y archiva datos generales de ubicación y de tránsito; el ISA que procesa los índices de servicio actuales de las carreteras en estudio; el CAPES que procesa deflexiones obtenidas en el campo para obtener refuerzos necesarios; el INVEDET que maneja los inventarios de fallas o deterioros de tramos evaluados; el HISTOREP que lleva un registro de archivo de reparaciones de mantenimiento menor/mayor efectuadas; el CARGEOT que se encarga de procesar las características geotécnicas de las estructuras del pavimento y sus alrededores y por último, el REFIN que se encarga de procesar la interacción de resultados de los 6 primeros subsistemas para llegar a

a resultados y recomendaciones finales de acciones a seguir.

La Figura A1.1 muestra un diagrama que ilustra la interrelación de los distintos componentes del S.I.M.A.P.

3. Equipo de Cómputo.

El S.I.M.A.P. puede ser usado en cualquier microcomputadora personal I.B.M. de los modelos PC/XT, PC/AT, PS/2 o compatibles.

Es recomendable contar con disco duro (20 megabytes) para así estar en posibilidad de manejar un mayor número de datos y, al mismo tiempo, de ganar rapidez de ejecución.

Sin embargo, es posible utilizar una máquina con 2 drives para disco flexible de 5 ¼ ó 3 ½ pulgadas.

4. Banco de Datos.

Su objetivo prioritario deberá ser el de ayudar a los responsables a administrar los problemas operacionales con herramientas destinadas a satisfacer necesidades bien definidas.

Se trata de poner un gran número de datos (sólo los necesarios para simplicidad del sistema) en forma adaptada a disposición de los responsables, desarrollando sistemas lógicos de colección, archivo y tratamiento de la información, puestos al día permanentemente.

El banco de datos debe contener la siguiente información básica:

- Información base, incluyendo: nomenclatura y clasificación, características geométricas, estructura del pavimento y trabajos, tráfico y accidentes.
- Resultado de la auscultación, incluyendo: adherencia, uniformidad y deflexión.

Asimismo, se establecen las siguientes recomendaciones específicas:

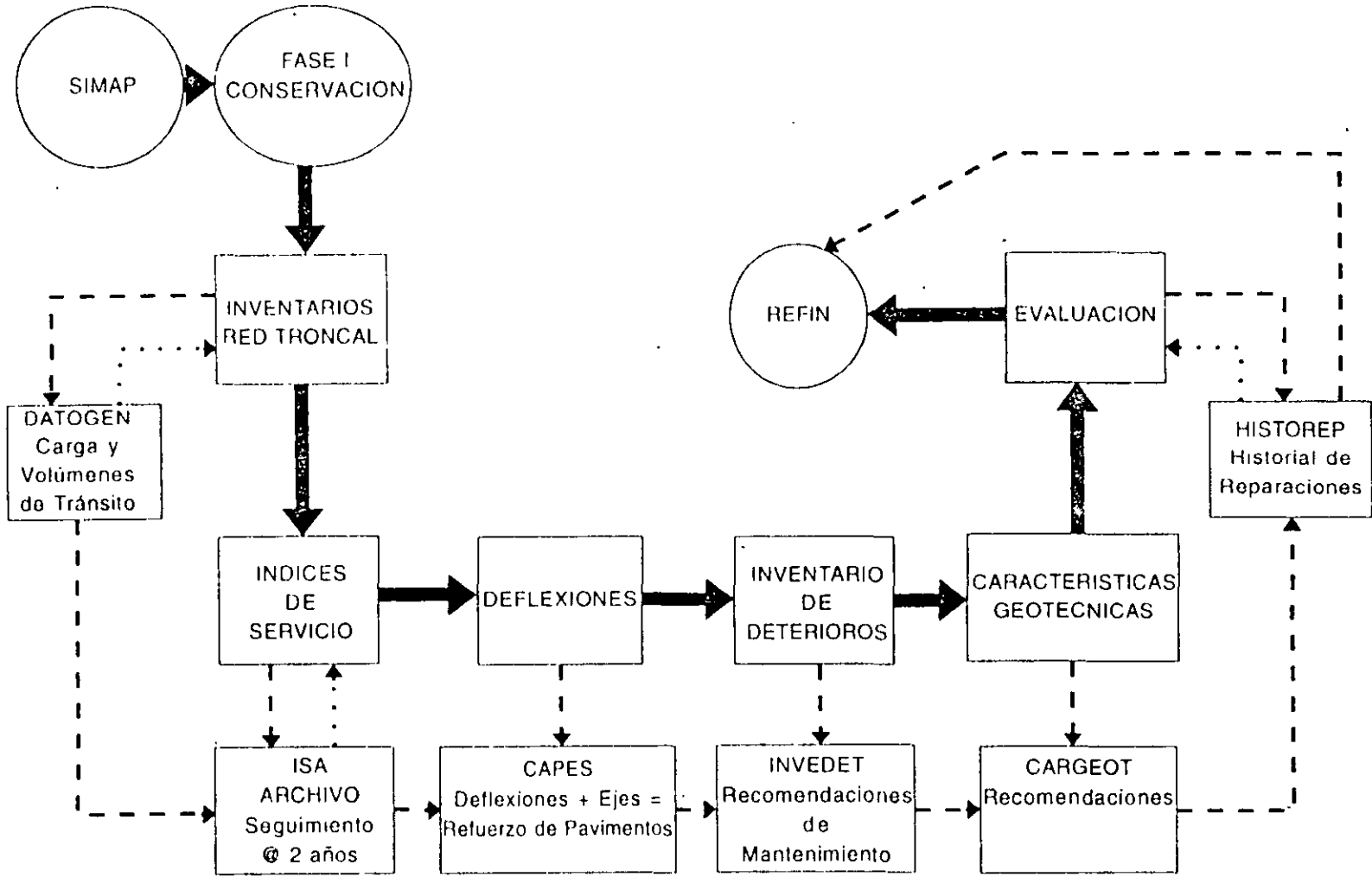


Figura A1.1

232

- 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.

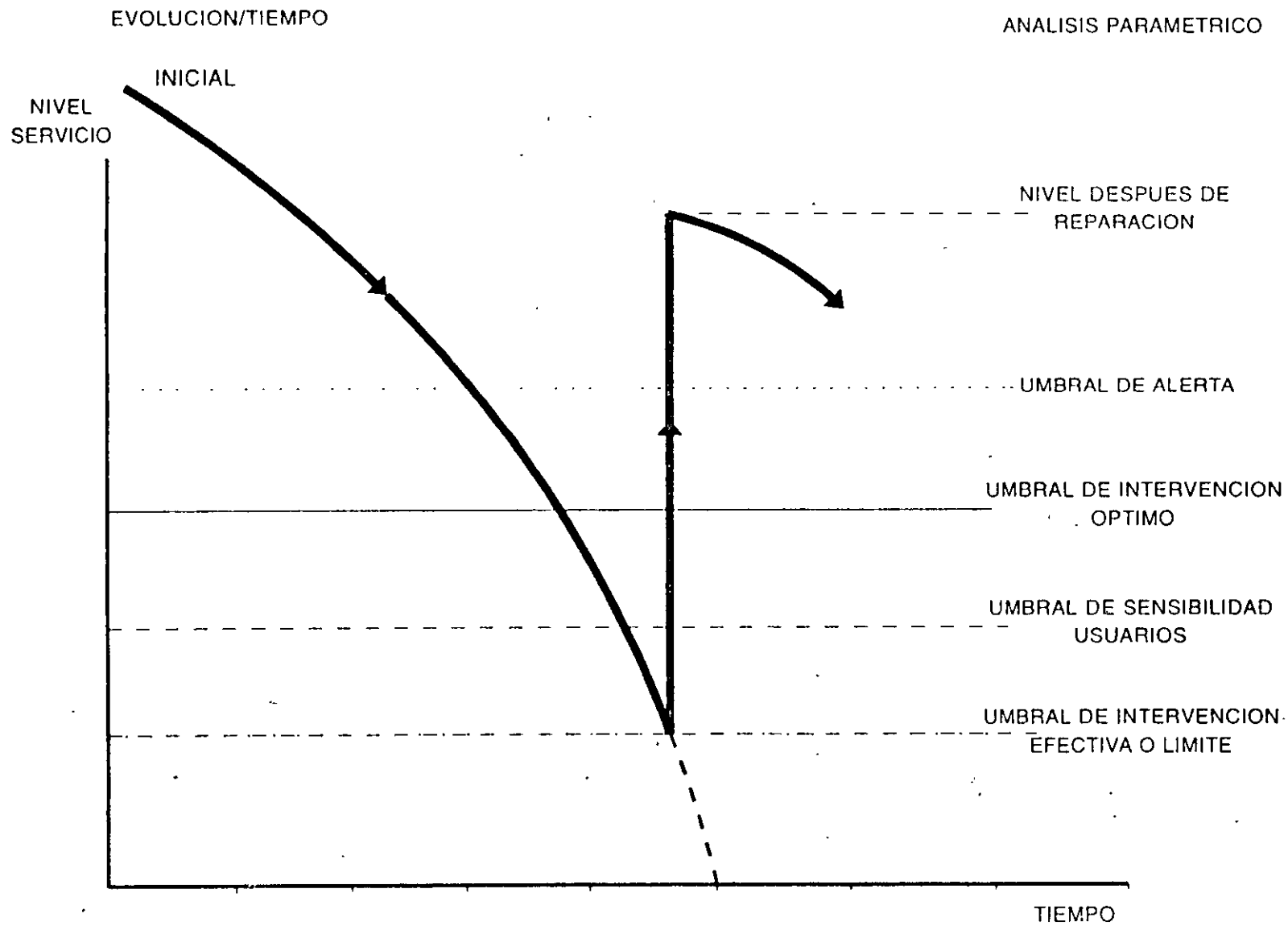


Figura A1.2

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

Se requiere de 4 valuadores y forzosamente uno con experiencia en técnica carretera a bordo de un vehículo con buena suspensión, buena alineación de ruedas y dirección estable; deberán hacer recorridos continuos a la velocidad de operación promedio en el tramo e ir registrando en el formato, cada 5 kilómetros, la calificación estimada por cada observador hasta completar los 50 kilómetros que contiene el formato. En los casos de estar evaluando carreteras con mayores longitudes, se empleará otra hoja del mismo formato.

Es importante hacer notar que las calificaciones promedio servirán para decidir la intervención en los tramos; esto es, segmentos de 5 kilómetros de longitud que obtengan una calificación menor o igual que el límite mínimo, manifiestan condición crítica, lo que requiere continuar con otras mediciones, indicadas en los formatos No. 3, 4 y 6.

En los tramos de calificación "promedio" mayor al límite mínimo aceptable, el sistema analizará los tramos que tiendan a llegar en el corto plazo al límite permisible (por ejemplo, 2.5 ó 3 sería un umbral de alerta), graficándose automáticamente el comportamiento futuro de la carretera.

Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos

S.C.T.	S I M A P	I.M.T.
<u>D A T O G E N</u>		
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: __. __	
<u>I N D I C A C I O N E S</u>		

Figura A1.4 Formato para datos generales.

Por otro lado, el sistema analizará y obtendrá recomendaciones de conservación para todos los tramos evaluados, en función de los datos que se vacíen en los formatos de INVEDET y CARGEOT.

La Figura A1.5 muestra el formato ISA; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

Si la evaluación se hace con base en el índice internacional de rugosidad, el sistema de cómputo desarrollado por el I.M.T., que considera índice de servicio, será igualmente útil sin más que usar la equivalencia entre ambos conceptos, desarrollada por el propio I.M.T. (Referencia 10).

8.5 Formato No. 3: CAPACIDAD ESTRUCTURAL (CAPES).

Este servirá para procesar y deberá ser llenado para los tramos que obtuvieron una calificación de índice de servicio igual o menor que el mínimo aceptable.

El formato registra la capacidad estructural del pavimento en función de la deflexión, que será medida con algún deflectómetro en el campo.

En el caso de que las mediciones se hagan con Viga Benkelman, se requiere contar con el siguiente equipo como mínimo:

- Una Viga Benkelman standard con relación 2:1.
- Un camión de volteo, lastrado a 8.2 ton en el eje trasero.
- Tres operadores (un chofer, uno para lecturas y un ayudante para movimiento de la viga).
- Un termómetro.
- Dos bandereros.

Se registrarán 25 lecturas de deflexiones a cada 20 metros, hasta completar los 500 metros que es la longitud de estudio. El tramo de estudio de deflexiones deberá ser elegido de entre los 5 kilómetros evaluados con índice de servicio, al seleccionar la zona más crítica.

Se necesita obtener las 25 lecturas de deflexión en el campo, dejando al programa S.I.M.A.P. el cálculo de la deflexión característica y de la promedio.

Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos

S.C.T.	S I M A P				I.M.T.
<u>I S A</u>					
Carretera:					
Tramo:					
Subtramo:					Sentido:
					Código:
COORD.:					FECHA: ___-___-___
KILOMETRAJE	VALUADOR 1	VALUADOR 2	VALUADOR 3	VALUADOR 4	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	
___ .00 - ___ .00	___	___	___	___	

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

- 0 a 1 = Intransitable
- 1 a 2 = Malo
- 2 a 3 = Regular
- 3 a 4 = Bueno
- 4 a 5 = Excelente
- 8 = NO EVALUADO

Figura A1.5 Formato para el índice de servicio actual.

Se requiere obtener la temperatura, en grados centígrados, en la carpeta en el momento en que fueron obtenidas las mediciones de deflexión, para que el programa calcule los factores de ajuste correspondientes.

Se considera conveniente para esta etapa, el hacer sondeos para conocer las características estructurales del pavimento (uno por cada 500 metros de longitud de estudio); por último, deberá llenarse el período crítico en que fueron obtenidas las deflexiones, asignándoles "T" para el período crítico de máximas temperaturas o la letra "F", si se realizaron fuera del período crítico.

La Figura A1.6 muestra el formato CAPES; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

8.6 Formato No. 4: INVENTARIO DE DETERIOROS (INVEDET).

Contiene la información suficiente indispensable para hacer el inventario o levantamiento de deterioros, con su cuantificación estimada.

Se requiere forzosamente realizar una "inspección visual" detallada a pie, a lo largo del tramo bajo estudio. Este trabajo lo realizarán técnicos con suficiente experiencia en el reconocimiento de fallas y deterioros en pavimentos.

El recorrido deberá cubrir el ancho total del camino bajo estudio. En el caso de evaluación de carreteras de 4 carriles, el recorrido a pie se realizará sobre el carril de mayor tránsito pesado.

Se registrarán las fallas listadas en el formato, que se consideran son las más comunes y representativas en la carpeta asfáltica, así como alguna especial no indicada en el formato. Lo anterior, en función de su longitud o área deteriorada, en porcentaje del total bajo estudio (500 metros). También se registrará la gravedad o severidad estimada en las observaciones de los deterioros, auxiliándose con una fotografía de la falla y las profundidades o anchos para el caso de depresiones o agrietamientos respectivamente.

- Roderas.
- Baches.
- Grietas Longitudinales.

Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos

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

C A P E S

Carretera:
 Tramo:
 Subtramo: Código:
 Segmento:
 COCRD.: FECHA: _ _ _ _

LECTURAS DE DEFLEXION

D01 _ _ . _ D02 _ _ . _ D03 _ _ . _ D04 _ _ . _ D05 _ _ . _
 D06 _ _ . _ D07 _ _ . _ D08 _ _ . _ D09 _ _ . _ D10 _ _ . _
 D11 _ _ . _ D12 _ _ . _ D13 _ _ . _ D14 _ _ . _ D15 _ _ . _
 D16 _ _ . _ D17 _ _ . _ D18 _ _ . _ D19 _ _ . _ D20 _ _ . _
 D21 _ _ . _ D22 _ _ . _ D23 _ _ . _ D24 _ _ . _ D25 _ _ . _

CBR TERR.NAT.: _ % CBR TERRAPLEN: _ %
 CBR BASE: _ % CBR SUB-BASE: _ %
 PERIODO CRITICO?: _ TEMP.PROM.CARP.: _ °C ORIGEN DATOS: _ _ _ _

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

- 1.- Los valores de las deflexiones deberán ser en unidades enteras (hasta 3 cifras) puesto que el programa calculará posteriormente la conversión a milésimos de pulgada para obtener la deflexión característica.
- 2.- Para que los resultados sean confiables se requieren 25 lecturas por segmento.

Figura A1.6 Formato para capacidad estructural.

- Grietas Transversales.
- Desprendimientos/Erosión.
- Asfalto Aflorado.
- Agrietamientos en Piel de Cocodrilo.
- Adhesividad de la Carpeta por Fricción.
- Hundimiento/Depresiones.

En la última columna correspondiente a la gravedad estimada, se deberán considerar únicamente los grados de severidad siguientes: despreciable, de consideración, media, grave y muy grave.

La Figura A1.7 muestra el formato INVEDET; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

8.7 Formato No. 5: HISTORIAL DE REPARACIONES (HISTOREP).

Este formato deberá llenarse para todos los tramos de la red inventariada troncal, independientemente de la calificación de índice de servicio obtenida.

Registra el historial de las reparaciones efectuadas de 3 años a la fecha, tanto de operaciones de mantenimiento menor o preventivo como de mantenimiento mayor o correctivo, indicando las fechas de ejecución y el tipo o clase de trabajo efectuado.

En el último renglón de la tabla del formato deberá indicarse la fecha y tipo de la más reciente intervención de mantenimiento.

Se incluyen dos renglones para observaciones que se consideren pertinentes sobre el tema.

La Figura A1.8 muestra el formato HISTOREP; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

8.8 Formato No. 6: CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS (CARGEOT).

Este formato deberá ser llenado sólo para los tramos que obtuvieron una calificación de índice de servicio igual o menor que el mínimo aceptable.

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

INVEDET

Carretera:

Tramo:

Subtramo:

Segmento:

COORD.:

Código:

FECHA: __-__-__

FALLA	PORCENTAJE	PROF./ABERT.	GRAVEDAD
Rodenas	---	---	---
Baches	---	---	---
Grietas long.	---	---	---
Grietas transv.	---	---	---
Desprendimientos	---	---	---
Asfalto aflorado	---	---	---
Piel de cocodrilo	---	---	---
Pulido superficie	---	---	---
Hundimientos	---	---	---

ORIGEN DATOS: _____

INDICACIONES

GRAVEDAD:

- A = Despreciable
- B = De consideracion
- C = Media
- D = Grave
- E = Muy grave

Figura A1.7 Formato para inventario de deterioro.

S.C.T.	S I M A P	I.M.T.	
<p><u>H I S T O R E P</u></p>			
<p>Carretera:</p>			
<p>Tramo:</p>			
Subtramo:	Código:		
Segmento:	FECHA: _ _ - _ - _		
COORD.:			
<p>_____ MANTENIMIENTO MENOR _____</p>		<p>_____ MANTENIMIENTO MAYOR _____</p>	
FECHA	DESCRIPCION	FECHA	DESCRIPCION
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
_ _ - _ - _	_____	_ _ - _ - _	_____
<p>_____ I N D I C A C I O N E S _____</p>			

Figura A1.8 Formato de historial de reparaciones efectuadas.

Registra los datos más indispensables de las características geotécnicas de la zona y tramo bajo estudio.

- a. Temperatura ambiente de la zona, en promedio anual, indicando la más alta (máxima) y la más baja (mínima), en grados centígrados. Esto es de particular importancia en zonas con climas 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 soporte, es indispensable registrar en el formato, el tipo o clasificación del suelo que lo conforma, su valor relativo de soporte y por último si el suelo posee alguna característica especial que haga problemático al mismo, tal como las arcillas con potencial de expansión, colapsables, turbas, etc.

La Figura A1.9 muestra el formato CARGEOT; en el Anexo No. 1 se presenta un ejemplo de llenado del mismo.

Apéndice 1. Sistema Mexicano de Administración de Pavimentos

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 estandar. 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.

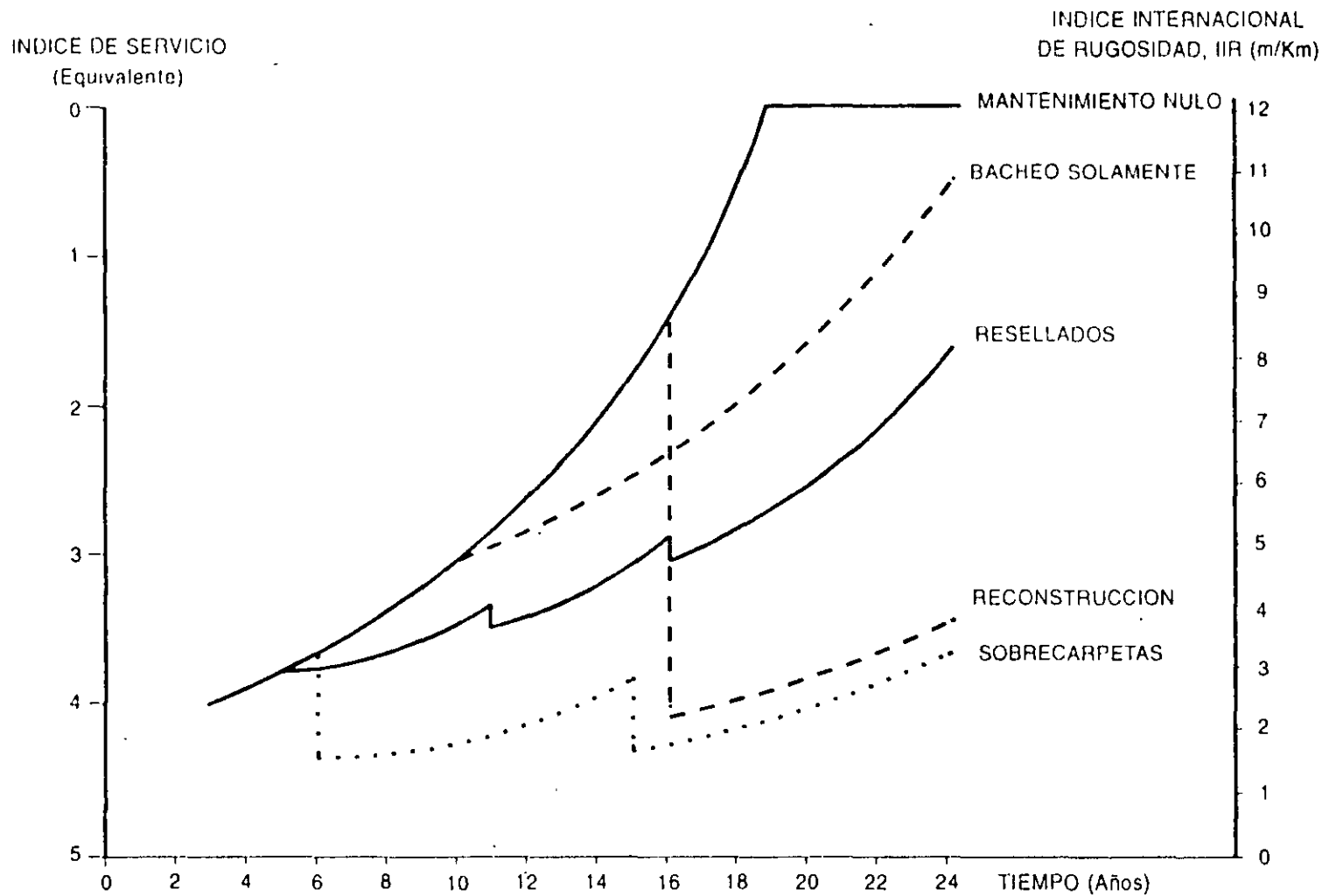


Figura A1.10 Efectos de diversos tipos de mantenimiento sobre los pavimentos con el tiempo en función del Índice de Servicio Actual y del Índice Internacional de Rugosidad

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 Geotecnicas (CARGEOT).F. Historial de Reparaciones (HISTOREP).R. Regresar al menu anterior.

Escriba su elección:

Figura A1.12 Captura de información.

Anexo 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del SIMAP.

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

D A T O G E N

Carretera: TIJUANA - LA PAZ
 Tramo: MULEGE - ROSARITO
 Subtramo: 150.00 - 210.00

Sentido: 2
 Código: BCS0005
 FECHA: 06/07/94

COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

T. D. P. A. 8180					
AUTOS: 69.07 %	2EJ: 13.45 %	3EJ: 8.56 %	4EJ: 3.67 %	5EJ: 3.06 %	6EJ: 2.20 %
5650	1100	700	300	250	180

Tipo de datos a considerar [(C)antidad | (P)orcentaje]: P

CREC.TRANS. ANUAL: 5.0 % ACCID.ANUALES: 2 % TEMPERATURA: 30 °C

PESO PROMEDIO: 20.0 Ton. CARGA POR EJE: 8.0 Ton. No. CARRILES: 2

PENDIENTE LONGITUDINAL: 2.00 % PENDIENTE TRANSVERSAL: 1.00

ORIG. DATOS: CENTRO SCT, BCS

Oprima <ENTER> para avanzar un campo o <ESC> para validar toda la captura

Figura A1.13 Datos generales.

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

I S A

Carretera: TIJUANA - LA PAZ
 Tramo: MULEGE - ROSARITO
 Subtramo: 150.00 - 210.00

Sentido: 2
 Código: BCS0005

COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

FECHA: 06/07/94

KILOMETRAJE	VALUADOR 1	VALUADOR 2	VALUADOR 3	VALUADOR 4
160.00 - 165.00	2.0	1.5	2.5	2.0

Si el segmento NO ha sido evaluado, ponga 8.0 como calificación.

Figura A1.14 Índice de servicio actual.

Anexo 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del SIMAP

S.C.T.		S I M A P				I.M.T.			
C A P E S									
Carretera: TIJUANA - LA PAZ									
Tramo: MULEGE - ROSARITO									
Subtramo: 150.00 - 210.00				Sentido: 2					
Segmento: 155.00 - 160.00				Código: BCS0005155.00					
COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30				FECHA: 06/07/94					
LECTURAS DE DEFLEXION (plg/1000)									
D01	23	D02	28	D03	30	D04	36	D05	40
D06	48	D07	50	D08	52	D09	54	D10	56
D11	53	D12	50	D13	48	D14	40	D15	50
D16	41	D17	43	D18	48	D19	40	D20	33
D21	25	D22	28	D23	27	D24	23	D25	29
CBR TERR.NAT.: 5 %				CBR TERRAPLEN: 10 %					
CBR BASE: 40 %				CBR SUB-BASE: 25 %		TEMP.PROM.CARP.: 58.0 °C			
PERIODO CRITICO? (S/N): N				ORIG. DATOS: CENTRO SCT BCS					
Oprima <ENTER> para avanzar un campo o <ESC> para validar la pantalla completa									

Figura A1.15 Deflexiones.

S.C.T.		S I M A P				I.M.T.	
I N V E D E T							
Carretera: TIJUANA - LA PAZ							
Tramo: MULEGE - ROSARITO							
Subtramo: 150.00 - 210.00				Sentido: 2			
Segmento: 155.00 - 160.00				Código: BCS0005155.00			
COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30				FECHA: 06/07/94			
FALLA		PORCENTAJE		PROF./ABERT.		GRAVEDAD	
Roderas		18		30		C	
Baches		6				C	
Grietas long.		20		3		C	
Grietas transv.		10		3		C	
Desprendimientos		15				C	
Asfalto aflorado		5				C	
Piel de cocodrilo		40				C	
Pulido superficie		50				C	
Hundimientos		20		27		C	
ORIG. DATOS: CENTRO SCT BCS							
Oprima <ENTER> para avanzar un campo o <ESC> para validar la pantalla completa							

Figura A1.16 Inventario de deterioros.

Anexo 1. Algunas Metodologías de Evaluación y Ejemplo de Aplicación del SIMAP

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

C A R G E O T

Carretera: TIJUANA - LA PAZ
 Tramo: MULEGE - ROSARITO
 Subtramo: 150.00 - 210.00
 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

Segmento: 155.00 - 160.00

COORD.: 112.00.26.50 - 111.40.26.30

Sentido: 2

Código: BCS0005155.00

ESPESOR DE GRAVA EQUIVALENTE: 36.5 cm.
--

DATAGEN...	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.

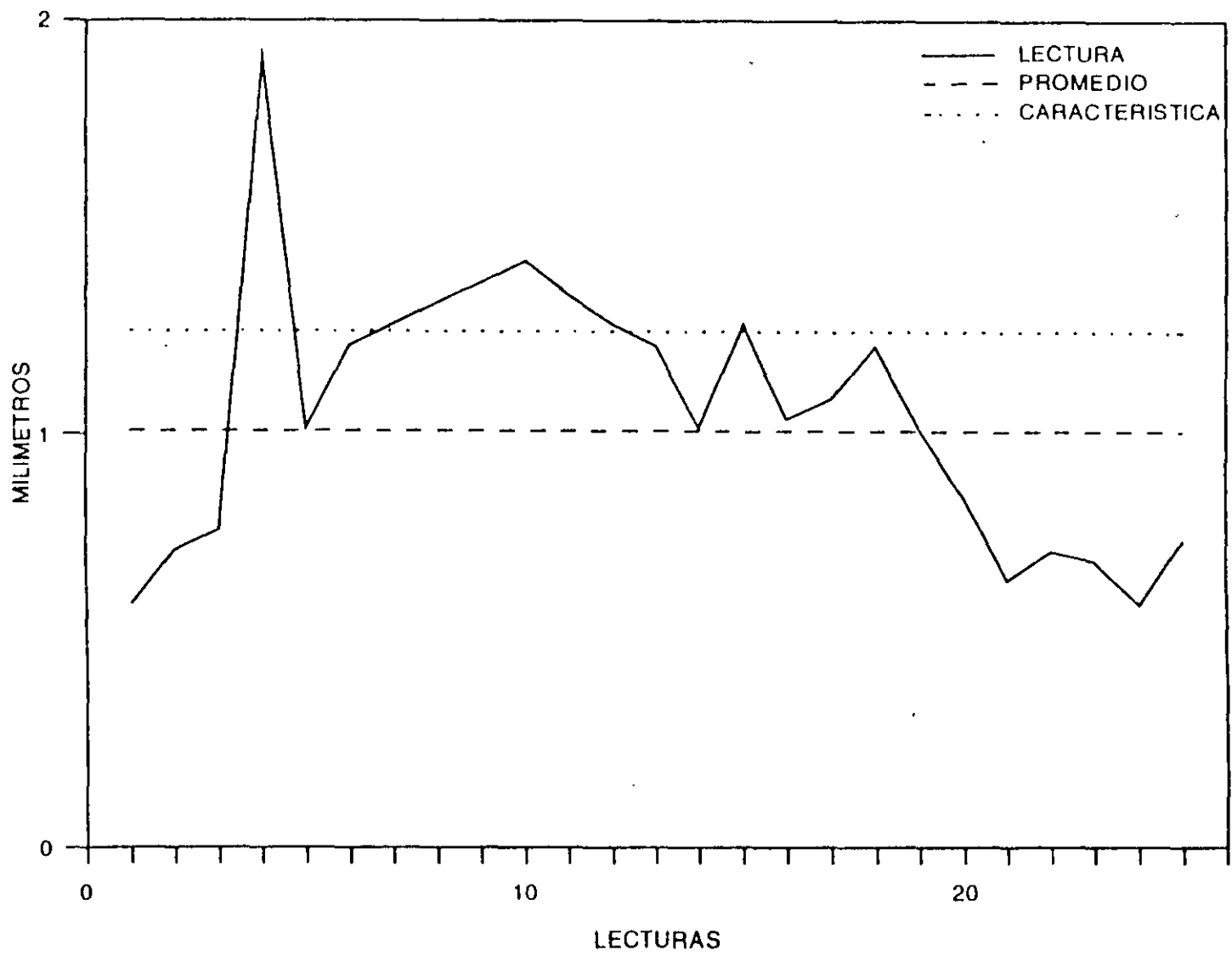


Figura A1.20 Perfil de deflexiones en el tramo de 500 mts. bajo estudio.

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

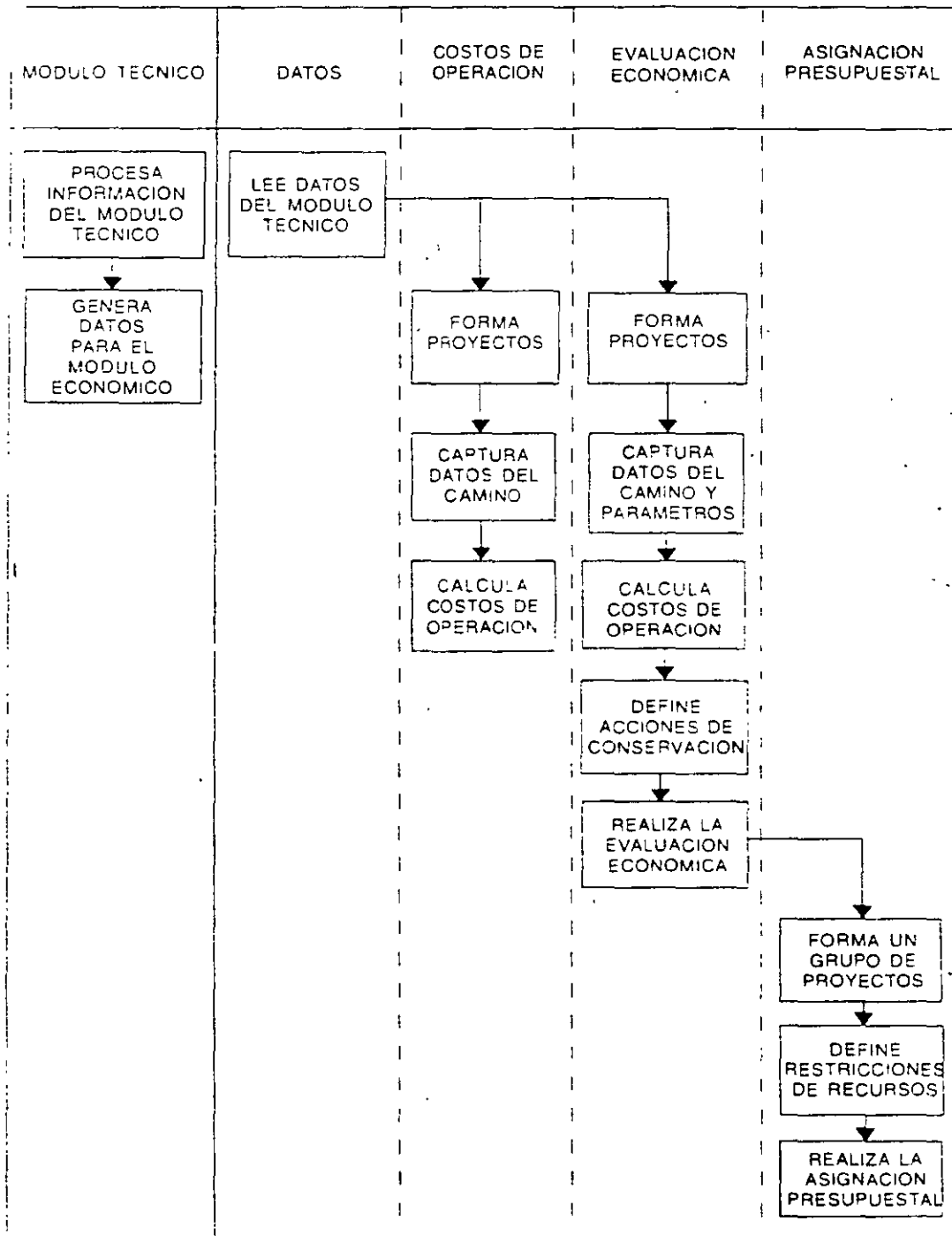


Figura A2.1 Flujo de información del Módulo Económico del Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos.

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 sí 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.

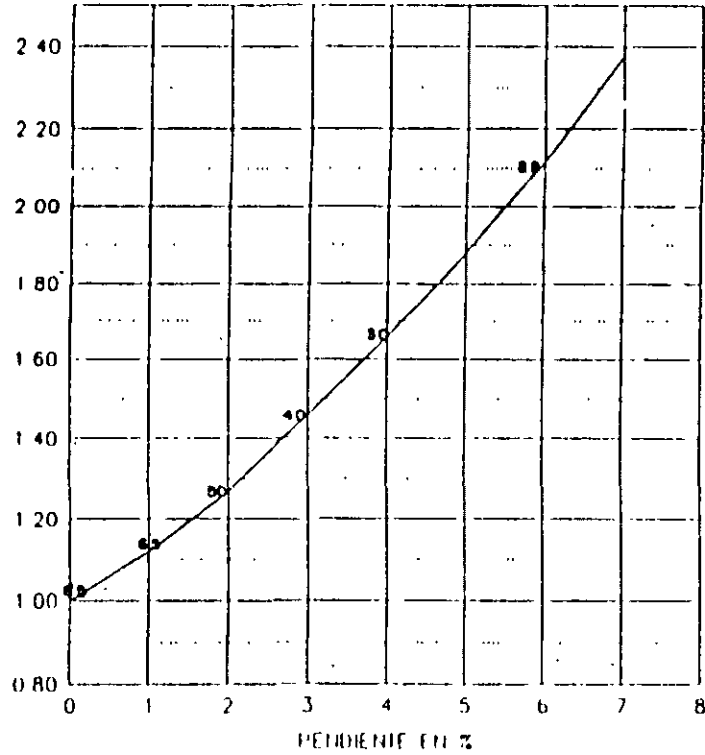
En las Figuras A3.1 - A3.5 se presentan las gráficas que relacionan los factores de costo por cambio de pendiente, velocidad y curvatura. En un principio, en la Referencia 10, el problema se atacó para establecer el costo de operación en función de la pendiente y la curvatura, como si ambas tuvieran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

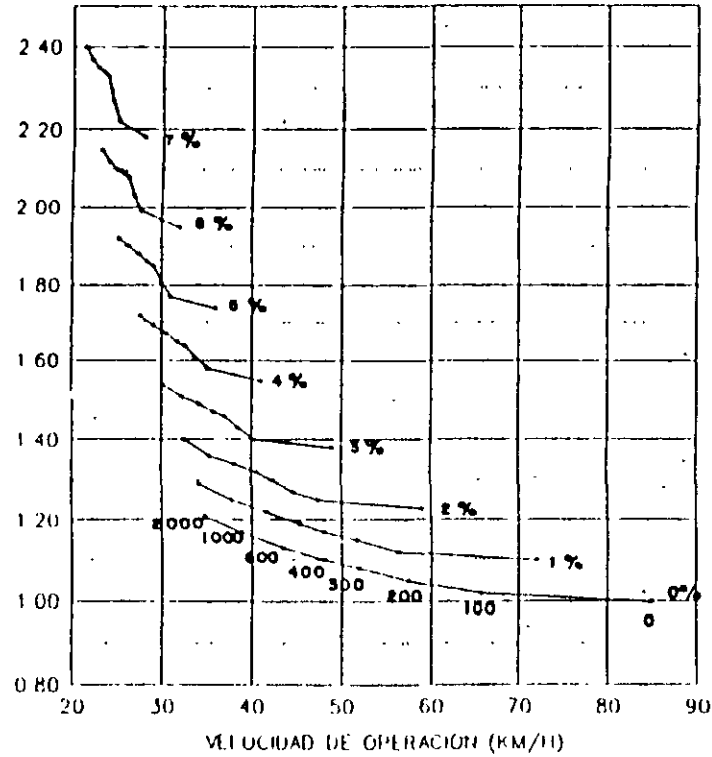
CAMION ARTICULADO

Pendiente en %
Curvatura acumulada en grd/km

FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



FACTORES DEL COSTO DE OPERACION BASE



Los números anotados junto a la curva indican las velocidades típicas de operación en kilómetros por hora

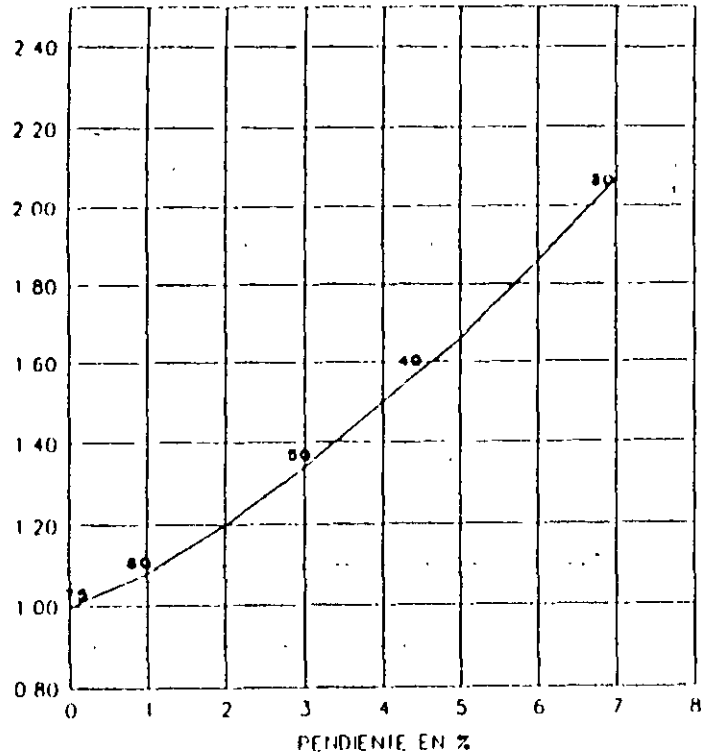
Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grd/km

Figura A3.1

CAMION 2 EJES

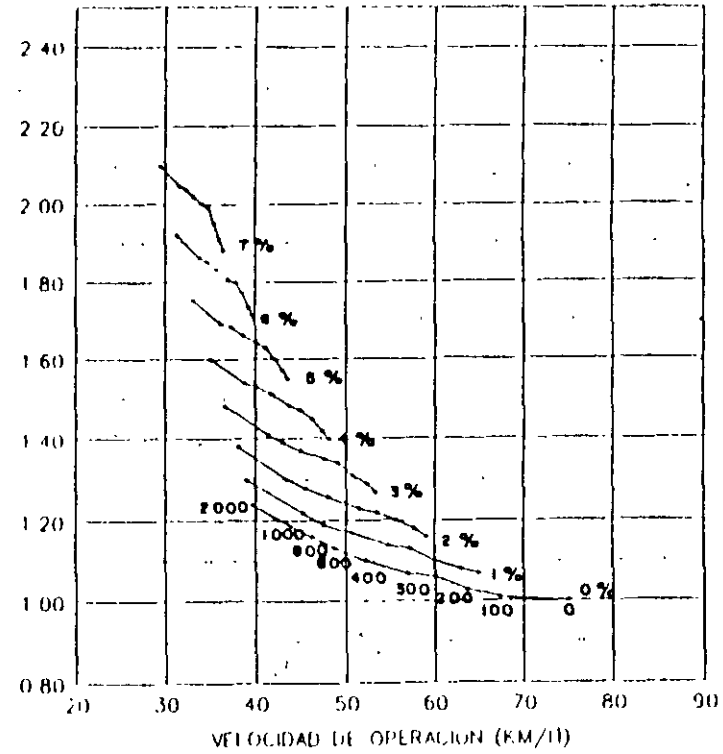
Pendiente en %
Curvatura acumulada en gr/Km

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



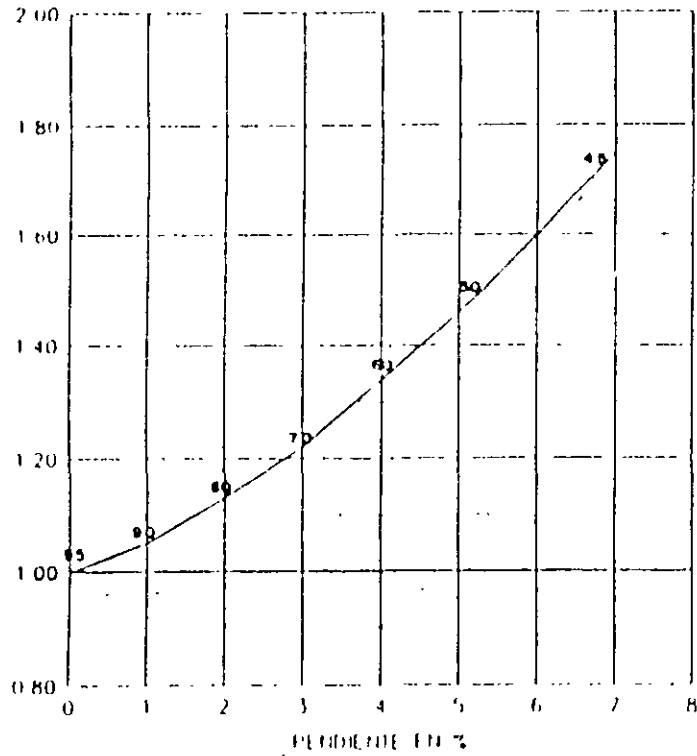
Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en gr/Km

Figura A3.2

AUTOBUS FORANEO

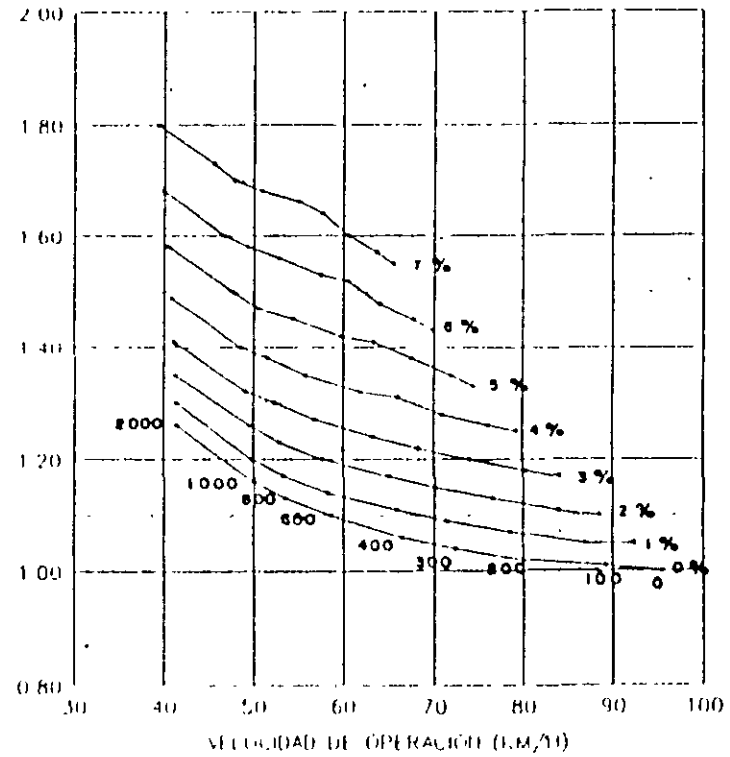
Pendiente en %
Curvatura acumulada en g/d/km

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



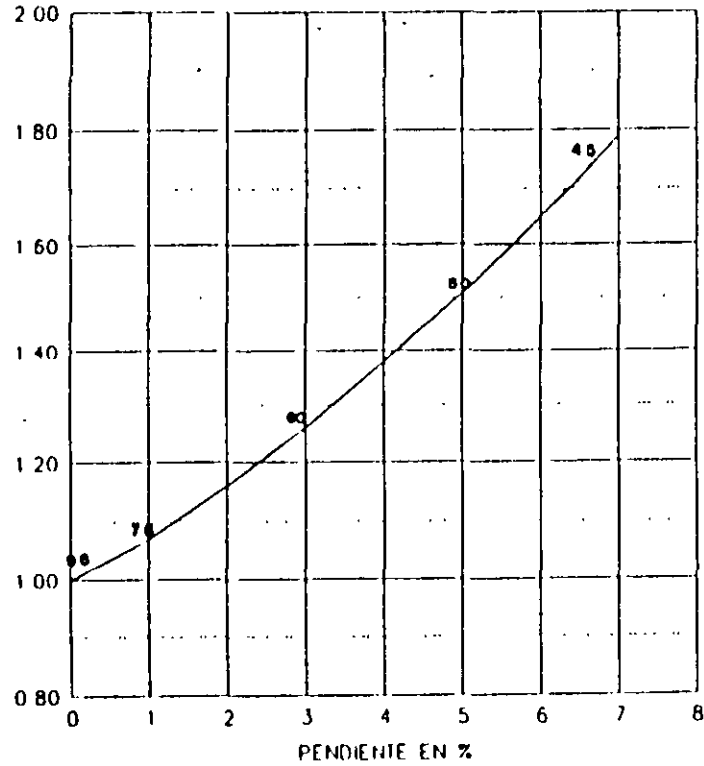
Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en g/d/km

Figura A3.3

CAMION LIGERO

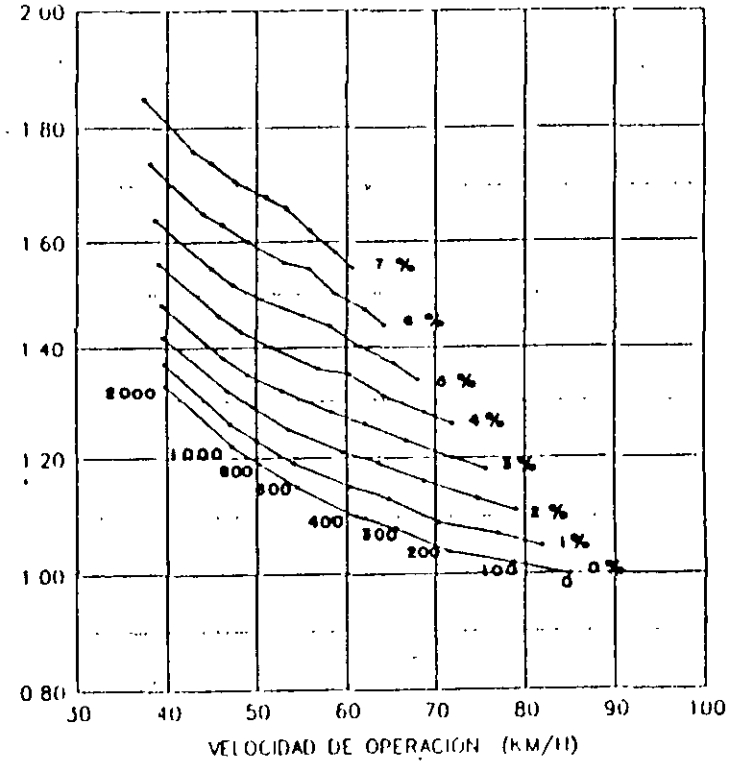
Pendiente en %
Curvatura acumulada en grd/km

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



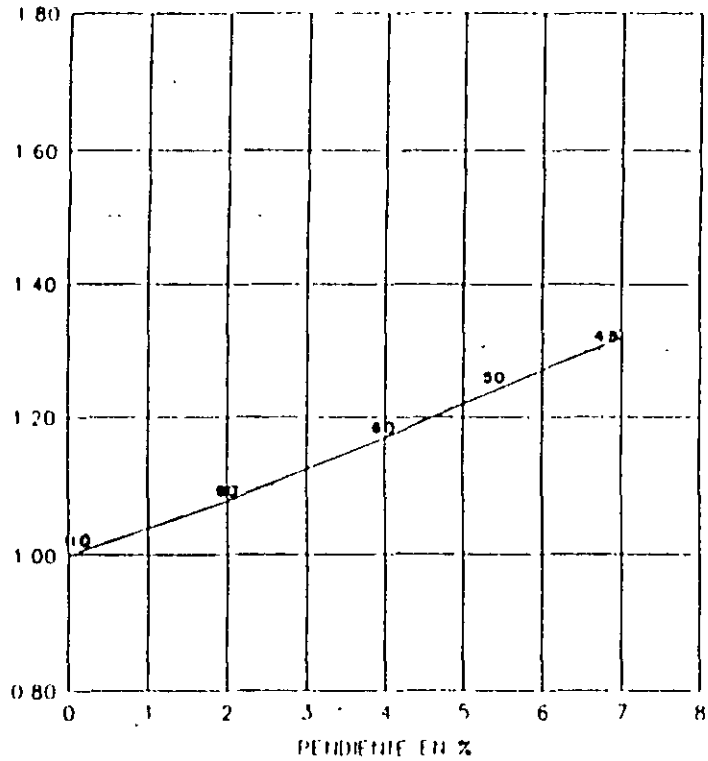
Los puntos y los números a lo largo de las líneas de igual pendiente representan diferentes niveles de curvatura acumulada en grd/km

Figura A3.4

VEHICULO LIGERO (Utilitario o Automóvil)

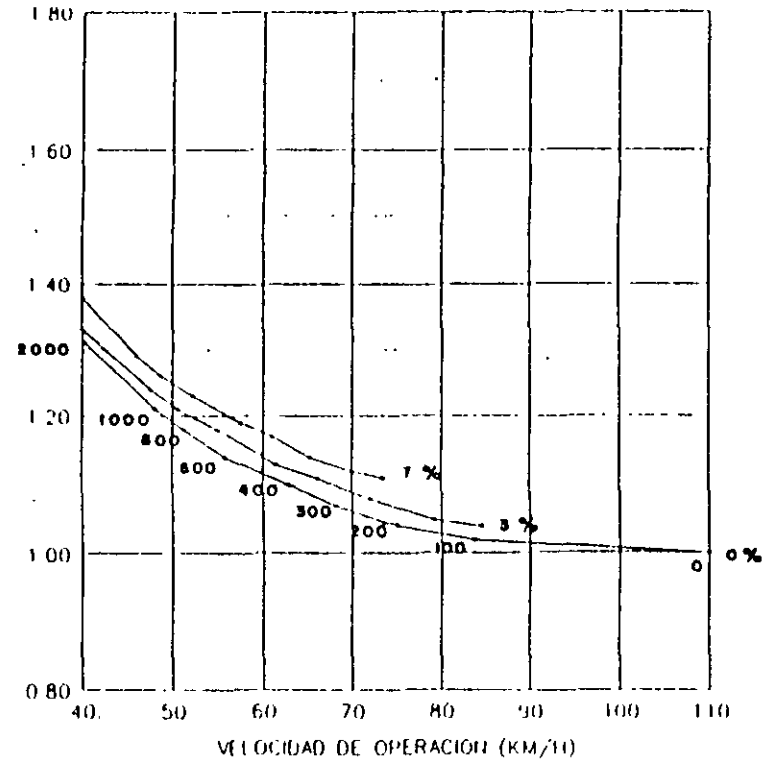
Pendiente en %
Curvatura acumulada en g/d/km

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 g/d/km

Figura A3.5

Para cada uno de los 5 tipos de vehículos seleccionados para el estudio, se presentan dos tipos de gráficas. En el primer tipo aparecen los factores de costo de operación para diferentes pendientes (de 0 a 10 %), supuesto que se circula a las velocidades típicas de las condiciones del caso, en tramo recto. Por ejemplo, para el camión articulado, si se circula a 20 kilómetros por hora, que se considera la velocidad típica para el caso, sobre una rampa con 8% de pendiente, se tendría un factor de sobrecosto de 2.6, aproximadamente, en relación a la circulación sobre un tramo recto con pendiente cero.

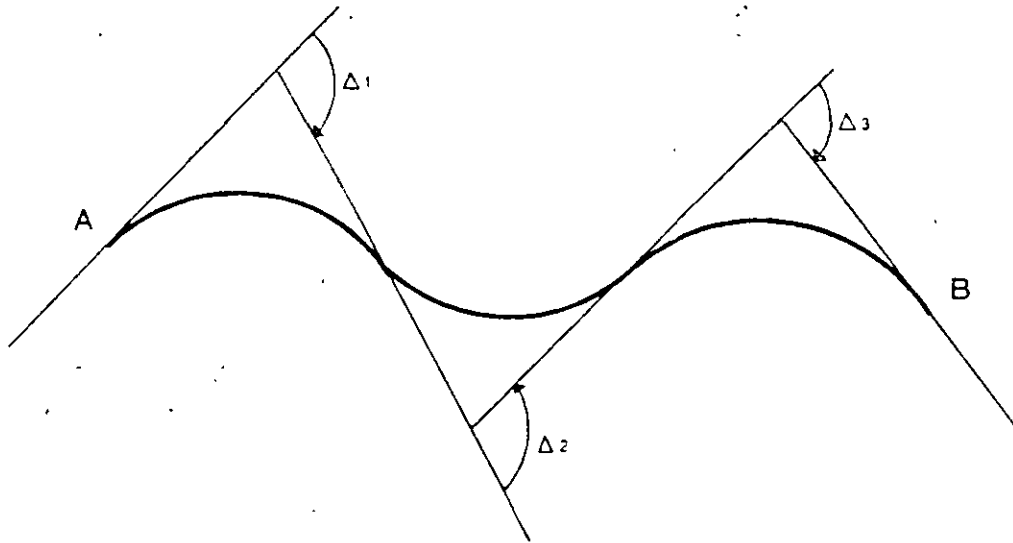
El segundo tipo de gráficas relaciona lo que sucede si se mantiene una determinada velocidad de operación por cuestas con diferentes pendientes y curvaturas. Por ejemplo, para el mismo camión articulado, si la calzada tiene pendiente nula, sólo la curvatura incide en el sobrecosto llegando a un valor de factor de 1.2 si la curvatura acumulada llega a 2,000 (la misma Referencia 10 indica cómo se mide este valor; la Figura A3.6 ejemplifica la forma de estimarlo).

Si se circula por una pendiente de 4%, la velocidad máxima lógica será del orden de 40 kilómetros por hora para curvatura cero, con un valor de sobrecosto del orden de 1.4, pero si para las mismas condiciones la curvatura llega a 2,000, la velocidad de operación habrá disminuido a 26 kilómetros por hora y el factor de sobrecosto se habrá incrementado a 1.75.

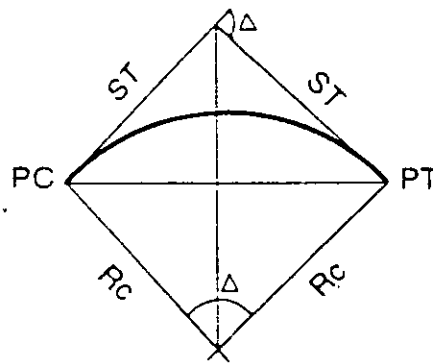
(Los puntos negros sobre las curvas indican los valores de curvatura acumulada que, por claridad, se anotaron únicamente en la gráfica de pendiente igual a cero).

También puede saberse que si se circula por ejemplo a 40 kilómetros por hora por una línea de pendiente igual a cero (posible con una curvatura acumulada máxima del orden de 800), se tendrá un factor de sobrecosto del orden de 1.2; pero con una pendiente de 3%, la velocidad de operación de 40 kilómetros por hora sólo se podría sostener con una curvatura acumulada máxima del orden de 200 y ello con un factor de sobrecosto del orden de 1.4.

El desarrollo del trabajo (Referencia 10) se orientó a la revisión y aplicación a México de estudios existentes sobre el tema en la literatura internacional, con información nacional actualizada.



$$\text{Curvatura horizontal promedio (grad/km)} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3}{L_{AB}}$$



- PC Punto de comienzo de la curva
- PT Punto de terminación de la curva
- ST Subtangente
- Rc Radio de la curva
- Δ Angulo de deflexión de la tangente

Figura A3.6 Estimación de la curvatura

Desde el inicio de la revisión destacó, por haber sido realizado expresamente en países en vías de desarrollo y por su extensión, el Estudio de Normas para el Diseño y Mantenimiento de Carreteras (Referencias 18, 19 y 20) desarrollado bajo el auspicio del Banco Mundial. En dicho estudio participaron instituciones académicas y dependencias involucradas en la planeación, construcción y operación de carreteras de diversos países. Las relaciones entre costos de operación y elementos de proyecto de carreteras fueron estudiadas en Kenia (1971-75), Brasil (1975-84), Santa Lucía (1977-82) e India (1977-83). Debido tanto a los antecedentes generados en Kenia como a una mayor disponibilidad de recursos financieros, los estudios más completos y confiables fueron los realizados en Brasil, por lo que fundamentalmente con base en sus resultados, fueron construidos los modelos matemáticos con los que el Banco Mundial estructuró posteriormente un programa de cómputo denominado Costos de Operación Vehicular (Referencia 21).

Revisando los estudios de los cuatro países mencionados en la Referencia 10, se concluyó que los de Brasil presentan no sólo mayor cobertura y semejanzas en cuanto a tipos de vehículos y características de caminos, sino también mayor similitud económica con relación a las condiciones prevalecientes en nuestro país durante el período de estudio. Por lo anterior, se decidió utilizar su metodología e información pertinente para aplicarla con datos nacionales, utilizando como herramienta principal para la adaptación, el modelo de cómputo basado en los propios estudios de Brasil.

La adaptación consistió en el uso de datos sobre características técnicas de vehículos nacionales, así como costos unitarios de sus insumos. También se definieron, con base en análisis de sensibilidad en rangos de factibilidad, datos necesarios relativos a la utilización de los vehículos. A partir de éstos y de otros datos y coeficientes originales de los modelos, cuyo listado se presenta para cada vehículo al final de este Apéndice, se calcularon velocidades y costos de operación para combinaciones de pendientes de 0 a 10% y curvaturas de 0 a 2,000 grados por kilómetro. En las tablas A3.1 y A3.2 se presentan, a manera de ejemplo, estos resultados intermedios para el caso del camión articulado.

Las velocidades obtenidas fueron, en una segunda fase, ajustadas para reflejar con mayor aproximación las que se observan en las carreteras del país. Los costos, por su parte, fueron divididos entre el costo de

VELOCIDAD DE OPERACION (KM/H)--CAMION ARTICULADO

Curvatura Horizontal Promedio (grad/Km)	Pendiente media ascendente (%)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	72.03	59.43	49.13	41.58	35.96	31.66	28.26	25.52	23.26	21.37	19.76
100	65.66	56.33	47.33	40.37	35.08	30.98	27.72	25.08	22.90	21.06	19.50
200	57.52	51.70	44.59	38.53	33.73	29.95	26.90	24.41	22.34	20.59	19.09
300	51.93	48.03	42.34	37.01	32.63	29.09	26.22	23.86	21.88	20.20	18.76
400	48.14	45.29	40.59	35.82	31.76	28.43	25.69	23.42	21.51	19.89	18.49
500	45.45	43.23	39.22	34.89	31.08	27.91	25.28	23.08	21.23	19.64	18.28
600	43.45	41.63	38.12	34.14	30.53	27.48	24.94	22.80	20.99	19.45	18.11
700	41.91	40.36	37.23	33.52	30.08	27.14	24.66	22.58	20.80	19.29	17.97
800	40.68	39.33	36.49	33.01	29.71	26.85	24.43	22.39	20.64	19.15	17.85
900	39.69	38.48	35.87	32.57	29.39	26.60	24.23	22.22	20.51	19.03	17.75
1000	38.86	37.76	35.34	32.20	29.11	26.39	24.06	22.08	20.39	18.93	17.67
1100	38.16	37.15	34.88	31.87	28.87	26.21	23.92	21.96	20.29	18.85	17.59
1200	37.56	36.63	34.48	31.58	28.66	26.04	23.79	21.86	20.20	18.77	17.53
1300	37.05	36.17	34.13	31.33	28.48	25.90	23.67	21.76	20.12	18.70	17.47
1400	36.60	35.77	33.82	31.11	28.31	25.77	23.57	21.68	20.05	18.64	17.42
1500	36.20	35.42	33.54	30.91	28.16	25.66	23.48	21.61	19.99	18.59	17.37
1600	35.85	35.10	33.30	30.73	28.03	25.56	23.40	21.54	19.93	18.54	17.33
1700	35.53	34.82	33.07	30.56	27.91	25.46	23.32	21.48	19.88	18.50	17.29
1800	35.25	34.56	32.87	30.41	27.80	25.38	23.26	21.42	19.83	18.46	17.25
1900	34.99	34.33	32.68	30.28	27.70	25.30	23.19	21.37	19.79	18.42	17.22
2000	34.76	34.12	32.51	30.15	27.60	25.23	23.14	21.32	19.75	18.39	17.19

Valores calculados 6/08/90

Tabla A3.1

COSTOS DE OPERACION-CAMION ARTICULADO (USD/VEH-KM)

Curvatura Horizontal Promedio (grad/Km)	Pendiente media ascendente (%)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.59	0.65	0.72	0.81	0.91	1.02	1.14	1.28	1.42	1.58	1.75
100	0.60	0.66	0.73	0.82	0.92	1.04	1.16	1.30	1.45	1.61	1.78
200	0.71	0.67	0.75	0.84	0.94	1.06	1.19	1.33	1.49	1.65	1.83
300	0.64	0.69	0.76	0.86	0.96	1.08	1.22	1.37	1.52	1.70	1.88
400	0.65	0.70	0.77	0.86	0.97	1.09	1.22	1.37	1.53	1.70	1.89
500	0.66	0.71	0.78	0.87	0.98	1.10	1.23	1.38	1.54	1.71	1.89
600	0.66	0.71	0.78	0.87	0.98	1.10	1.23	1.38	1.54	1.71	1.90
700	0.67	0.72	0.79	0.88	0.98	1.10	1.24	1.38	1.54	1.72	1.90
800	0.68	0.72	0.79	0.88	0.99	1.11	1.24	1.39	1.55	1.72	1.90
900	0.68	0.73	0.80	0.88	0.99	1.11	1.24	1.39	1.55	1.72	1.91
1000	0.69	0.73	0.80	0.89	0.99	1.11	1.25	1.39	1.55	1.72	1.91
1100	0.69	0.74	0.80	0.89	0.99	1.11	1.25	1.39	1.55	1.73	1.91
1200	0.69	0.74	0.81	0.89	1.00	1.12	1.25	1.40	1.55	1.73	1.91
1300	0.70	0.74	0.81	0.89	1.00	1.12	1.25	1.40	1.56	1.73	1.91
1400	0.70	0.74	0.81	0.90	1.00	1.12	1.25	1.40	1.56	1.73	1.91
1500	0.70	0.75	0.81	0.90	1.00	1.12	1.25	1.40	1.56	1.73	1.92
1600	0.70	0.75	0.81	0.90	1.00	1.12	1.25	1.40	1.56	1.73	1.92
1700	0.71	0.75	0.82	0.90	1.00	1.12	1.26	1.40	1.56	1.73	1.92
1800	0.71	0.75	0.82	0.90	1.01	1.12	1.26	1.40	1.56	1.73	1.92
1900	0.71	0.75	0.82	0.90	1.01	1.13	1.26	1.40	1.56	1.74	1.92
2000	0.71	0.75	0.82	0.90	1.01	1.13	1.26	1.40	1.56	1.74	1.92

Valores calculados 6/08/90

Tabla A3.2

operación base (en tramo recto de pendiente 0%) para obtener factores adimensionales, como los que se muestran en la Tabla A3.3 para el camión articulado.

La Referencia 10 presenta un procedimiento que permite, en cualquier momento, valuar el costo de operación base en unidades monetarias, conocidos los precios unitarios de los diferentes insumos.

Ha de mencionarse que en las gráficas presentadas en este trabajo, los diferentes factores se han valuado sin tomar en cuenta los impuestos de sus diferentes insumos, independientemente de que éstos forman parte del precio de venta al público. Ello es debido a la consideración de que cualquier impuesto de esa naturaleza es en realidad una transferencia de dinero entre las diferentes personas que forman la cadena comercial, pero no representa una pérdida de valor para la nación. El producto final de las transferencias conforma los ingresos fiscales del Estado y sigue siendo riqueza nacional. Por ejemplo, en la compra-venta de una llanta hay una transferencia de dinero de una persona a otra, pero la riqueza nacional permanece. Si la llanta se consume por el uso, el país perdió una llanta; el costo de ese consumo es el que figura en las gráficas y es el que realmente interesa a un proyectista de carreteras, habida cuenta de la naturaleza del servicio nacional que prestan estas estructuras.

Para reducir posibles errores de aproximación en la estimación de costos de operación, se recomienda analizar tramos homogéneos, minimizando así las distorsiones que causaría el uso de grandes promedios de pendiente o curvatura como datos de entrada a las gráficas.

2. Análisis del Efecto del Estado Superficial de la Carretera en los Costos de Operación Vehicular (Referencia 11).

La información contenida en los estudios realizados por el I.M.T. a este respecto, está básicamente dedicada hacia los ingenieros de conservación de carreteras, pero es evidente la importancia que el tema reviste también para los especialistas en planeación y en proyecto de obras viales.

FACTORES DEL COSTO BASE-CAMION ARTICULADO (ADIMENSIONAL)

Curvatura Horizontal Promedio (grad/Km)	Pendiente media ascendente (%)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1.00	1.10	1.23	1.38	1.55	1.74	1.95	2.18	2.43	2.69	2.98
100	1.02	1.12	1.25	1.40	1.58	1.77	1.99	2.22	2.48	2.75	3.04
200	1.05	1.15	1.27	1.43	1.61	1.81	2.03	2.27	2.54	2.82	3.12
300	1.08	1.17	1.30	1.46	1.64	1.85	2.08	2.33	2.60	2.89	3.21
400	1.10	1.19	1.32	1.47	1.65	1.86	2.09	2.34	2.61	2.90	3.22
500	1.12	1.20	1.33	1.48	1.66	1.87	2.10	2.35	2.62	2.91	3.23
600	1.13	1.22	1.34	1.49	1.67	1.88	2.10	2.35	2.63	2.92	3.23
700	1.14	1.23	1.34	1.50	1.68	1.88	2.11	2.36	2.63	2.93	3.24
800	1.15	1.23	1.35	1.50	1.68	1.89	2.12	2.37	2.64	2.93	3.25
900	1.16	1.24	1.36	1.51	1.69	1.89	2.12	2.37	2.64	2.93	3.25
1000	1.17	1.25	1.36	1.51	1.69	1.90	2.12	2.37	2.65	2.94	3.25
1100	1.18	1.25	1.37	1.52	1.70	1.90	2.13	2.38	2.65	2.94	3.26
1200	1.18	1.26	1.37	1.52	1.70	1.90	2.13	2.38	2.65	2.94	3.26
1300	1.19	1.26	1.38	1.53	1.70	1.91	2.13	2.38	2.65	2.95	3.26
1400	1.19	1.27	1.38	1.53	1.71	1.91	2.14	2.39	2.66	2.95	3.27
1500	1.20	1.27	1.38	1.53	1.71	1.91	2.14	2.39	2.66	2.95	3.27
1600	1.20	1.28	1.39	1.53	1.71	1.91	2.14	2.39	2.66	2.95	3.27
1700	1.20	1.28	1.39	1.54	1.71	1.92	2.14	2.39	2.66	2.96	3.27
1800	1.21	1.28	1.39	1.54	1.72	1.92	2.14	2.39	2.66	2.96	3.27
1900	1.21	1.28	1.40	1.54	1.72	1.92	2.15	2.39	2.67	2.96	3.27
2000	1.21	1.29	1.40	1.54	1.72	1.92	2.15	2.40	2.67	2.96	3.28

Valores calculados 6/08/90

Tabla A3.3

436

127

Apéndice 3. Costos de Operación

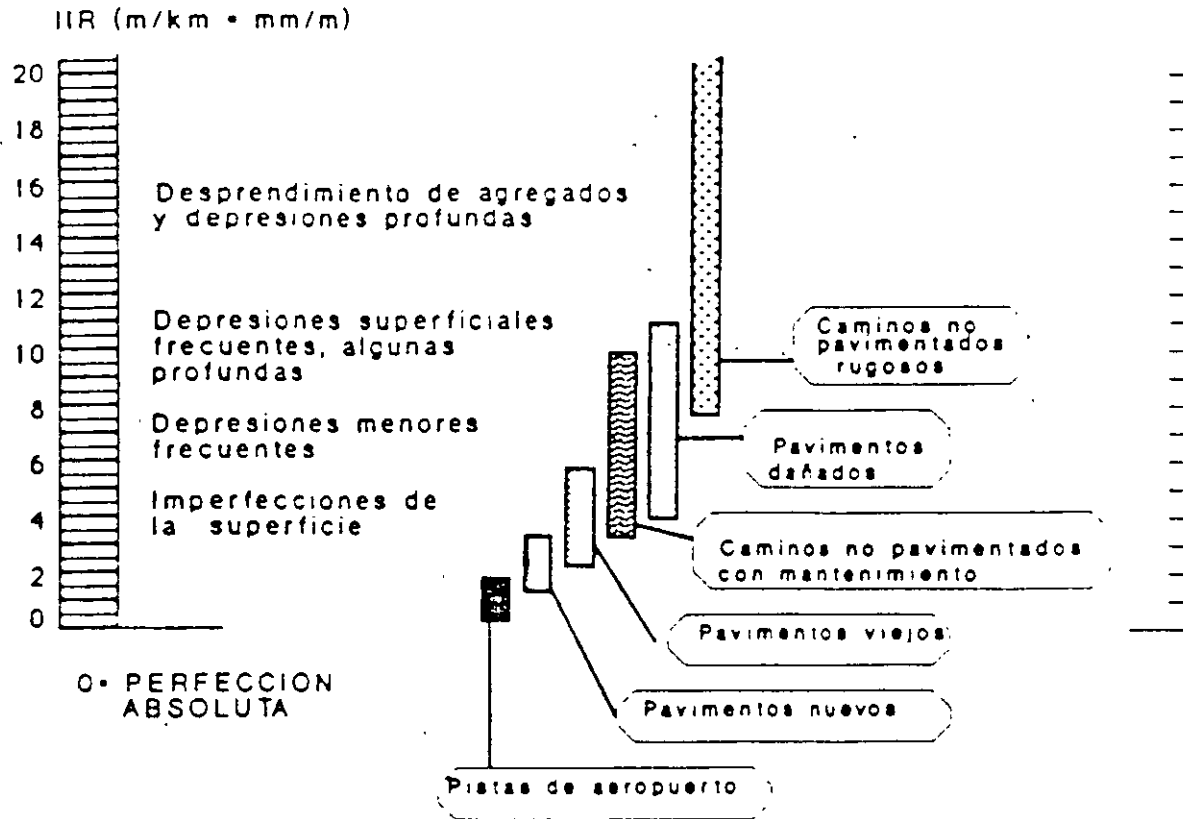
2.1 Indicadores del Estado Superficial.

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.

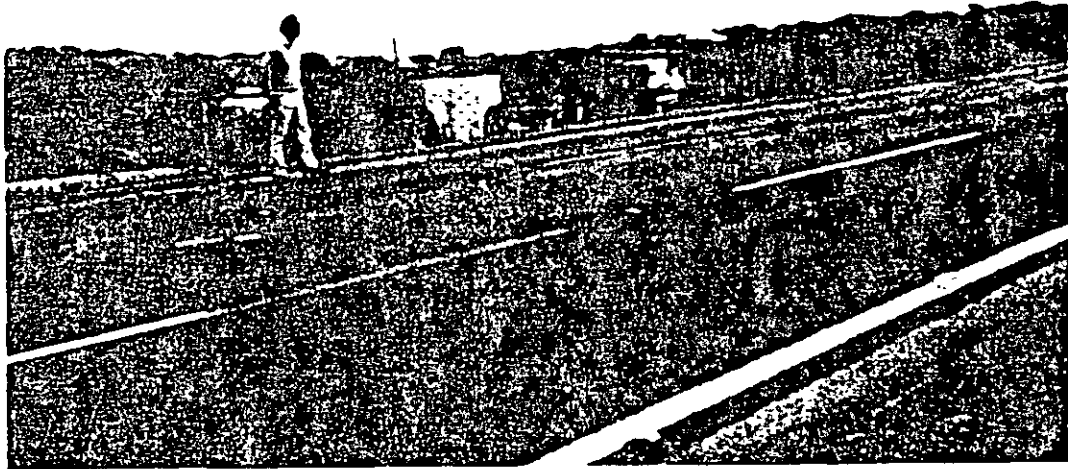
En virtud de que los equipos disponibles para la medición de la rugosidad son muy variados y generan resultados con base en escalas propias, se incluyen las equivalencias aproximadas entre las principales escalas de rugosidad utilizadas internacionalmente (Figura A.3.9). Cabe mencionar que además del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

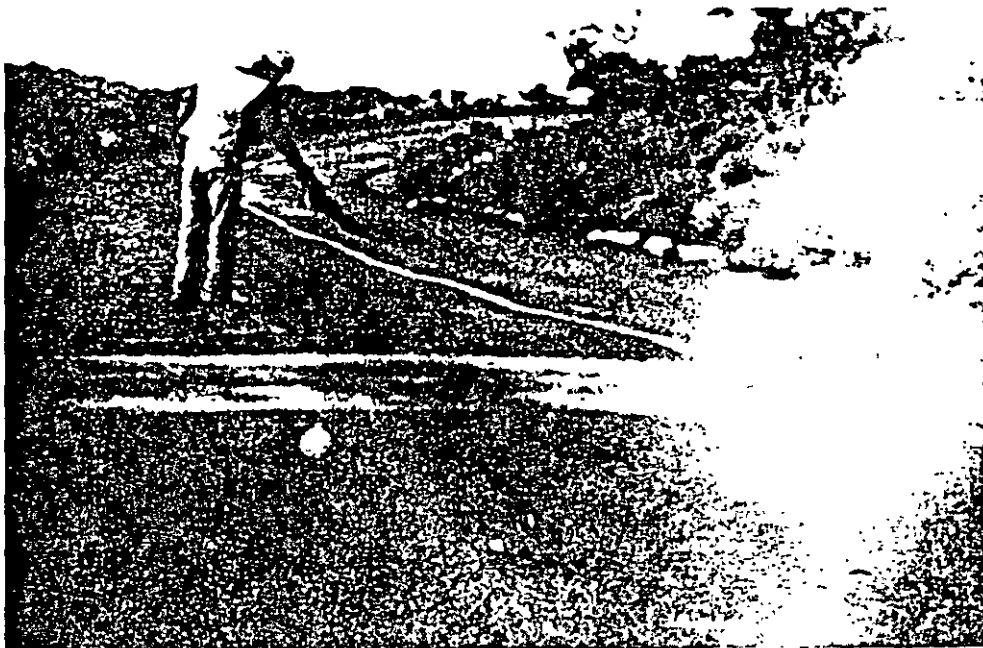
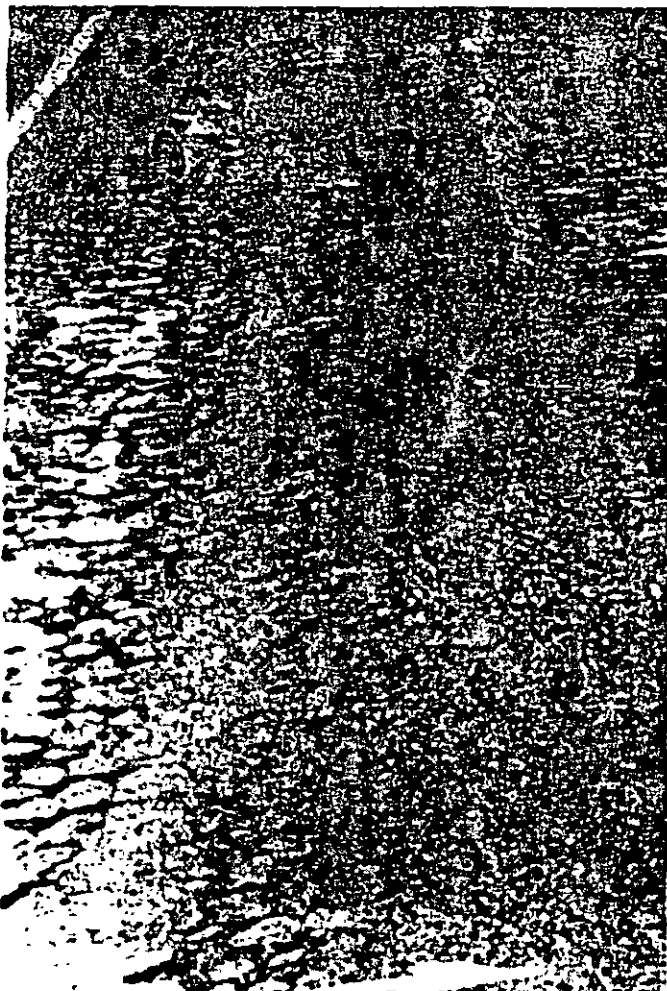
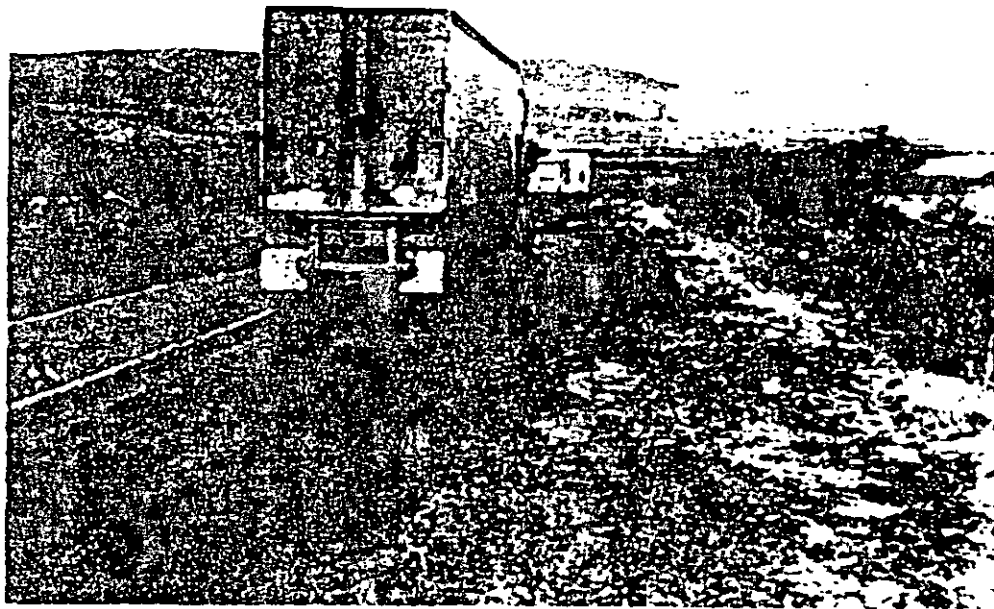


Figura A3.8

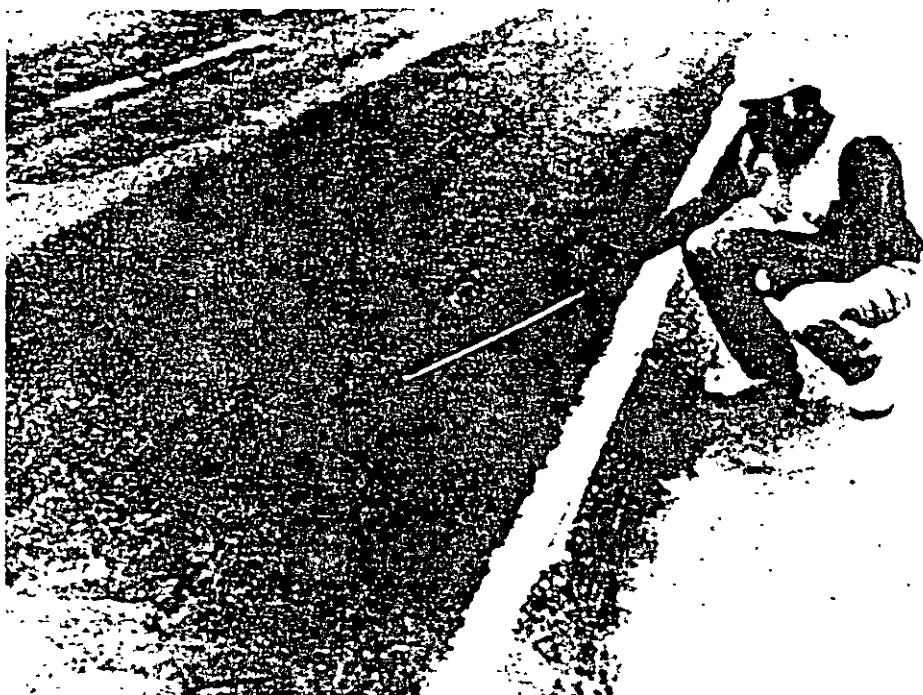


e) IS 2.5 - 3.0
IIR 5.0 - 6.0

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.

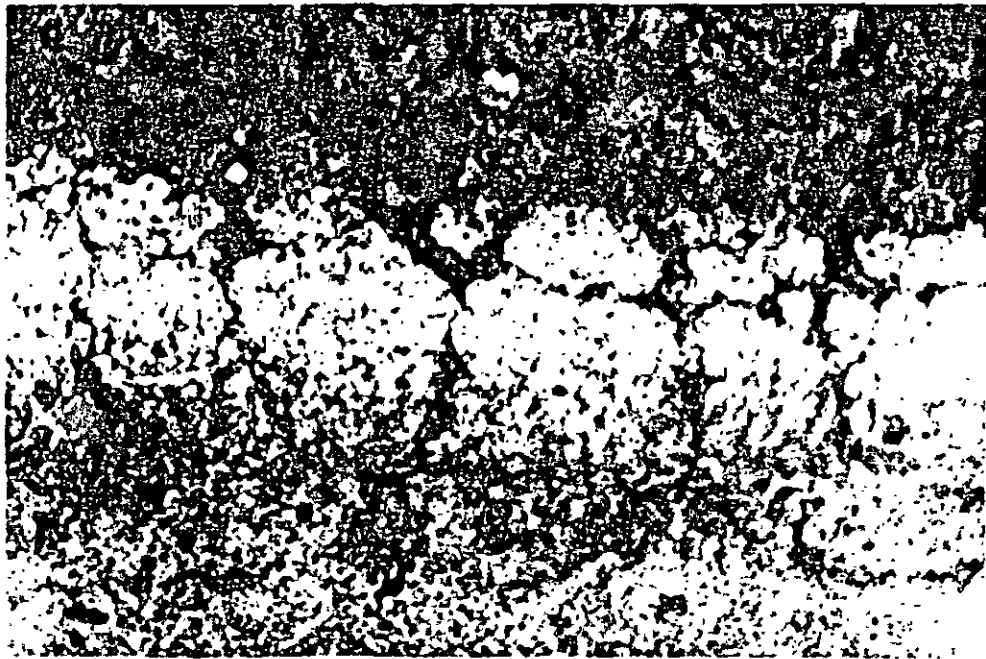
h) IS 1.5 - 2.0
IIR 7.0 - 8.5



Figura A3.8
442

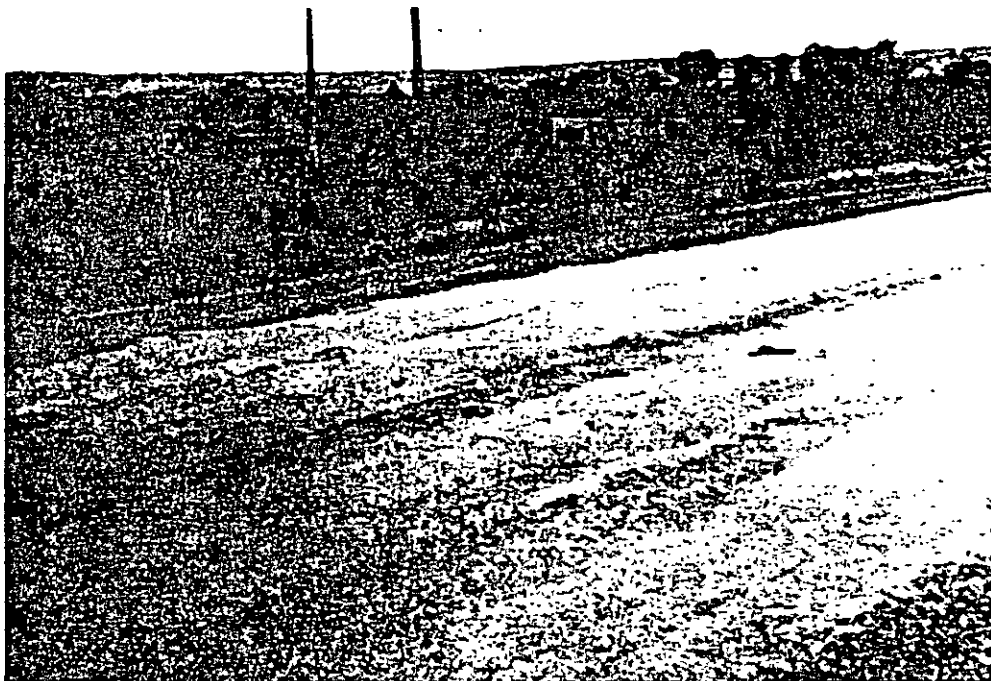


i) IS 1.0 - 1.5
IIR 8.5 - 10.0



j) IS 1.0 - 1.5
IIR 8.5 - 10.0

Figura A3.8

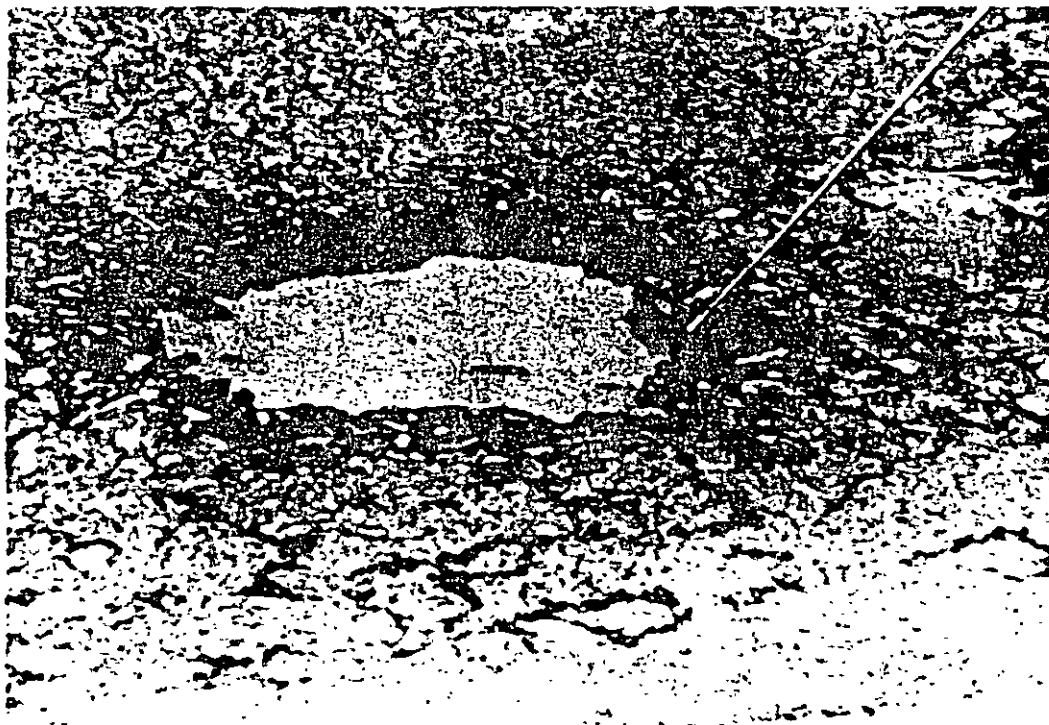


k) IS 0.5 - 1.0
IIR 10.0 - 11.0



l) IS < 0.5
IIR > 12.0

Figura A3.8



m) $IS < 0.5$
 $IIR > 12.0$

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

Figura A3.8

IIR (m/km)	QIm (count/km)	Blr (mm/km)	CP2.5 (0.01 mm)	Wsw	CAPL25	IMr (pulg/mill)	IIR (m/km)
0	0	0	0	0	0	0	0
2	20	1000	20	4	4	100	2
4	40	2000	40	8	8	200	4
6	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** Índice Internacional de Rugosidad (Sayers, Gillespie and Paterson, Public. Tec Banco Mundial #46, 1985).
- QIm** "Quarter-car Index" de un "Maysmeter" calibrado. Estudio de costos en Carretera, Brasil-PNUD: $IIR = QIm/13 + 0.37$; $IIR < 17$
- Blr** "Bump Integrator Trailer" a 32 km/h, "Transport and Road Research Laboratory", Inglaterra: $IIR = 0.0032 Blr + 0.98 + 0.31 IIR$; $IIR < 17$
- CP2.5** "Coefficient of planarity" sobre una base de 2.5 m de longitud para un perillómetro APL72 "Centre de Recherches Routiers", Bélgica: $IIR = CP2.5/16 + 0.27$; $IIR < 11$
- Wsw** Energía de Onda Corta para un perillómetro APL72, "Laboratoire Central des Ponts et Chaussées", Francia: $IIR = 0.78 Wsw + 0.63 - 0.69 IIR$; $IIR < 9$
- CAPL25** Coeficiente del perillómetro 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 es ético, 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 Segal, NCHRP report 228, 1980, y "RARS 80" en Sayers, Gillespie y Queiroz, Public. Tec 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.

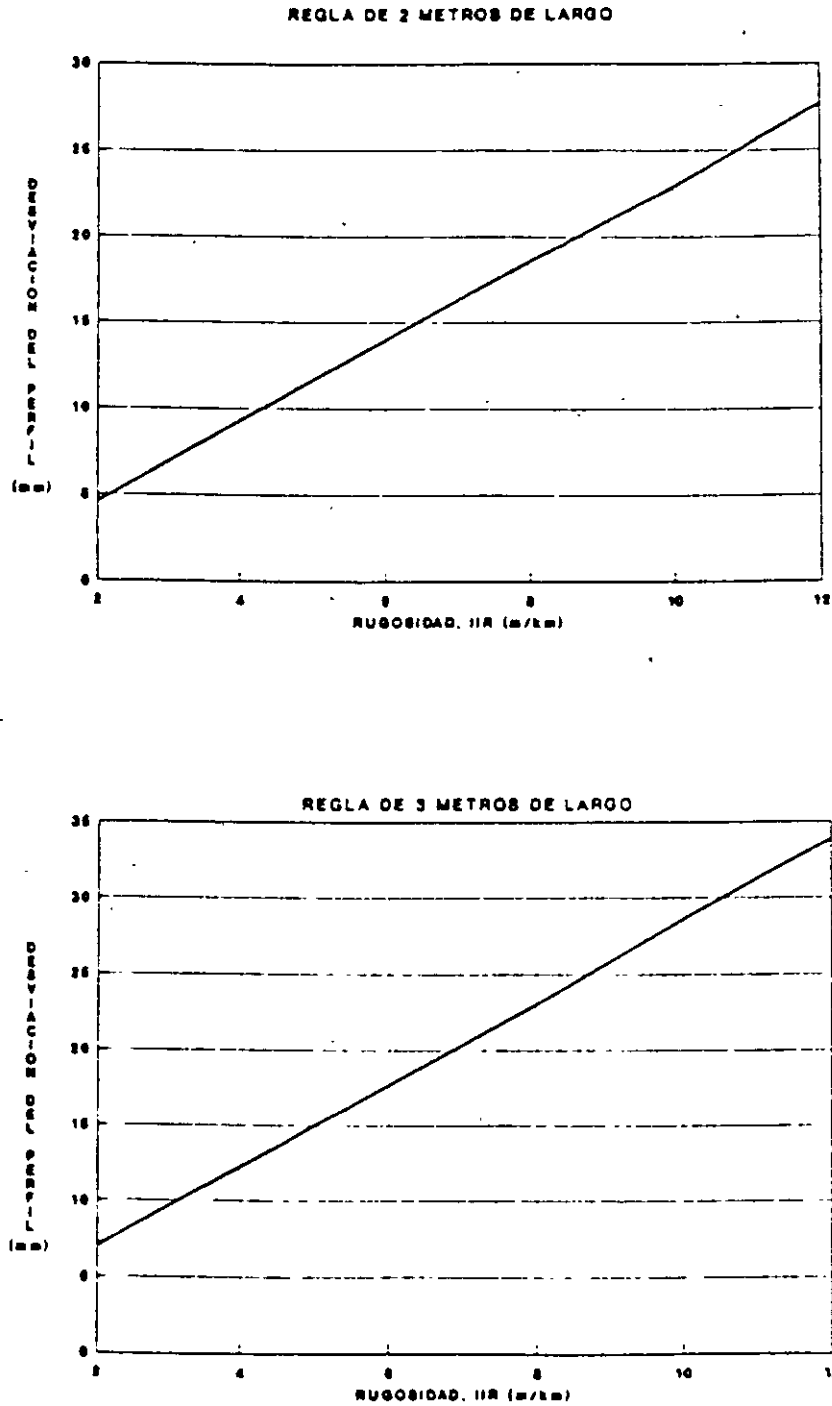
Para reducir errores en la medición de la rugosidad y, por tanto, en la apreciación de costos de operación mediante las gráficas aquí presentadas, se recomienda medir y evaluar tramos homogéneos. Con ello, se reducirán las distorsiones que causaría el uso de grandes promedios de índices de servicio o 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.



NCTA: Las desviaciones del perfil corresponden al valor del 95 percentil de las mediciones bajo la regla correspondiente.

Fuente: Adaptación de Paterson, W.D.G. (1987) "Road Deterioration and Maintenance Effects, Models For Planning and Management", The Highway Design and Maintenance Standards Series, pag. 40, The World Bank.

Figura A3.10

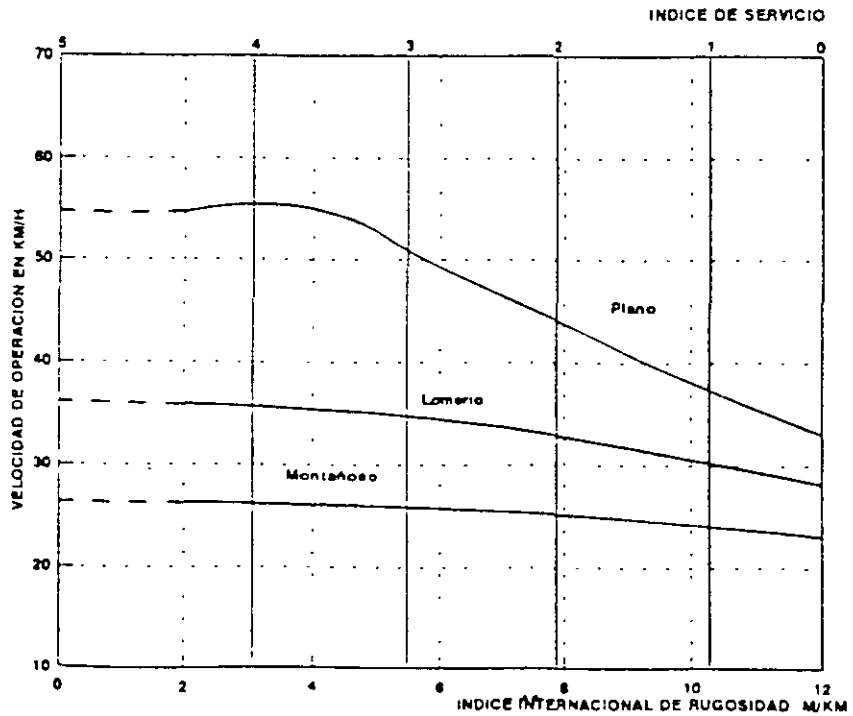
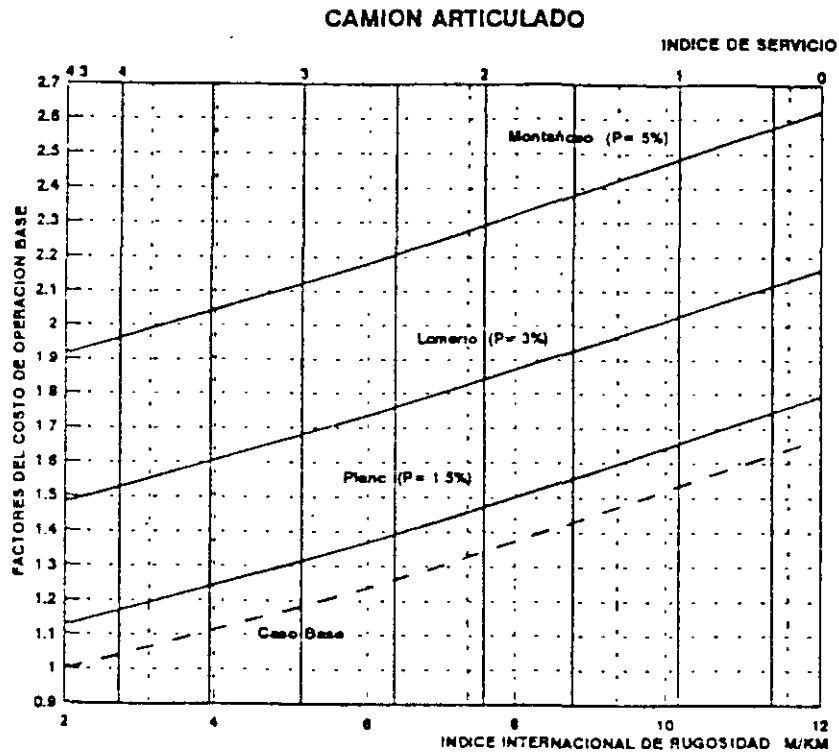


Figura A3.11

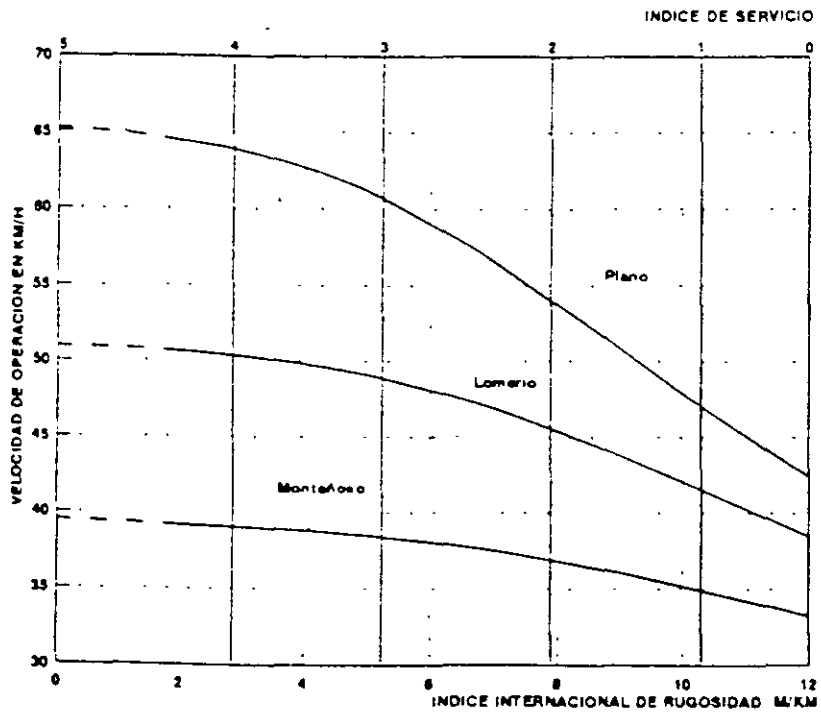
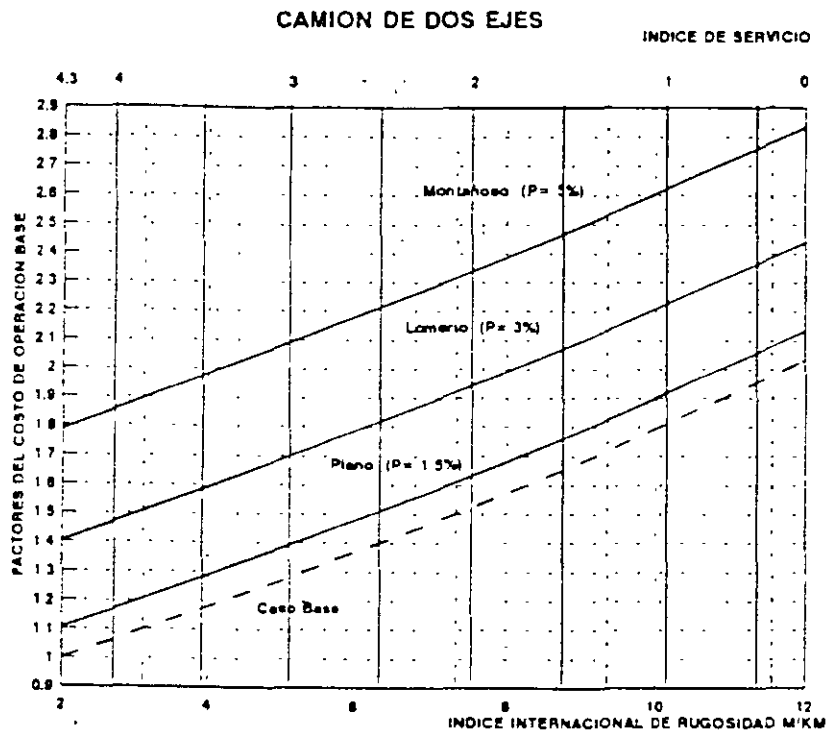


Figura A3.12

450

AUTOBUS FORANEO

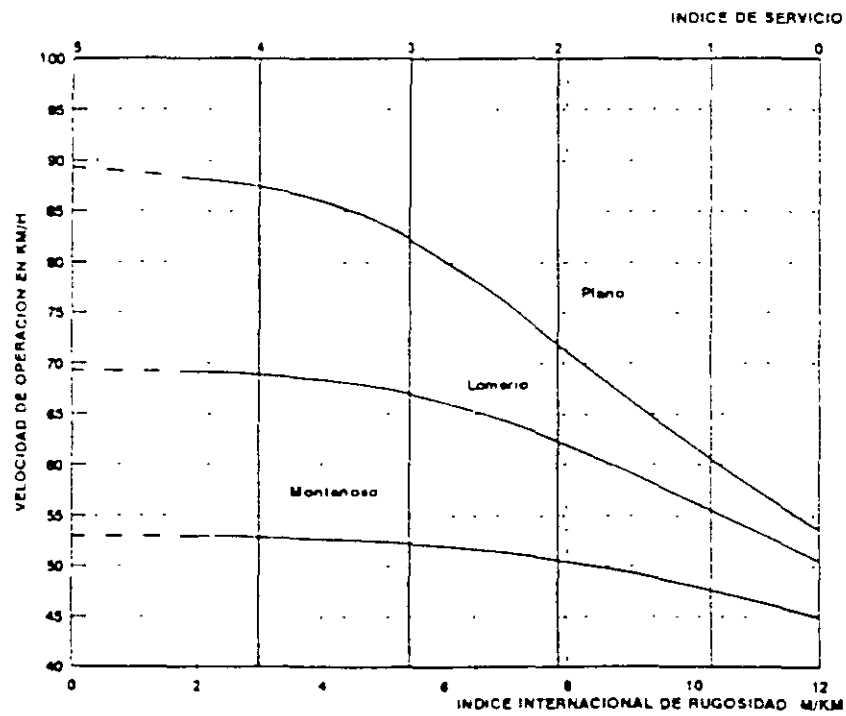
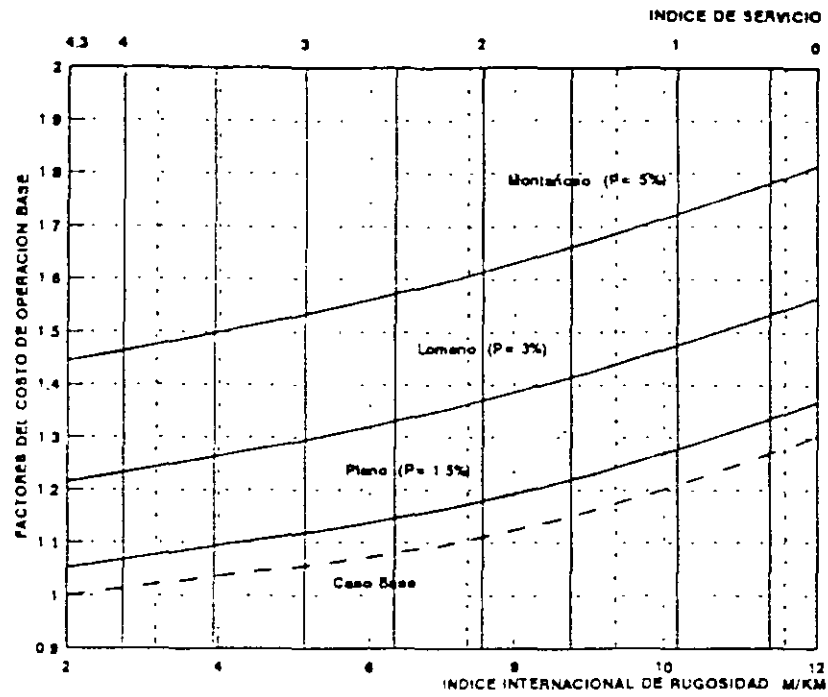


Figura A3.13

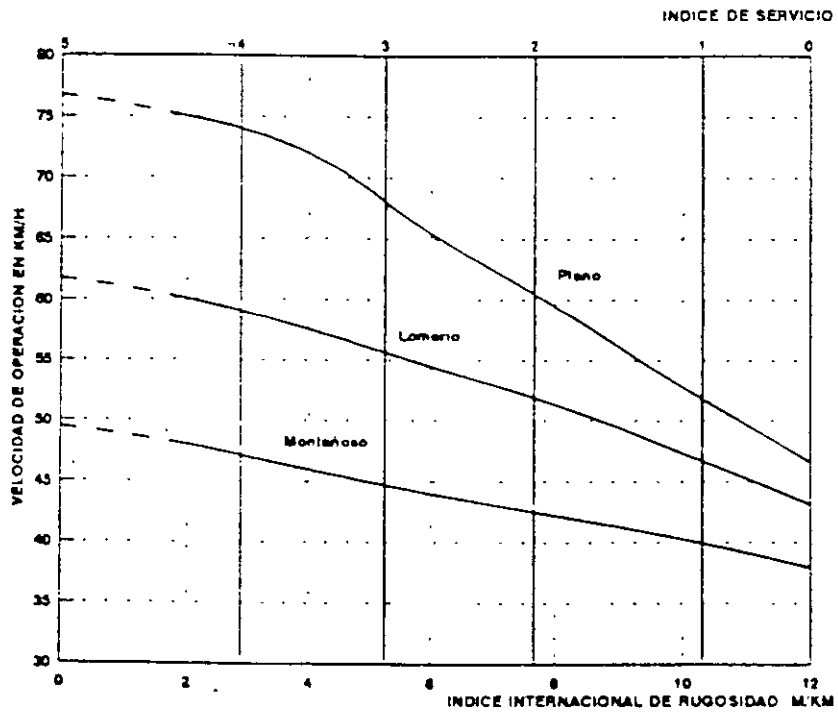
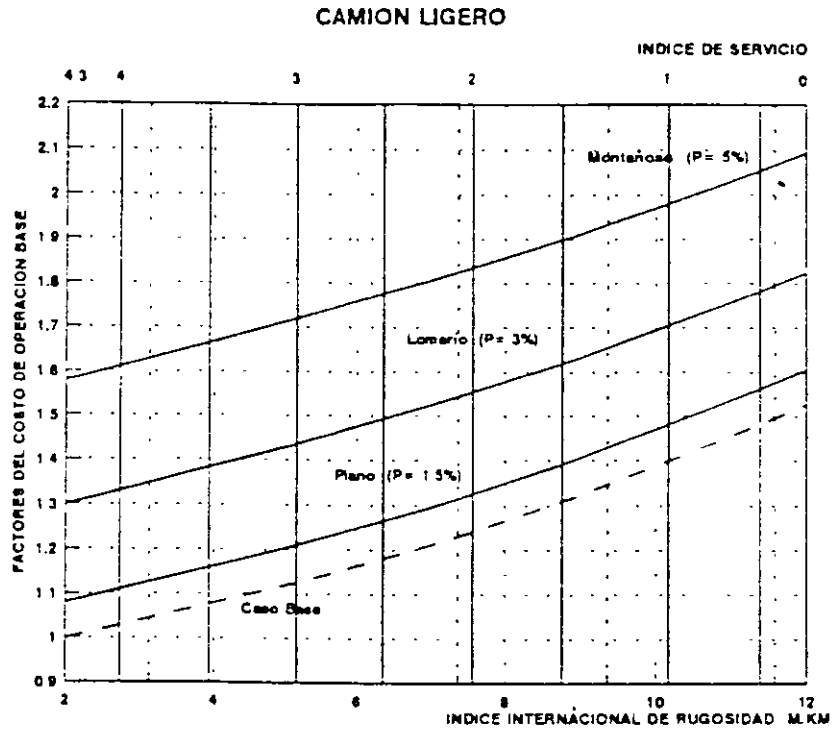


Figura A3.14:

452

VEHICULO LIGERO

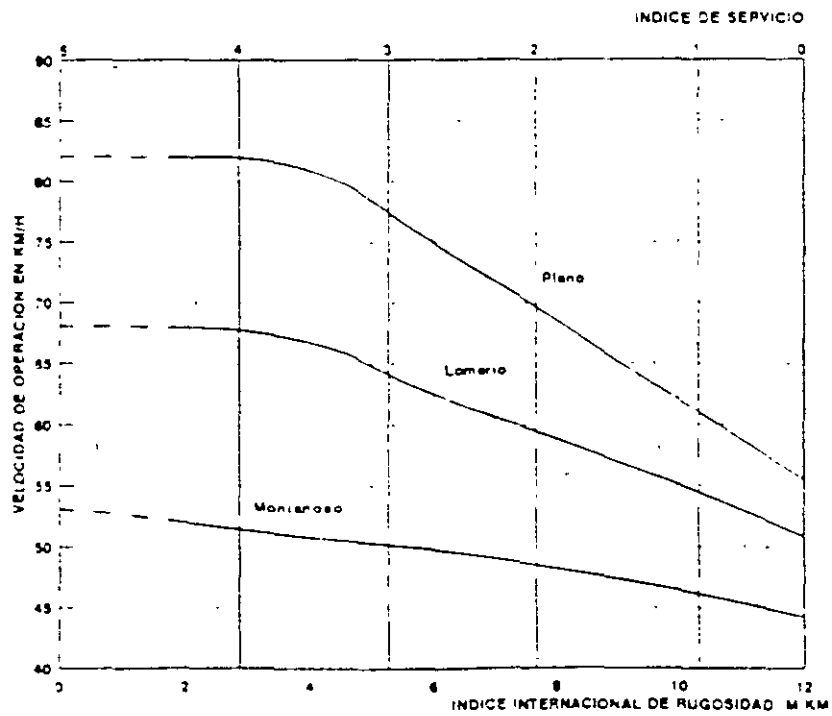
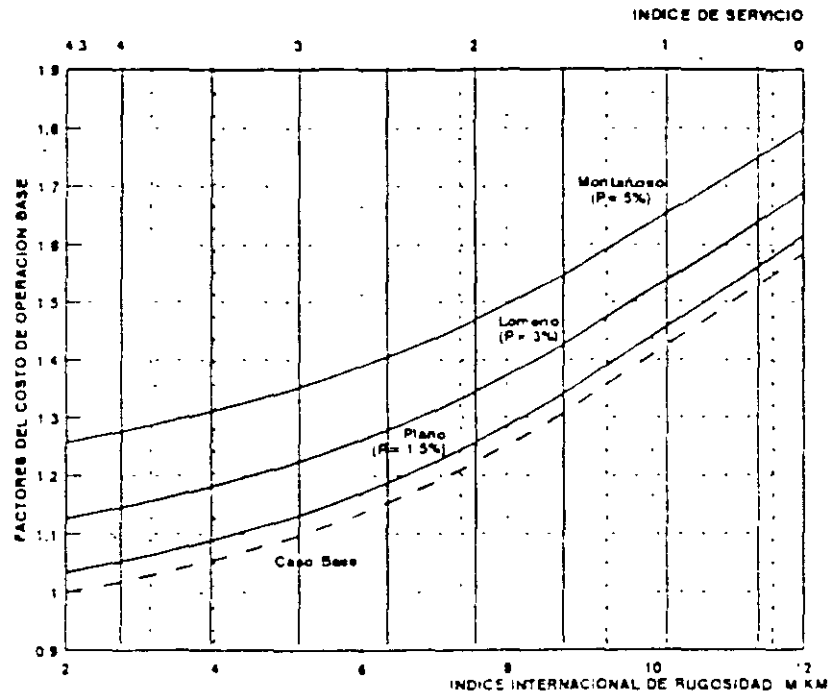


Figura A3.15

453

Las gráficas del segundo tipo relacionan, para los tres tipos de caminos mencionados, el estado de la superficie de rodamiento en términos del índice de servicio y del índice internacional de rugosidad, con la velocidad e operación típica (correspondiente a una velocidad de "cruce" sobre un camino de un solo carril en cada sentido, sin acotamientos).

Debido a la poca influencia de rugosidades por debajo de un índice internacional de rugosidad de 2 m/km (o por arriba de un índice de servicio de 4.3) tanto en los costos como en las velocidades, dicho rango no se incluyó en la gráfica superior y en la inferior que se presenta en forma punteada con el único fin de mantener presente la tendencia.

En ambas gráficas, las pendientes y curvaturas horizontales que corresponden a cada tipo de terreno son de aproximadamente 1.5% y 200 grados/km respectivamente, para el caso plano; de 3 a 4% y de 300 a 500 grados/km, para terreno de lomerío y más de 5% y 600 grados/km, para terreno montañoso. Al caso base le corresponden pendientes y curvaturas nulas.

De nuevo los estudios que llevaron a la formulación de las gráficas de factores de sobre costo por estado superficial, presentadas inmediatamente atrás, se basan en los realizados por el Banco Mundial en varios países ya mencionados y de nuevo el caso que se consideró más cercano al mexicano fue el de Brasil. La Referencia 21 detalla los datos utilizados y la Referencia 11 la metodología de los estudios realizados por el I.M.T. para adaptar la metodología general, ligeramente revisada, a las características técnicas de los vehículos circulantes por la red mexicana y a los costos unitarios de sus insumos. Se modificaron también los datos relativos a la utilización de los vehículos, en búsqueda una vez más de adaptación a condiciones nacionales.

Las velocidades manejadas corresponden a rugosidades comprendidas entre 2 y 12 m/km, en combinación con pendientes y curvaturas oscilantes entre el trazo totalmente plano y recto, el de terreno sensiblemente plano (aproximadamente 1.5% de pendiente y 200 grados/km de curvatura), de lomerío (de 3 a 4% y de 300 a 500 grados/km) y montañoso (pendiente superior a 5% y curvatura superior a 600 grados/km). Los costos de operación vehicular a que se llegó cubren naturalmente esos mismos rangos.

Conviene decir que todas las gráficas hacen uso de una equivalencia entre los conceptos de índice internacional de rugosidad e índice de servicio, establecida con base en estudios experimentales conducidos en el propio Instituto (Referencia 6), que representan un afinamiento hacia la realidad local de las correlaciones usualmente disponibles a nivel internacional.

Apéndice 4. Sistema de Información Comercial (SECOFI).

Sección I. ANIMALES VIVOS Y PRODUCTOS DEL REINO ANIMAL.

CLAVE	CAPITULO
1.	Animales vivos.
2.	Carnes y despojos comestibles.
3.	Pescados, crustáceos y moluscos y otros invertebrados acuáticos.
4.	Leche y productos lácteos; huevo de ave; miel natural; productos comestibles de origen animal, no expresados ni comprendidos en otras partidas.
5.	Los demás productos de origen animal no expresados ni comprendidos en otras partidas.

Sección II. PRODUCTOS DEL REINO VEGETAL.

CLAVE	CAPITULO
6.	Plantas vivas y productos de la floricultura.
7.	Legumbres y hortalizas, plantas, raíces y tubérculos alimenticios.
8.	Frutos comestibles; cortezas de agrios o de melones.
9.	Café, te yerba mate y especias.
10.	Cereales.
11.	Productos de la molinería; malta, almidón y fécula; inulina; gluten de trigo.
12.	Semillas y frutos oleaginosos, semillas y frutos diversos; plantas industriales o medicinales; paja y forrajes.
13.	Gomas, resinas y demás jugos y extractos.
14.	Materias trenzables y demás productos de origen vegetal no expresados ni comprendidos en otras partes.

Sección III. GRASAS Y ACEITES ANIMALES O VEGETALES; PRODUCTOS DE SU DESDOBLAMIENTO; GRASAS ALIMENTICIAS ELABORADAS; CERAS DE ORIGEN ANIMAL O VEGETAL.

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

CLAVE

CAPITULO

- 41. Pieles (excepto peletería) y cueros.
- 42. Manufacturas de cuero; artículos de guarnicionería y de talabartería; artículos de viaje, bolsos de mano y continentes similares; manufacturas de tripa.
- 43. Peletería confecciones de peletería; peletería artificial o ficticia.

Sección IX. MADERA, CARBON VEGETAL Y MANUFACTURAS DE MADERA; CORCHO Y MANUFACTURAS DE CORCHO; MANUFACTURAS DE ESPARTERIA O DE CESTERIA.

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; "Cerments"; 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
-------	----------

Apéndice 4. Sistema de Información Comercial (SECOFI)

- 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

COSTO DE DETERIORO CARRETERO/TON-KM (CENTAVOS DE USD)

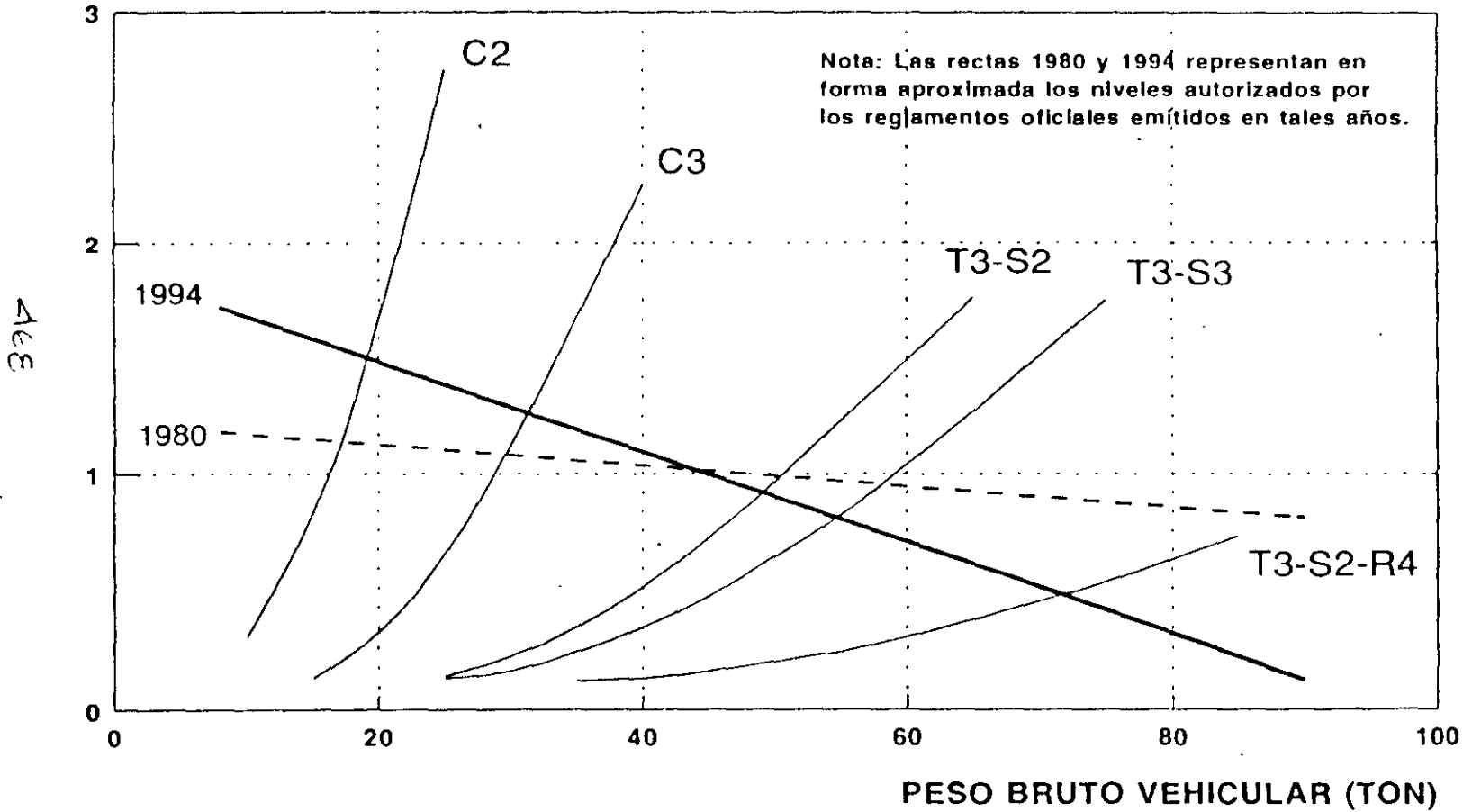


Figura A5.1

ACE

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 sí 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 ésto 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

162

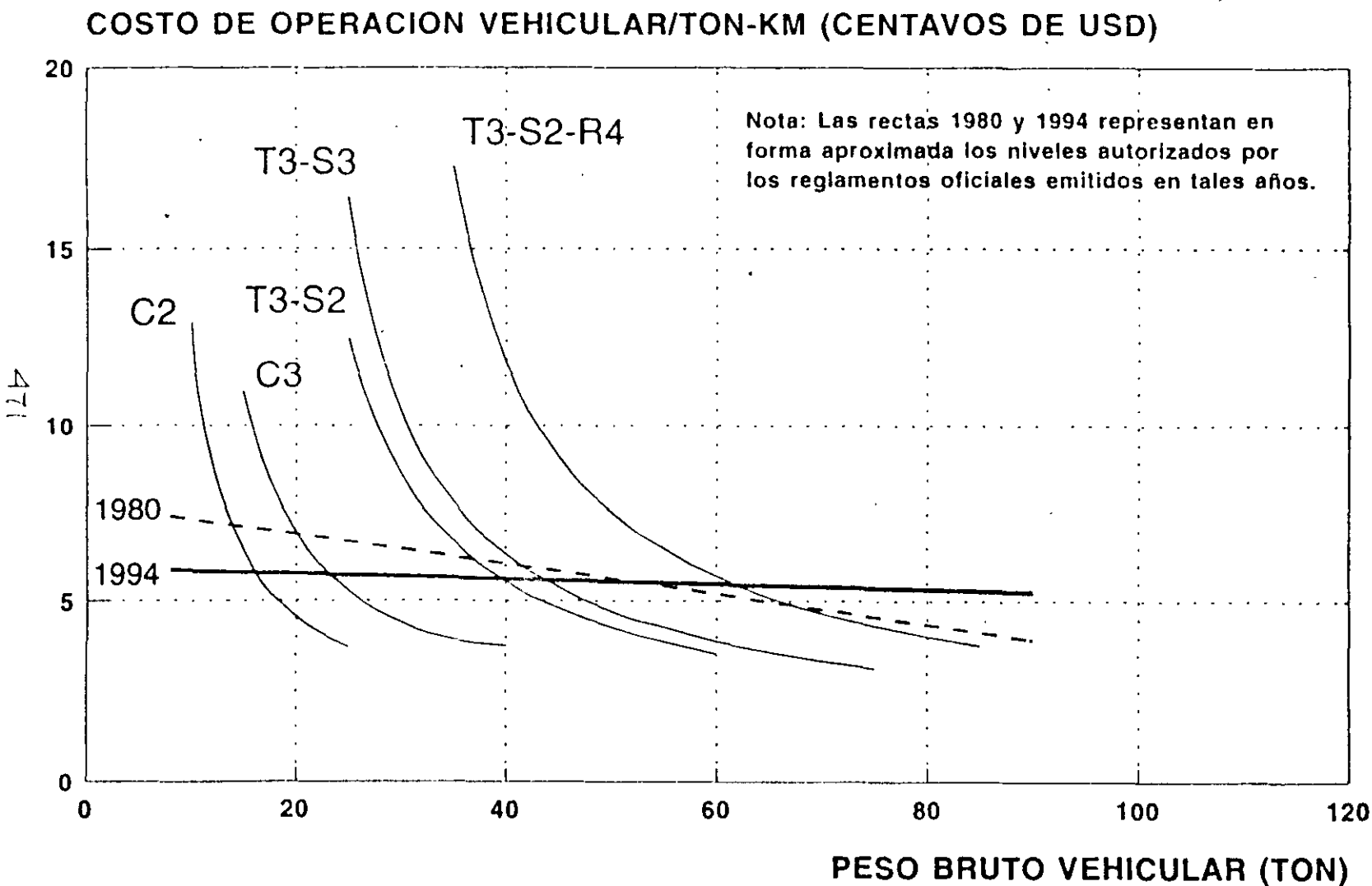


Figura A5.2

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

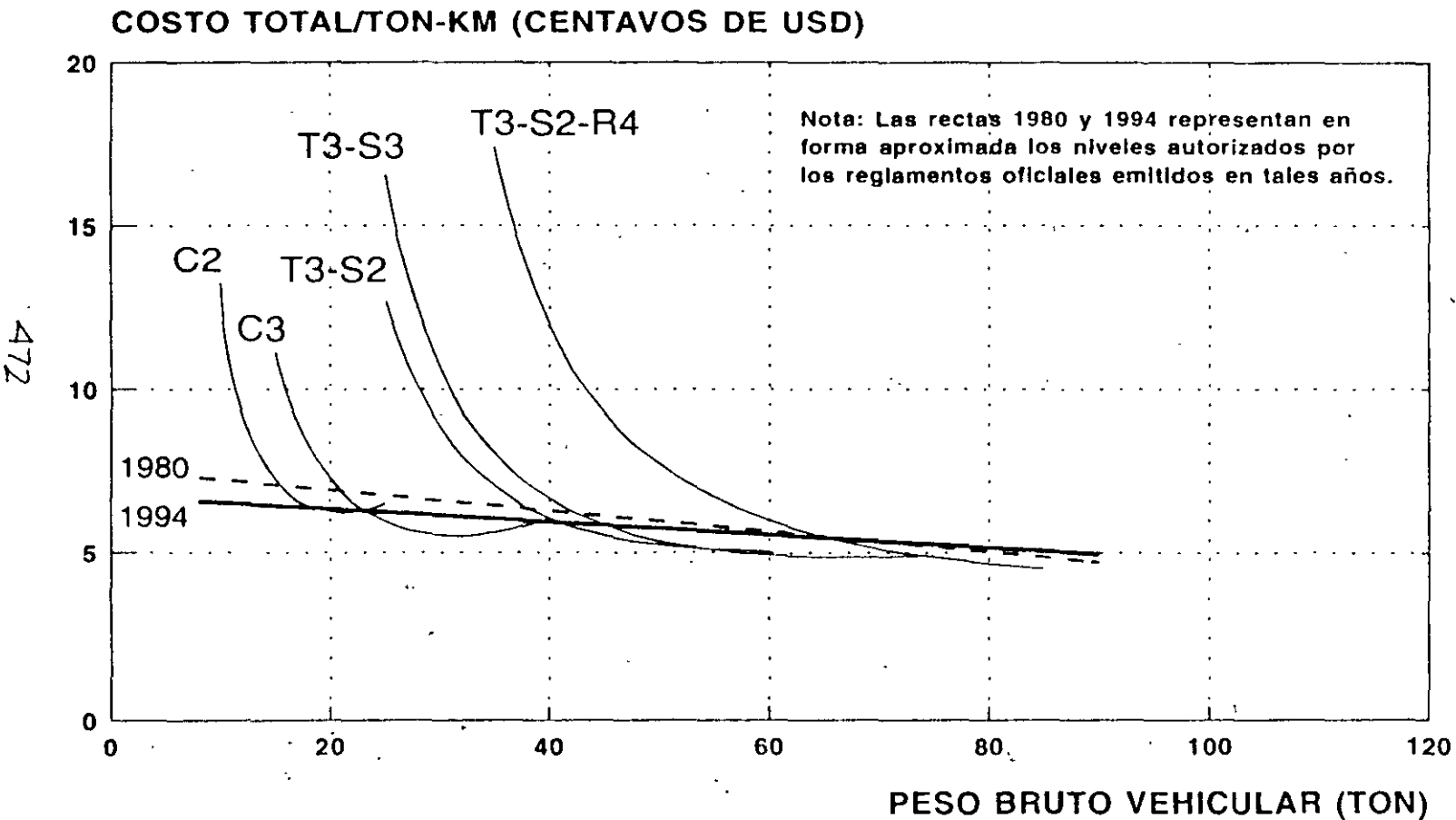


Figura A5.3

472

163

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.

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

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.



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

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN PROYECTO.
CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN
DE CARRETERAS

TEMA:
**ESTRATEGIA DE LA
CONSERVACIÓN DEL SISTEMA
CARRETERO EN MÉXICO: SISTER**

EXPOSITOR:
ING. MARIO GONZALEZ GARCIA

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

48C

**IV DIPLOMADO INTERNACIONAL DE CARRETERAS.
MÓDULO III CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

**SISTEMA DE GESTIÓN DE CARRETERAS
PROGRAMA SISTER PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	2
2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	3
3. DATOS GENERALES.....	7
4. DATOS QUE DESCRIBEN LA RED CARRETERA.....	9
5. DATOS QUE DESCRIBEN LAS ESTRATEGIAS.....	10
6. CÁLCULOS.....	11
7. RESULTADOS.....	11
8. INSTALACIÓN Y EQUIPOS.....	12

Ing. Mario González García

**SISTEMAS DE GESTION DE CARRETERAS
PROGRAMA SISTER PARA LA CONSERVACION DE CARRETERAS**

1.- GENERALIDADES.

Los responsables de la gestión de una red vial están generalmente confrontados a apremios presupuestarios que no permiten realizar todas las operaciones de mantenimiento deseadas, ni aplicar todas las alternativas técnicas para resolver los problemas de degradación.

Lo anterior tiene aún mayor relevancia en países como México en donde su red federal de carreteras con una longitud de casi 42.000 Km. en 1995, se encuentra en un 55% en pésimo y mal estado, 25% en regular estado y solo un 20% en buen estado, debido fundamentalmente a la antigüedad de su red que fue diseñada para cierto tipo de vehículo y por ende con cargas muy diferentes a los que circulan actualmente, así como a la insuficiencia en los trabajos de conservación principalmente por la falta de recursos económicos.

Sin embargo y ya que es evidente que financieramente es imposible llevar a cabo todas las obras de conservación que se requieren, se plantea la interrogante de las cuales serían las prioridades por considerar en los programas anuales optimizando los recursos. De ahí a la necesidad de contar con una herramienta de planeación que permita aplicar estrategias y soluciones varias en la programación de las obras, lo cual sin la ayuda de una herramienta informática adecuada sería prácticamente un problema insoluble.

Es por ello que las decisiones tomadas durante un año dado, tienen consecuencias sobre los niveles de servicio de los años siguientes y las decisiones tomadas al definir los programas de obras a mediano plazo tienen influencia sobre el futuro de la red. Por ejemplo un mantenimiento mínimo a muy corto plazo, conducirá a la degradación de la carretera en pocos años y exigirá una rehabilitación más costosa, con lo cual la economía realizada resulta ficticia puesto que generará gastos mas elevados a mediano plazo.

En consecuencia, los responsables de atender la conservación de una red carretera deben ser capaces de prever la evolución de la red, teniendo en cuenta las obras programadas y medir las consecuencias futuras de sus elecciones presentes.

Lo anterior planea dos tipos de problemas

Programar las obras anualmente teniendo en cuenta los apremios presupuestarios.

Prever a Mediano plazo la evolución de la red en función de las asignaciones financieras y/o de igual forma prever los recursos presupuestarios que permitan la conservación y/o el mejoramiento de la red.

Anteriormente la elaboración del programa de conservación de carreteras, se solicitaba a la Residencia General de Conservación de los Centros S.C.T. localizados en cada entidad federativa, a fin de que propusieran las obras de rehabilitación y/o reconstrucción que les parecieran necesarias y una vez conocido el techo financiero del programa, se ajustaban las propuestas a nivel central, quedando así definido el programa de trabajo para el año siguiente.

Este procedimiento como es natural, se veía afectado por la subjetividad de cada uno de los responsables involucrados y al hecho de que el sistema tradicional para calificar el estado físico de las carreteras y punto de partida para los Residentes Generales al elaborar su propuesta, tomaba en cuenta únicamente la superficie de rodamiento sin investigar la estructura de la carretera y por tanto la causa del daño que se refleja en la superficie.

Lo anterior planteaba la urgencia de definir un procedimiento metodológico más objetivo, racional y coherente para la elaboración de los programas, ya que no necesariamente se deben rehabilitar en primer término las carreteras más dañadas sin antes tomar en cuenta otros parámetros como los volúmenes de tránsito, y la importancia social o económica de la misma.

De igual manera el diferir ciertos trabajos de conservación por falta de recursos para su rehabilitación y/o reconstrucción puede ocasionar que estas carreteras se arruinen y que entonces se requieran de inversiones mucho más importantes para los años venideros.

De lo anterior se concluye que un mantenimiento mínimo por ahorro de recursos conducirá a la degradación de las carreteras en pocos años, lo que exigirá rehabilitaciones mas costosas con la cual las economías realizadas resultan ficticias, ya que se generan a mediano plazo gastos mas elevados.

2.- Descripción del modelo

El programa SISTER como cualquier otro de gestión vial, consiste esencialmente en considerar en su conjunto a la red vial por administrar a partir de un Banco de Datos, definiendo una estrategia óptima de mantenimiento, a partir de simulaciones de las consecuencias de varias alternativas, lo que otorga la posibilidad de evaluar técnica y económicamente cada una de estas propuestas.

Estos sistemas de gestión entre los que pueden citarse también al H.D.M. y al SIMAP, para llevar a cabo su función requieren.

Una colección de información en la red.

La construcción de una base computarizada de datos.

Un modelo de simulación de degradación de la red carretera.

Un procedimiento de actualización del banco de datos.

En México la necesidad de disponer de un modelo específico de simulación presupuestaria que permita la comparación rápida de estrategias de mantenimiento con una precisión aceptable, aliviado las fases de recopilación y de actualización de datos, de manera que permita garantizar la perennidad del sistema, se planteó hace algunos años. El Programa SISTER desarrollado por la empresa de Ingeniería de BCEOM fué concebido con esta óptica y está al servicio de los responsables encargados de la definición de la política de mantenimiento dentro de su zona de competencia. Les permite así mismo soportar sus proposiciones durante la presentación a las autoridades políticas y argumentar con los organismos financieros nacionales e internacionales.

La originalidad de SISTER radica en el hecho de que define simultáneamente los trabajos de mantenimiento ligados a una estrategia dada y sus efectos sobre la degradación de las carreteras tanto estructuralmente como de la superficie, estableciéndose así la crónica de los trabajos y la degradación.

Este proceso esta sustentado en tres premisas básicas.

- Considerar el conjunto de la red por administrar y apartir de un Banco de Datos Viales.
- Estudiar una estrategia óptima de mantenimiento de la red simulando las consecuencias de varias alternativas.
- Adoptar un método racional de programación plurianal de las obras de mantenimiento periódico, rehabilitación y reconstrucción.

De ahí que el punto de partida para su implementación sea la constitución del Banco de Datos Viales que permita conocer la red carretera a cargo de la Dependencia, lo que se logra a través de un inventario preferentemente a pie de las características geométricas y del drenaje de las carreteras, obteniéndose entre otros datos su sección, número de carriles, señalamiento, obras de drenaje etc., agrupándolos por tramos con ciertas condiciones de homogeneidad, como son las características geométricas y topográficas, los niveles del tránsito, el estado de la carretera y la zona geográfica en que se encuentran.

Es muy importante que al llevarse a cabo este inventario se registren también los daños que se observan en la superficie de rodamiento, investigando las posibles causas de las mismas a fin de contemplar todas las soluciones posibles para la reconstrucción de la carretera, teniendo en cuenta las obras de drenaje y el mejoramiento de las terracerías si ese fuera el caso, con el fin de mejorar la capacidad de soporte de la subrasante.

Con tal fin, los Residentes Generales de Conservación de cada Centro S.C.T. y responsables de la realización del inventario a pie, llevan a cabo sondeos cada 300 m, 500 m, o 1 km, considerando las condiciones de homogeneidad mencionadas al definir los tramos, anotando en los formatos establecidos para el mismo, las propuestas de mantenimiento sugeridas así como el costo aproximada de las mismas.

Constituido el Banco de Datos Viales que debe actualizarse año con año, el interés estratégico principal consiste en segundo término en la simulación informática de la degradación de las diversas carreteras según sus naturalezas, las obras de mantenimiento ejecutadas, las condiciones meteorológicas etc., a partir de una asignación presupuestal x , que permita prever el horizonte de degradación total de la red si dicha asignación es insuficiente, o en su caso el estado futuro de la misma o de x tramo si se mantienen los niveles de inversión, efectuando diversos trabajos de mantenimiento periódico y rutinario.

Sobre esta estrategia de mantenimiento, el programa SISTER permite producir una verdadera programación de las obras de mantenimiento periódico, y al permitir la conexión de los módulos de degradación de las carreteras, del módulo de evaluación económica de la rehabilitación y del Banco de Datos, el sistema puede efectuar una simulación por cada sección o tramo carretero archivado, evaluando para cada año del período de estudio, los efectos económicos directos correspondiente al nivel de estado de la carretera.

Asimismo la comparación de las situaciones con o sin mantenimiento pesado, el balance de las ventajas económicas generadas, confrontadas con el monto de las inversiones necesarias para rehabilitar la carretera, permite calcular la Taza Interna de Retorno del tramo de carretera considerado.

SISTER es un modelo de planeación y no diseña estrategias de mantenimiento, sino que calcula los efectos de la aplicación a la red de una estrategia específica y de sus consecuencias técnicas, financieras y económicas sobre un periodo fijado por el ingeniero encargado del proyecto.

De ahí que la parte importante del sistema es evidentemente la definición de las estrategias de mantenimiento para la cual se requiere la experiencia del especialista encargado del proyecto, que permita al programa la adaptación rápida a las situaciones particulares desde el punto de vista de las técnicas como de los medios de investigación disponible.

Permite entonces verificar las estrategias de mantenimiento definidas por el usuario y medir los efectos a largo plazo sobre la evolución técnica de la red, su nivel de servicio y de los costos recurrentes, es decir de las necesidades presupuestarias.

Cada estrategia esta compuesta de un cierto número de escenarios, refiriéndose cada uno a las condiciones particulares del clima, del nivel de tránsito y de la política general en materia de rehabilitación. Así dentro de una misma estrategia resultan los mismos principios generales de política vial (mantenimiento mínimo y mantenimiento normal, rehabilitación rápida o progresiva etc.) y se pueden diferenciar los trámites particulares de grupos de tramos homogéneos desde el punto de vista de las condiciones mencionadas anteriormente.

La estrategia y cada uno de sus escenarios son descritos a lo largo de todo un "ciclo de vida" de la carretera, cuya duración es fijada para utilizarse en función de la estrategia y de las condiciones particulares de los grupos de tramos homogéneos. Cada ciclo de vida se termina normalmente por una rehabilitación o al menos un trabajo de refuerzo de la carretera. Cuando este año es alcanzado, el programa regresa sobre el primer año del escenario y comienza el siguiente hasta el año del fin del proyecto.

Cada tramo carretero es una rama sobre la crónica de un escenario en función de su "nota de calidad" al origen del proyecto, es decir de su estado resultante de un inventario previo muy reciente. Es esta nota la que permite al programa "poner al día" el tramo en relación con su escenario teórico de evolución para la estrategia estudiada.

Cabe mencionarse, que el programa SISTER no esta limitado en cuanto al número de rutas y de tramos y actualmente se trabajo en una misma red de 42.000 km. de longitud que incluyan 450 rutas con tránsito variable, 1574 secciones con tránsito diferente y 4000 tramos.

Cada estrategia esta compuesta de un cierto número de escenarios que se refieren cada uno a las condiciones particulares del clima, del nivel del tráfico y de la política general en materia de rehabilitación. Así dentro de una misma estrategia resultan los mismos principios generales de política vial (mantenimiento mínimo, mantenimiento normal, rehabilitación rápida o progresiva, etc.), se pueden diferenciar los tratamientos particulares de grupos de tramos homogéneos desde el punto de vista de las condiciones mencionadas anteriormente. Estas nociones están explícitas en el párrafo 3.

La estrategia y cada uno de sus escenarios son descritos a lo largo de todo un "ciclo de vida" de la carretera, cuya duración es fijada para utilizarse en función de la estrategia y de las condiciones particulares de los grupos de tramos homogéneos. Cada ciclo de vida se termina normalmente por una rehabilitación o al menos un trabajo de refuerzo de la carretera. Cuando este año es alcanzado, el programa regresa sobre el primer año del escenario y comienza el siguiente hasta el año del fin del proyecto.

SECRETARÍA
Cada tramo carretero es una rama sobre la crónica de un escenario en función de su "nota de calidad" al origen del proyecto, es decir de su estado resultante de un inventario previo muy reciente. Es esta nota la que permite al programa "poner al día" el tramo en relación con su escenario teórico de evolución para la estrategia estudiada.

La Red.

La red carretera esta dividida en tramos homogéneos desde el punto de vista de muchos parámetros descritos en detalle en el párrafo 4. Estos parámetros están ligados en particular en su identificación administrativa, su localización en las zonas geográficas predeterminadas, su nivel de tráfico y su estado actual.

El estado de la red está caracterizado por dos notas una "nota de calidad" representativa de su estado estructural, una "nota de rugosidad" representativa de su nivel de servicio al usuario. La apreciación del valor de partida de estas notas resulta de un inventario técnico de mantenimiento, cuyo nivel de precisión depende de los medios disponibles.

Análisis Económico.

Los Costos de Operación de los Vehículos (COV) son estimados para permitir las comparaciones económicas de las estrategias consideradas.

La variable explicativa principal es entonces el estado de la superficie de la carretera, medido por la "nota de rugosidad". Esta "nota" puede ser las unidades de medida clásicas del estado de la superficie como la rugosidad expresada en mm/km. o el IRI, etc....., a fin de permitir comparaciones más cómodas.

El modelo considera dos tipos de vehículos:

- Los vehículos ligeros, combinación de vehículos particulares, camionetas, pick-ups, etc.
- Los vehículos pesados, combinación de autobuses, camiones simples y articulados, etc.

El modelo no toma en cuenta la naturaleza del terreno (plano, lomerío, montañoso), considerado prácticamente neutro en relación a la estimación de las ventajas. Esta opción evita la captura de esta información y también la división en tramos demasiado pequeños de la red estudiada. La referencia elegida es un terreno considerado como promedio en la zona estudiada, en general lomerío.

Pero el standard técnico de la carretera esta tomado en cuenta en un cálculo normalizado que considera los valores promedios de la velocidad posible y de las características geométricas del trazado en planta y del perfil longitudinal de una carretera en terreno de lomerío para cada uno de los standares elegidos.

El programa compara todas las estrategias a una estrategia de referencia definida por el usuario, calcula el balance actualizado y la relación entre el beneficio en los COV y los costos adicionales de mantenimiento.

3.- DATOS GENERALES

3.1 Características del Proyecto.

Bajo esta rúbrica, el usuario define e identifica el proyecto en particular para:

- Su código y su nombre.
- Los datos temporales: El año origen del proyecto (por ejem. 1992) . La duración total del proyecto (hata 20 años). Los periodos elementales para los cuales los resultados serán producidos (hasta 10 periodos de cualquier duración).
- Los datos concernientes al tráfico.
El año de referencia para los datos de tráfico (por ejemplo 1990).
La tasa de crecimiento futuro promedio del tráfico (en % por año).
- Los datos concernientes a la moneda utilizada.
Su nombre.
La unidad para los precios unitarios (por ejemplo 1000).
Las unidades para los resultados (por ejemplo 1000000).
- La estrategia servirá de referencia para los cálculos económicos.
- El idioma de trabajo.

3.2 Zonas

Para caracterizar los tramos de carreteras y diferenciar los escenarios de degradación y los precios unitarios de obra es necesario dividir el país en diferentes zonas. Para los tres parámetros utilizados se define un código y su nombre:

- **Zonas climáticas:** (por ejem. desértica o tropical) : esta noción permite diferenciar la velocidad de degradación ligada a las condiciones climáticas y geotécnicas de la región, así como ajustar las escenarios de mantenimiento.
- **Zonas de costos:** esta noción permite diferenciar las zonas bien comunicadas, donde los precios son relativamente bajos (zonas costeras por ejemplo) y las zonas más aisladas donde los precios son más elevados en razón de los costos de traslado de los materiales necesarios.
- **Zonas administrativas:** (por ejem. estados y municipios) o entidades responsables: esta noción es utilizada en la descripción de tramos para editar los resultados por estado.

Otras nociones son definidas aquí:

- El itinerario, que permite reagrupar los tramos pertenecientes a las carreteras señaladas por números diferentes, los cuales tienen una gran relación.
- El tipo de decisión debe ser tomado en cuanto (i) al mejoramiento previo de la carretera ó (ii) al mantenimiento "normal" inmediato.

3.3 CLASES

Se definen tres tipos de clases cuya utilización es específica.

- **Clases de tránsito:** Los tránsitos de vehículos pesados entran en una clase caracterizada por un código y un nombre, en el cual se definen los límites inferiores y superiores de vehículos pesados por día.

La noción de clase de tránsito se refiere al tránsito circulante sobre un carril, esto permite argumentar el estudio de la degradación y los cálculos de costos. El cálculo del tránsito por carril se hace a nivel de cada tramo, al cual se afecta entonces una "clase de tránsito", (TPO a TP5) en el caso de México.

Se determinan los límites de las clases considerando los números acumulados de ejes equivalentes por días.

- **Estado de la carretera:** Esta noción permite únicamente presentar los resultados de manera sintética por clase de "nota de calidad". El estado de carretera es definido por un código y un nombre y por los límites inferiores y superiores de la nota de calidad. Un tramo entra en una clase de estado en función de su nota de calidad aplicada o calculada a un dato determinado.
- **Categoría administrativa:** Esta noción permite conocer la localización de los tramos además la edición de los resultados según la categoría administrativa oficial de la carretera (federal, estatal etc.)
- **Standard técnico:** Esta noción permite conocer el ancho de la carretera, parámetro para los costos unitarios y los COV. El ancho se expresa en número de vías de circulación.
- **Costos de operación de los vehículos:** Aquí se indican los coeficientes de las fórmulas que permiten el cálculo de los COV por tipo de vehículo y standard técnico determinado.

3.4 Obras

El usuario puede describir todos los tipos de trabajo considerados e indicar los precios unitarios en función de varios parámetros. Se prevén dos tipos de precios:

- Los que se aplican a la "carretera", como el standard, en particular su ancho. Ejem. Mantenimiento Rutinario de los alrededores, del drenaje, etc.
- Los que se aplican a un carril (3.5 m. de ancho). Ejem. asfaltar. Esto permite conocer el standard técnico en la mayor parte de casos para la fijación del precio unitario.

El primer caso, el precio se multiplica por el ancho de la carretera. En el segundo caso el precio es multiplicado por el número de carriles y por el ancho de la carretera para obtener el costo total.

- Naturaleza de los trabajos. Cada tipo de trabajo está caracterizado por un código y un nombre que permite un punto de referencia en los siguientes módulos, las ediciones claras y bien documentadas. Un código convencional localiza los precios unitarios según su modo de aplicación. Por ejemplo código que empieza por "L": precio aplicable a la carretera, otro primer carácter = precio aplicable al carril.
- Precios unitarios: Los precios unitarios son proporcionados bajo forma de "precios de base" modificables en función de dos parámetros (las zonas de costos y las calses de tránsito) al promedio de coeficientes standares introducidos por el usuario. Esta función de cálculo automático parcial puede ser activada o desactivada cuando se desee.

4.- DATOS QUE DESCRIBEN LA RED CARRETERA.

La red estudiada es dividida en tramos homogéneos como sea necesario. La noción de homogeneidad recupera a la vez las nociones relacionadas a las zonas geográficas, a los niveles de tránsito, a las características geométricas y al estado de la carretera. Esta dirige la estructura del fichero de tramos.

- Identificación: categoría administrativa, número administrativo de la carretera, PK inicial, PK final, ruta, itinerarios.
- Situación geográfica: zona administrativa, zona climática, zona de costos .
- Nivel de tránsito (año de referencia): Tránsito observado: volumen total, % de vehículos pesados.
- Características geométricas y estado: standard técnico, año de construcción (o bien el año efectivo, si está en proceso, o el año de reconstrucción futura si existe proyecto, este campo puede quedar vacío), Nota de calidad de la estructura (año de origen), nota de rugosidad o de calidad de la superficie (año de origen).
- La desición se toma en cuanto a (i) el mejoramiento previo de la carretera, o (ii) al mantenimiento normal inmediato.

5.- DATOS QUE DESCRIBEN LAS ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO.

Es aquí donde el usuario describe las estrategias de mantenimiento que se desean probar y comparar. Como se ha dicho anteriormente, la originalidad de SISTER radica en el hecho de que describe simultáneamente, la degradación de la carretera y las operaciones de mantenimiento consideradas, esto permite asegurar una coherencia permanente a los escenarios.

Por convención se llama "ESTRATEGIA" al conjunto de los escenarios que se aplican a los tramos de características diferentes. Existen tantos de escenarios como combinaciones de valores para los parámetros característicos. Por ejemplo si se definen tres zonas climáticas y cinco clases de tráfico se construirán 15 escenarios que, en conjunto constituirán una estrategia.

Por otra parte es necesario diferenciar las carreteras según el nivel de tránsito que soportan, o si es necesario realizar los trabajos de reforzamiento antes de comprometerse con una política de mantenimiento "normal". Se puede entonces describir dos escenarios completos para las rutas cuyas características generales son semejantes (zonas climática, tráfico, etc.): antes y después del reforzamiento.

Las estrategias son definidas por los parámetros siguientes.

- Identificación
 - Código
 - Nombre

- Campo de aplicación (los escenarios)
 - Zona climática
 - Clase de tráfico
 - Decisión en cuanto al estatuto, a la prioridad....etc.

- Descripción año por año
 - Año de reparación (cronológico del ciclo)
 - Nota de calidad de la estructura
 - Nota de rugosidad
 - Naturaleza de los trabajos (tres campos autorizados)

Cuando dos estrategias son muy semejantes, existe un procedimiento especial que permite derivar una estrategia de otra antes definida.

6.- CALCULOS

Antes de empezar el cálculo, se lanza automáticamente un procedimiento para la verificación de la coherencia. Este procedimiento puede de la misma manera lanzarse independientemente en la fase de ajuste. Para probar una estrategia es suficiente indicar el código.

El programa describe la red troncal por tramo. Para cada uno de ellos busca el escenario correspondiente a su zona climática y a su clase de tránsito, se divide en este escenario el año correspondiente al valor de las notas de calidad estimadas para el primer año, después la descripción hasta el último año. Este último año corresponde siempre a una rehabilitación, que permite empezar de nuevo la descripción del escenario después del primer año.

Para cada año el programa prevé los valores de los parámetros útiles para la sucesión de los cálculos. esencialmente: el tránsito, las notas de calidad, la naturaleza de los trabajos y sus códigos, así como los COV.

Los cúmulos de kilómetros, los costos de trabajo y los COV, pueden realizarse de acuerdo a diversos parámetros, tales como las zonas administrativas, los estándares técnicos, la naturaleza de los trabajos, etc.

Una estrategia de "referencia" se identifica como tal por permitir comparaciones. Los cálculos económicos permiten compara rápidamente las estrategias: costos de trabajo y COV actualizados, ratio beneficios/costos (para llamar a la estrategia de referencia).

El programa permite igualmente listar los trabajos considerados por orden de urgencia con el fin de preparar una programación pluri-anual. Sin embargo, es recomendable analizar con cuidado este tipo de resultados pues el programa, como todos los sistemas de gestión de la red, utiliza las nociones estadísticas que no permiten concluir con una muestra pequeña como uno o varios tramos aislados.

7.- RESULTADOS

Los resultados están almacenados en ficheros informáticos pueden ser visualizados en la pantalla o impresos en forma de tablas o gráficos. Pueden también ser exportados hacia hojas de cálculo y/o hacia bases de datos para realizar tratamientos adicionales o preparar documentos gráficos personalizados.

Las tablas y los gráficos contienen las cantidades acumuladas de tres variables principales: kilometraje, costo de las obras y COV. Las tablas pueden tener hasta cuatro dimensiones definidas por el usuario (gráfico hasta tres dimensiones), lo que permite clasificar los resultados según una combinación de parámetros, por ejemplo:

- Zonas administrativas (Residencias Generales)
- Standares técnicos
- Naturaleza de las obras
- Período de estudio
- etc.

Un formato de tabla puede ser nombrado y almacenado para una utilización posterior. Los mensajes de errores están impresos en tiempo real sobre la impresora o almacenados en un fichero especial para consulta diferida.

8.- EQUIPO E INSTALACION

8.1 Equipo.

Las características de las computadoras dependen de las características de la red a tratar.

Al mínimo, Sister necesita una computadora compatible PC equipada con disco duro de 100 Mb y cuya RAM es superior a 8 Mb. La versión del DOS debe ser superior o igual a 5.0

En México, para tratar una red de 42000 km. dividida en 4000 tramos es deseable trabajar con las configuraciones siguientes:

- Un procesador de tipo 486/66 Mhz o Pentium
- RAM de 32 MB con el fin de tener la posibilidad de crear un disco virtual que acelera los cálculos y permite no dañar el disco duro.
- Disco duro que disponga por lo menos 300 MB para almacenar los resultados de varias simulaciones sin imponer copias sistemáticas sobre diskettes.
- Una carta gráfica SVGA.
- Una pantalla de color.
- Sistema Operativo DOS 6.22.
- Programas Lotus 123 V3.1, Pc tools V8.0 o V9.0, Quatro Pro V5.0 o V6.0 para Windows.



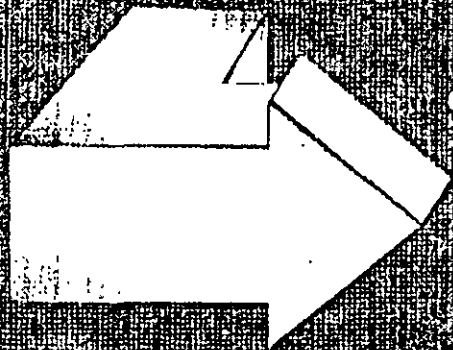
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Dirección General de Conservación de Carreteras

SISTER

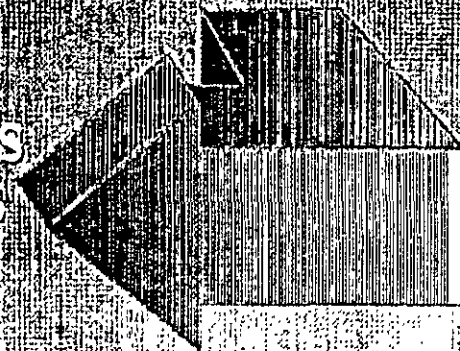
Simulación de Estrategias de
Conservación de Carreteras

SISTER

DEFINE SIMULTANEAMENTE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO
LIGADOS A UNA ESTRATEGIA DADA Y SUS EFECTOS SOBRE
LA DEGRADACION DE LAS CARRETERAS



SE ESTABLECE LA CRONICA DE LOS
TRABAJOS Y LA DEGRADACION DE
LAS CARRETERAS



Objetivo Principal

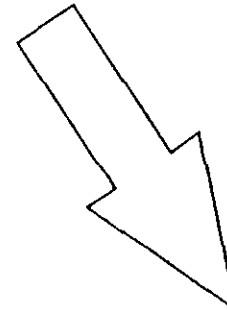
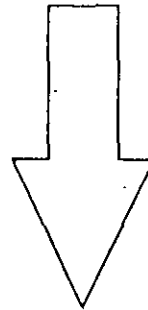
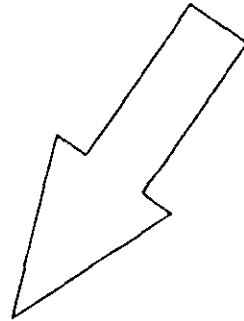
495

SISTER

Planear a corto, mediano y largo plazo el estado físico de la red carretera federal mediante la aplicación de una estrategia de mantenimiento vial en la cual se definen los trabajos necesarios para alcanzar las metas establecidas considerando los apremios presupuestales.

SISTER

Metas



Prever a futuro el estado fisico de la red carretera

Definir los recursos financieros necesarios para alcanzar las metas

Determinar las obras de mantenimiento a efectuar en la red carretera



**Modelo de
Planeación
SISTER**

Define las obras prioritarias dentro del contexto nacional, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito y la importancia socio-económica de la carretera.

Efectúa el análisis económico para determinar la rentabilidad de los proyectos seleccionados.

Determina los techos financieros necesarios anualmente, para alcanzar las metas programadas del estado físico de la red carretera en un horizonte de mediano y largo plazo.

**Inventario a pie de la Red Carretera
Federal**

- Características geométricas.
- Daños superficiales (fisuras, deformaciones, etc.).
- Daños estructurales (obras de drenaje, sondcos, etc.).
- Propuestas preliminares de solución.

**Banco de datos de la Red Carretera
(actualizado anualmente)**

Requerimientos del Sister

Principales

- Estado físico de la red.
- Volúmenes de tránsito (TDPA).
- Porcentaje de vehículos pesados.

Complementarios

- Zonas climáticas.
- Zonas de costos.
- Costos unitarios de mantenimiento.
- Número de carriles.
- Tasa de crecimiento vehicular.

REQUERIMIENTOS DEL MODELO DE PLANEACIÓN SISTER.

I. TIPOS DE TRÁNSITO (TP) *

*NÚMERO DE VEHÍCULOS PESADOS EN UN SENTIDO

- TP0 - De 0 a 75
- TP1 - De 76 a 300
- TP2 - De 301 a 1000
- TP3 - De 1001 a 2000
- TP4 - De 2001 a 6000
- TP5 - Más de 6000

II. ZONAS CLIMÁTICAS.

CL 1. ALTIPLANO CENTRAL

CL 2 : FRANJA COSTERA (APROXIMADAMENTE 50 Km. TIERRA ADENTRO).

III. ZONAS DE COSTOS.

ZC 1 = 0.77 AGS.; B.C.; B.C.S.; COA.; CHI.; GTO.; HGO.; MOR. Y SON.

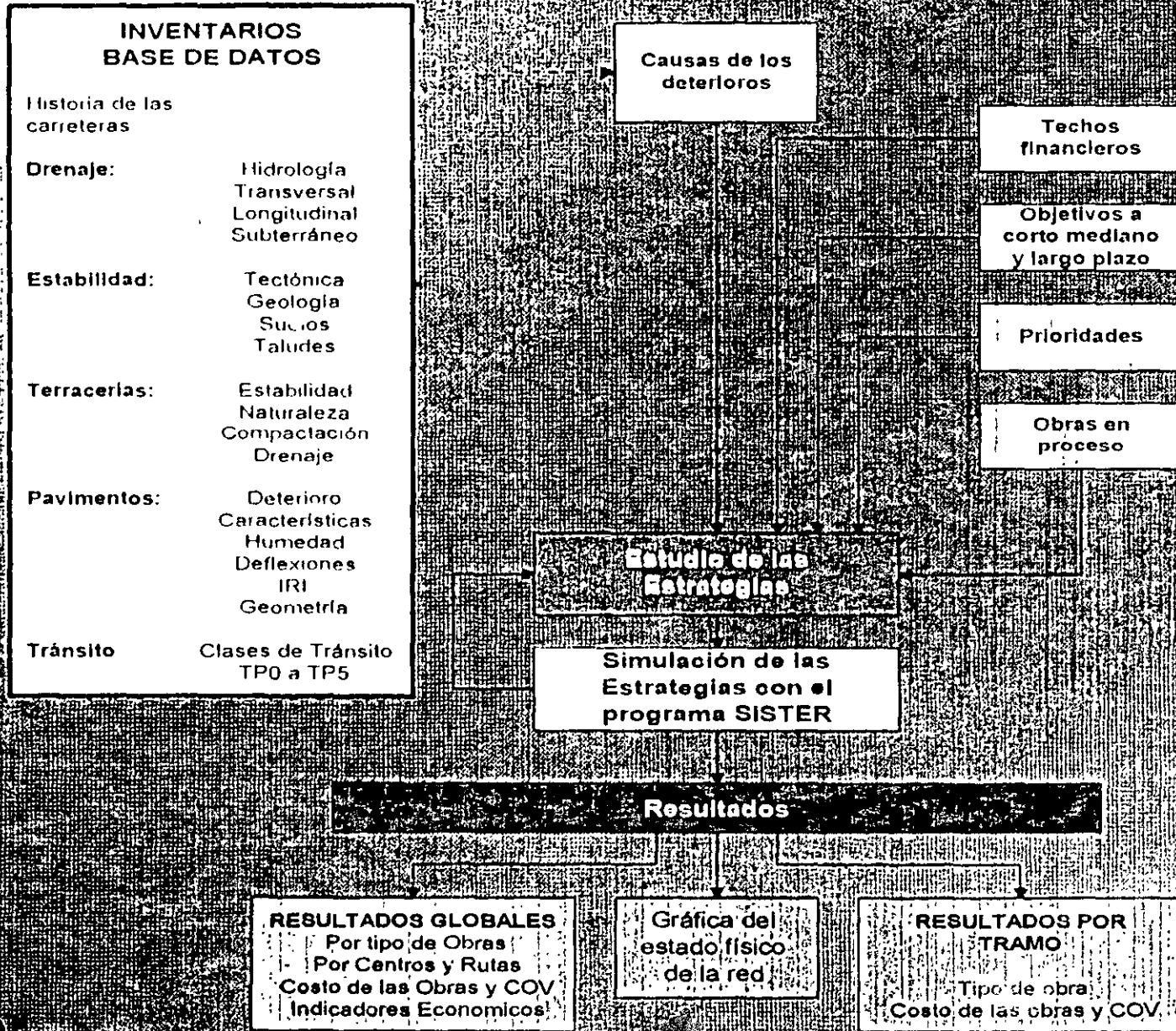
ZC 2 = 0.85 CHA.; DGO.; GRO.; N. L.; OAX.; TLA. Y ZAC.

ZC 3 = 1.00 CAM.; COL.; JAL.; MICH.; NAY.; PUE.; QRO. Y TAMP.

ZC 4 = 1.37 MEX.; Q. ROO.; SLP.; SIN.; TAB.; VER. Y YUC.

IV. TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR: 3% ANUAL.

Esquema del modelo SISTER



500

501

INVENTARIO A PIE

El Inventario a Pie de Carreteras

Es un procedimiento alternativo para el registro de las condiciones físicas de la Superficie de Rodamiento y Alrededores de la Carretera, el cual consiste en un recorrido de observación a pie a lo largo de los tramos carreteros que integran la Red Federal.

Beneficios

Se logran apreciar de forma minuciosa todos los daños que se presentan en la carpeta asfáltica.

Permite establecer, de antemano, las causas de la degradación de los pavimentos.

Permite contar con información actualizada de las condiciones físicas de la RCF, así como de datos importantes relativos a los Alrededores de las Carreteras.

El Inventario a Pie es el punto de partida para efectuar la Planeación con el programa SISTER

INVENTARIO A PIE DE CARRETERAS

El Inventario a pie de carreteras considera el levantamiento de datos en dos categorías

Superficie de Rodamiento	
Deterioro	
<input checked="" type="checkbox"/>	El que se presenta por exceso de humedad.
<input checked="" type="checkbox"/>	El que es consecuencia de la mala elaboración de mezclas asfálticas.
<input checked="" type="checkbox"/>	El que es resultado de la mala aplicación de la liga asfáltica.
<input checked="" type="checkbox"/>	El que es reflejo de la edad de los pavimentos y de otras condiciones especiales.

Alrededores de la carretera	
<input checked="" type="checkbox"/>	Drenaje insuficiente, azolvado o faltante. (superficial y subterráneo).
<input checked="" type="checkbox"/>	Limpieza de Derecho de vía.
<input checked="" type="checkbox"/>	Señalamiento vertical y horizontal insuficiente o deteriorado.
<input checked="" type="checkbox"/>	Utilización de Gaviones.

FORMATO PARA EL LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO A PIE CORRESPONDIENTE A LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

Nombre y No. de la Carretera: **MERIDA - CANCUN 180**

Tramo: **MERIDA - VALLADOLID**

Fecha: **SEPTIEMBRE DE 1996**

	5.0		8.0			12.0			16.0			21.0
SUPERFICIE DE RODAMIENTO												
RODERAS		30									20	
ASENTAMIENTO TRANSVERSAL												
ASENTAMIENTO						40						
AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL		10										
AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL												
PIEL DE COCODRILO		20		20					60			
AGRIETAMIENTO TIPO MAPA					10					20		
BACHES												
EXPULSIÓN DE FINOS												
EROSIÓN LONG. DE LA CARP												
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO	Reconstrucción del tramo						Reconstrucción del tramo					

ABULTAMIENTO												
DESPLAZAMIENTO DE BORDE		10										
MEDIA LUNA l >= 4cm												
MEDIA LUNA l <= 4cm												
OTRAS FISURAS						100						
PULIDO DE LA SUPERFICIE						20						
EXCESO DE ASFALTO												
CALAVERO		20										
DESCASCARAMIENTO												
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO	Aplicación de riego de sello											

DEFLEXIONES (Año) 1/100mm												
INDICE DE DEGRADACION		7		3		7		7				
ACOTAMIENTOS I, D, A			A 2.0 m					D 2.5 m, I 1.5 m				
NO. DE CARRILES			4					2				
ANCHO DE CALZADA			22.0					11.0				
TDPA			9380					7100				
% VEHICULOS PESADOS			10					10				
TRABAJOS RECIENTES					Renivelación y Sello							
TRABAJOS PROGRAMADOS		Renivelación y Sello (1997)						Renivelación y Sello (1997)				

OBSERVACIONES: **LOS TRABAJOS PROGRAMADOS SON DE E EL TRAMO REQUIERE RECONSTRUCCIÓN.**

MODELO DE PLANEACIÓN SISTER EVALUACIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE UNA CARRETERA.

AGRIETAMIENTOS

DEFORMACIONES ESTRUCTURALES

ÍNDICE DE DEGRADACIÓN

NOTA DE CALIDAD = $23 - 3 * \text{ÍNDICE DE DEGRADACIÓN}$

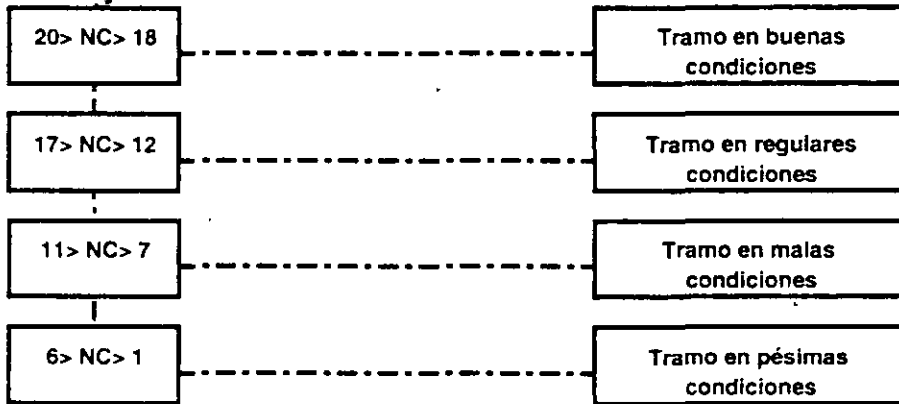
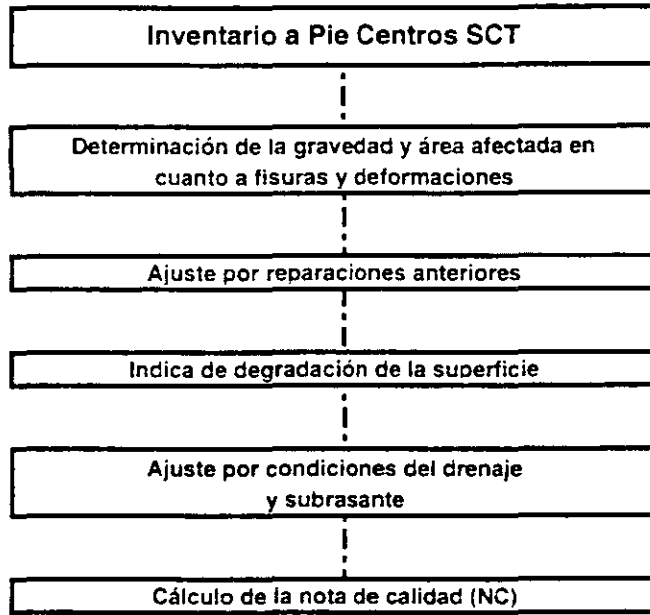
CONDICIONES DEL DRENAJE, SUBDRENAJE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EN LA ESTRUCTURA DEL CAMINO

ÍNDICE DE DEGRADACIÓN	NOTA DE CALIDAD
1	20
2	17
3	14
4	11
5	8
6	5
7	2

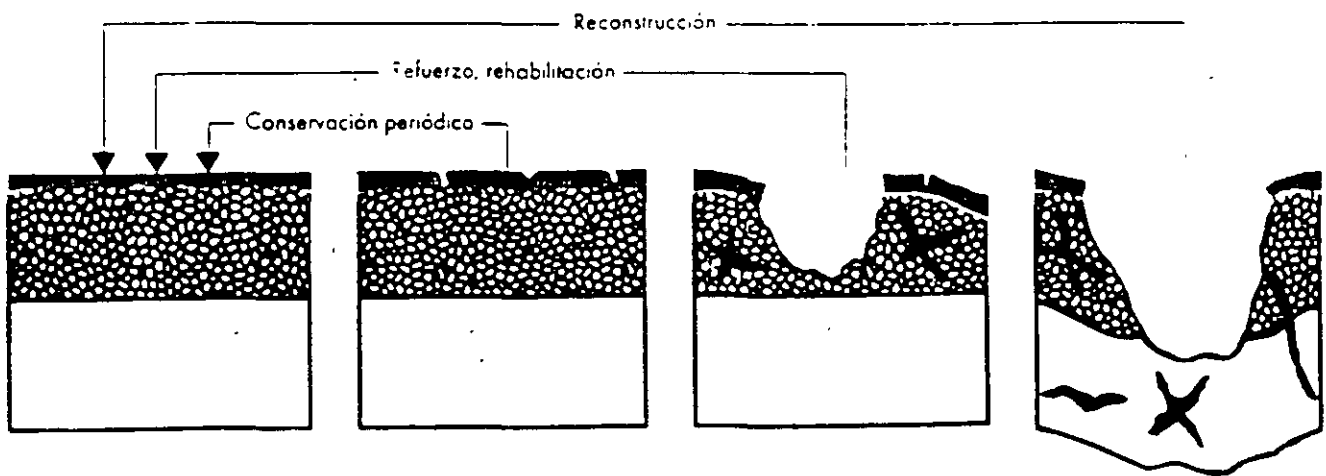
NOTA DE CALIDAD	ESTADO FÍSICO
20 - 18	BUENO
17 - 12	REGULAR
11 - 7	MALO
6 - 1	PÉSIMO

ESTADO DE LA RED FEDERAL

(Procedimiento para calificación)



Nota de calidad	20 a 18	17	16	15	14	13	12	11 a 9	8	7	6 a 5	4	3	2	1
Nota de rugosidad	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16



Estado A: Bueno

El estado A corresponde a una carretera nueva, bien construida y con materiales adecuados. No se observan defectos ni deformaciones. El estado es bueno

Estado B: Regular

El estado B está caracterizado por la aparición de fisuras superficiales en la capa de rodamiento. En ocasiones se pueden constatar algunos desprendimientos de materiales. Las capas inferiores no están afectadas. Es la etapa de la conservación periódica. El estado físico se considera regular.

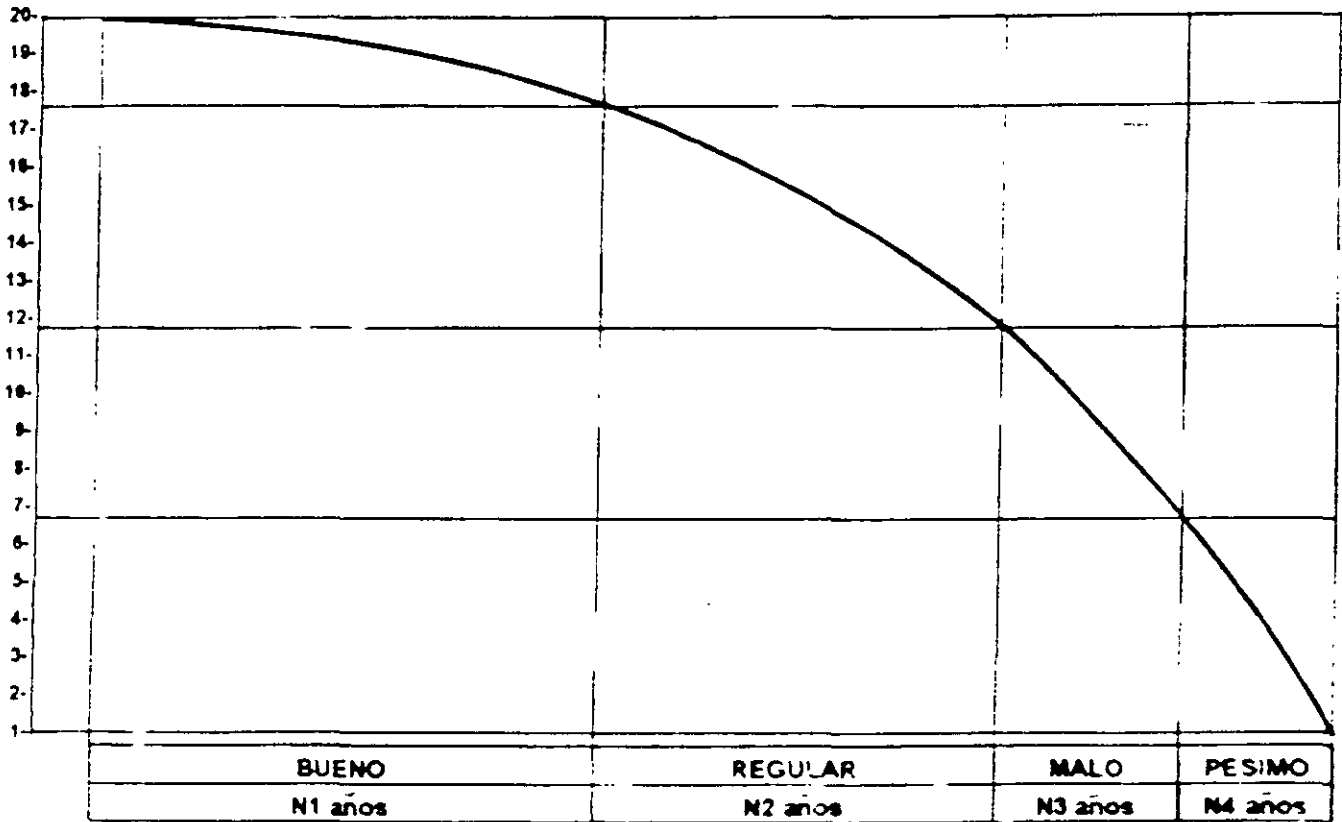
Estado C: Malo

En el estado C, la capa base está afectada y se pueden encontrar algunos baches, pero la sub-base y las terracerías conservan su estado anterior. Este estado es típico de la etapa de la recuperación. Los materiales de la base antigua se pueden reciclar dentro de los materiales de recuperación. El estado físico es malo

Estado D: Pésimo

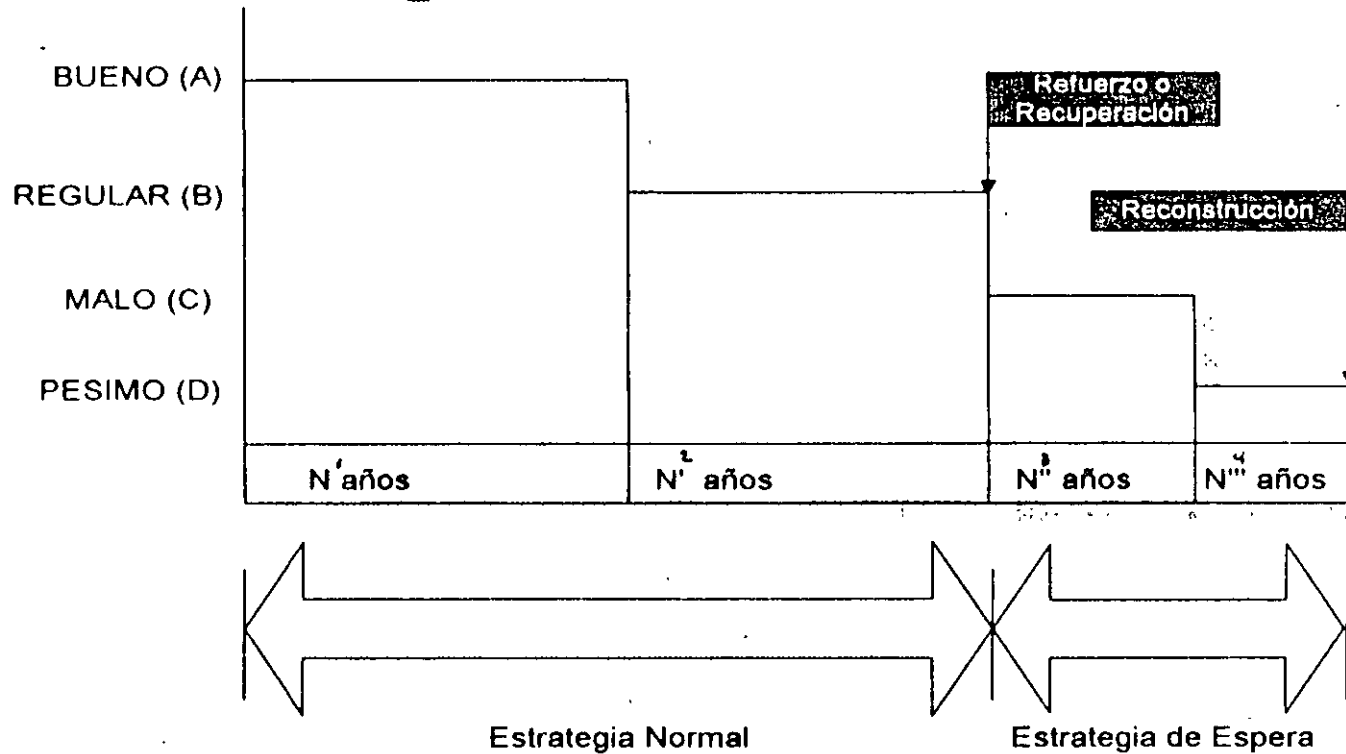
El estado D corresponde al fin de la vida útil de la carretera. Todas las capas inferiores están afectadas por las deformaciones, la capa de base ha perdido toda capacidad de soporte y las terracerías están deformadas. Es la etapa típica de la reconstrucción total. El estado de la carretera está considerado como pésimo.

Nota de
Calidad



Un pavimento bien construido, pero solamente conservado con acciones de bacheo y renivelaciones, se degradará rápidamente como se indica en esta gráfica. Desde una situación inicial "Bueno" el estado físico se deteriora lentamente, hasta llegar al "Regular". La degradación se acelera y el estado del pavimento llega a "Malo" y termina en pocos años en el estado "Pésimo".

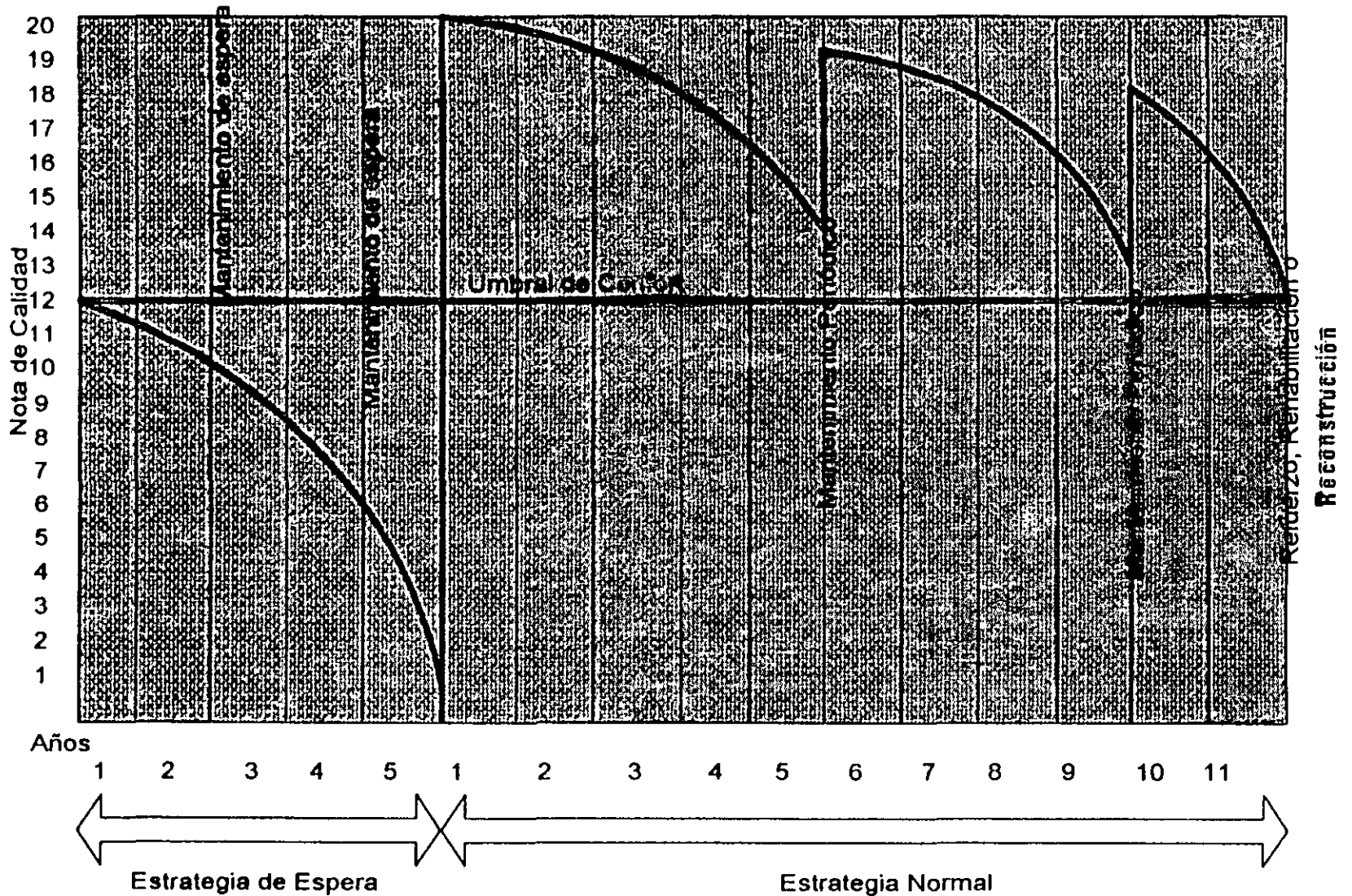
Estrategias de mantenimiento I



Definición de Estrategias:

- (i) Fijarse objetivos. (v.gr. suprimir el estado malo y pésimo en un determinado plazo).
- (ii) Fijar el umbral de confort para el usuario.
- (iii) Determinar los plazos N¹ y N² durante los cuales el pavimento estará en los estados A y B en la estrategia normal.
- (iv) Teóricamente, todo pavimento llegando al estado C, debe ser objeto de un refuerzo o recuperación. Tomando en cuenta el estado de la Red Federal, es obligatorio prever Estrategias de Espera. No es posible reparar todas las carreteras en estado malo o pésimo durante el primer año.

Estrategias de mantenimiento II



DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS
DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN Y EVALUACIÓN
DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN Y ESTRATEGIAS

ESTRATEGIA 98 Red Total

*Longitud de Obras
(kilómetros)*

Enero de 1999

Periodo	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Obras											
P1	758	0	0	0	74	141	0	83	10	13	221
P2	0	224	348	870	736	188	476	735	778	975	1,024
P3	492	2,387	258	1,147	988	731	2,827	304	1,228	1,716	216
P4	93	2,544	3,016	1,323	1,040	515	1,122	1,657	761	2,642	1,763
P5	414	0	534	387	1,022	232	720	904	337	1,751	689
P6	1,672	1,163	2,770	634	445	273	1,908	364	991	289	398
P7	1,430	220	208	1,621	2,091	1,763	1,448	2,770	1,772	2,665	678
P8	218	271	1,220	0	0	1,799	0	0	969	10	476
P9	211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5,288	6,809	8,352	5,982	6,396	5,642	8,301	6,817	6,846	10,061	5,465
R1	226	0	291	295	685	522	0	661	0	0	281
R2	322	609	183	619	234	298	674	225	513	193	1,076
R3	0	0	0	295	685	522	0	661	0	0	281
R4	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R5	226	0	291	250	234	164	0	0	0	4	997
R6	322	609	183	369	0	134	674	225	513	189	79

DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS
DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN Y EVALUACIÓN
DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN Y ESTRATEGIAS

ESTRATEGIA 98 Red Total

PRESUPUESTO
(Millones de Pesos)

Enero de 1999

Periodo	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Obras											
P1	59	0	0	0	5	9	0	5	1	1	14
P2	0	16	25	63	60	13	35	54	56	71	74
P3	81	375	39	193	167	123	429	49	207	277	35
P4	27	550	640	280	216	119	231	346	176	554	362
P5	100	0	113	95	259	56	215	223	89	432	168
P6	424	262	643	142	98	64	422	80	219	66	88
P7	484	99	81	617	800	669	550	1,079	672	1,013	259
P8	91	94	510	0	0	733	0	0	407	4	215
P9	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1,293	1,396	2,051	1,390	1,605	1,788	1,882	1,836	1,827	2,418	1,215
R1	54	0	25	24	62	43	0	55	0	0	21
R2	47	82	25	84	29	37	96	27	67	24	149
R3	0	0	0	295	686	525	0	661	0	0	289
R4	146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R5	188	0	225	276	237	178	0	0	0	4	1,050
R6	294	710	206	420	0	194	757	253	583	219	87
	729	792	481	1,099	1,014	977	853	996	650	247	1,596
Total	2,022	2,188	2,532	2,489	2,619	2,763	2,735	2,832	2,477	2,665	2,011

512

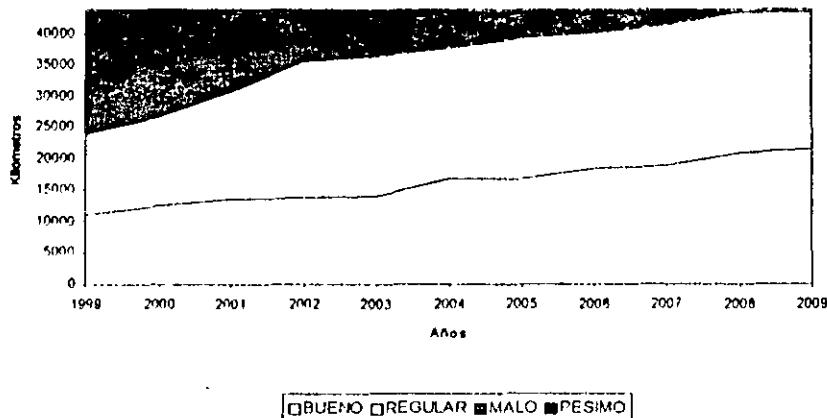
Base de datos de SISTER

Ruta	N Carr.	Km. ini.	Km. fin.	Zona Clima	Zona de costo	Código decisión	Centro SCT	Num carreles	TPDA	%VP	Nota de calidad	Nota de rugosidad
A	1	0	13	CL2	ZC4	1	BCA	4C	28019	11	19	2
A	1	13	16	CL2	ZC4	1	BCA	6C	28019	11	19	2
A	1	16	25	CL2	ZC4	1	BCA	2C	10566	7	14	6
A	1	25	64	CL2	ZC4	1	BCA	2C	4323	30	19	2
A	1	64	71	CL2	ZC4	1	BCA	2C	1603	26	16	4
A	1	71	95	CL2	ZC4	1	BCA	2C	1603	26	19	2
A	1	95	110	CL2	ZC4	1	BCA	4C	1603	26	19	2
A	1	110	113	CL2	ZC4	1	BCA	4C	14410	14	18	2
A	1	113	117	CL2	ZC4	1	BCA	2C	14410	14	18	2
A	1	117	123	CL2	ZC4	1	BCA	2C	14410	14	18	2
A	1	123	140	CL2	ZC4	1	BCA	2C	3201	14	19	2
A	1	140	185	CL2	ZC4	2	BCA	2C	3201	14	14	6
A	1	185	205	CL2	ZC4	2	BCA	2C	3201	14	14	6
A	1	205	226	CL2	ZC4	2	BCA	2C	3201	14	14	6
A	1	226	241	CL2	ZC4	1	BCA	2C	3041	30	19	2
A	1	241	248	CL2	ZC4	1	BCA	2C	3041	30	18	2
A	1	248	258	CL2	ZC4	1	BCA	2C	3041	30	14	6
A	1	258	293	CL2	ZC4	1	BCA	2C	4164	30	14	6
A	1	293	300	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	12	8
A	1	300	316	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	12	8
A	1	316	350	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	19	2
A	1	350	365	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	16	4
A	1	365	386	CL2	ZC4	1	BCA	2C	961	26	20	2

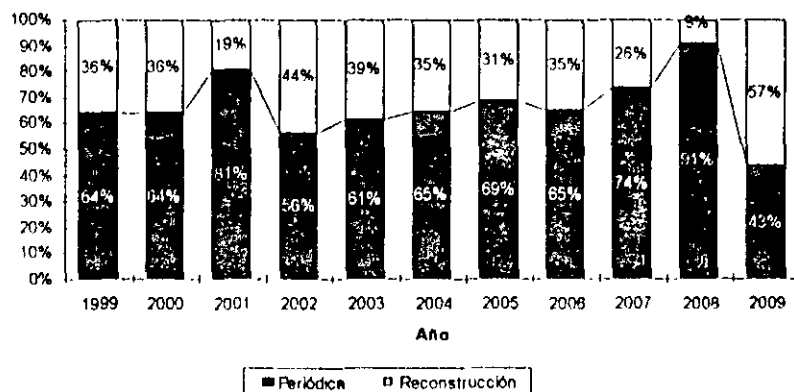
1999	172	100	272
2000	172	100	272
2001	177	100	277
2002	160	100	260
2003	147	100	247
2004	177	100	277
2005	163	100	263
2006	188	100	288
2007	180	100	280
2008	247	100	347
2009	300	100	400

	[MILLONES DE PESOS]
□ Reconstrucción	
* Trazos	624
* Puentes	144.7
□ Conservación periódica	
* Carpetas	901.2
* Recuperación de pavimento y sello	1320
* Recuperación de pavimento y carpeta	198.3
* Recuperación de pavimento y microcarpeta	506
* Renivelaciones y sello	129.1
* Riego de sello	326
* Otros	507
□ Conservación rutinaria	961.3
□ Atención a puntos de conflicto	60
□ Otros subprogramas	1400

Evolución del Estado Físico de la Red
Estrategia 88



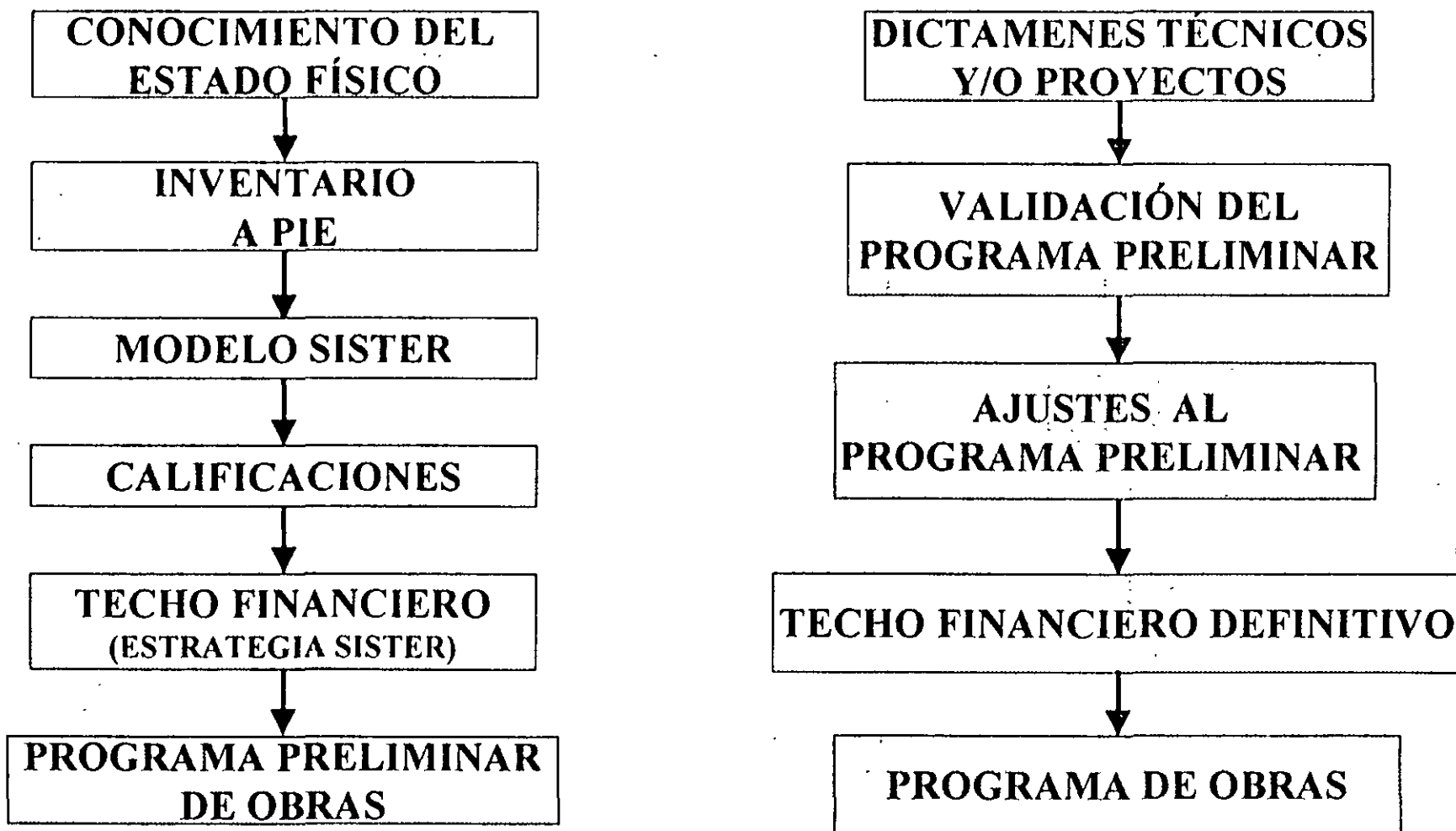
Distribución Presupuestal
Estrategia 88



514

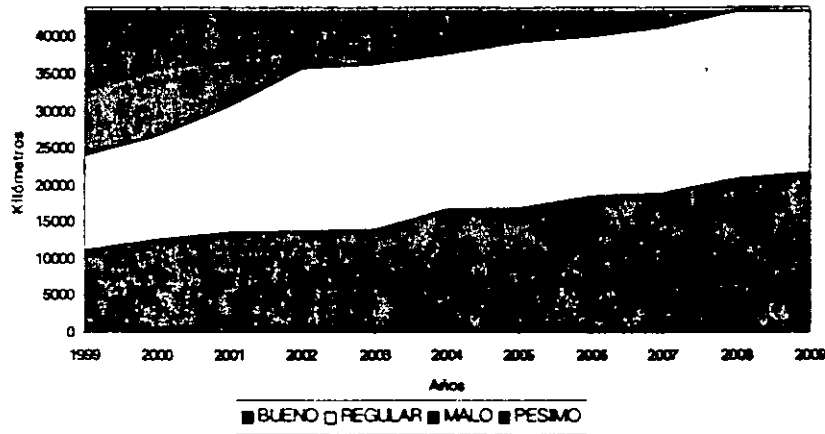


PLANEACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LAS CARRETERAS FEDERALES

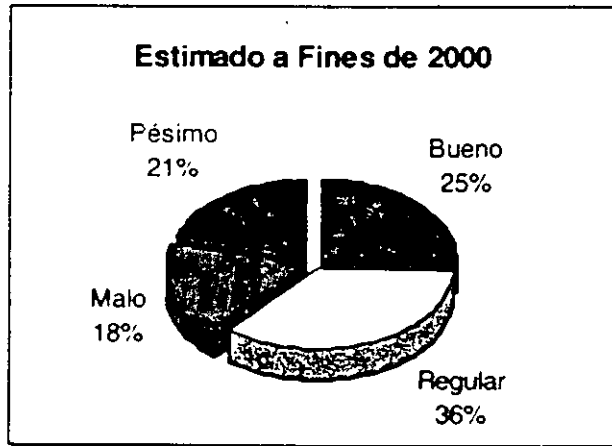
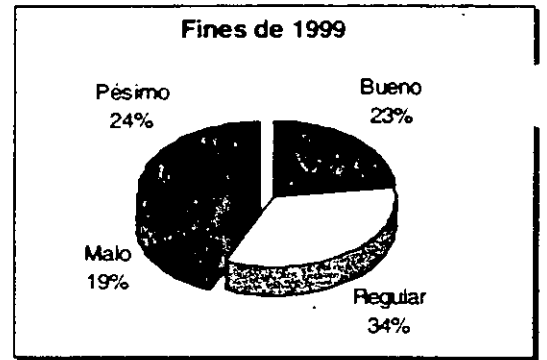
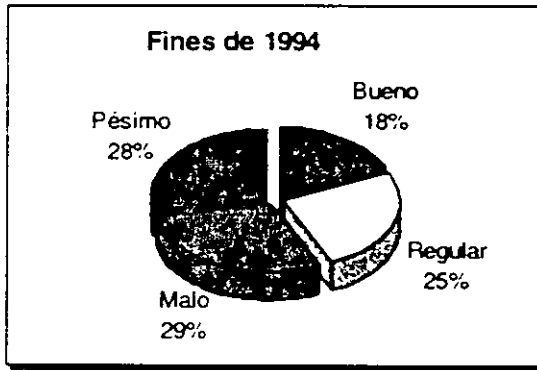


515

**Evolución del Estado Físico de la Red
Estrategia 98**



El estado físico de la red federal desde 1994 hasta el estimado para 2000 en base al actual programa de obras, se ilustra a continuación.

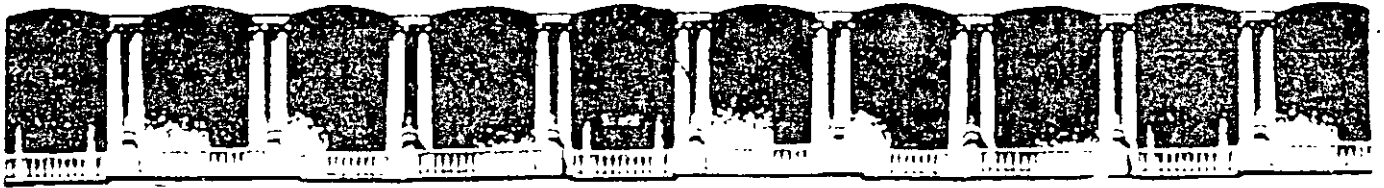


Como se puede observar hay una mejora substancial de 1994 al 2000 en el estado bueno y regular, reduciéndose el estado malo y pésimo.

Conclusión

El Modelo SISTER permite observar rápidamente las consecuencias a corto, mediano y largo plazo de la aplicación de una determinada política de mantenimiento, valiéndose de un sencillo esquema de operación que contempla procedimientos de recolección de datos poco demandantes y que opera proporcionando resultados que permiten:

- ☑ Visualizar el estado físico de un conjunto de Red en el tiempo.
- ☑ Establecer necesidades presupuestarias.
- ☑ Comparar los beneficios de un conjunto de estrategias para seleccionar la óptima.
- ☑ Sustentar proposiciones ante autoridades políticas y argumentar ante organismos financieros nacionales e internacionales.



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

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN
DE CARRETERAS

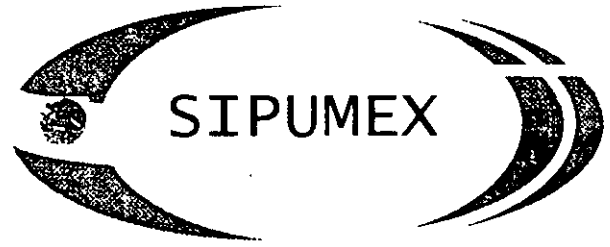
TEMA:
**ESTRATEGIA DE LA
CONSERVACIÓN DEL SISTEMA
CARRETERO EN MÉXICO:
SIPUMEX**

EXPOSITOR:
ING. HERIBERTO MALDONADO SARMIENTO

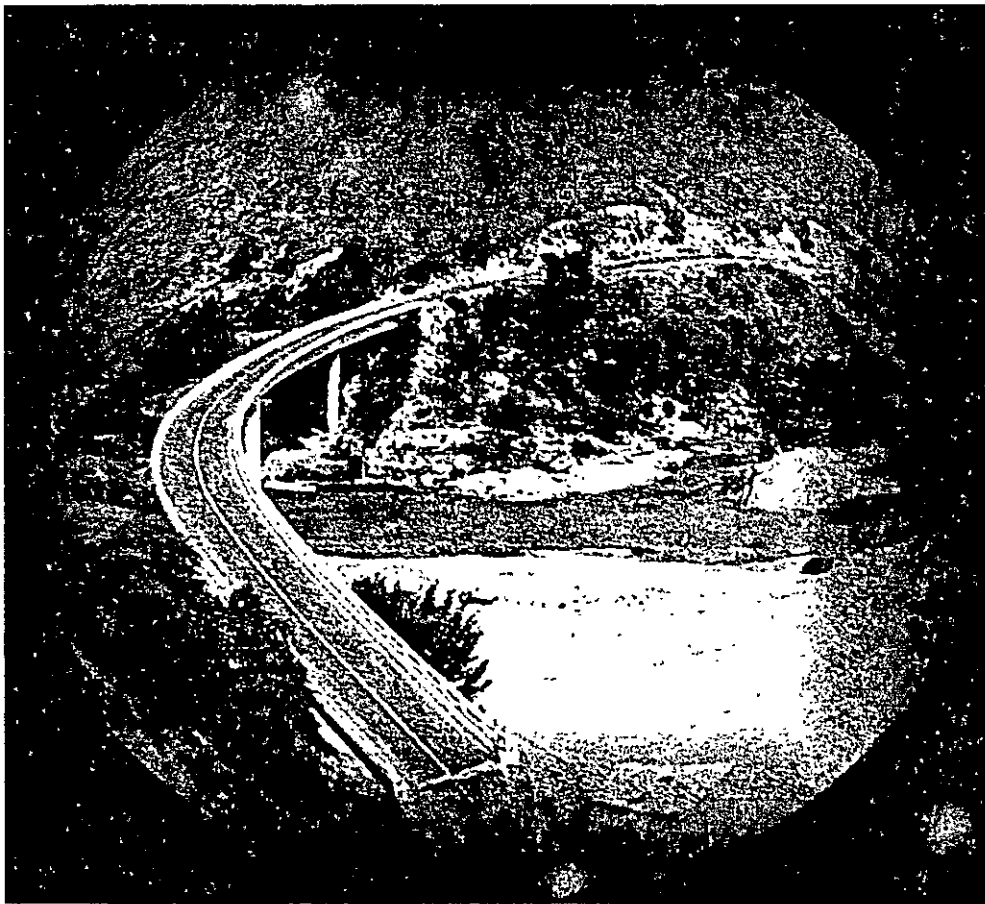
**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

518



SIPUMEX



SISTEMA DE PUENTES DE MEXICO

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Hasta antes de 1982 no se contaba en México con ningún procedimiento definido para llevar a cabo sistemáticamente el mantenimiento de puentes de la Red Carretera Federal. Se daba atención a las estructuras conforme se detectaba que tenían problemas graves o cuando, a juicio del ingeniero residente, debían efectuarse trabajos de mantenimiento o reforzamiento. En 1981 las autoridades de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes tenían varias preocupaciones en relación con los puentes de la red:

- a) No se sabía si las estructuras podrían soportar las cargas autorizadas para circular por las carreteras federales, de acuerdo con el Reglamento de Pesos y Dimensiones que había sido publicado en 1980.
- b) Se tenía desconocimiento del número de puentes existentes en la red.
- c) No se contaba con un sistema que permitiera efectuar de manera ordenada y metódica el mantenimiento de los puentes.

En virtud de lo anterior, se decidió proceder a levantar un inventario nacional de puentes; en éste se consideraron las condiciones técnicas, geométricas y de ubicación de las estructuras, así como la naturaleza y magnitud de los daños que presentaban. El inventario fue terminado en 1982 y de él se obtuvo que la Red Federal de Carreteras contaba con 4,500 puentes, el inventario adoleció de muchos errores y omisiones, se le fue perdiendo confianza y finalmente se abandonó al no ser actualizado periódicamente.

En el año de 1991, conscientes las autoridades de la Secretaría de la necesidad de contar con un procedimiento sistemático para atender el mantenimiento de los puentes de México, se iniciaron una investigación en el ámbito mundial para conocer si se contaba en algunos países con un sistema para tal fin y ver la posibilidad de que se implementara uno de ellos en nuestro país. Se encontró que en Dinamarca se había implantado hacia algunos años el sistema conocido con el nombre de DANBRO, el cual era sencillo de aplicar, moderno, y se había adoptado también con buenos resultados en otros países como Arabia Saudita, China, Taiwán, Tailandia e Indonesia. Conviene mencionar que por aquellos días no se contaba en México con ningún sistema que pudiera ser implementado para los fines correspondientes. En el año de 1992 se firmó con el Directorado Danés de Carreteras la Primera Fase del Sistema de Puentes de México, SIPUMEX, cuyos objetivos se describen a continuación:

1. Garantizar que el mantenimiento de los puentes de la Red Federal se lleve a cabo de manera óptima.
2. Jerarquizar las necesidades de los proyectos de rehabilitación y de la ejecución de las obras.
3. Realizar una optimización de los presupuestos anuales.
4. Efectuar proyecciones de los requerimientos de presupuesto para un periodo de 5 años.

1.2 FASES Y OBJETIVOS DEL SIPUMEX

Los puentes son componentes muy importantes del sistema de transporte carretero, por lo tanto, ellos necesitan ser administrados por una organización efectiva con una clara estrategia y filosofía. Las estrategias para llevar a cabo la construcción, operación y demolición de un puente involucran la administración de mucha información y actividades

Para tratar estas actividades se desarrollo un sistema de administración de puentes, el cual cubre las siguientes fases

- Construcción
- Operación y Mantenimiento
- Demolición

Cada fase incluye varias actividades:

Las fases de CONSTRUCCIÓN y DEMOLICIÓN son realizadas solamente una vez, mientras que las actividades de la fase operacional se llevan a cabo muchas veces

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La fase de operación y mantenimiento incluye la realización de actividades de acuerdo a reglas establecidas y regulaciones con la intención de monitorear y conservar/mejorar el servicio a los usuarios de carreteras/puentes. La institución del sistema SIPUMEX debe contribuir a una optima planeación para prevenir molestias a los usuarios de carreteras/puentes y junto con esto reducir la influencia del transito en el medio ambiente debido a rutas innecesarias de desviación

OBJETO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN

Los objetivos principales para la organización de la administración incluyen.

- Mantener la seguridad del transito
- Usar los recursos disponibles de la manera más eficiente y de costo real
- Dar contestación a las cuestiones de los usuarios de carreteras incluyendo la administración de transportes especiales (pesados/altos/anchos)

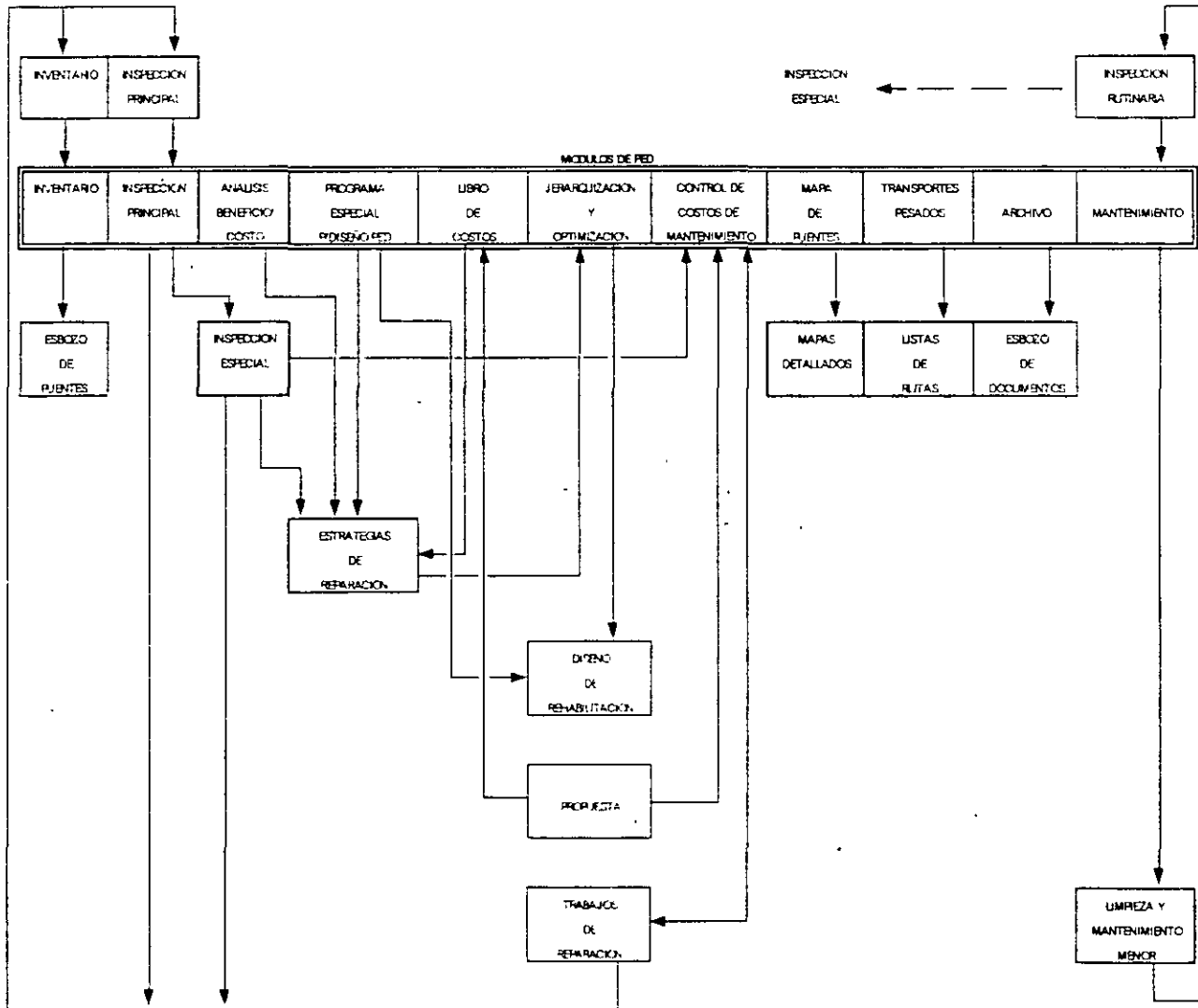
A fin de ayudar a la organizacion en la administración de puentes, se ha desarrollado un sistema de administracion de puentes hecho a la medida

El sistema de administración en su fase operacional consiste de.

- Una serie de actividades relacionadas entre si
- Un conjunto de regulaciones y reglas de administracion para las actividades
- Una base de datos en la cual se almacenan datos usados frecuentemente
- Una serie de programas PED para el proceso electrónico de datos

2. ORGANIZACIÓN E INTEGRACIÓN DEL SISTEMA SIPUMEX

La Base de Datos del Sistema de Puentes de México SIPUMEX opera a base de computadoras PC's, una por cada Centro SCT y otras en la Oficina Central, las cuales incluyen módulos de Procesamiento Electrónico de Datos (PED), con el fin de administrar las actividades relacionadas con la operación y mantenimiento de los puentes



En los capítulos subsecuentes se describe detalladamente las actividades que se realizan en cada uno de los módulos que integran al Sistema SIPUMEX, así como varios ejemplos de la utilidad de estos módulos ilustrados con varios reportes generados a partir de la información que maneja cada uno de ellos (Ver anexos).

3. INVENTARIO

Un puente se caracteriza por una serie de información administrativa, estructural, geométrica y técnica. Ésta información se define como *información de inventario* y la acción de recopilación, registro, almacenamiento y aplicación de la información es llamada *actividad de inventario* y tiene por objeto dar a la autoridad administradora un esbozo general de cada uno de los puentes.

La información utilizada en el inventario tiene que ser recopilada en el sitio del puente, utilizando para ello las formas de registro creadas para tal fin. Los campos de las formas corresponden con los campos de información en las pantallas del sistema de computación (aunque los campos no aparecen en el mismo orden), siendo los principales los siguientes.

3.1. CÓDIGOS PARA LOS CAMPOS DE DATOS

A continuación se enlista la información manejada en la base de datos para la actividad del inventario.

- **Identificación del puente.** Es la llave para toda la información recopilada de un puente en la base de datos. Esta identificación consiste de número de estado, número de carretera, número de ramal, número de subramal y número de serie del puente. Ejemplo.
01-002-05.0-0-02.0, respectivamente
- **Nombre del puente.** Se refiere al nombre local del puente, con una longitud de campo de 50 caracteres
- **Kilometraje.** Es la distancia medida a lo largo de la carretera entre el origen del kilometraje y el centro del puente.
- **Nombre del Estado.** Nombre del Estado de acuerdo con la lista que se encuentra en la *Tabla 1 del Anexo A*
- **Nombre de la carretera.** Se define por los nombres de las ciudades entre las cuales la carretera se ubica, mencionadas en dirección del kilometraje
- **Tramo.** El nombre del tramo en el cual el puente se localiza
- **Ramal:** Normalmente es el nombre de la ciudad (u otro lugar) al cual el ramal comunica.
- **Subramal.** Normalmente es el nombre de la ciudad (u otro lugar) al cual el subramal comunica.

- **Año de construcción.** Año en que el puente fue terminado.
- **Año de reconstrucción.** El año (en su caso) de la última rehabilitación o reconstrucción mayor del puente. Los trabajos de reparación normales no son considerados.
- **Paso superior / inferior.** Indicado por una "S" o una "I" respectivamente
- **Dirección del kilometraje.** La dirección del kilometraje de la carretera principal se indica como N(orte), S(ur), E(ste) u O(este).
- **Equipo de inspección.** En este campo se indica si se requiere o no equipo de acceso especial para hacer las inspecciones principales. Ver las opciones en la *Tabla de Códigos del Inventario*
- **Número de secciones de inspección.** Normalmente sólo hay una sección de inspección, pero si el puente es muy grande, o si consiste de partes en que varía mucho el diseño, la edad o la condición, el puente deberá ser dividido en más secciones de inspección para seguir el rastro de la condición de las partes separadamente
- **Información recolectada.** La fecha en la cual la información del inventario ha sido recopilada y las iniciales del inspector recopilador de la información.

INFORMACIÓN GEOMÉTRICA

- **Número de claros.** Número total de claros en el puente
- **Longitud mínima de claro.** Es la longitud del claro más corto del puente, medida en metros con un decimal, a lo largo de la línea de centro de puente.
- **Longitud máxima de claro.** Es la longitud del claro más largo del puente, medida en metros con un decimal, a lo largo de la línea de centro de puente
- **Longitud total.** Es la longitud total de la superestructura del puente, medida en metros con un decimal, a lo largo de la línea de centro de puente
- **Ancho total.** El ancho total de la superestructura en metros con un decimal, incluyendo posibles vigas de borde
- **Ancho de camellón.** Ancho total del camellón incluyendo guarniciones. Si hay mas de un camellón se captura la suma de sus anchos
- **Ancho de banqueta derecha/izquierda.** El ancho total de la banqueta derecha/izquierda (vistas en dirección del kilometraje), incluyendo guarniciones, medido a la parte más cercana del parapeto/barandal
- **Ancho de calzada.** Ancho total del área ocupada por el tránsito de la carretera.
- **Ancho entre bordillos.** Es el ancho entre las guarniciones o entre los parapetos

- **Ancho de acceso.** El ancho total de calzada afuera del puente.
- **Área.** El área de la cubierta del puente, igual a la longitud total multiplicada por el ancho total
- **Puente en curva.** Indicado por S (si) o N (no) si la superestructura del puente es horizontalmente curva o no.
- **Esviajamiento.** Definido como el ángulo entre la línea de centro de una pila (una línea a través de los apoyos) y una perpendicular a la línea de centro de puente. La "dirección" del esviajamiento no se considera, esto significa que el esviajamiento puede suponer valores entre 0 y 90 grados.
- **Superestructura.** Es posible describir el diseño y características del material de la superestructura. Existen algunos puentes con un tipo de superestructura principal y otro secundario.
- **Diseño estándar S/N.** Un diseño estándar se define como un diseño que ha sido realizado por la DGCC/SCT (o autoridades anteriores similares)
- **Diseño de la sección transversal.** Este campo describe la disposición general de la sección transversal de la superestructura. Ver las opciones en la *Tabla de Códigos del Inventario*

3.2 TABLA DE CÓDIGOS DEL INVENTARIO

General		1	Distribución en 2 direcciones
90	Otro	2	Distribución en 1 dirección
91	No aplicable	3	No distribución
92	Desconocido		
93	No registrado		
			Tipo de parapeto
		9	Mampostería
		10	Ladrillo
		20	Concreto sólido
		21	Concreto sólido con pasamanos de acero
		30	Viga de concreto sobre pilastras de concreto
		31	Viga de concreto sobre pilastras de acero
		40	Viga de acero sobre pilastras de acero
		41	Viga de acero sobre pilastras de concreto
		50	Parapeto ligero de acero
		60	Parte de la superestructura
			Tipo de superficie de desgaste
		10	Asfalto
		20	Concreto
Clase de distribución de carga			

30	Acero (con superficie de fricción)
40	Pavimento de piedra

3	Bote
11	Otro

Tipo de junta de expansión

10	Placa de acero
11	Placa de acero cubierto de asfalto
12	Angulos (o placas verticales) de acero
13	Junta dentada
20	Acero con sello fijo de neopreno
21	Acero con sello de neopreno comprimido
30	Bloque de neopreno
40	Junta de goma asfáltica
50	No dispositivo de junta
51	Junta de cartón asfaltado
52	Junta de cartón asfaltado con sello

Diseño de la sección transversal (de la superestructura)

10	Losa
11	Losa/viga, 1 viga
12	Losa/viga, 2 vigas
13	Losa/viga, 3 vigas
14	Losa/viga, 4 ó más vigas
20	Losa sobre armadura espacial
30	Trabe cajón, 1 cajón
31	Trabe cajón, 2 ó más cajones
40	Armadura a paso inferior
41	Armadura a paso superior
42	Armadura a paso a través
43	Trabe de alma llena
44	Trabe de celosía
50	Arco superior
51	Arco inferior, tipo abierto
52	Arco inferior, tipo cerrado

Requisitos de inspección

0	Nada
1	Grúa con canastilla ("Snooper")
2	Grúa con canastilla ("Lift")

Diseño de la elevación (de la Superestructura)

10	Simplemente apoyado, sección transversal constante
11	Simplemente apoyado, sección transversal variable
20	Viga continua, sección transversal constante
21	Viga continua, sección transversal variable
30	Viga Gerber, sección transversal constante
31	Viga Gerber, sección transversal variable
40	Marco, sección transversal constante
41	Marco, sección transversal variable
42	Cajones

Material (de la superestructura)

10	Concreto ciclópeo
11	Concreto simple
20	Concreto reforzado, in situ
21	Concreto reforzado, prefabricado
30	Concreto presforzado, in situ
31	Concreto presforzado, prefabricado
32	Concreto presforzado, hecho in secciones
40	Compuesto, concreto reforzado prefabricado y concreto in situ
41	Compuesto, concreto presforzado prefabricado y concreto in situ
42	Compuesto, concreto reforzado y acero
50	Acero
60	Mampostería

Tipo de estribo

10	Estribo con aleros integrados
11	Estribo con aleros separados
20	Estribo enterrado, sólido
21	Estribo enterrado, columnas o

29 pilotes con cabezal
Estribo enterrado, tipo desconocido

50 Tierra armada

Tipo de pila

10 Pila sólida
20 Columna sola
21 2 ó más columnas sin cabezal
30 Columna sola con cabezal
31 2 ó más columnas con cabezales separadas
32 2 ó más columnas con cabezal común
33 2 ó más columnas con cabezal común y diafragma (ó vigas horizontales)
40 Pilotes con cabezal
41 Pilotes con cabezal y diafragma (ó vigas horizontales)

Material de estribos/pilas

10 Mampostería
20 Concreto ciclópeo
21 Concreto reforzado
30 Acero
40 Acero y concreto

Tipo de cimentación de estribos/pilas

10 Cimentación directa
20 Pilotes de concreto
21 Pilotes de acero
30 Cilindros
40 Cajón de concreto

Tipo de apoyo

10 Junta de construcción (acaso con una Capa de cartón asfaltado ó de plomo)
20 Mecedora de concreto
30 Placas de neopreno
40 Apoyo fijo de acero
41 Apoyo de deslizamiento de acero (placas de acero)
42 Mecedora de acero
43 Rodillos de acero

Un ejemplo claro de estos códigos es un reporte de Inspección Principal, el cuál lo podemos observar en el Anexo A.

4. INSPECCIÓN PRINCIPAL

Son inspecciones visuales sistemáticas de todas las partes asequibles de las estructuras para determinar sus condiciones y evaluar la necesidad de atenderlas. También se asignan calificaciones a los 14 elementos principales que constituyen el puente, con escala de 0 a 5 y una calificación del puente en general, que depende básicamente de las calificaciones de los elementos estructurales. Basándose en esta calificación y al TDPA que circula por el puente se determina el año en que se efectuará la próxima inspección principal, además se determina la necesidad de inspección especial y/o necesidades de reparación que permitan al puente recuperar sus condiciones estructurales de seguridad y de confort para el usuario.

Es fundamental agregar que lo más importante para la realización de estas inspecciones es tan sólo la vista y el criterio del ingeniero inspector.

CALIFICACION

0	Estructuras recientemente construidas o reparadas, sin problemas
1	Puentes en buen estado. No requieren atención.
2	Estructuras con problemas menores, plazo de atención indefinido
3	Daño significativo, reparación necesaria en un plazo de 3 a 5 años.
4	Daño grave, reparación necesaria en un plazo de 1 a 2 años.
5	Daño extremo o riesgo de falla total. Se requiere reparación inmediata o al año siguiente

Fig. 4.1 Tabla de Calificaciones para la Inspección Principal

5. JERARQUIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE REHABILITACIÓN

Se establecen las prioridades para los trabajos de reforzamiento o rehabilitación de los puentes registrados con la ejecución de las inspecciones principales, con base en la condición de los puentes, capacidad de las estructuras para distribuir la carga y el tránsito diario promedio anual.

Con la información obtenida en este módulo, se realiza el Programa de Estudios y Proyectos del año en cuestión y el Programa Nacional de Reconstrucción de Puentes del año siguiente. En el apéndice B podemos ver un ejemplo de este Programa correspondiente al año 2000.

6. INSPECCIONES ESPECIALES

Inspecciones detalladas con el uso de equipo especial, para determinar en detalle la naturaleza, extensión y causa del daño. Estas inspecciones pueden darnos las bases necesarias para detallar el comportamiento del daño y la preparación del diseño de rehabilitación, de acuerdo a la estrategia de reparación seleccionada.

7. LIBRO DE COSTOS

Brinda la posibilidad de automatizar los precios de trabajos de reparación estándar usados en las inspecciones principales, basados en datos de licitaciones previas y en un catálogo de precios unitarios elaborado ex profeso para trabajos de mantenimiento y rehabilitación para las diferentes zonas económicas del país

8. MAPA DE PUENTES

El mapa de puentes es una interfaz gráfica del sistema SIPUMEX. Este mapa puede ser usado para mostrar en pantalla cualquier región del país en casi cualquier escala. El mapa puede mostrar cualquier combinación de: puentes, carreteras, ciudades, ríos y cualquier información futura registrada

Este modulo localiza por coordenadas cualquier puente en el mapa del país entero y presente también las características principales de los puentes

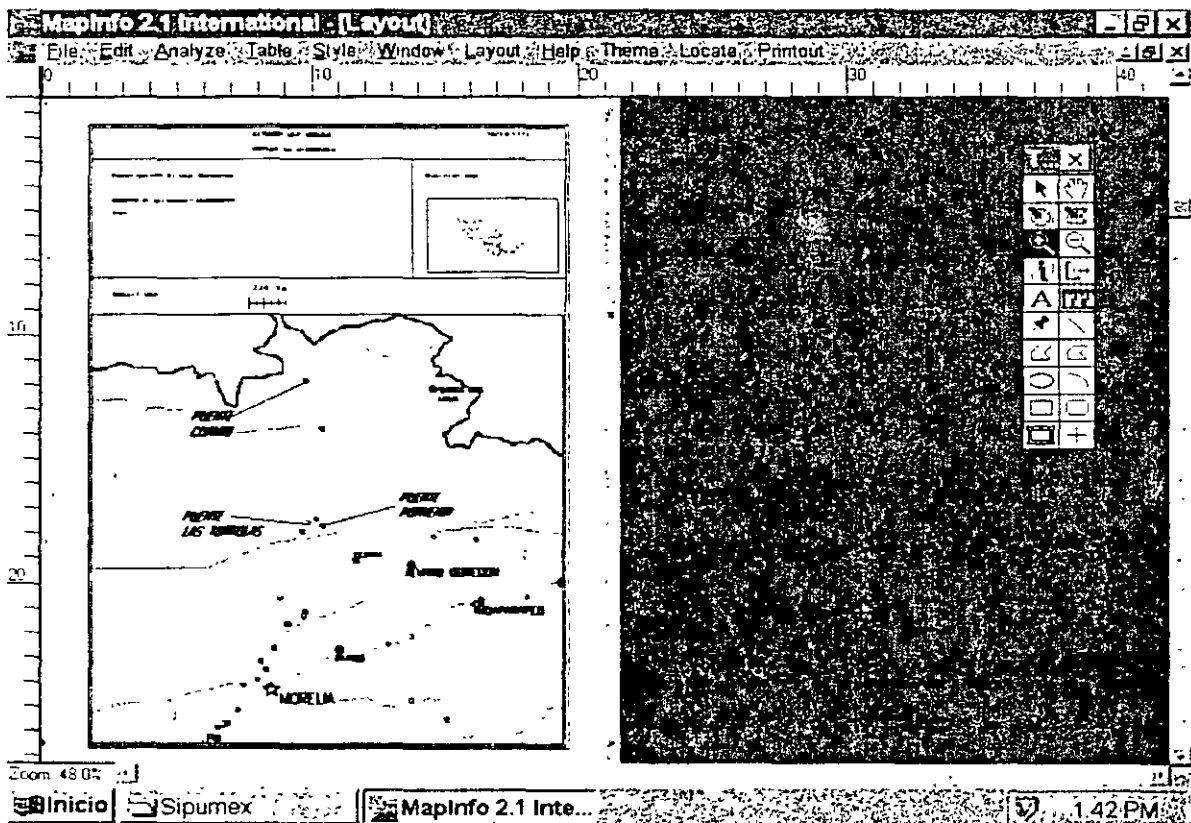


Figura 8.1. Pantalla de SIPUMEX mostrando la presentación preliminar de un mapa generado en el módulo Mapa de Puentes, listo para imprimirse.

9. DISEÑO DE REPARACIÓN DE PUENTES

Preparación de un manual de diseño de reparaciones, con base en las inspecciones especiales. Cuando este manual describe la evaluación de daños, estrategias de reparación y diseños de reparación; incluye además especificaciones generales, especificaciones particulares y un catalogo de planos tipo para proyectos de reparación.

10. ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO

Se realiza en función de alternativas de reparación, costos de operación, desviaciones del tránsito y costos de reparación.

11. INSPECCIONES RUTINARIAS

Son inspecciones someras del aspecto superficial de los puentes para garantizar la seguridad diaria del tránsito y para el registro de la necesidad de mantenimiento menor y limpieza del puente.

12. MANTENIMIENTO MENOR Y LIMPIEZA

Es la ejecución de trabajos menores, tales como reparación de baches, resanes de concreto y de pintura, limpieza de calzada y de drenes, reparación de parapetos, que deberán ser llevadas a cabo por los centros SCT y/o Empresas Privadas y solamente serán monitoreadas por el Ingeniero Residente de Puentes durante el desarrollo de la inspección principal. Con esto se evita o demora el desarrollo del deterioro (mantenimiento preventivo), se restituye a la estructura a una condición aceptable garantizando la utilidad y seguridad del tráfico diario.

13. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Es un análisis para evaluar la capacidad de carga remanente de las estructuras y su capacidad para satisfacer los requerimientos que les impone el paso de los vehículos. Se utiliza en conjunto con el módulo de Transportes Pesados para establecer las rutas de circulación de vehículos con dimensiones y cargas excedentes.

14. RUTAS PARA TRANSPORTE PESADO

Establecimiento de rutas para vehículos pesados especiales, de modo que no provoquen daños a los puentes, para realizar esto es necesario generar una vista general de la capacidad de carga de los puentes para una planeación efectiva de los trabajos de reforzamiento requeridos por estos puentes.

15. FOTOGRAFÍAS

El modulo de fotografias esta instaurado como una parte integral del Modulo de Inspección Principal. Las fotos que pueden ser vistas en pantalla son las fotos tomadas durante las Inspecciones Principales e incluidas en los reportes recibidos por la oficina del SIPUMEX.

El propósito general del Modulo de Fotografias es obtener una rápida vista del puente en cuestión cuando se trabaja con los datos de inventario e inspección principal usando la computadora SIPUMEX. Comparando los datos asentados en la base de datos con la foto en pantalla, el Ingeniero tiene un panorama del tipo de puente y su estado fisico.

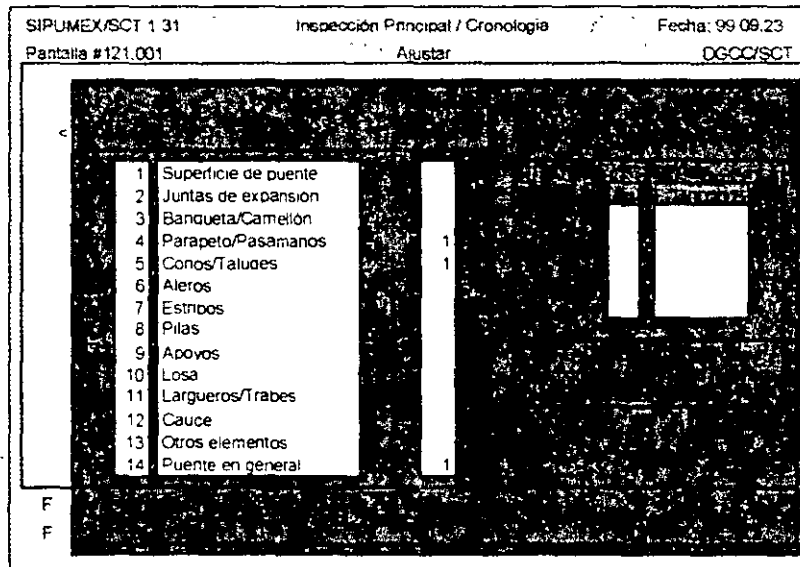


Figura.15 1 Pantalla de SIPUMEX mostrando el módulo de Fotografias

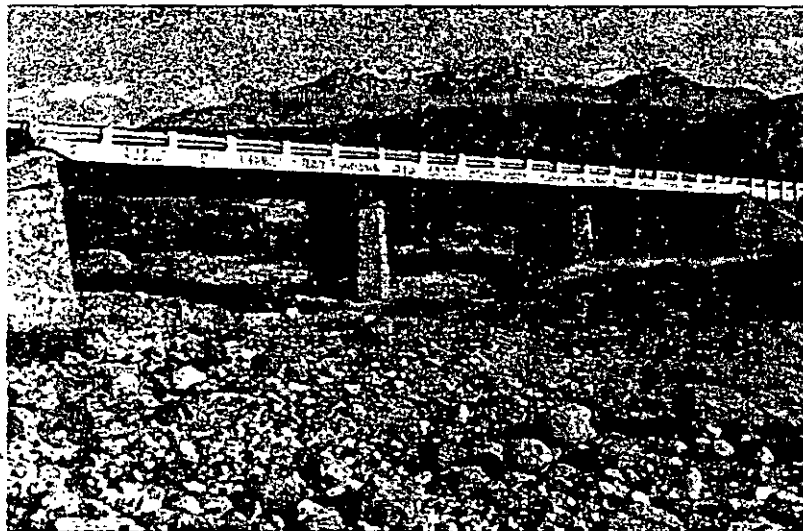


Figura 15 2 Pantalla de SIPUMEX mostrando la fotografia general de un puente.

16. SISTEMA DE ARCHIVO

16. SISTEMA DE ARCHIVO

Describe las actividades en conexión con documentos de catalogación durante el tiempo de vida de las estructuras. Los archivos contienen un registro de todo el material archivado existente por cada puente. Esta información puede ser usada para la actualización del inventario, clasificación de puentes, preparación de documentos propuestos para trabajos de reparación y para describir la "historia" de los puentes.

No contiene el material mismo. Por cada detalle del material archivado se registra en donde está localizado el material y en que forma existe.

17. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES PARA PUENTES NUEVOS

Incluye el ajuste a las normas de diseño existentes, con base en las experiencias obtenidas de las inspecciones.

18. PRESUPUESTO Y CONTROL DE AVANCE

Un sistema que elabore presupuestos y controle los avances de los trabajos.

19. SUPERVISIÓN DE OBRA

Introducción de nuevos procedimientos de supervisión de obra, incluyendo manuales.

20. JUNTAS ASFÁLTICAS PARA PUENTES DE CONCRETO

Entrenamiento en diseño y construcción de una nueva junta de expansión para puentes.

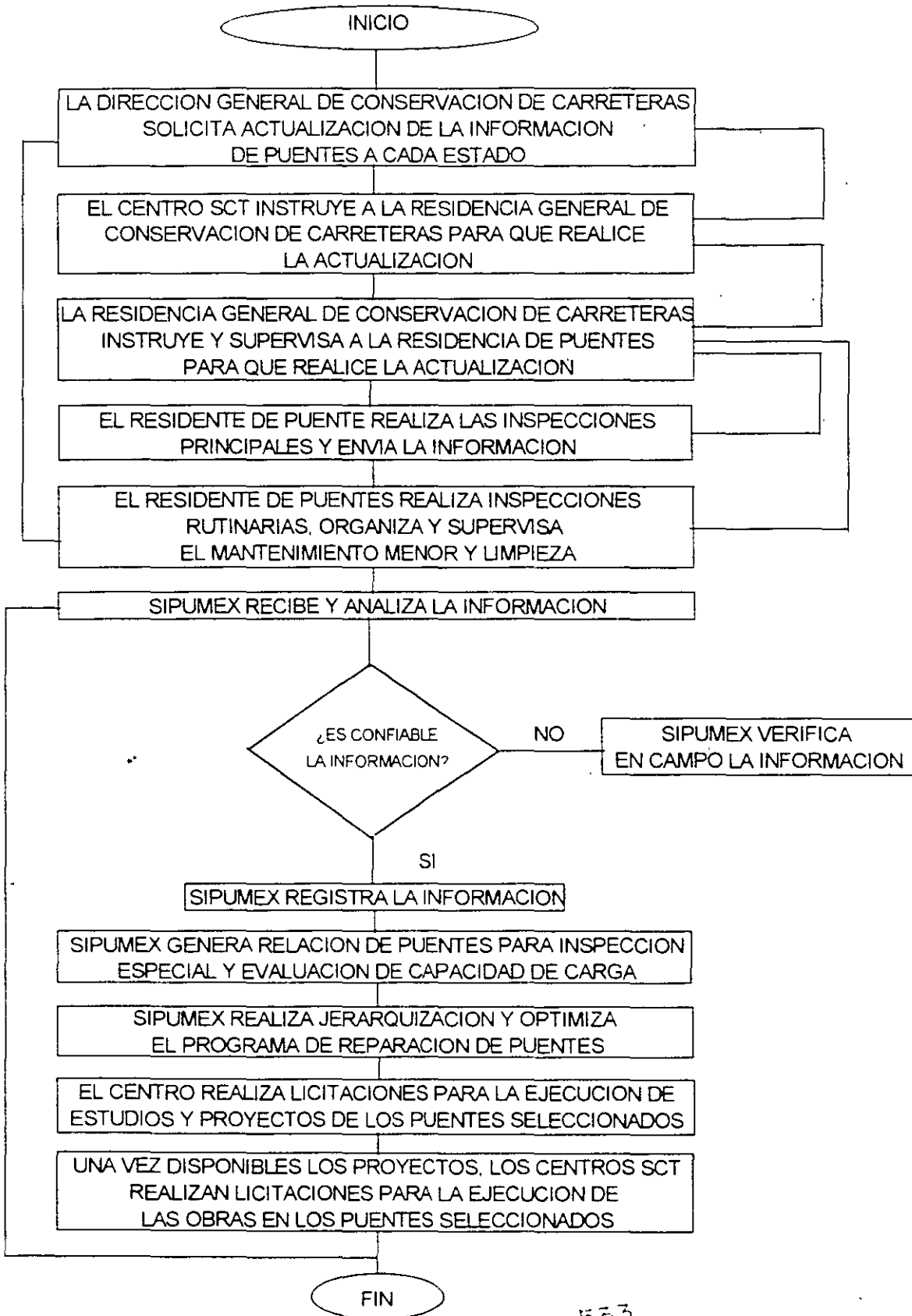
21. FUNCIONAMIENTO

El flujograma para el desarrollo del SIPUMEX comprende diversas actividades que tienen que realizar tanto la Dirección General de Conservación de Carreteras en el ámbito central como los Centros SCT.

Finalmente, conviene señalar que para que el Sistema funcione adecuada y permanentemente, es necesario cumplir con los siguientes puntos:

1. Uniformizar los criterios de inspección de todas las Residencias Generales de Conservación de Carreteras
2. Actualizar sistemáticamente la base de datos por lo menos una vez al año
3. Contar con los recursos necesarios para mantener el Sistema en operación
4. Corregir errores y detalles mal aplicados conforme se vaya adquiriendo experiencia

FLUJO DE ACTIVIDADES DE SIPUMEX





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

CURSOS ABIERTOS

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

**TEMA:
ESTRATEGIA DE LA
CONSERVACIÓN DEL SISTEMA
CARRETERO EN MÉXICO: SIAP**

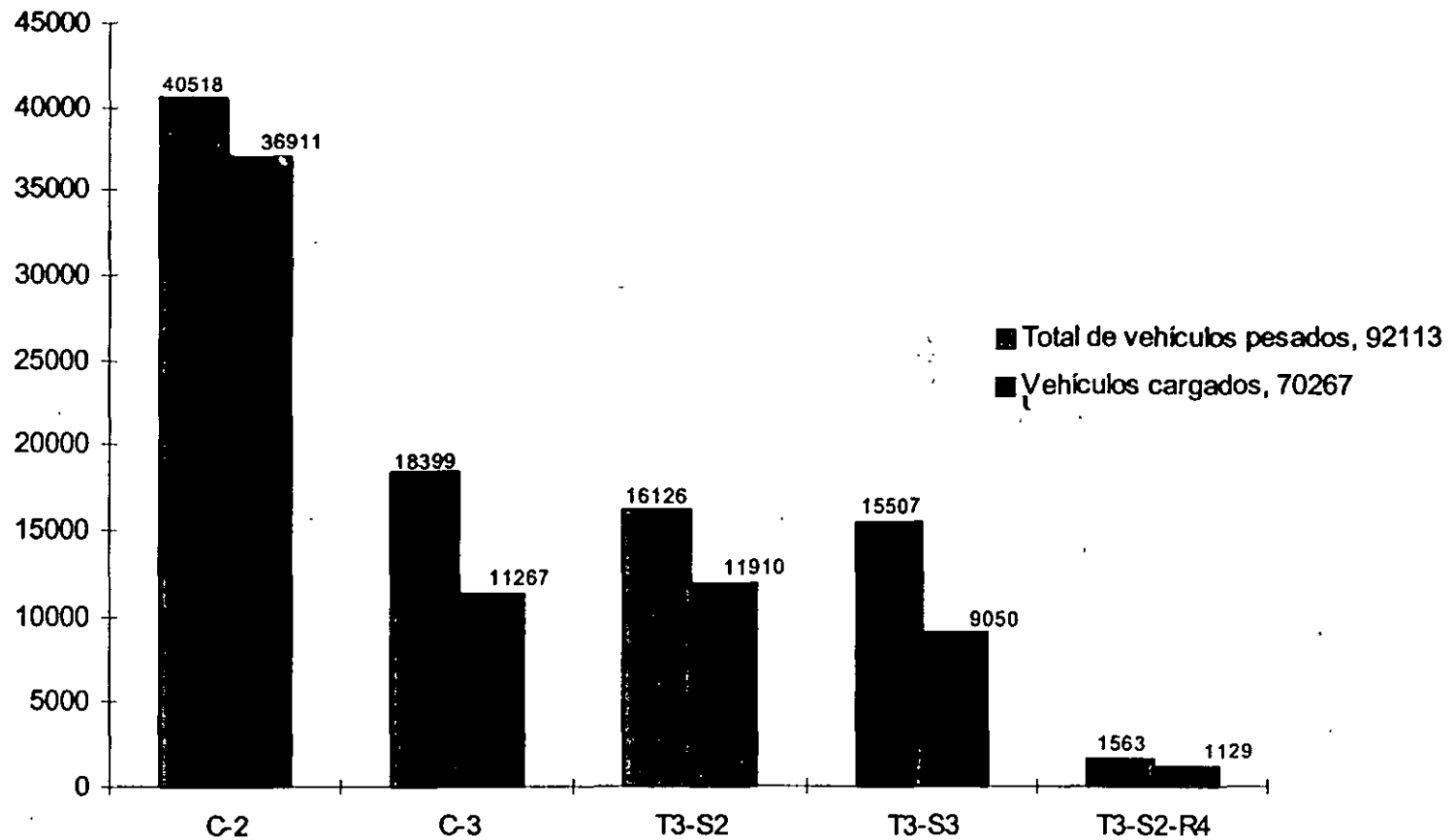
**EXPOSITOR:
M.I. MIGUEL ARTURO BAROUSSE MORENO**

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

534

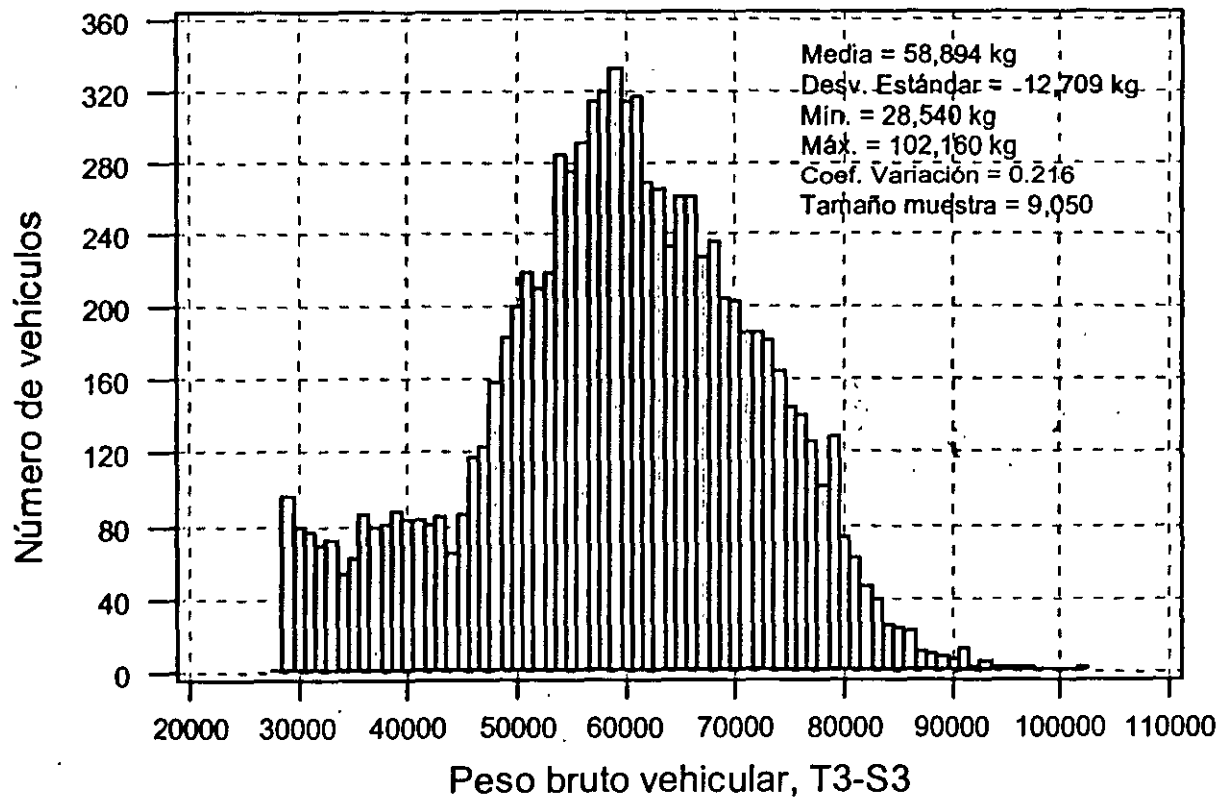
PANORAMA DE LAS CARGAS VIVAS EN MEXICO



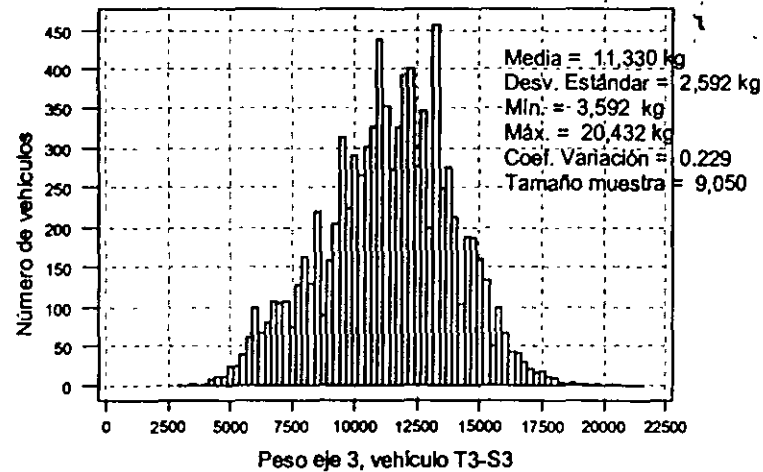
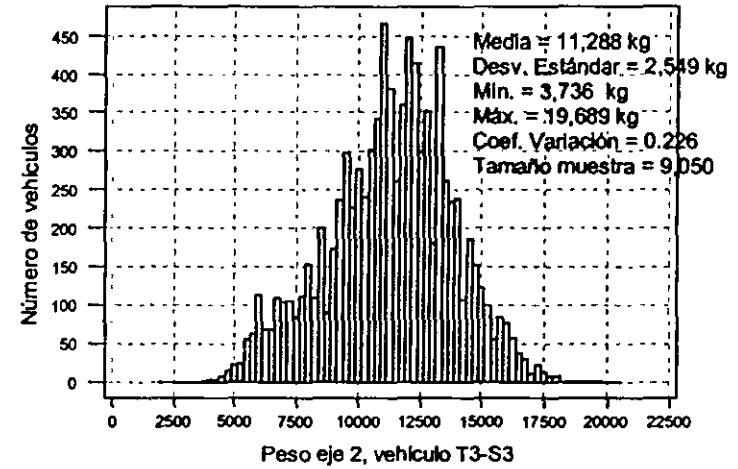
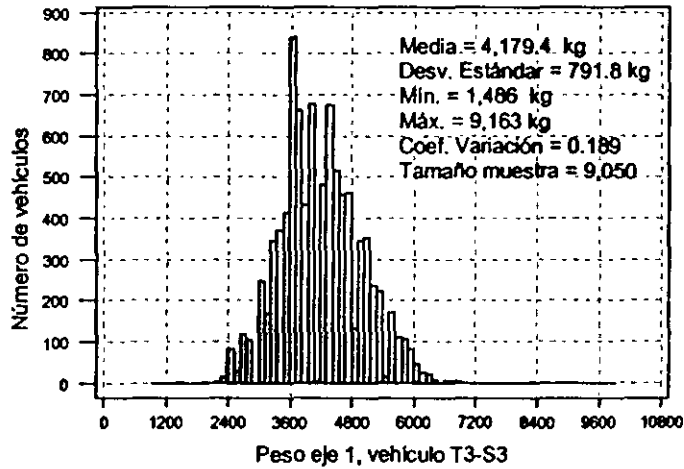
535

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

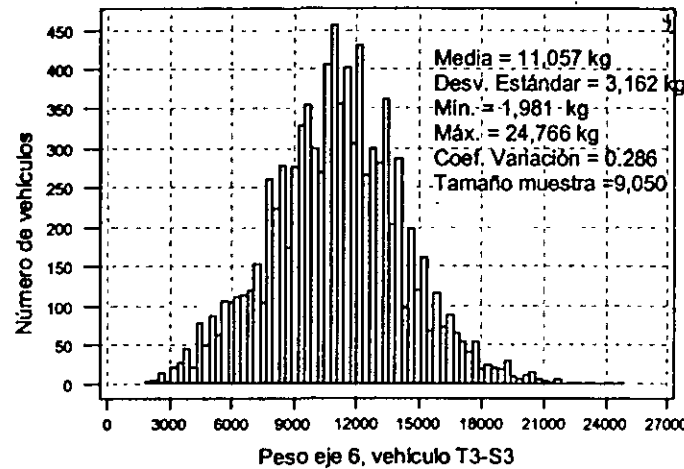
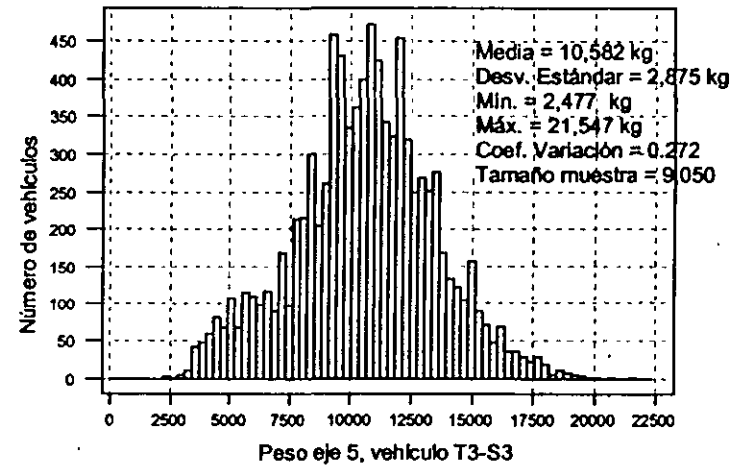
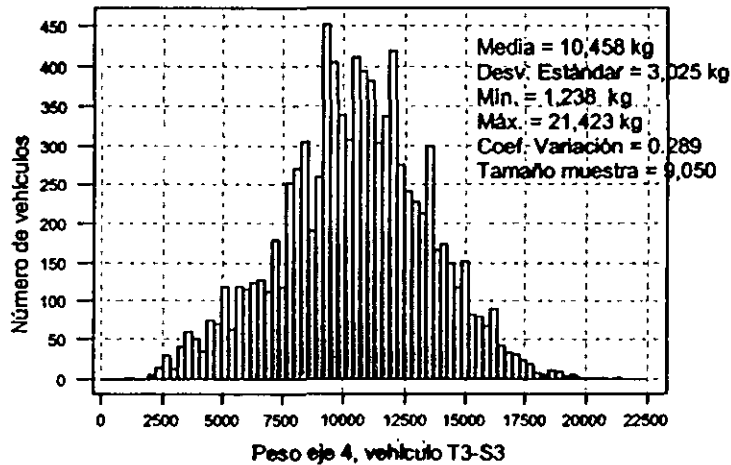
Vehículo	PBV prom. (kg)	PBV autorizado ² (kg)	% de vehículos excedidos ³
C-2	11,268 (0.356) ¹	13,500 (4 llantas)	28.16 (4 llantas)
		17,500 (6 llantas)	4.96 (6 llantas)
C-3	22,825 (0.339)	19,000 (6 llantas)	37.86 (6 llantas)
		26,000 (10 llantas)	21.56 (10 llantas)
T3-S2	35,557 (0.337)	44,000 (18 llantas)	18.04 (18 llantas)
T3-S3	58,894 (0.216)	40,000 (16 llantas)	51.91 (16 llantas)
		48,500 (22 llantas)	46.75 (22 llantas)
T3-S2-R4	71,150 (0.319)	59,000 (22 llantas)	49.84 (22 llantas)
		66,500 (34 llantas)	43.44 (34 llantas)



537



538

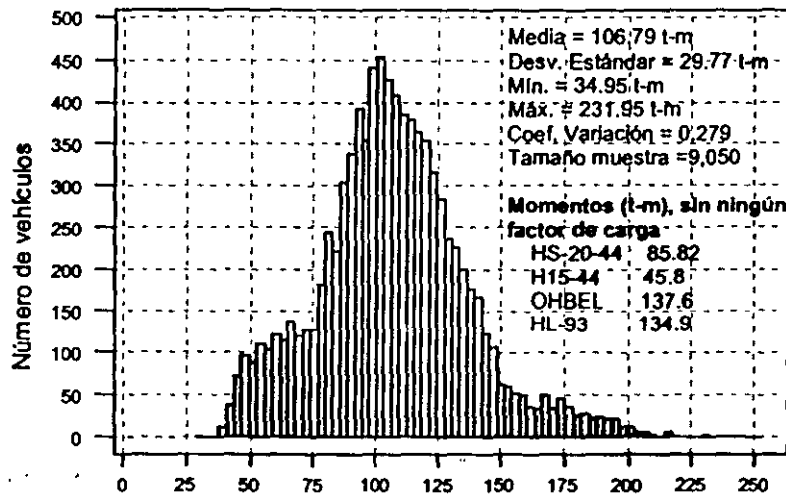


539

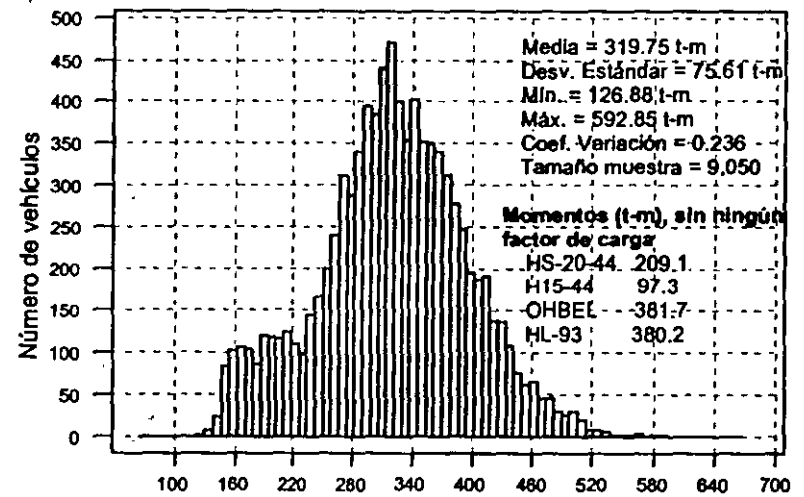
VALORES PROMEDIO DE LAS CARGAS POR EJE EN KG

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)

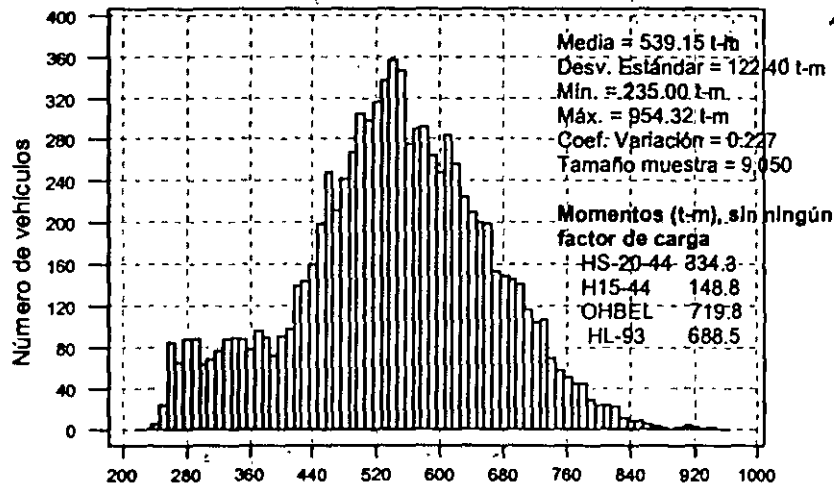
540



M15, vehiculo T3-S3



M30, vehiculo T3-S3



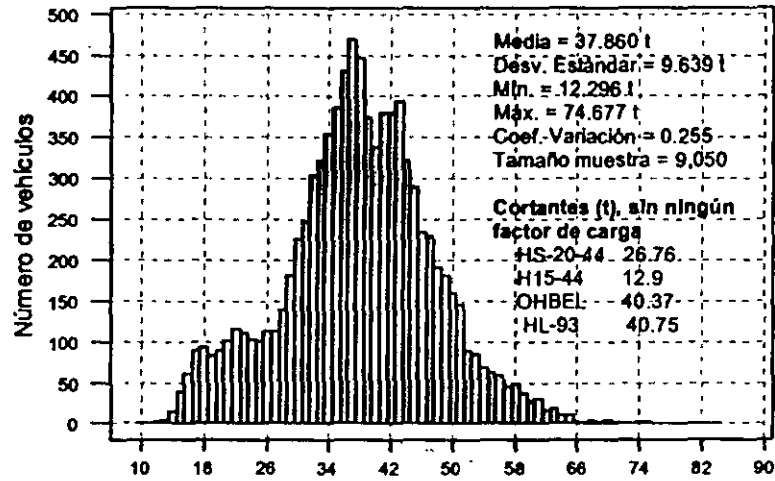
M45, vehiculo T3-S3

541

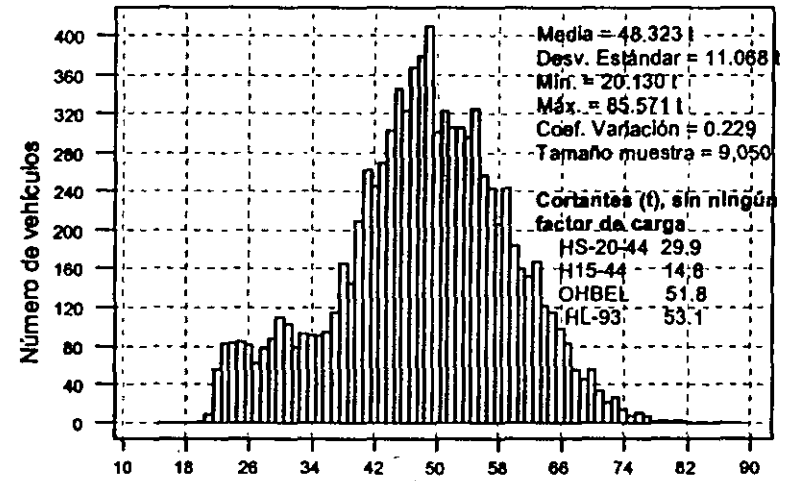
ACADEMIA MEXICANA DE INGENIERIA

EVALUACION DE RIESGO EN ESTRUCTURAS PARA PUENTES CARRETEROS

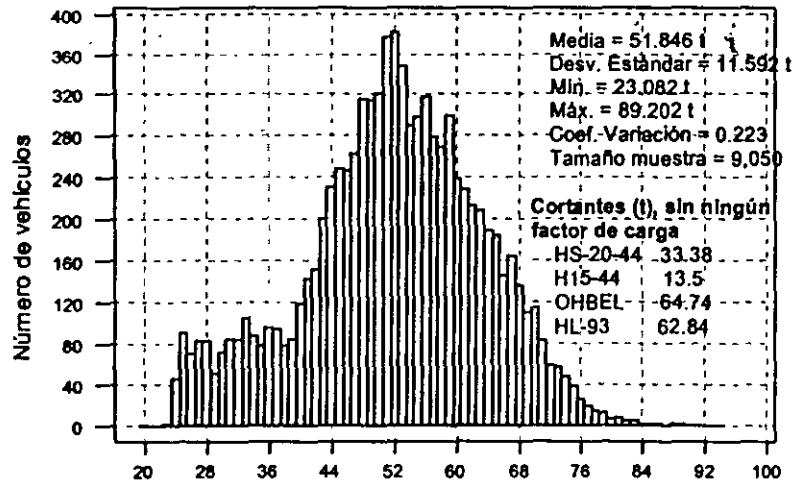
Agosto de 1997



V15, vehiculo T3-S3



V30, vehiculo T3-S3



V45, vehiculo T3-S3

542

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) [†]	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

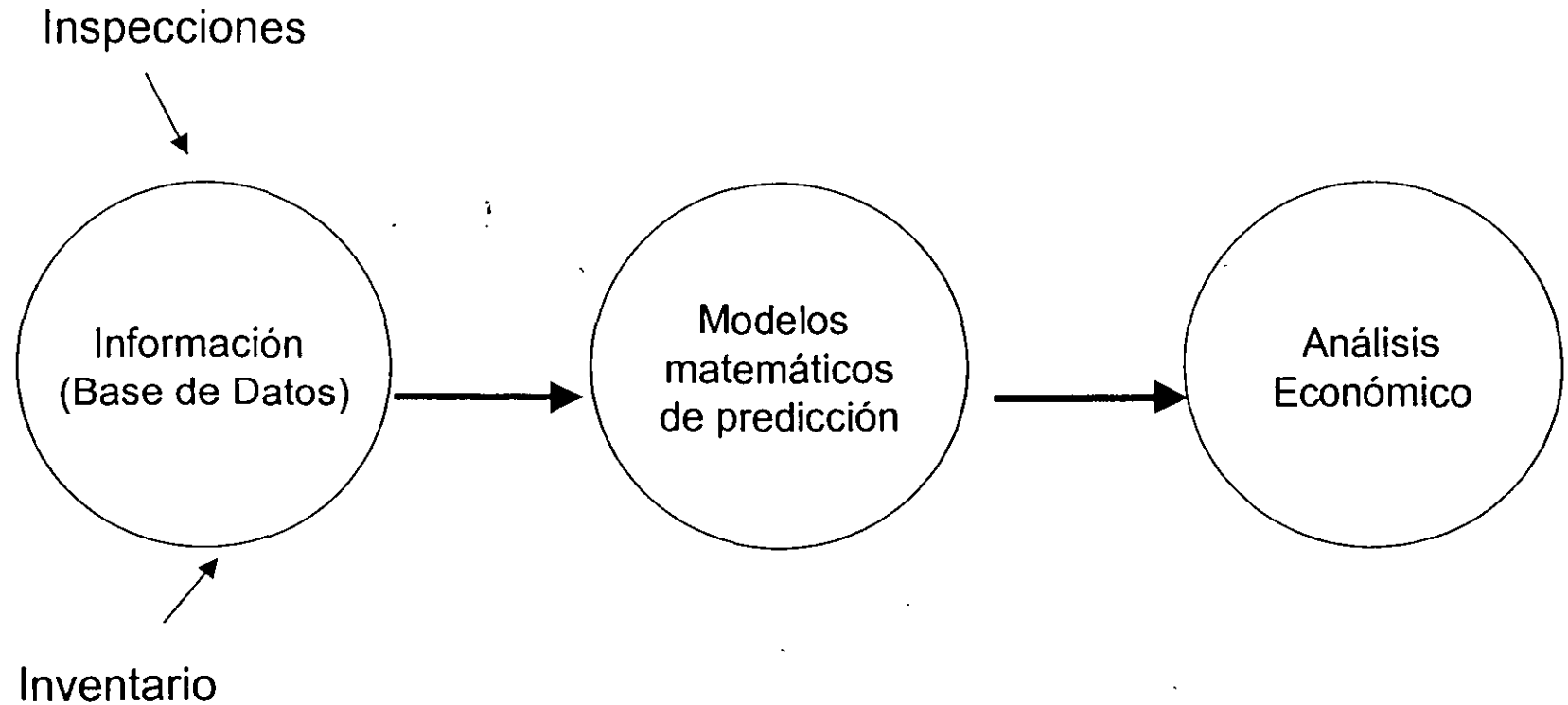
543

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

545

Sistema de Administración de Puentes



13
546

¿Qué debe responder el SIAP?

- 1.- Cuantos puentes tiene la red
 - 2.- De que tipo son
 - 3.- Cuantos puentes existen en una determinada región o eje
 - 4.- Cual es su estado de acuerdo a las inspecciones y a algún sistema de calificaciones
 - 5.- Cual fue la última reparación y en que consistió para un puente determinado.
 - 6.- Programa de mantenimiento para cada puente
 - 7.- Que pasaría si circulara una carga de determinadas características la red.
 - 8.- Que inversión se requiere para el mantenimiento de los puentes
- -

Información

Inventario debe contener información que cambie poco con el tiempo

- Nombre y número de la estructura
- Nombre y número de la estructura que pase por arriba o abajo
- Proyectista y constructor
- Geometría de la estructura
- Gálibos
- Carga de diseño
- Tipo de puente, material, forma ; sistema
- Tipo de cimentación
- Fecha de construcción y de los principales reparaciones.
- Planos, memorias de calculo y todos los documentos relacionados.

FORMATO DE INVENTARIO

Jefe de brigada _____

Fecha /__/_/_/_____
d m a

Número de puente(4) _____

Nombre del puente(5) _____

Estado Federativo(1) _____

Nombre de la localidad(2) _____

DATOS DE LA CARRETERA

RUTA SOBRE EL PUENTE

Origen(3a) _____ Destino(3b) _____

Origen tramo(3c) _____ Destino tramo(3d) _____

Kilometraje al centro del puente(10) _____ Número de la carretera(3e) _____

Origen del cadenamiento(11) _____

Coordenadas geográficas al centro del puente Latitud(9a) _____ Longitud(9a) _____

Tipo de ruta(3f) _____ Nivel de servicio(3g) _____

RUTAS BAJO EL PUENTE

1.- Tipo de ruta(13a) _____ Nivel de servicio(13b) _____
2.- Tipo de ruta _____ Nivel de servicio _____
3.- Tipo de ruta _____ Nivel de servicio _____

TIPO DE RUTA

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1.- Carretera Federal | 6 - Ferrocarril |
| 2.- Autopista | 7.- Vía Pluvial, rfo |
| 3 - Carretera Estatal | 8.- Barranca |
| 4 - Camino Rural | 9 - Otro |
| 5.- Calle Urbana | |

NIVEL DE SERVICIO

- | |
|-----------------|
| 1.- Troncal |
| 2.- Alimentador |
| 3 - Rural |
| 4.- Otro |

DATOS GENERALES DEL PUENTE

Año de construcción(6) _____ Significado histórico(12) Sí _____
No _____

Nombre del constructor(7) _____

Limitaciones de tráfico(37) Sí _____ Tráfico promedio diario anual(35) _____
No _____ Año(36) _____

Longitud de desvío(38) _____ (Km) Tipo de administración(39) _____
1.- Cuota 2.- Libre

Tipo de superestructura(26a) _____

- 1.- Losa
- 2.- Losa nervada
- 3.- Sistema a base de trabes y losas
- 4.- Vigas preesforzadas
- 5.- Sistema de piso a base de armaduras horizontales
- 6.- Sección tipo cón.

Material(26b) _____

- 1.- Concreto reforzado
- 2.- Concreto 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.- Estruct.
- 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.- Compnband
- 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.- Amaduras | |

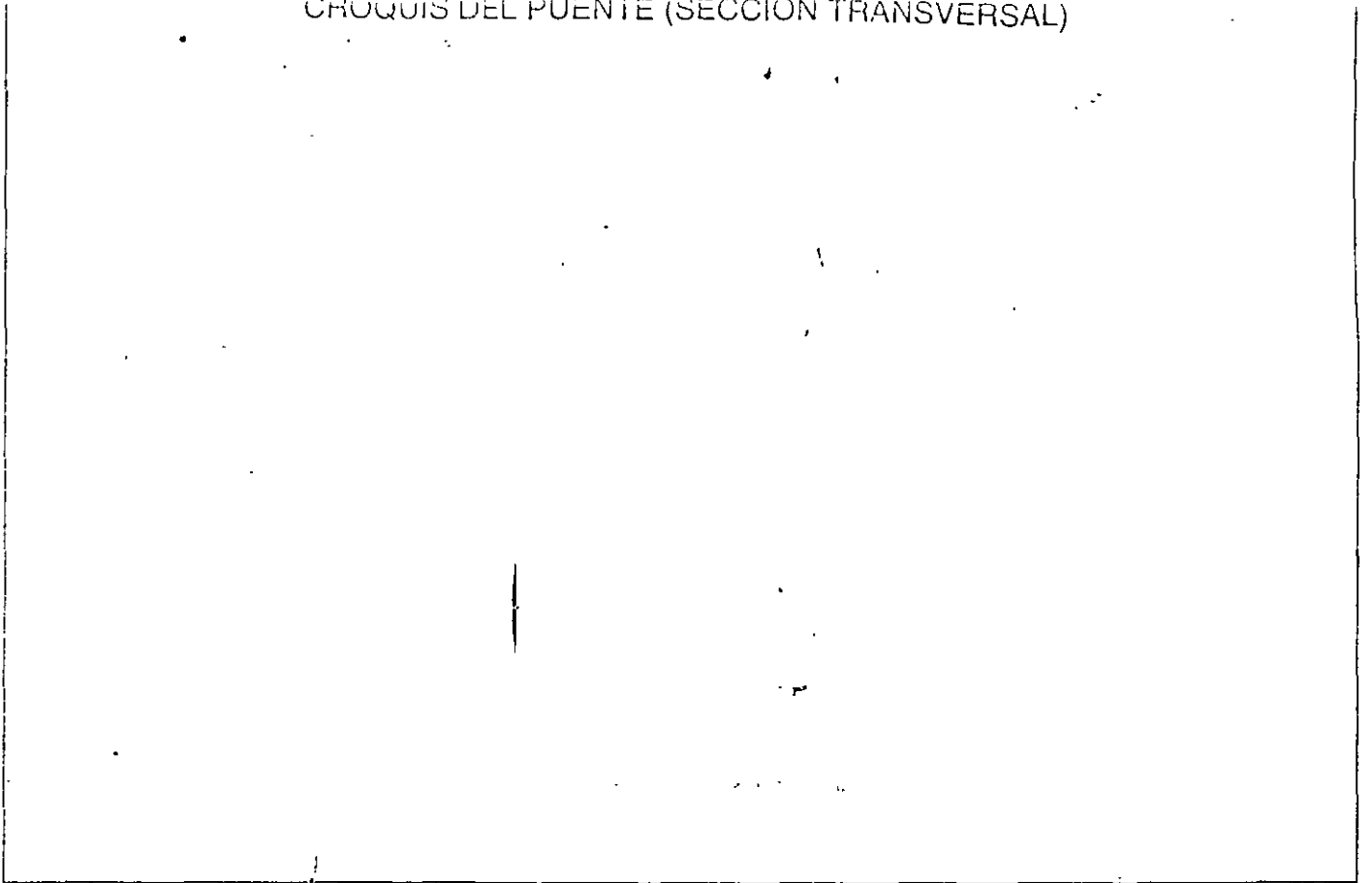
Tipo de superficie de rodamiento(28) _____

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

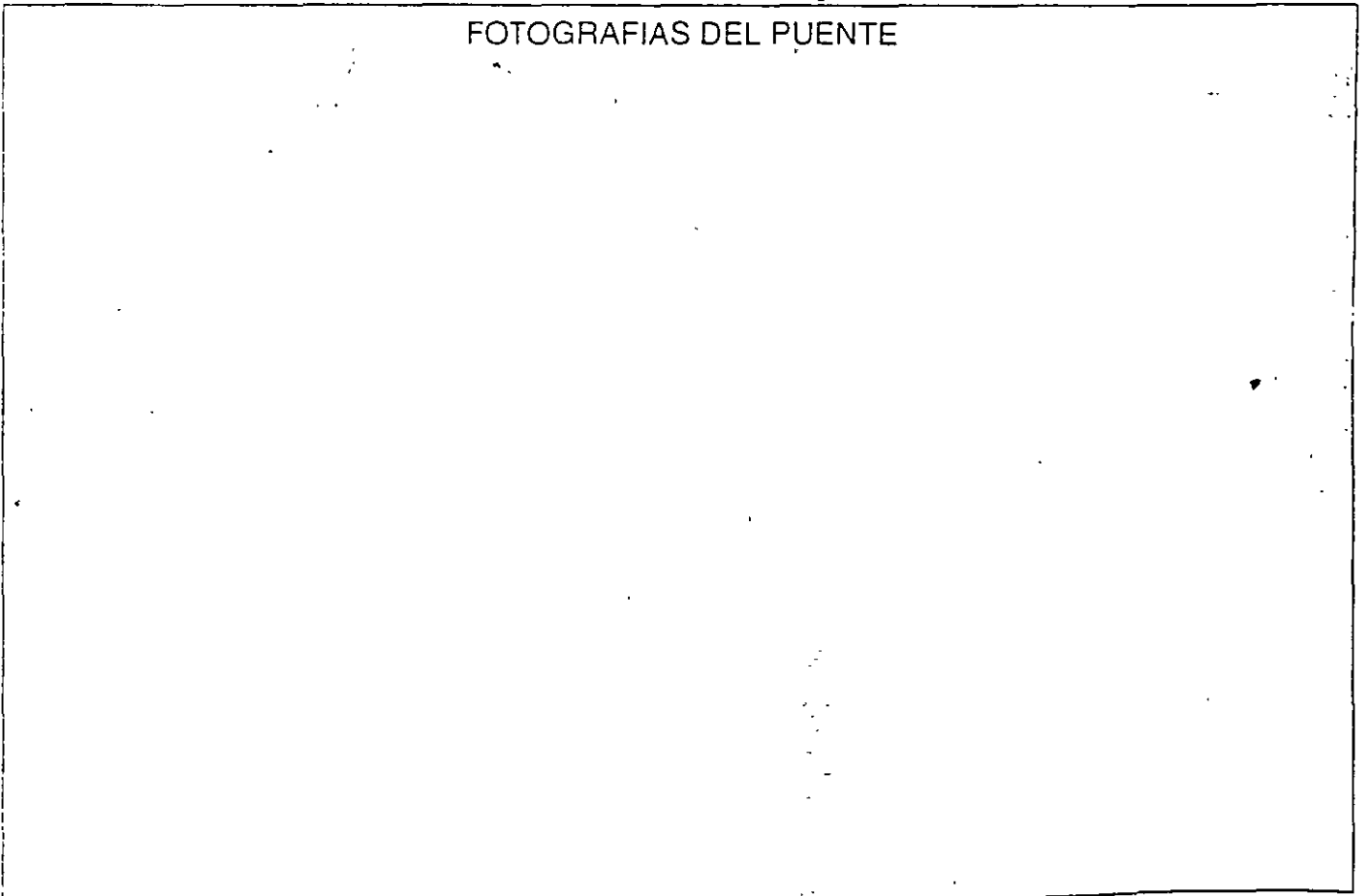
CROQUIS DEL PUENTE (PLANTA)

CROQUIS DEL PUENTE (ELEVACION)

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 - Obstruido por materia orgánica
2 - Obstruido por materia inorgánica
3 - Obstruido por materia orgánica e inorgánica

Señalamientos de seguridad (46) _____

Señalamientos de seguridad (47) _____

Comentarios _____

SUPERFICIE DE RODAMIENTO

Condición(48) _____

1 - Buena 2 - Regular 3 - Mala

Comentarios _____

Se incluye respuesta a la encuesta de opinión del usuario. Le recomendamos para referencias el número de dato en el manual.

SUPERESTRUCTURA

Agrietamiento en zona de apoyos (grietas de cortante)(49a) _____

1 - Ligeros 2 - Moderados

Agrietamiento al centro del claro (grietas de flexión)(49b) _____

3 - Graves 4 - No se aprecian

Juntas de expansión(50) _____

1 - Buen estado 2 - Mal estado 3 - No existen

Dispositivos de apoyo(51) _____

1 - Buen estado 2 - Mal estado 3 - No existen

Daño por impacto vehicular por deficiencia en gálibo(52) _____

1 - Ligeros 2 - Moderados 3 - Graves 4 - No se aprecian

Drenaje(53) _____

1 - Buen funcionamiento 2 - Regular 3 - Mal 4 - No existe

Desconchamientos en la superestructura(54) _____

1 - Ligeros 2 - Moderados 3 - Graves 4 - No se aprecian

Comentarios _____

SUBESTRUCTURA

Agrietamiento en pilas(55) _____

1 - Ligeros 2 - Moderados

Agrietamiento en estribos(56) _____

3 - Graves 4 - No se aprecian

Desconchamientos en pilas o estribos(57) _____

1 - Ligeros 2 - Moderados 3 - Graves 4 - No se aprecian

Comentarios _____

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 (maximo 3 años) | |

Superficie de Rodamiento(65b) _____

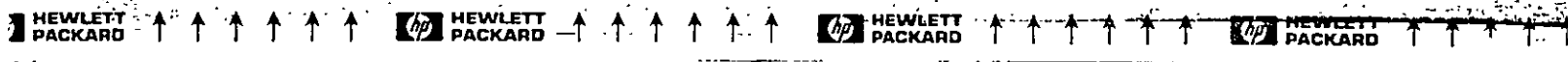
Superestructura(65c) _____

Subestructura(65d) _____

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1.- Mantenimiento menor | 4.- Substitucion |
| 2.- Mantenimiento mayor | 5.- Pruebas especiales |
| 3.- Reparación | 6.- Otro |

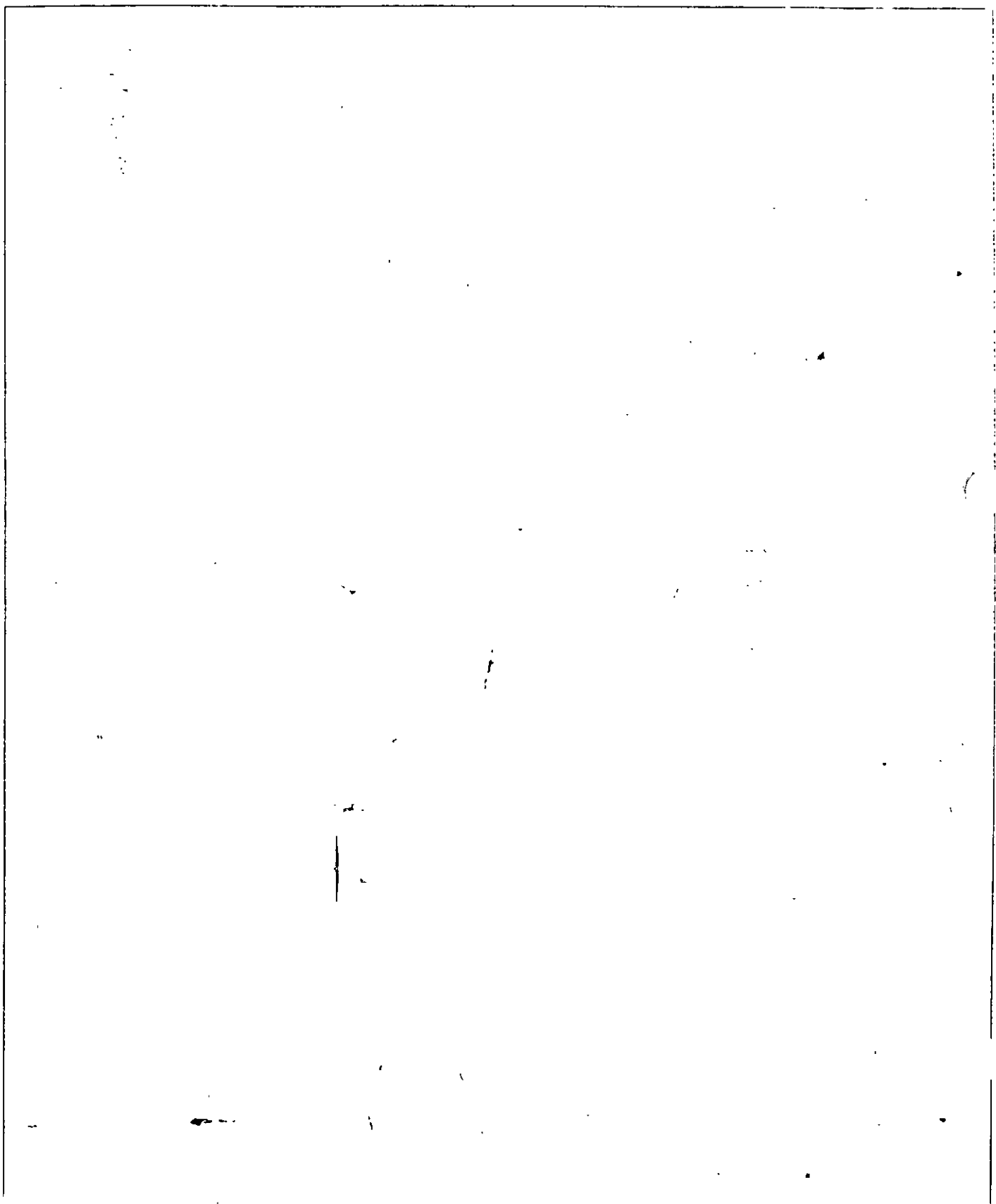
Comentarios _____

26559

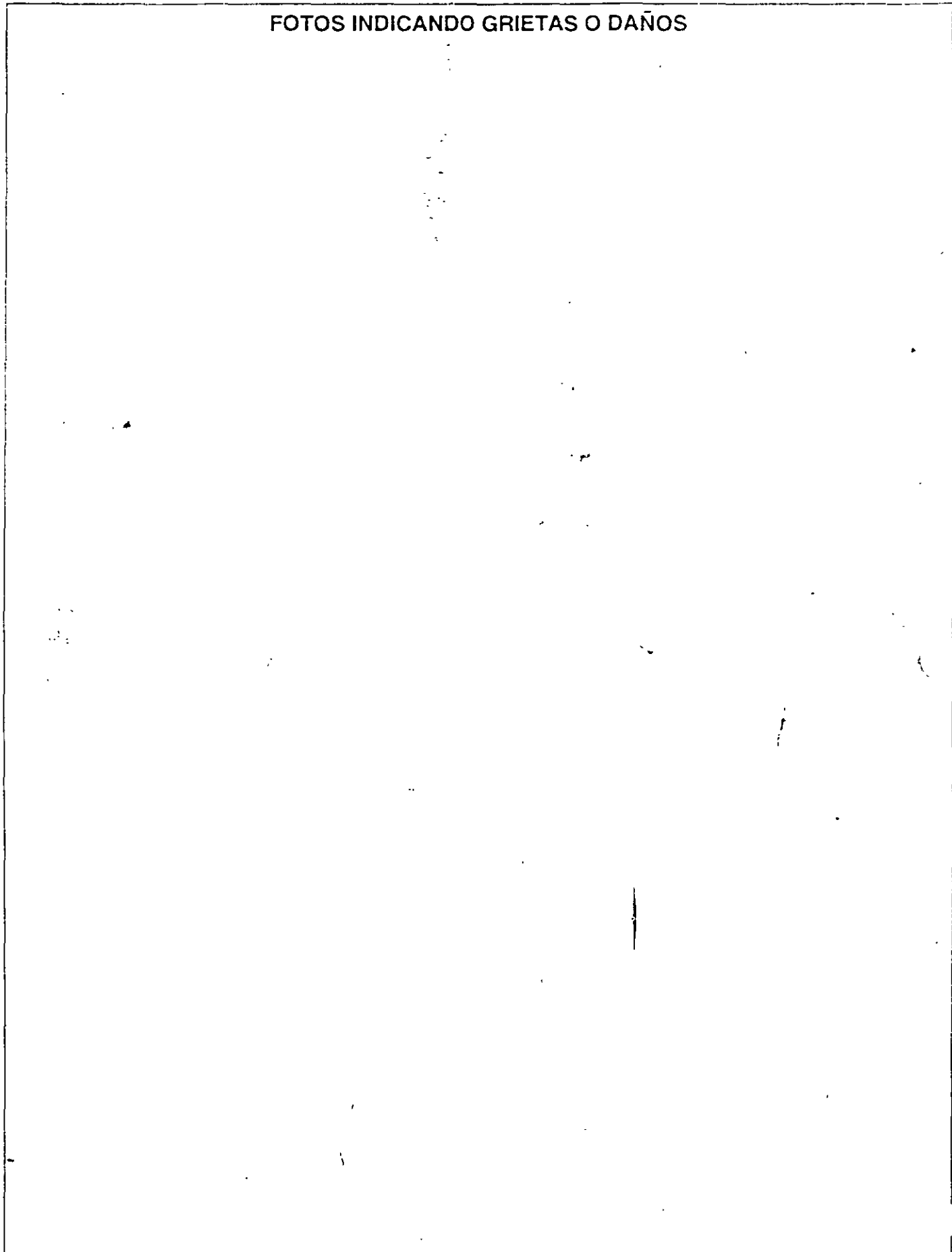


INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

5



FOTOS INDICANDO GRIETAS O DAÑOS



27

6 560

Calificación estructural

+ Métodos analíticos

+ Métodos experimentales



Calificación del estado estructural del puente

Métodos analíticos

Procedimiento 1:

CE, se obtiene de un promedio pesado dado a las diferentes partes del puente

Procedimiento 2:

CE, se obtiene de la medición del primer modo de vibrar para obtener los principales parámetros tomando en cuenta el nivel de deterioro real. La fórmula que se utiliza para el cálculo de CE es:

$$CE = \frac{\Phi R - F_D W_D}{F_L W_L}$$

PRUEBAS TÍPICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE NIVELES DE DETERIORO EN PUENTES

- PRUEBAS DE CARGA ESTÁTICA
- PRUEBAS DE CARGA CUASI-ESTÁTICA
- MEDICIÓN DE VIBRACIONES
- DETERMINACIÓN DE POTENCIALES DE CORROSIÓN EN EL ACERO
- MEDICIONES DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES
- VERIFICACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE FRICCIÓN DE LOS CABLES
EN PUENTES PREFORZADOS
- VERIFICACIÓN DE LA TENSION EN PUENTES ATIRANTADOS

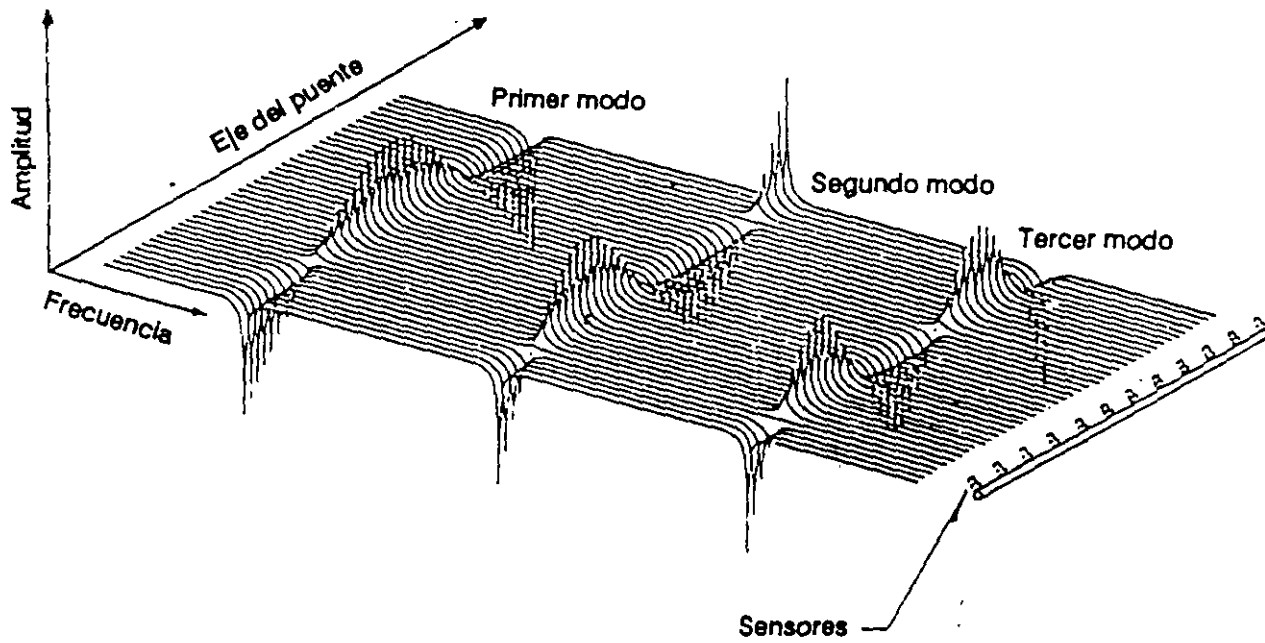


Figura 3 Identificación de modos de vibración

¿ PARA QUE SE INSTRUMENTA UN PUENTE ?

- CALIBRAR EL MODELO DE ANALISIS AJUSTANDOLO AL NIVEL DE DETERIORO REAL
- OBTENER CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA REALES
- OBTENER EL FACTOR DE AMPLIFICACION DINAMICA
- OBTENER EL AMOTIGUAMIENTO DE LA ESTRUCTURA
- OBTENER MODOS DE VIBRAR
- CON TECNICA DE ANALISIS DE SEÑALES SE LES PUEDE DAR UNA INTERPRETACION COHERENTE QUE PERMITE MONITOREAR A LO LARGO DEL TIEMPO CONDICIONES DE DETERIORO DEL PUENTE

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

EL EQUIPO BASICO CONSTA DE :

- ACELEROMETROS
- ACONDICIONADOR DE SEÑAL
- CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL
- UN ANALIZADOR DE ESPECTROS
- UNA MICROCOMPUTADORA PERSONAL

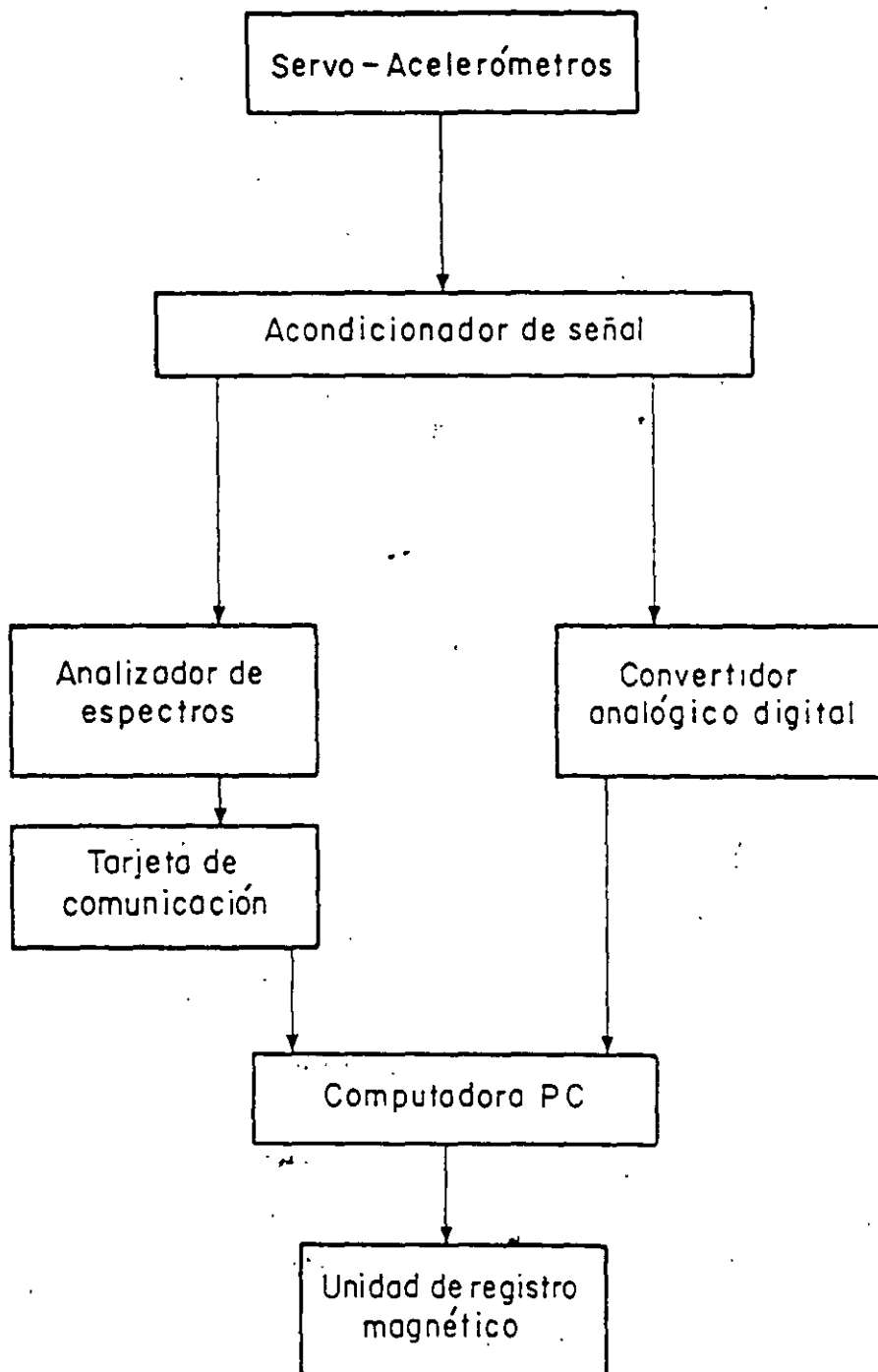


Figura 1 Diagrama de bloques del procesamiento de las señales

Estructura de datos

Fichas de
inspección
rutinaria

Fichas de
inspección
especial

Fotografías
de
inventario

Planos
Autocad

SIG en
Arcview
V1.0

Modelo de
análisis
estructural

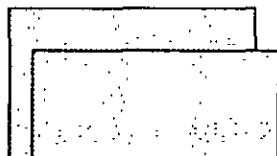


568

53

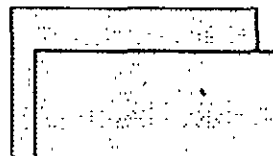
Estructura de datos

Fotografías de inspecciones



Fichas de inspección rutinaria

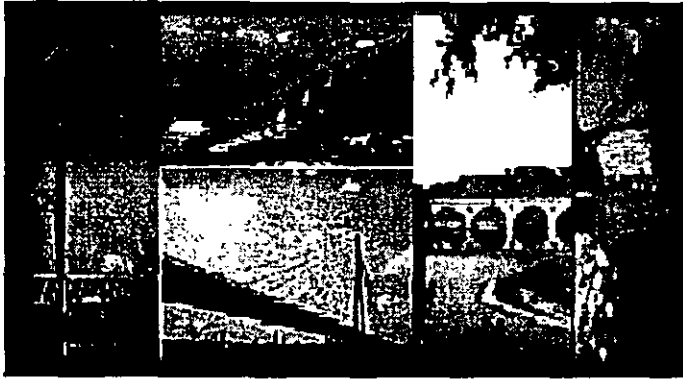
Fotografías de inspecciones



Fichas de inspección especial

569

36



Introducción
Sistemas de información geográfica
Sistem de Administración de Puentes
Mediciones

32
570



Algunos acontecimientos importantes en la historia del hombre

33
176

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

- 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
573



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

575
42



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.

42

576

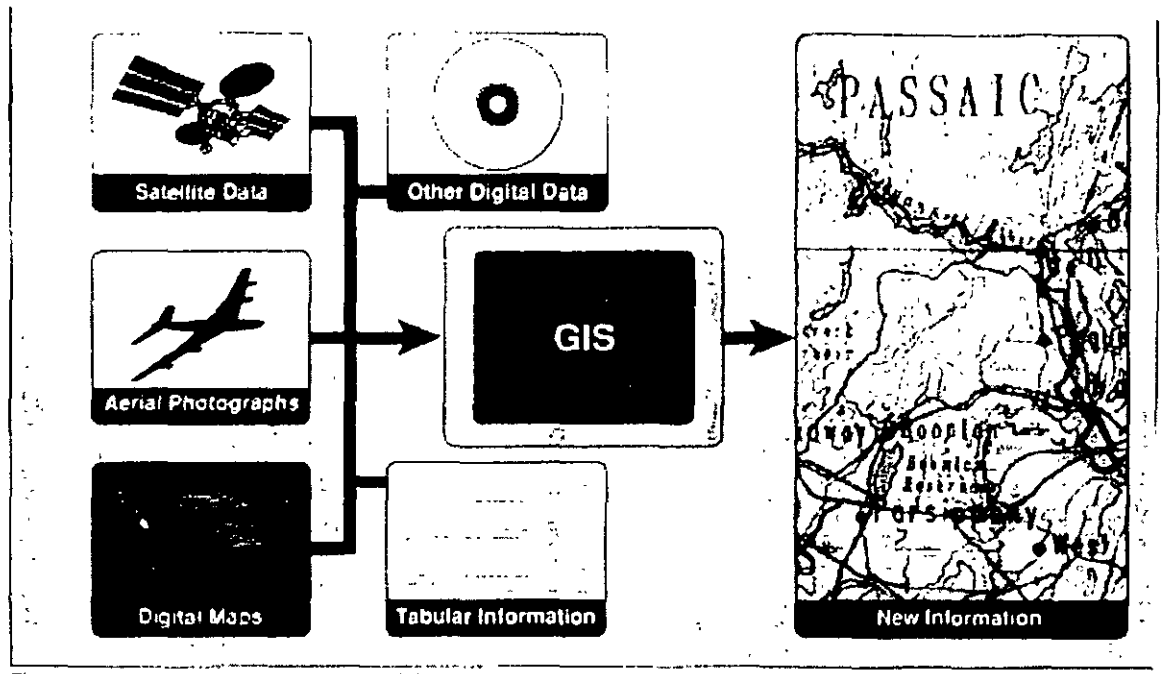


Figure 9. Data integration is the linking of information in different forms through a GIS



44
577

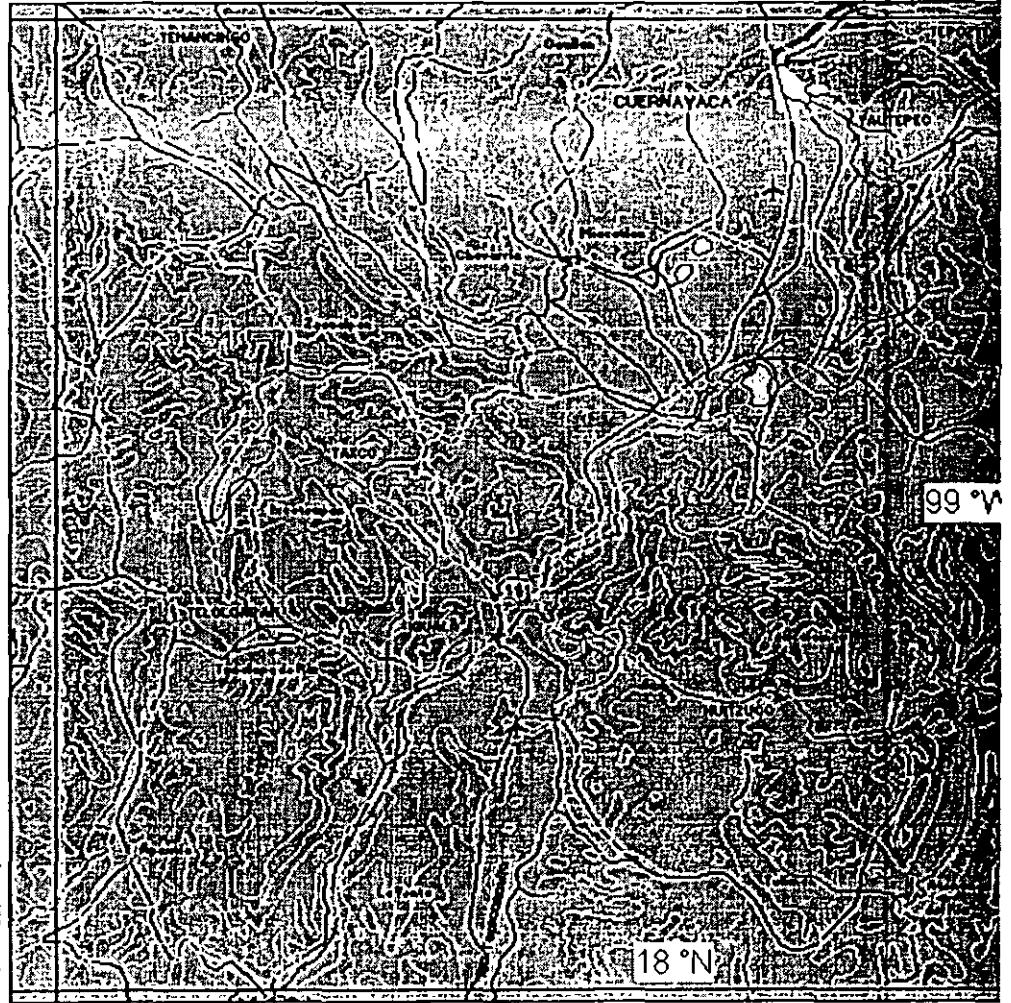
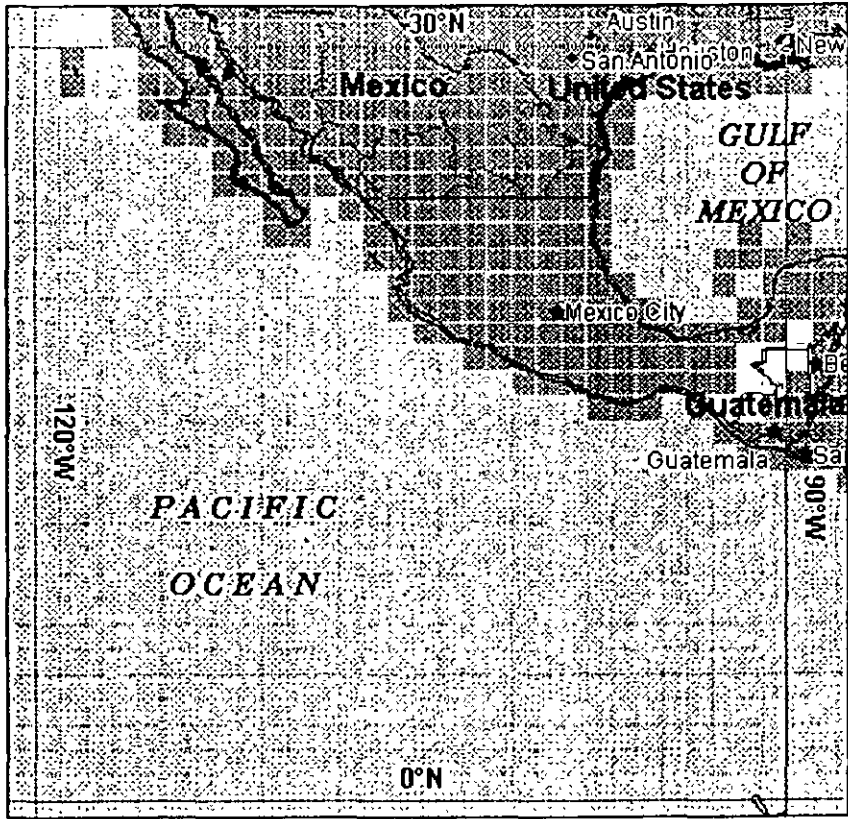


Algunos elementos de un SIG



Fotografía aérea

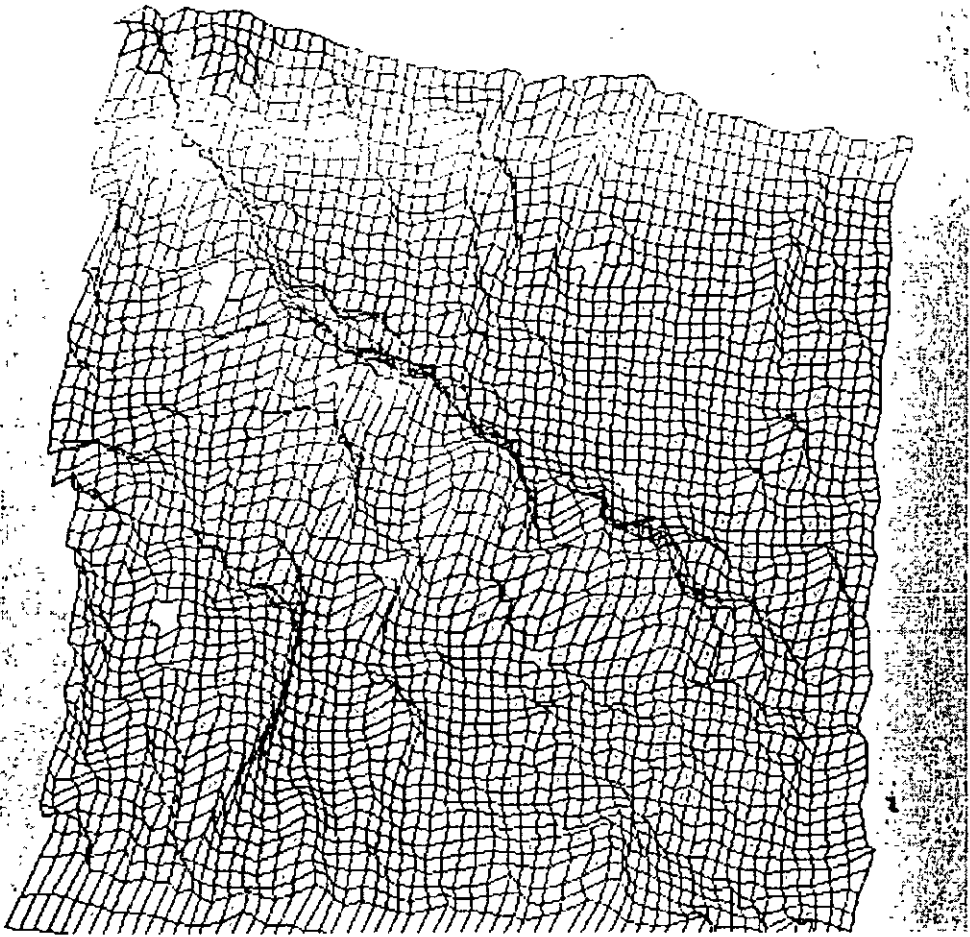
45
578



46
579

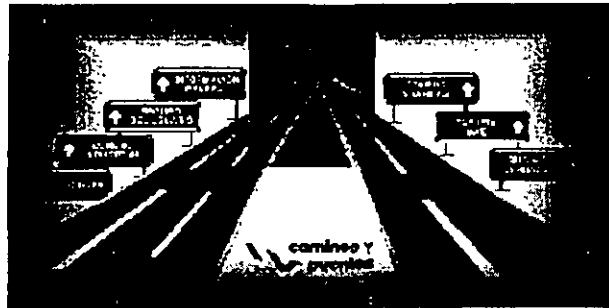
LEGEND

0m - 250m	.....
251m - 500m	.....
501m - 750m	.....
751m - 1000m	.....
1001m - 1250m	.....
1251m - 1500m	.....
1501m - 1750m	.....
1751m - 2000m	.....
2001m - 2250m	.....
2251m - 2500m	.....
2501m - 2750m	.....
2751m - 3000m	.....
3001m - 3250m	.....
3251m - 3500m	.....
3501m - 3750m	.....
3751m - 4000m	.....
4001m - 4250m	.....
4251m - 4500m	.....
4501m - 4750m	.....
4751m - 5000m	.....
5001m - 5250m	.....
5251m - 5500m	.....
5501m - 5750m	.....
5751m - 6000m	.....
6001m - 6250m	.....
6251m - 6500m	.....
6501m - 6750m	.....
6751m - 7000m	.....



Modelo tridimensional del terreno

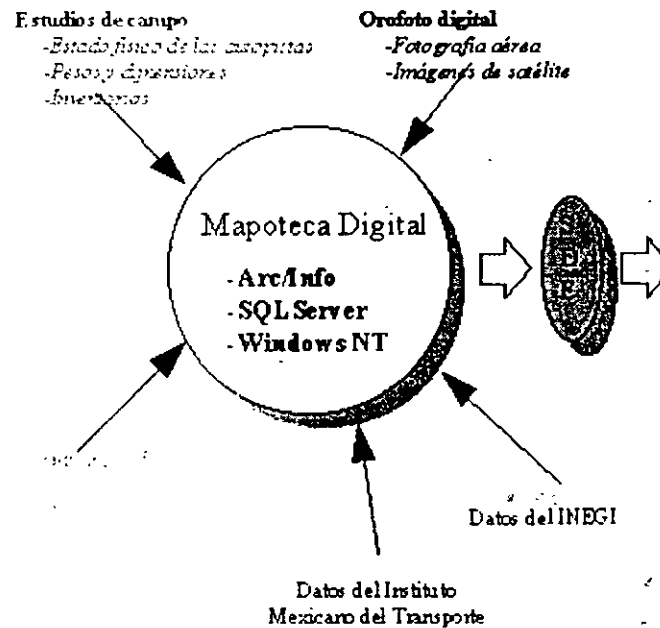
47
580



SIDIAP

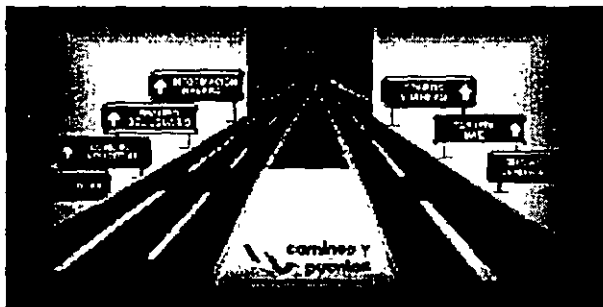
(Sistema de Información Digital para Autopistas y Puentes)

2/1
186



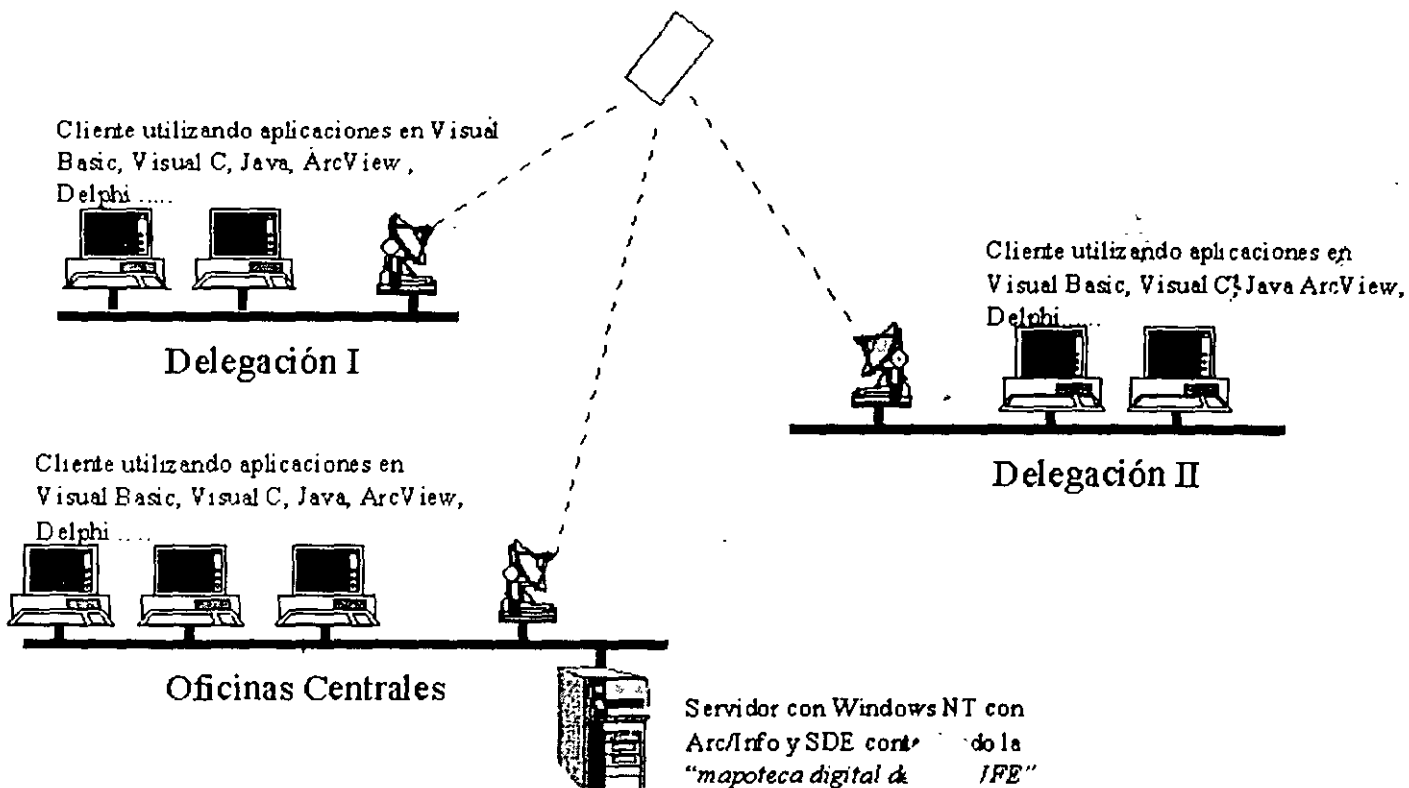
Aplicaciones

- Inventario de la Infraestructura
- Sistema de Administración de Pavimentos
- Sistema de Administración de Puentes
- Sistema para el Proyecto
- Sistema de Pesos y Dimensiones
- Sistema de Accidentes
- Sistema de Vulnerabilidad
- ArcView
- Datos en Internet

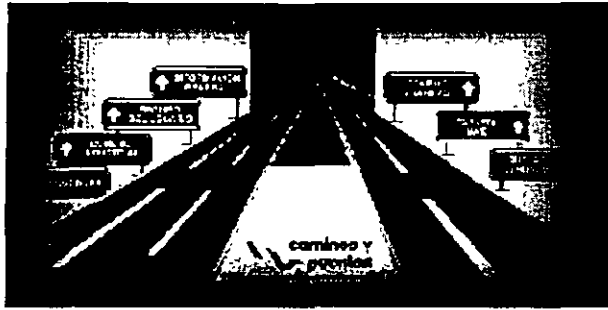


SIDIAP

(Sistema de Información Digital para Autopistas y Puentes)



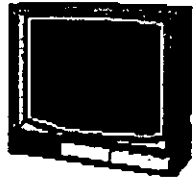
49
582



SIDIAP

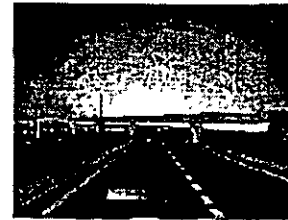
(Sistema de Información Digital para Autopistas y Puentes)

50
583



Monitor de TV con el cual se va viendo lo que se filma

PC-con Geolink donde se va integrando la información georeferenciada



Mapoteca digital de CAPUFE



Sincronizador

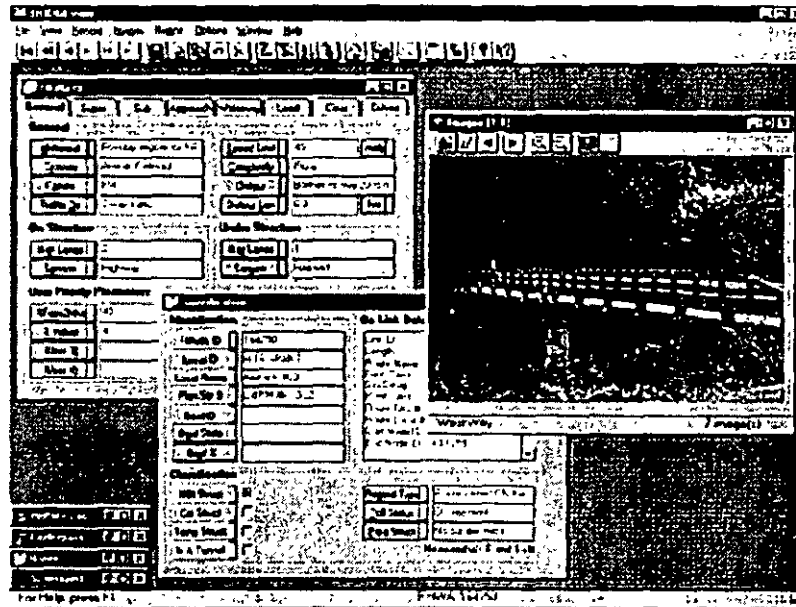


GPS, con el cual se van registrando las



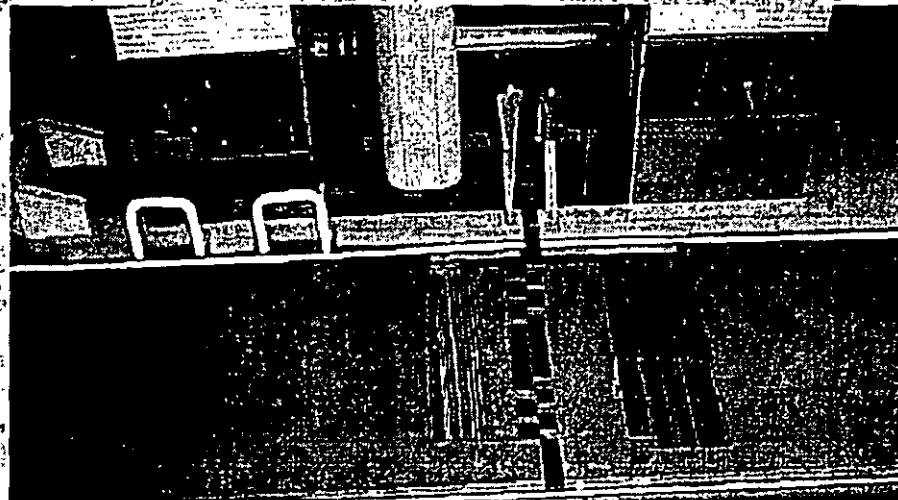
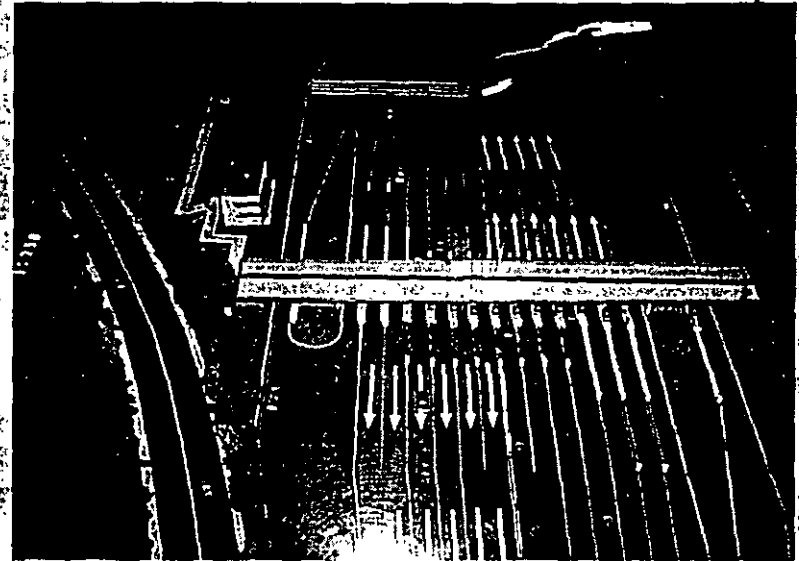
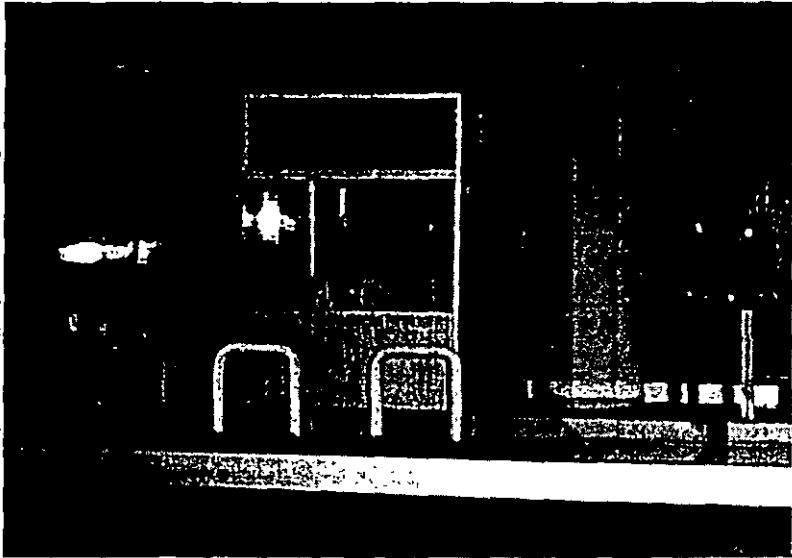
Camara de video con la cual se filma la carretera

SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE PUENTES



51
584

Proyecto de Modernización

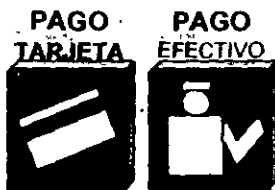


5285

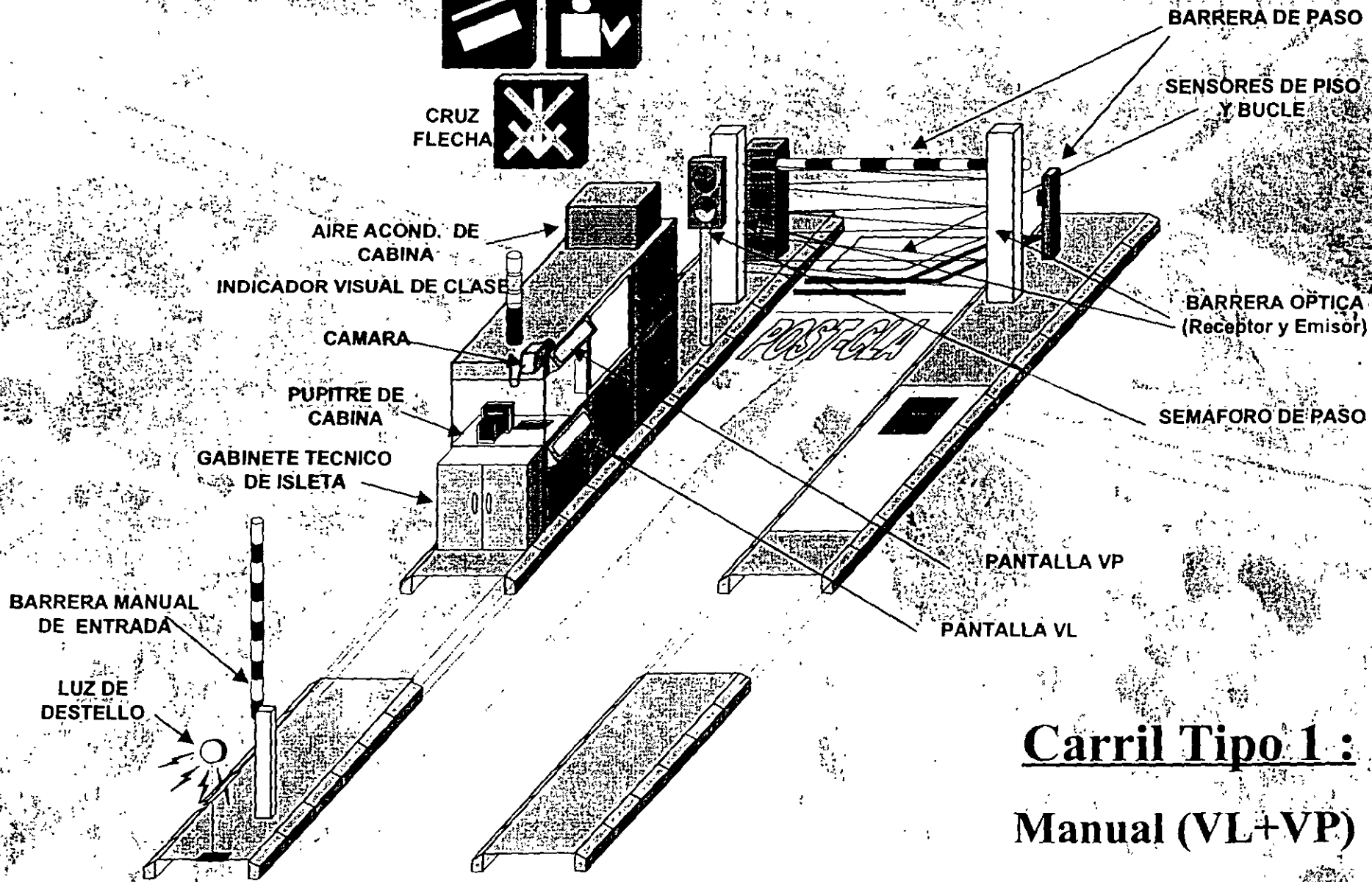
CUADRO COMPARATIVO

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

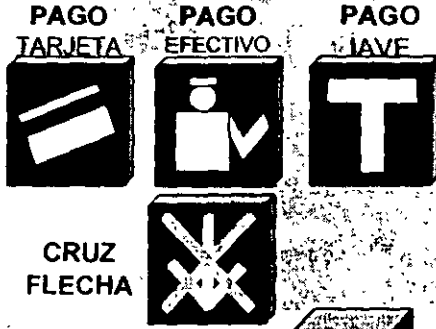


54
587

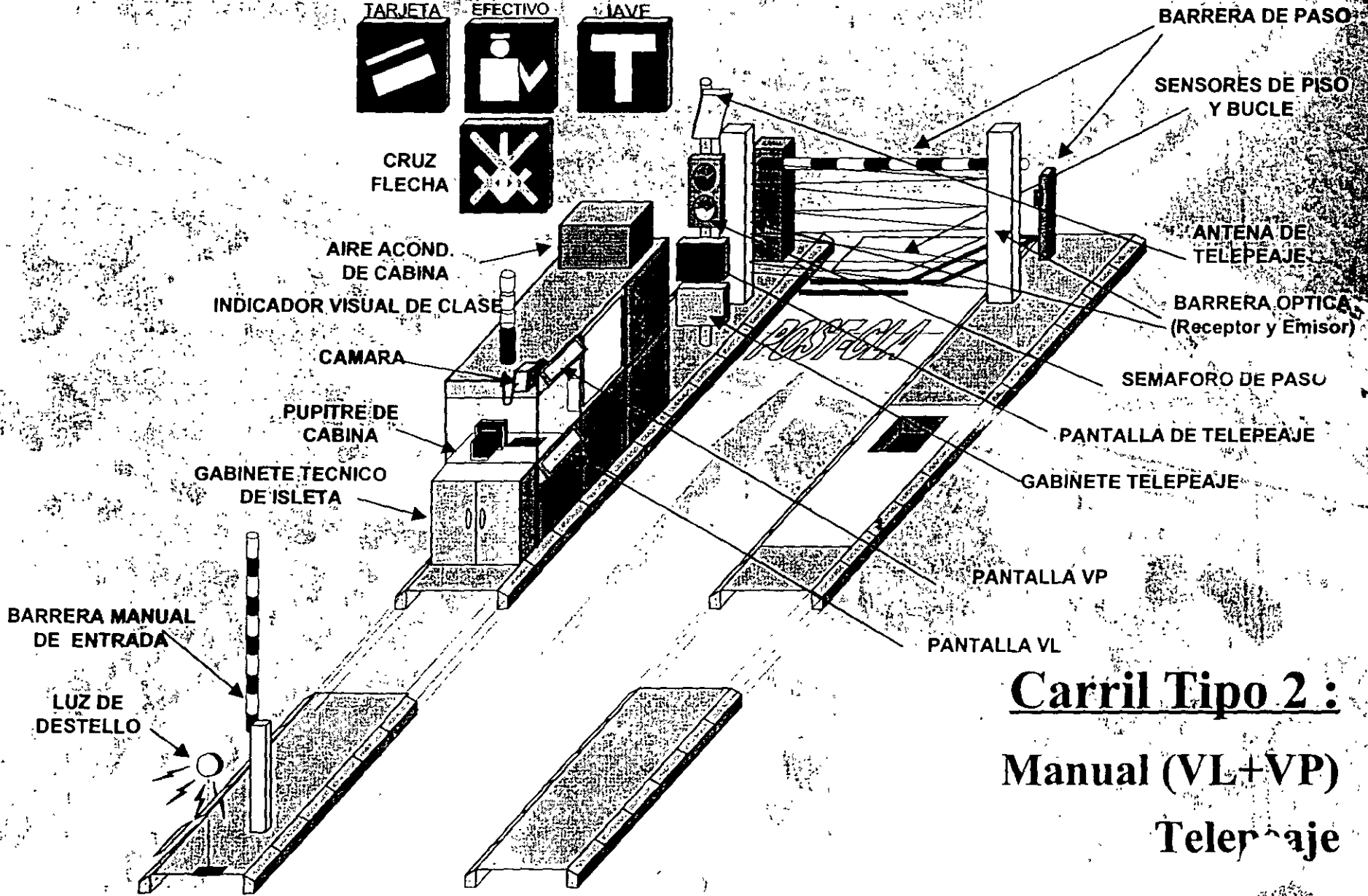


Carril Tipo 1:
Manual (VL+VP)

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA

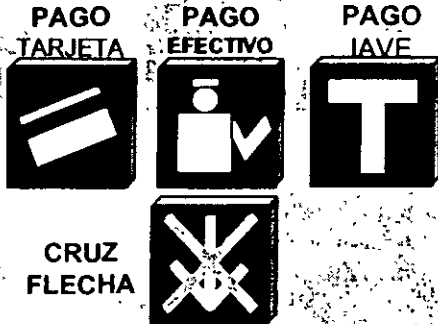


508
55

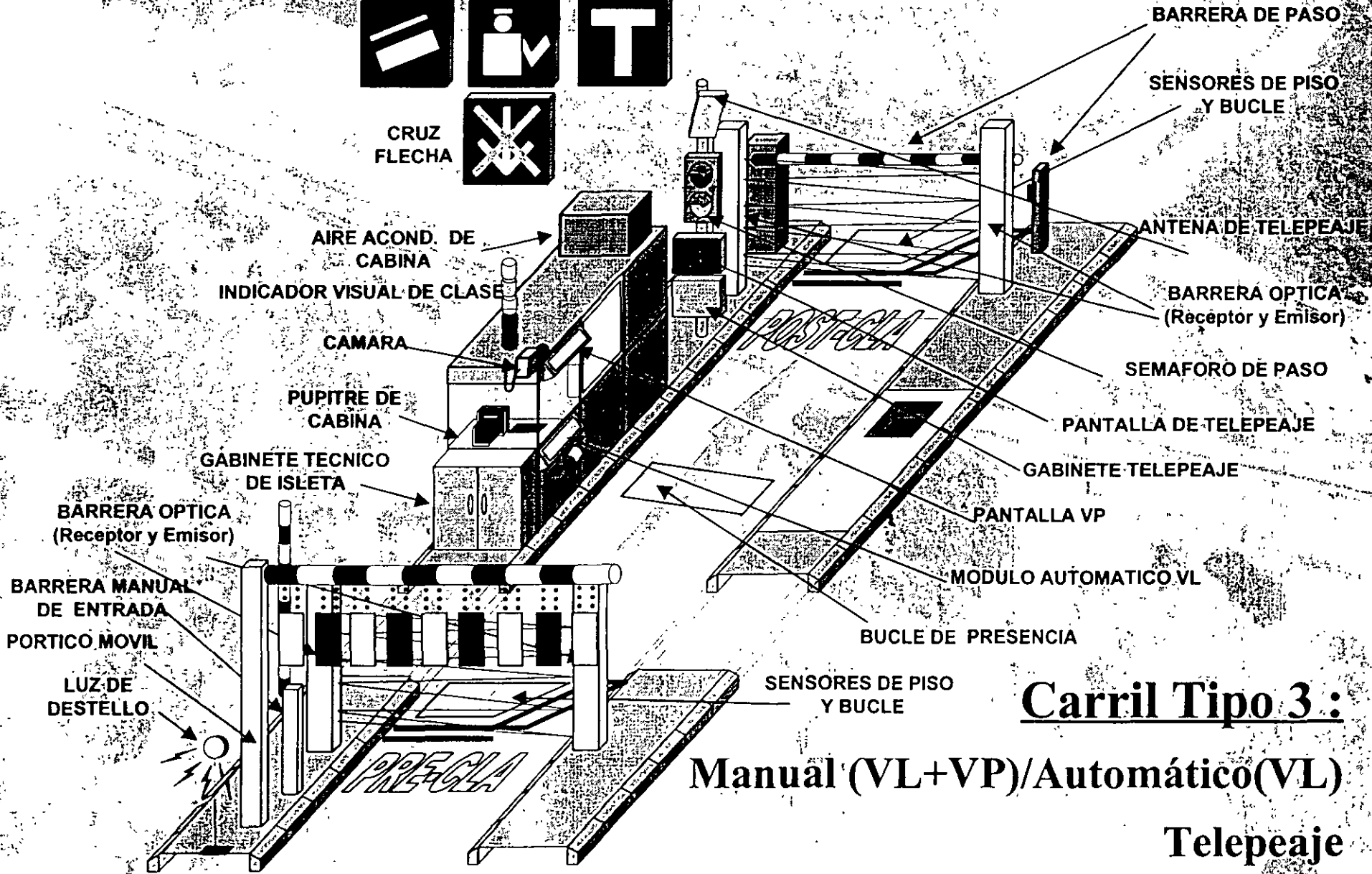


Carril Tipo 2 :
Manual (VL+VP)
Telepeaje

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA



589
56

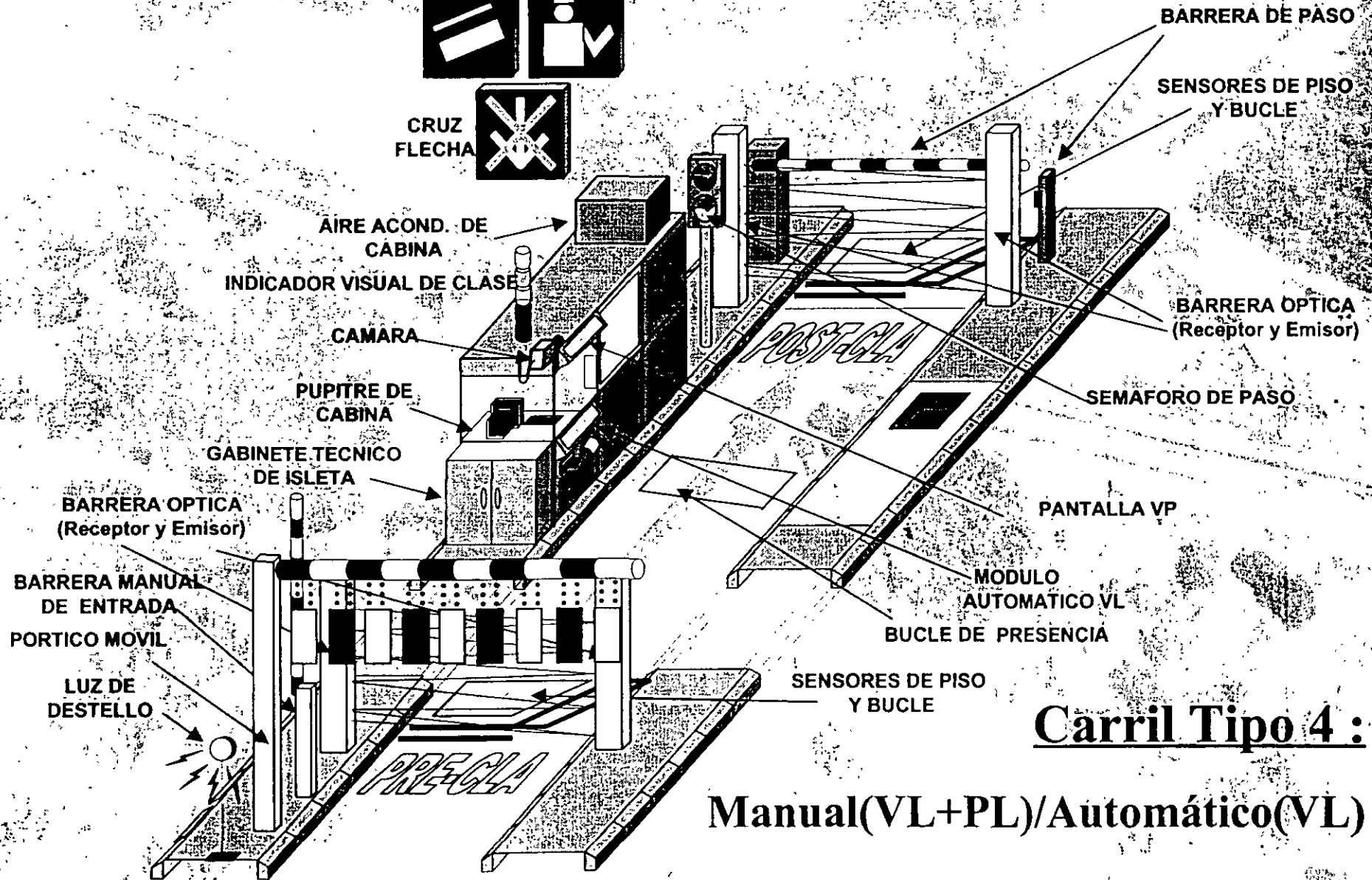


Carril Tipo 3 :
Manual (VL+VP)/Automático(VL)
Telepeaje

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA

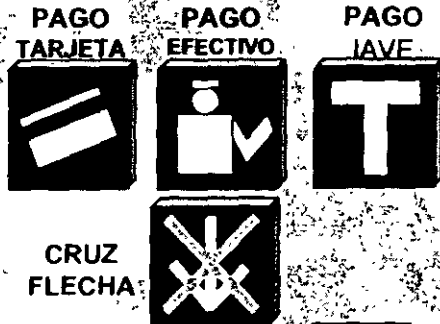


590
57

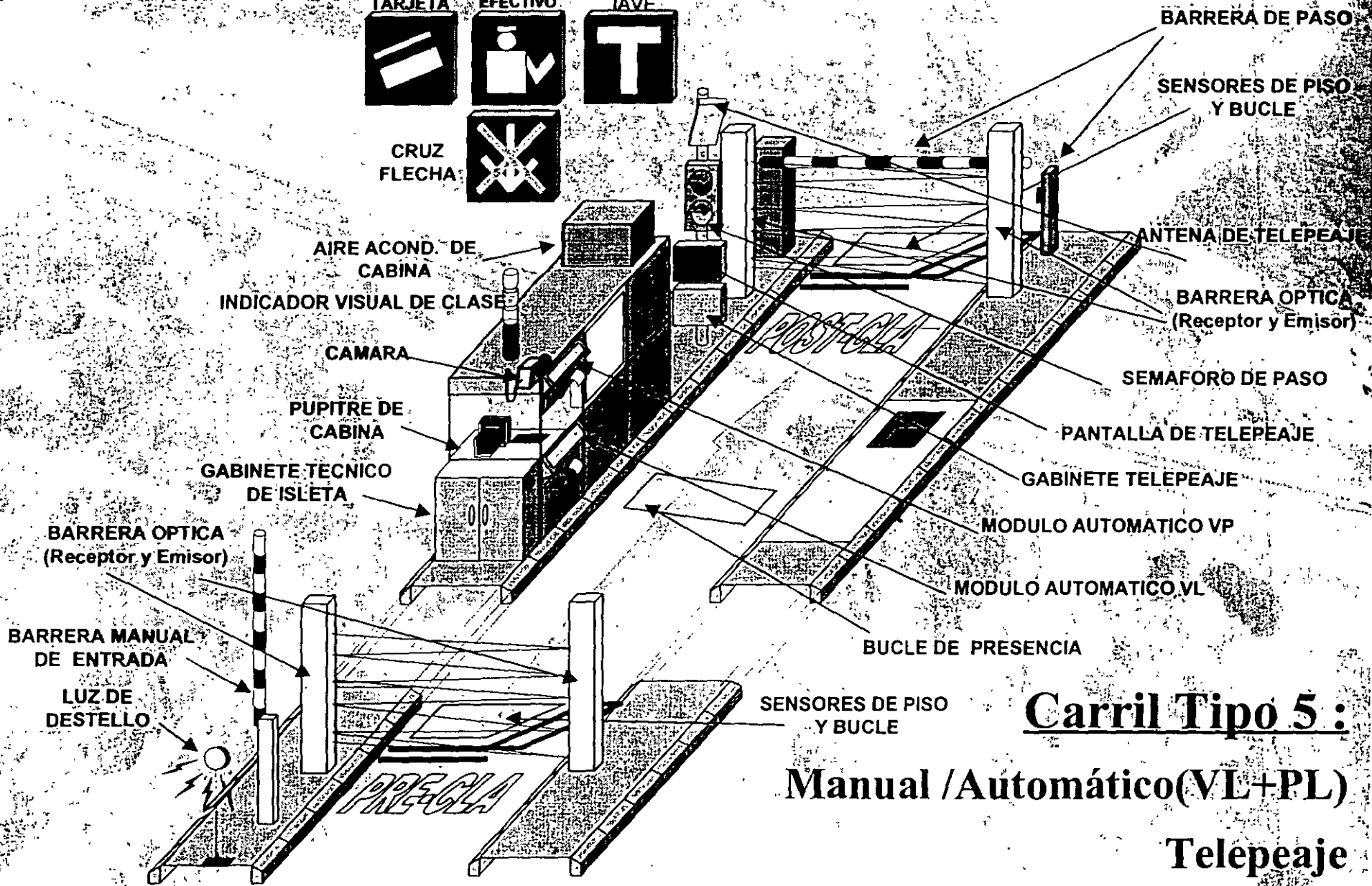


Carril Tipo 4 :
Manual(VL+PL)/Automático(VL)

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA

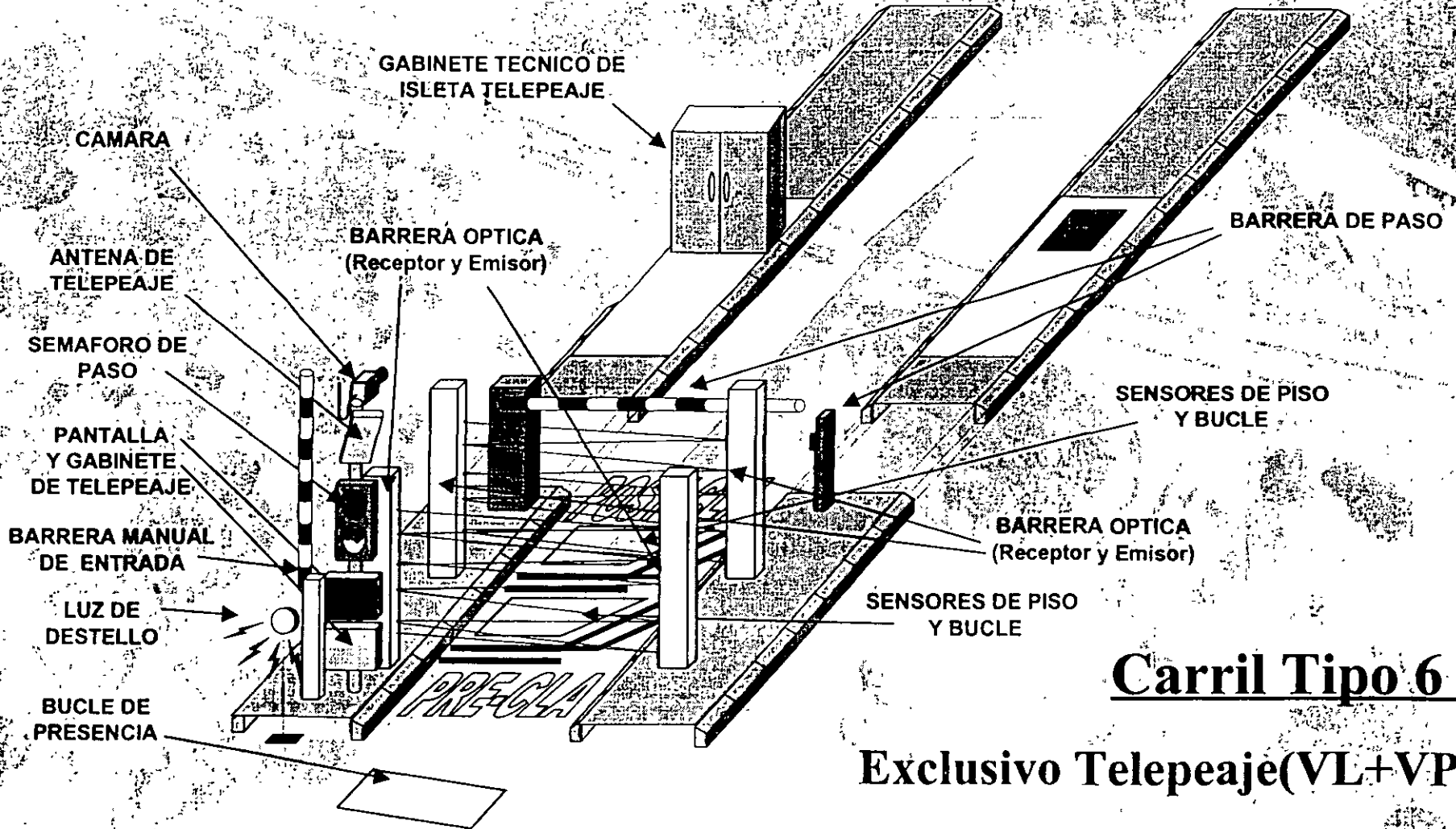


591
58



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

SEÑALIZACIÓN DE MARQUESINA

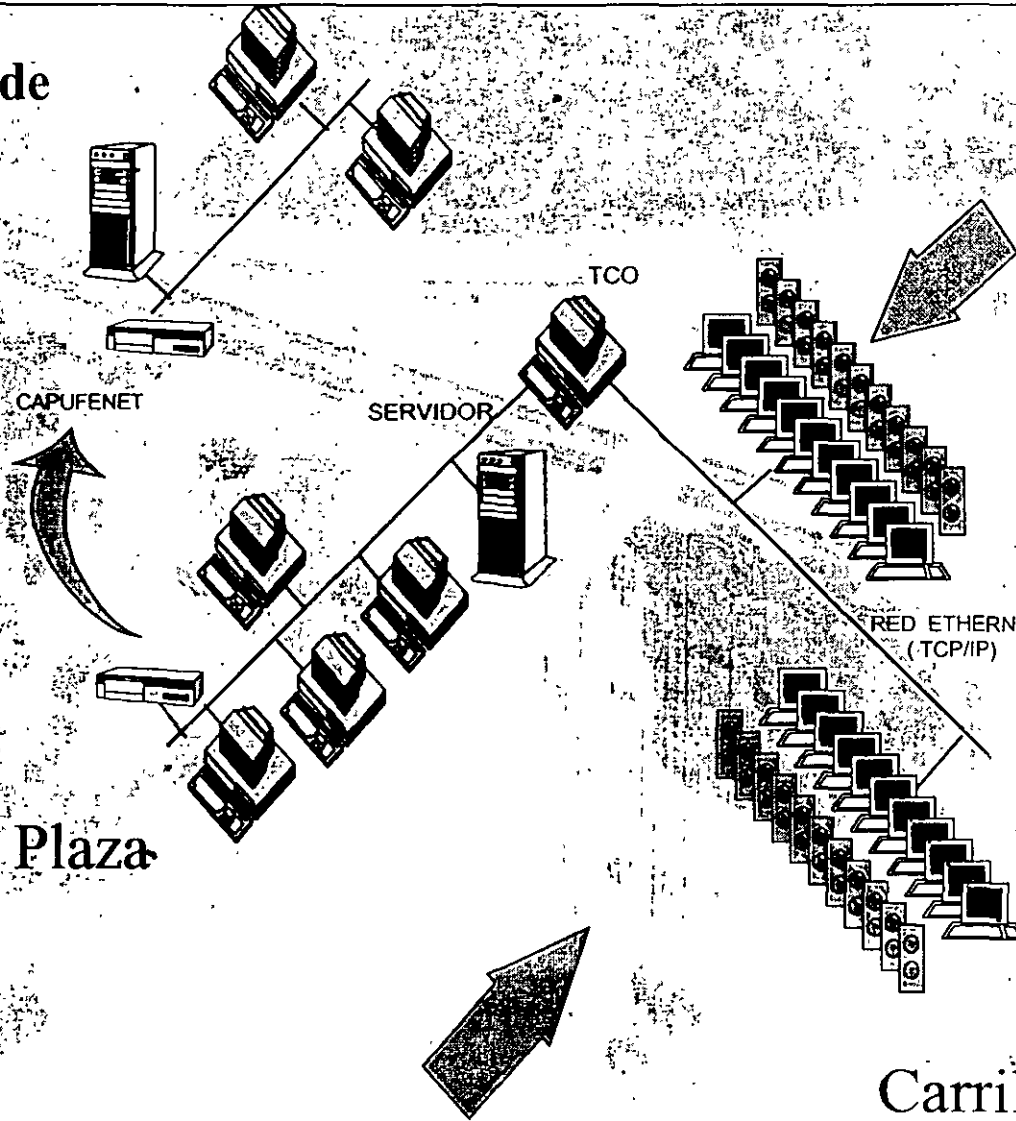


Carril Tipo 6 :

Exclusivo Telepeaje(VL+VP)

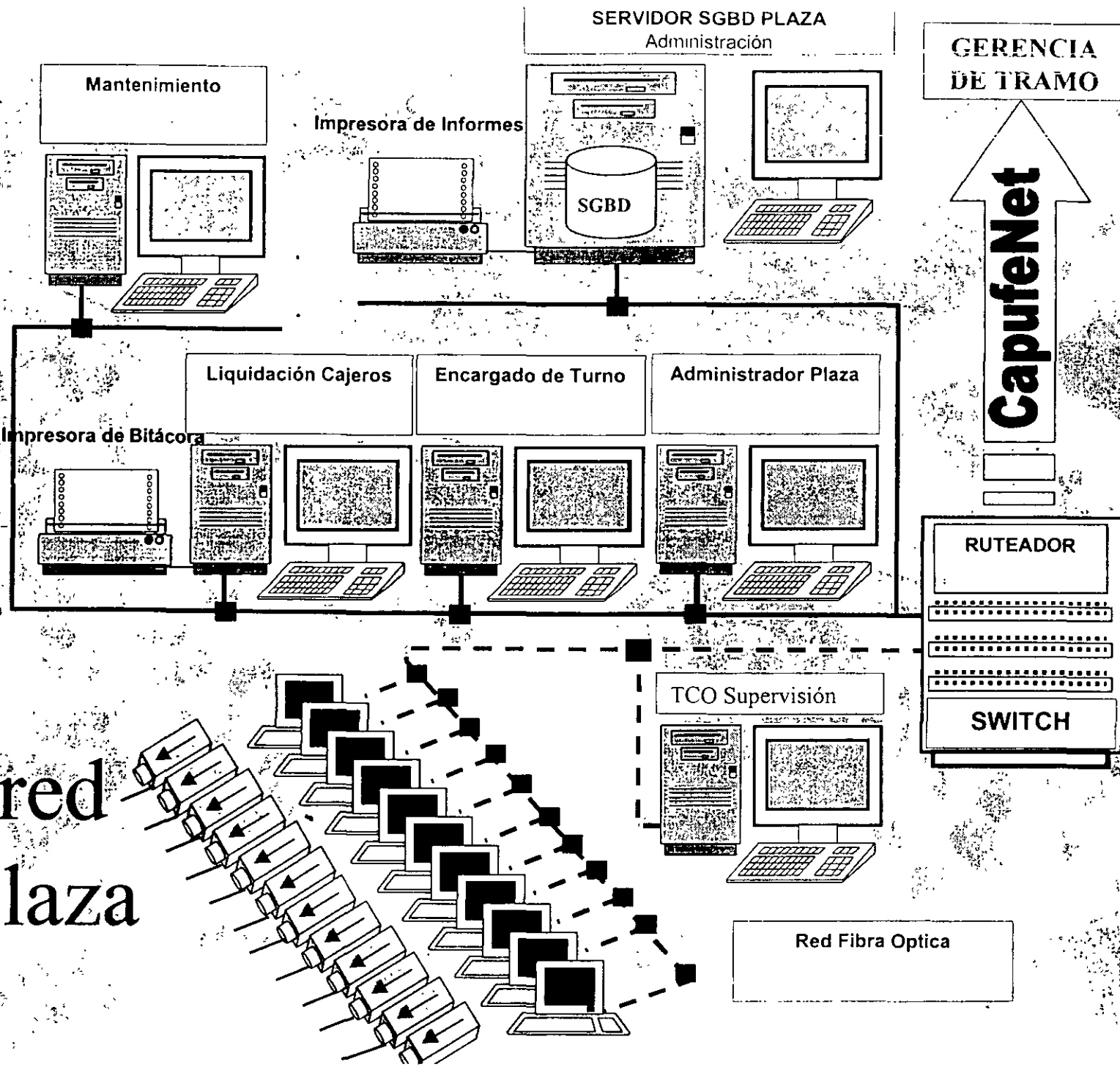
Arquitectura del Sistema

Gerencia de Tramo



Carriles

593
60



La red de Plaza

594
61

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 confluyan en un cruce dado.
- Clasificación funcional del tramo; por ejemplo, primario, secundario y local. Esta clasificación es importante desde el punto de vista de los volúmenes de tránsito que se presentarán en el tramo-cuerpo, los cuales son un dato básico para la evaluación económica del SAP SEDESOL.
- Tipo de pavimento. Al variar el tipo de pavimento también cambian los datos recopilados y los métodos de análisis, entre otros aspectos.

- Deterioro superficial. Mediante una observación rápida, se pueden establecer los límites de los tramos-cuerpo a partir del deterioro superficial existente en el pavimento, de tal manera que se mantenga poca variación en los principales defectos visibles en un tramo-cuerpo dado.
- Estructura del pavimento. Aun cuando se mantenga el mismo tipo de pavimento, si cambia su estructura se presentará un comportamiento diferente. Es conveniente aclarar que a menudo no se dispone de la información sobre la estructura del pavimento, por lo que normalmente se requieren sondeos para determinar las capas que conforman al pavimento.
- Anchura de la sección transversal. Cuando se presenten variaciones importantes en la sección transversal se deberán considerar dos o más tramos-cuerpo, a pesar de que las demás características se mantengan uniformes. Este aspecto es muy importante en el análisis de costos del SAP SEDESOL, ya que normalmente se supone una anchura constante de la sección transversal en un tramo-cuerpo dado.
- Separación longitudinal. En aquellos casos en que en un tramo vial exista una franja separadora central o una clara división de los carriles de circulación, se deberán considerar dos o más tramos-cuerpo, separados longitudinalmente. Esta separación también se requiere en el caso de los carriles exclusivos de autobuses, en los que el pavimento de estos carriles es sometido únicamente a cargas vehiculares elevadas, en comparación con los carriles para el tránsito normal, en los que la mayor parte de los vehículos son automóviles.
- Longitud. Después de una evaluación detallada de los aspectos prácticos de la recopilación de información y de los análisis requeridos, se decidieron establecer como longitudes máxima y mínima de los tramos-cuerpo 500 y 50 m, respectivamente. Sin embargo, solamente en casos especiales, se puede utilizar una longitud efectiva del tramo-cuerpo menor de 50 m; por ejemplo, zonas centrales de intersecciones en las que se utiliza el concreto hidráulico para evitar problemas de erosión ocasionados por el encauzamiento del agua de lluvia cuando el drenaje pluvial se realiza por superficie.

Es importante hacer hincapié en que en un tramo vial dado pueden existir varios tramos-cuerpo separados longitudinal y/o transversalmente, dependiendo de las características del pavimento.

A través del sistema de información geográfica que está integrado al programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL, se pueden obtener diversas representaciones gráficas de datos almacenados y de resultados, según lo solicite el usuario. Al respecto, los tramos-cuerpo son identificados por medio de los objetos denominados "polilíneas", a los cuales se les pueden asignar diversas propiedades, tales como grosor y color.

Dependiendo de la longitud de los tramos-cuerpo con todo o parte de su eje longitudinal en forma curva, es posible emplear una "polilínea" compuesta por varias líneas rectas de pequeña longitud o una "polilínea" con uno o más segmentos de arco circular o una combinación de los dos casos anteriores; de esta manera, se puede lograr una representación más precisa de este tipo de tramos-cuerpo. Sin embargo, se aclara que la representación utilizada es puramente esquemática y es adecuada para los fines del SAP SEDESOL. En la Fig. 4 se presenta un ejemplo hipotético de la representación gráfica de los tramos-cuerpo a partir de la cartografía digital de una zona urbana.

El sistema de referencias de los tramos-cuerpo del SAP SEDESOL es bastante flexible y permite abarcar todos los casos que se presentan en una red vial urbana. En general y de acuerdo con las formas utilizadas para la recopilación de información de campo, los datos requeridos para establecer las referencias de un tramo-cuerpo son los siguientes:

- "Calle, avenida o boulevard". Este dato corresponde al nombre de la calle principal en que se encuentra alojado longitudinalmente el tramo-cuerpo. La nomenclatura que puede ser utilizada es la almacenada previamente en el catálogo de nombres de calles del SAP SEDESOL. Con el fin de uniformar los nombres de las calles, de acuerdo con la nomenclatura correcta u oficial del ayuntamiento, se debe dar de alta en el catálogo de nomenclatura cualquier nombre nuevo de calle, habiendo verificado previamente que éste no exista con otra denominación similar o que se utilice un nombre incorrecto. El catálogo de nomenclatura de calles puede ser consultado y/o modificado a través del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL, con lo que se facilita significativamente su utilización.
- "Tramo inicia en". En este caso, se emplea el nombre de la calle perpendicular en donde inicia el tramo-cuerpo. El inicio es arbitrario, pero normalmente corresponde al sentido del recorrido de la inspección del pavimento. El nombre de la calle perpendicular donde inicia el tramo-cuerpo también debe ser obtenido del catálogo de nomenclatura de calles.
- "Tramo termina en". Este dato se refiere al nombre de la calle en donde termina el tramo-cuerpo, el cual debe aparecer en el catálogo de nomenclatura de calles.
- "A o D". Dado que normalmente se deben incorporar las intersecciones a un tramo-cuerpo, es necesario indicar si un tramo-cuerpo inicia o termina antes o después de la calle perpendicular de referencia. De esta manera, la clave "A" se refiere a la ubicación "antes" y la clave "D" a "después" de la intersección. Dichas claves siempre van asociadas a una calle perpendicular, de inicio o terminación de un tramo-cuerpo.
- "Cuerpo". En muchos casos existen dos o más tramos-cuerpo paralelos delimitados en sus extremos por las mismas calles perpendiculares. Con el

fin de identificar claramente a estos tramos-cuerpo aproximadamente paralelos, se utilizan claves especiales.

En el caso de aquellos tramos viales representados por un solo tramo-cuerpo, se utiliza la clave "U" para indicar que se trata de un "cuerpo único".

Cuando se presentan dos tramos-cuerpo paralelos, se utilizan las claves "D" o "I" para designar al cuerpo "derecho" e "izquierdo", respectivamente. La denominación de "D" o "I" generalmente corresponde al sentido del recorrido utilizado para el levantamiento de la información básica de los tramos-cuerpo, pero se deja a juicio del personal a cargo de esta actividad. La división en tramos-cuerpo paralelos corresponde al criterio de "separación longitudinal" descrito previamente. Sin embargo, en el caso de una avenida o bulevar se deberá tratar de mantener en toda su longitud el mismo criterio para designar cuál cuerpo es el derecho y cuál el izquierdo; de esta manera, se pretende evitar posibles confusiones al consultar el SAP SEDESOL o al actualizar la información almacenada.

En algunas partes de la red vial pueden existir tres o más tramos-cuerpo "paralelos". Tal es el caso de las avenidas o bulevares con cuerpos centrales y cuerpos laterales de servicio. Con el fin de poder abarcar cualquier combinación posible de cuerpos centrales y laterales, se establecieron claves especiales para identificar a los cuerpos laterales; como máximo podrán existir dos cuerpos centrales y los demás cuerpos se deberán considerar como laterales. Los cuerpos laterales se designan por la clave "DLi" o "ILi", la cual corresponde a "derecha, lateral Núm. i" o a "izquierda, lateral Núm. i", respectivamente; "i" representa el número del cuerpo lateral, utilizando una numeración consecutiva y ascendente, del centro hacia afuera, empezando por el número 1 y terminando en el número que se requiera

Además de las referencias de cada tramo-cuerpo, la información mínima requerida para todos los tramos-cuerpo es la siguiente:

- Tipo de pavimento.
- Longitud
- Anchura de la sección transversal.
- Número de carriles.

III. INSPECCIÓN VISUAL DEL DETERIORO SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS

Desde el punto de vista del SAP SEDESOL, esta inspección proporciona datos muy importantes sobre el estado del pavimento. Una de las mayores ventajas de dicha actividad es que no se requiere de equipo especial para establecer el deterioro del pavimento, sino que la inspección se hace de acuerdo con un inventario de los defectos existentes en el pavimento, de su severidad y del área afectada. Posteriormente, los

datos del inventario se convierten a un índice, mediante el cual se expresa de manera general el estado del pavimento.

Para el caso del SAP SEDESOL, se decidió utilizar la metodología básica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A. (*US Army Corps of Engineers*). Este enfoque es relativamente nuevo y ha sido utilizado exitosamente en sistemas de administración de pavimentos actualmente en operación en los E.U.A. y en otros países, entre ellos México.

En el SAP SEDESOL, los datos del deterioro superficial del pavimento son utilizados directamente para establecer las estrategias más eficaces de mantenimiento rutinario, rehabilitación o reconstrucción, las cuales corresponden a los defectos observados.

En general, el grado de deterioro de un pavimento es función del tipo de defecto observado, de su severidad y de su densidad (o área afectada de pavimento). Con el fin de obtener información confiable, objetiva y reproducible sobre el deterioro superficial de los pavimentos se desarrolló el concepto del índice de la condición del pavimento, o ICP (*pavement condition index*, o *PCI* por sus siglas en inglés). El ICP es un índice numérico que varía de 0, para un "pavimento" completamente destruido, hasta 100, para un pavimento en estado perfecto; este índice corresponde a la calificación de la condición del pavimento, desde el punto de vista de los defectos superficiales observados. El ICP puede ser aplicado en pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico. Una importante ventaja de la utilización del ICP sobre otras formas de presentación de resúmenes del deterioro superficial radica en la fácil interpretación de los resultados en forma gráfica; esto no se puede lograr con la mayoría de los métodos disponibles, puesto que no emplean índices. En consecuencia, se tiene una gran versatilidad en la representación gráfica con el sistema de información geográfica que fue integrado al programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.

En general, los defectos que se consideran en la inspección visual del deterioro superficial de los pavimentos son los mismos que en el procedimiento *PAVER* del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A. (Refs. 6, 7 y 8). Sin embargo, se eliminaron ciertos defectos que no se consideraron aplicables a las condiciones específicas de la redes urbanas viales de la República Mexicana.

III.1. PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Por medio de claves se identifican los defectos considerados para los pavimentos asfálticos, los cuales son los siguientes.

1. Agrietamiento de piel de cocodrilo.
2. Exudación de asfalto
3. Agrietamiento con patrón de mapa.
4. Bordo o depresión localizados.
5. Ondulaciones transversales.

- 6.-Depresión por asentamiento.
7. Agrietamiento en la orilla.
- 8 Grietas de reflexión.
9. Acotamiento en desnivel.
10. Grietas longitudinales y transversales.
11. Baches o cortes reparados en el pavimento.
12. Textura lisa.
13. Baches abiertos.
14. Roderas.
15. Corrimientos en la carpeta.
- 16 Agrietamiento por deslizamiento.
17. Levantamiento por expansión.
18. Desgaste o erosión.

En comparación con el método convencional para obtener el ICP de los pavimentos asfálticos, solamente se excluyó la manifestación de deterioro correspondiente al "cruce del ferrocarril". En México normalmente no se consideran como un defecto a los cruces de la vialidad con el ferrocarril, aun cuando normalmente corresponden a zonas de alta irregularidad superficial.

III.2. PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

En el SAP SEDESOL, para el caso de los pavimentos de concreto hidráulico, 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 al nivel de tramo vial de un SAP y que la mayor parte de los trabajos de la implantación inicial del SAP SEDESOL corresponden al nivel de red vial, caracterizado por un detalle mucho menor.

Para un tramo-cuerpo dado, puede existir más de una serie de datos de EEND, dependiendo de la ubicación de la carga, en relación con el inicio del tramo, con los carriles y con el tipo de medición (rodada interna, rodada externa, eje central, etc.). En el banco de datos del SAP SEDESOL se diferencian las mediciones de acuerdo con datos clave que varían para cada una de las pruebas efectuadas.

Es necesario que se verifique que el tramo-cuerpo en que se efectúen las mediciones de EEND haya sido dado de alta previamente en el banco de datos del SAP SEDESOL, antes de proceder a almacenar la información recopilada. Los datos requeridos para la EEND con la viga Benkelman son básicamente los siguientes:

- Datos de identificación de las mediciones. Éstos corresponden a los aspectos indicados a continuación:
 - Tipo de pavimento.

- Sentido del recorrido.
 - Distancia a partir del inicio del tramo.
 - Carril.
 - Rodada.
 - Ubicación de la carga. Este dato corresponde exclusivamente a la EEND de los pavimentos de concreto hidráulico; en general, este tipo de pavimento no se evalúa con la viga Benkelman. Básicamente la ubicación de la carga se hace en relación con las discontinuidades de las losas (juntas transversales y longitudinales, así como grietas transversales).
- Carga del eje trasero del vehículo de prueba. Esta carga normalmente no varía de una medición a la otra. El valor estándar de la misma es de 8.2 t, de acuerdo con las especificaciones pertinentes de la AASHTO para la realización de la prueba.
 - Desplazamiento vertical máximo, medido bajo la aplicación de la carga especificada.
 - Temperatura del pavimento.
 - Hora de la medición.

IX. EVALUACIÓN INTEGRAL DEL ESQUEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO VIAL

A partir de la información proveniente del Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de la ciudad, de los archivos del ayuntamiento y de los diversos trabajos de campo que realice el consultor, así como de entrevistas con funcionarios del ayuntamiento, se establece un diagnóstico del esquema utilizado para el mantenimiento vial. Asimismo, se hace una revisión de los marcos jurídico e institucional vigentes.

Con base en la inspección visual de los pavimentos y otras actividades, se prepara un resumen sobre el estado general de esta infraestructura vial. Asimismo, se identifican las posibles causas del deterioro observado y se proporciona un dictamen sobre las actividades de mantenimiento rutinario, rehabilitación y reconstrucción de los pavimentos efectuadas por el ayuntamiento.

X. ANÁLISIS DE PLANEACIÓN A NIVEL DE RED VIAL DEL SAP SEDESOL

Como parte de los análisis básicos del SAP SEDESOL se seleccionan los tramos-cuerpo cuyo pavimento recibirá alguna acción de mantenimiento correctivo, rehabilitación o reconstrucción. Para referirse a estas acciones, se utilizan las siglas "MRR" (cuyo equivalente en el idioma inglés es "M,R&R") Los análisis en cuestión se efectúan a nivel de red vial y corresponden a actividades propias de la planeación y

programación del presupuesto. Por medio de una evaluación económica, se selecciona la estrategia óptima para cada uno de los tramos-cuerpo de la red vial. Posteriormente, se asignan prioridades para la ejecución de las acciones propuestas, en función del estado del pavimento y de la importancia de los tramos-cuerpo. Para efectos de la distribución de recursos, se considera la restricción del presupuesto disponible. Con el fin de identificar claramente las actividades correspondientes a este rubro, se decidió utilizar específicamente el término "análisis de planeación a nivel de red vial del SAP SEDESOL"; es importante recalcar que estos análisis son muy diferentes de los correspondientes a la generación de resultados a partir de la información recopilada en campo, sobre parámetros como la calificación de servicio actual y el índice de la condición del pavimento, entre otros.

En esencia, los análisis de planeación a nivel red vial del SAP SEDESOL pueden ser clasificados en los grupos siguientes:

- Lineamientos para seleccionar las medidas de MRR que pueden ser aplicadas para el pavimento de un tramo-cuerpo dado, con base en la información recopilada en campo del deterioro superficial, de la calificación de servicio y, en algunos casos, de la evaluación estructural no destructiva.
- Evaluación económica de las acciones propuestas, la cual incluye el cálculo de la inversión requerida, del costo del usuario y de los beneficios generados
- Asignación de prioridades entre los tramos-cuerpo seleccionados como candidatos para la aplicación de una acción dada, en función de los resultados de la evaluación económica y de su importancia.
- Selección de acciones para los programas anuales y multianuales, en función de diferentes niveles del presupuesto disponible.

Para la realización de los análisis anteriores, se estableció una metodología aplicable a las condiciones particulares de las ciudades medias del país. Todos los cálculos requeridos pueden ser efectuados a través del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL. Es importante poner énfasis en que la evaluación económica del SAP SEDESOL se realiza básicamente de acuerdo con la metodología del programa de cómputo "USER" (Ref. 11). Al respecto, se integraron las rutinas correspondientes en el programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.

La evaluación económica de las estrategias de MRR incluye principalmente el cálculo de los beneficios y de los costos de los usuarios de la red vial y tiene diversas aplicaciones en la planeación del transporte y en los sistemas de administración de pavimentos. En el desarrollo de un programa racional de trabajo anual y en la determinación del presupuesto correspondiente para el mantenimiento correctivo, la rehabilitación y la reconstrucción de pavimentos, se requiere el análisis del ciclo de vida de todos los costos que intervienen en el proceso. Éstos incluyen la inversión por parte de la dependencia municipal a cargo de las actividades citadas y los costos del usuario, los cuales normalmente corresponden a los costos de operación vehicular. A su vez,

ambos costos son función del estado del pavimento a lo largo del período de análisis. Por ejemplo, en el caso de una red vial típica de una ciudad media del país, se requerirá 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 INGENIERÍA, S.A. de C.V., y está orientado específicamente al SAP SEDESOL; funciona dentro del ambiente del programa "AutoCAD" y fue escrito en el lenguaje de programación denominado "AutoLISP".

El Programa fue desarrollado para computadoras personales que cuenten con las siguientes características:

- Procesador 80386SX, 80486SX, 80486DX, "Pentium" u otro compatible.
- Al menos 6 Mb de memoria de acceso aleatorio ("RAM").
- Sistema operativo "MS-DOS"; versión 3.1 o más reciente.
- Ambiente "Microsoft Windows"; versión 3.0 o más reciente.
- Monitor a colores de súper alta resolución ("SVGA").
- Espacio disponible en disco duro de al menos 15 Mb para el almacenamiento de los archivos relacionados exclusivamente con la operación del Programa.
- Impresora láser.

En el caso de "SIGPAV", es necesario disponer del programa de cómputo "AutoCAD" y de cuando menos 16 Mb de memoria de acceso aleatorio.

El Programa utiliza dos mecanismos de seguridad para controlar el acceso de los usuarios al Programa, con lo que se evita su operación por personal no autorizado. Dichos mecanismos consisten en: introducción de una clave de acceso e inhabilitación automática de opciones no permitidas. Ambos mecanismos, descritos a continuación, se activan como resultado de la implantación de rutinas de protección incluidas en el Programa.

XII. MEDIDAS DE FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Con base en el diagnóstico del esquema de mantenimiento vial utilizado por las autoridades municipales, se efectúa una propuesta de medidas de fortalecimiento institucional. Algunas de las acciones más importantes que se plantean comúnmente están dirigidas a garantizar la continuidad del SAP SEDESOL.

Normalmente las medidas de fortalecimiento institucional que se proponen como resultado de los estudios realizados por la SEDESOL son de los tres tipos siguientes: estrategia general para la operación del organismo municipal a cargo del mantenimiento vial; contratación de personal adicional; adquisición de equipo adicional.

En cuanto al personal, comúnmente también se proponen medidas para la capacitación del mismo y se establecen los perfiles recomendados para el principal personal que participará en las siguientes etapas de la implantación del SAP SEDESOL, las cuales estarán a cargo de la dependencia municipal que reciba este sistema.

De acuerdo con los procedimientos empleados en cada ciudad en particular, se recomienda la adquisición de equipo de construcción para realizar eficazmente las actividades de mantenimiento rutinario, rehabilitación y reconstrucción de los pavimentos existentes, así como para la construcción de nuevos pavimentos. En general, se hacen recomendaciones sobre las actividades que pueden ser efectuadas más eficientemente por empresas constructoras. Adicionalmente, en algunos casos se recomienda la adquisición de equipo para la evaluación estructural no destructiva de los pavimentos en servicio.

Dependiendo de las características particulares de cada municipio evaluado, se propone la adquisición de equipo y programas de cómputo, principalmente para las actividades relacionadas con el SAP SEDESOL.

XIII. PRINCIPALES PRODUCTOS DE LA IMPLANTACIÓN INICIAL DEL SAP SEDESOL

Como parte de la implantación inicial del SAP SEDESOL, al final de los estudios respectivos, se hace entrega a los ayuntamientos de una serie de documentos, así como de equipo y programas de cómputo. De esta manera, se trata de garantizar la continuidad del SAP SEDESOL, una vez realizada la transferencia de este sistema a las autoridades municipales.

Los documentos, equipo y programas de cómputo entregados por la SEDESOL a los ayuntamientos normalmente son los siguientes:

- Un ejemplar de la versión definitiva del Informe final del Estudio
- Un ejemplar de los manuales de procedimientos del SAP SEDESOL.

- Una copia del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.
- Una copia registrada de los programas comerciales "AutoCAD" y "SIGPAV", incluyendo toda su documentación.
- Una copia del banco de datos completo del SAP SEDESOL con la red vial de evaluada.
- Una copia del Manual del Usuario y del Manual del Administrador del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.
- Equipo de cómputo, consistente en una computadora personal y una impresora láser.

En el caso de los sistemas implantados por la SEDESOL en los años de 1995-1996, también se incluyeron proyectos definitivos de pavimentos y de señalamiento vial. Como parte de éstos, se efectuaron levantamientos topográficos de la infraestructura vial existente a lo largo del trazo de proyecto.

Durante la implantación del SAP SEDESOL normalmente participa personal de los ayuntamientos, con lo que se proporciona la capacitación práctica más importante requerida para garantizar la transferencia de este sistema a las autoridades municipales. En la etapa final de los estudios, se dicta un curso en el que se cubren los principales aspectos de la utilización del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.

XIV. CONCLUSIONES

El SAP SEDESOL incluye un conjunto de procedimientos que permiten lograr una operación más eficaz de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento vial de las ciudades medias de la República Mexicana. Una de las principales ventajas de este sistema es el ordenamiento, en un banco de datos, de información diversa sobre la infraestructura vial. Esta información puede ser consultada, actualizada y analizada por medio de un programa de cómputo desarrollado por la SEDESOL, el cual funciona en un ambiente sencillo y orientado al usuario.

Las principales conclusiones sobre la implantación del SAP SEDESOL en una serie de ciudades medias del país son las siguientes:

1. El SAP SEDESOL ha sido desarrollado específicamente para las condiciones que se presentan en la infraestructura vial básica de las ciudades medias de la República Mexicana. En este esfuerzo han participado especialistas de la SEDESOL, de empresas consultoras y de las ciudades medias en donde se ha implantado el SAP SEDESOL.
2. En el desarrollo del SAP SEDESOL se trató de incorporar la tecnología más novedosa disponible en el medio internacional. Sin embargo, no se transplantaron directamente métodos desarrollados en otros países, en este

sentido, se utilizaron y adaptaron los procedimientos que se consideraron realmente aplicables a las condiciones imperantes en las redes viales de las ciudades medias de la República Mexicana. De esta manera, se generó un sistema práctico y de fácil utilización que podrá auxiliar al personal directivo de los municipios en sus actividades cotidianas de planeación de las acciones de mantenimiento rutinario, rehabilitación y reconstrucción que requieren los pavimentos

3. El éxito de la transferencia del SAP SEDESOL a las autoridades municipales y de su operación permanente depende, en gran medida, de la aplicación de las medidas propuestas de fortalecimiento institucional. Asimismo, es importante que se le conceda la importancia debida a la ejecución oportuna de las actividades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de los pavimentos existentes. Mediante las acciones programadas en el SAP SEDESOL se podrá preservar por un período mucho mayor la infraestructura vial disponible.
4. A medida que transcurra el tiempo de aplicación del SAP SEDESOL se irá enriqueciendo el banco de datos con información proveniente de las actividades simplificadas, a nivel de red vial, y de los trabajos más detallados realizados en todos los tramos viales que hayan sido seleccionados para la implantación de una acción dada. Asimismo, con el tiempo será posible verificar las principales hipótesis de los pronósticos del comportamiento de los pavimentos. De esta manera, se presentará un ciclo de retroalimentación que permitirá ir afinando los algoritmos básicos del SAP SEDESOL, de tal manera que se lograrán análisis más eficientes y precisos.

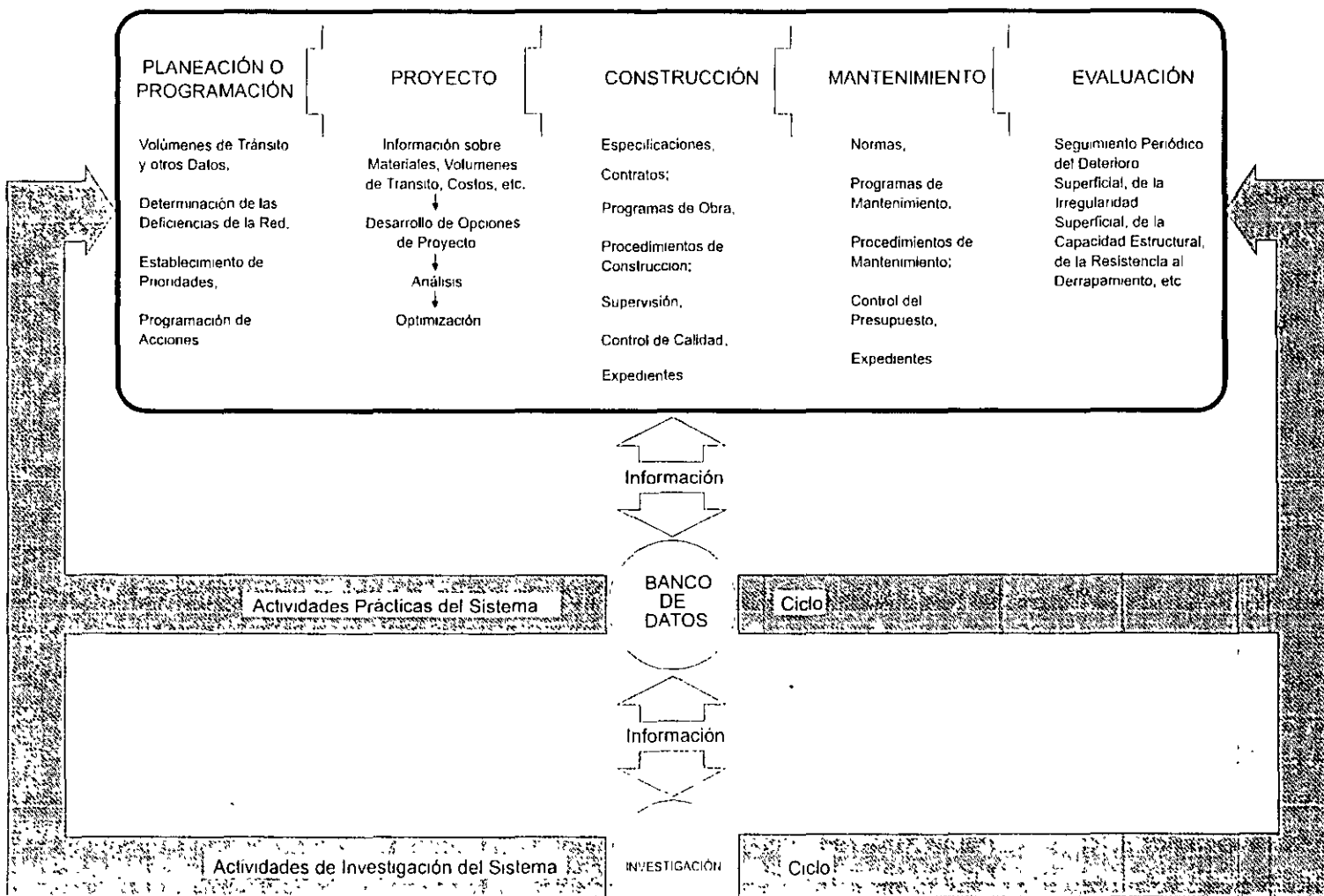
XV. REFERENCIAS

1. "Estudio para el Fortalecimiento de las Áreas a Cargo del Mantenimiento de las Vialidades en la Ciudad de León, Gto.", Informe Final del Estudio, H. Ayuntamiento de León, Gto., julio de 1995 (Consultor: TORRES, CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A de C.V.)
2. "Sistema de Administración del Mantenimiento Vial de la Ciudad de Saltillo, Coah.", Informe Final del Estudio, Secretaría de Desarrollo Social, diciembre de 1995 (Consultor: TORRES, CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V.).
3. "Sistema de Administración del Mantenimiento Vial de la Ciudad de Torreón, Coah.", Informe Final del Estudio, Secretaría de Desarrollo Social, diciembre de 1996 (Consultor: TORRES, CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V.).
4. "Sistema de Administración de Pavimentos de la Ciudad de Campeche, Camp.", Informe de Diagnóstico (en elaboración), Secretaría de Desarrollo

Social, septiembre de 1997 (Consultor: TORRES, CONSULTORES EN INGENIERÍA, S.A. de C.V.).

5. "Sistema de Administración de Pavimentos de la Ciudad de San Luis Potosí, S.L.P.", Informe de Diagnóstico (en elaboración), 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.

624



20

Figura 1. Principales actividades de un Sistema de Administración de Pavimentos.

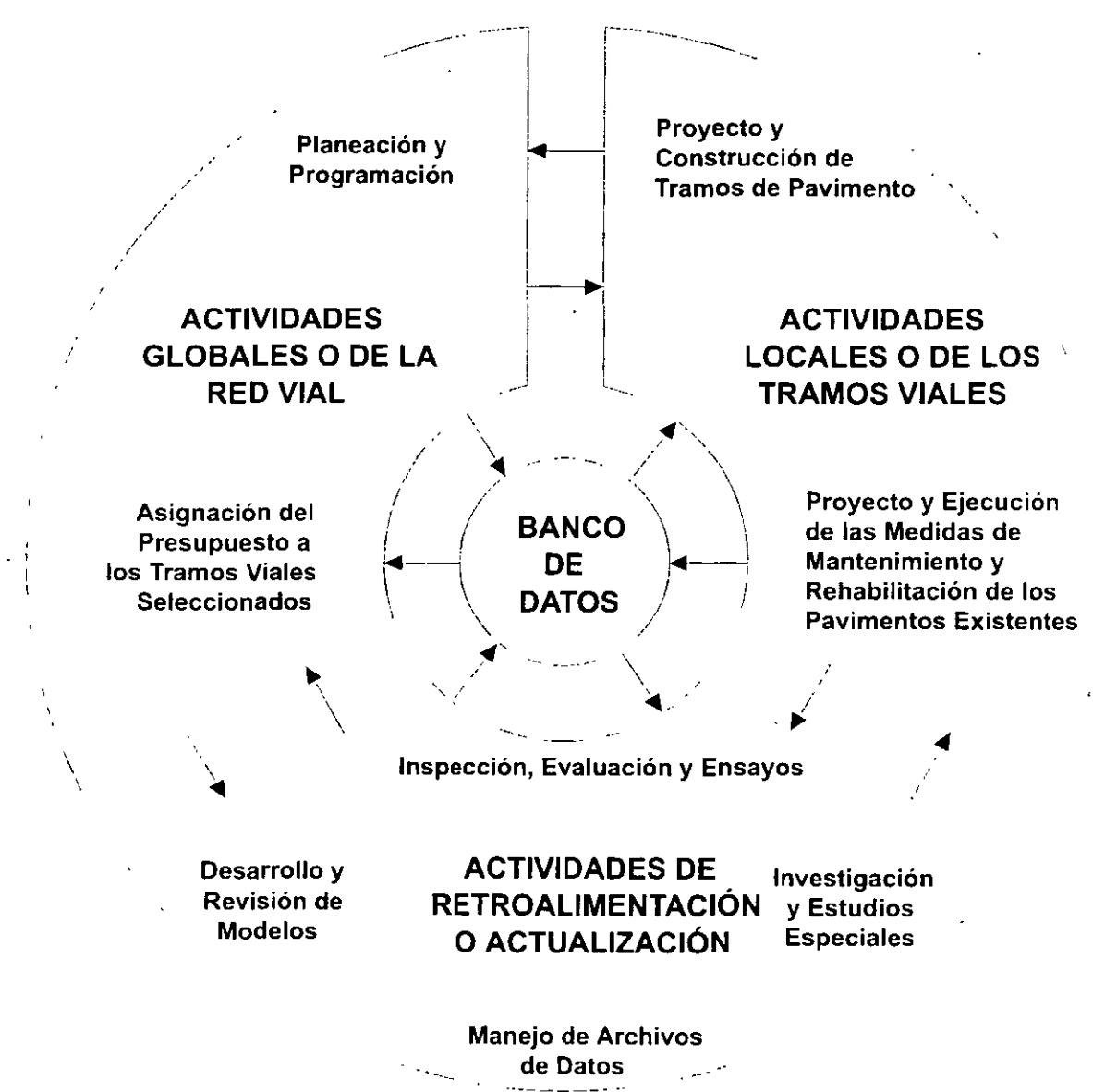
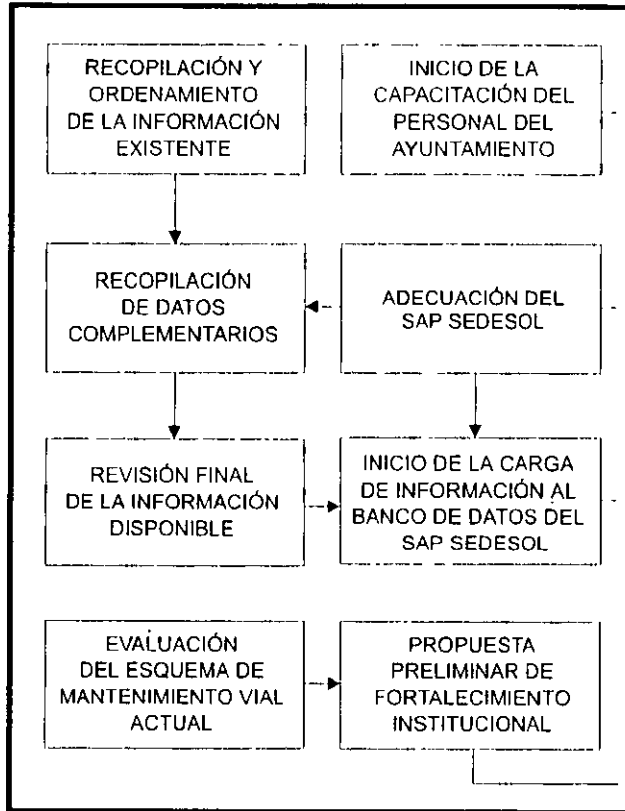


Figura 2. Interrelación de los Grupos de Actividades de un Sistema de Administración de Pavimentos.

ETAPA 1



ETAPA 2

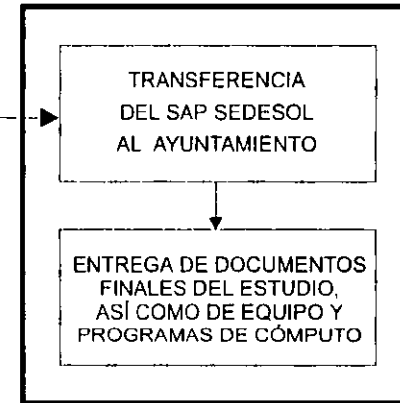
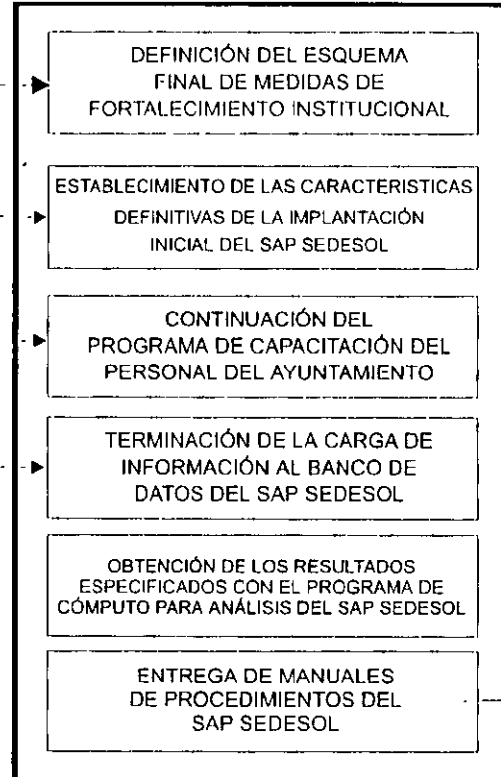


Figura 3. Principales actividades de la implantación inicial del SAP SEDESOL.

626

4

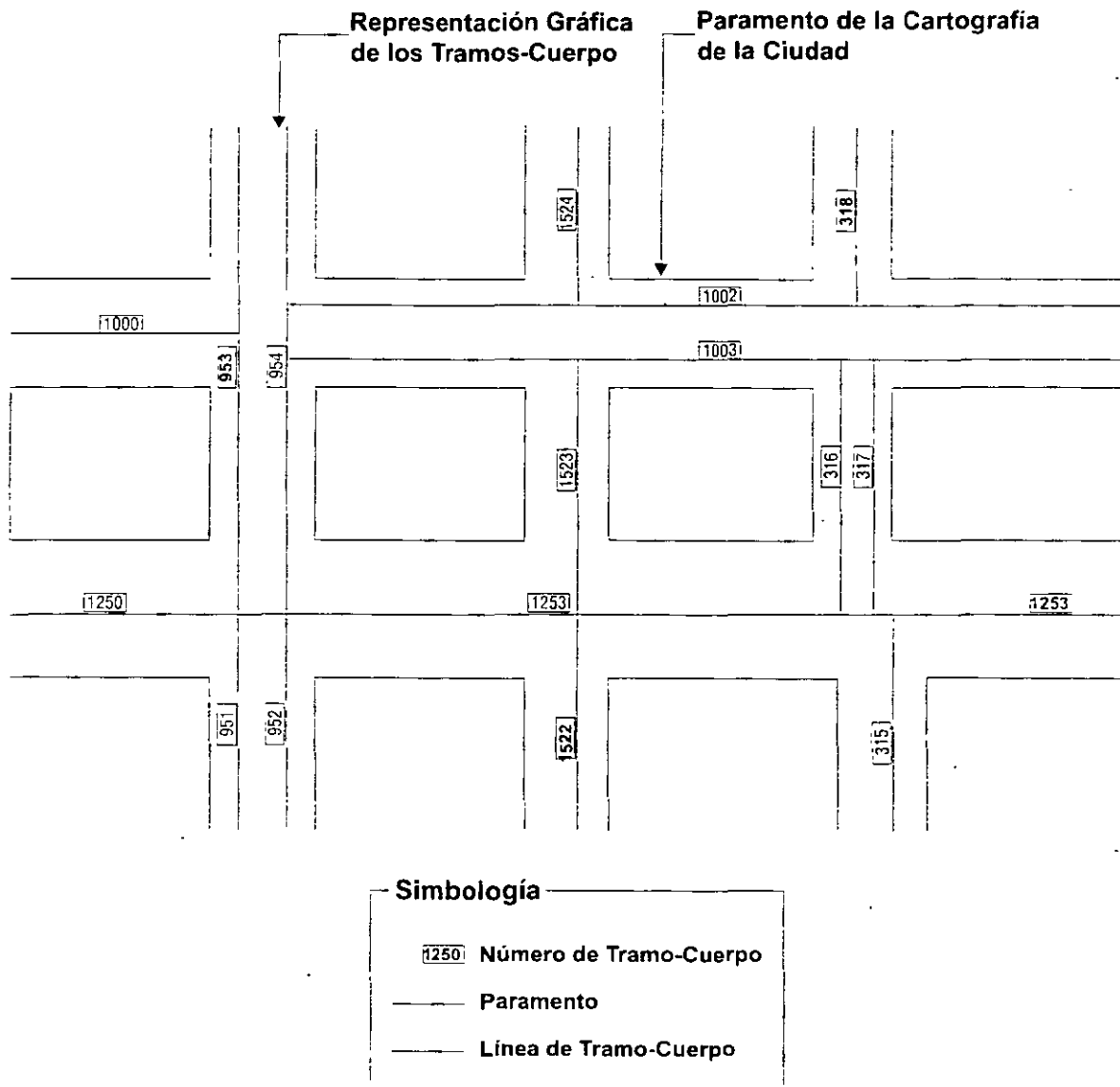


Figura 4. Ejemplo de la representación gráfica de los tramos-cuerpo, a partir de la cartografía de la Ciudad.

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

Criterio: Toda la Red Vial

Superficie Total, 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

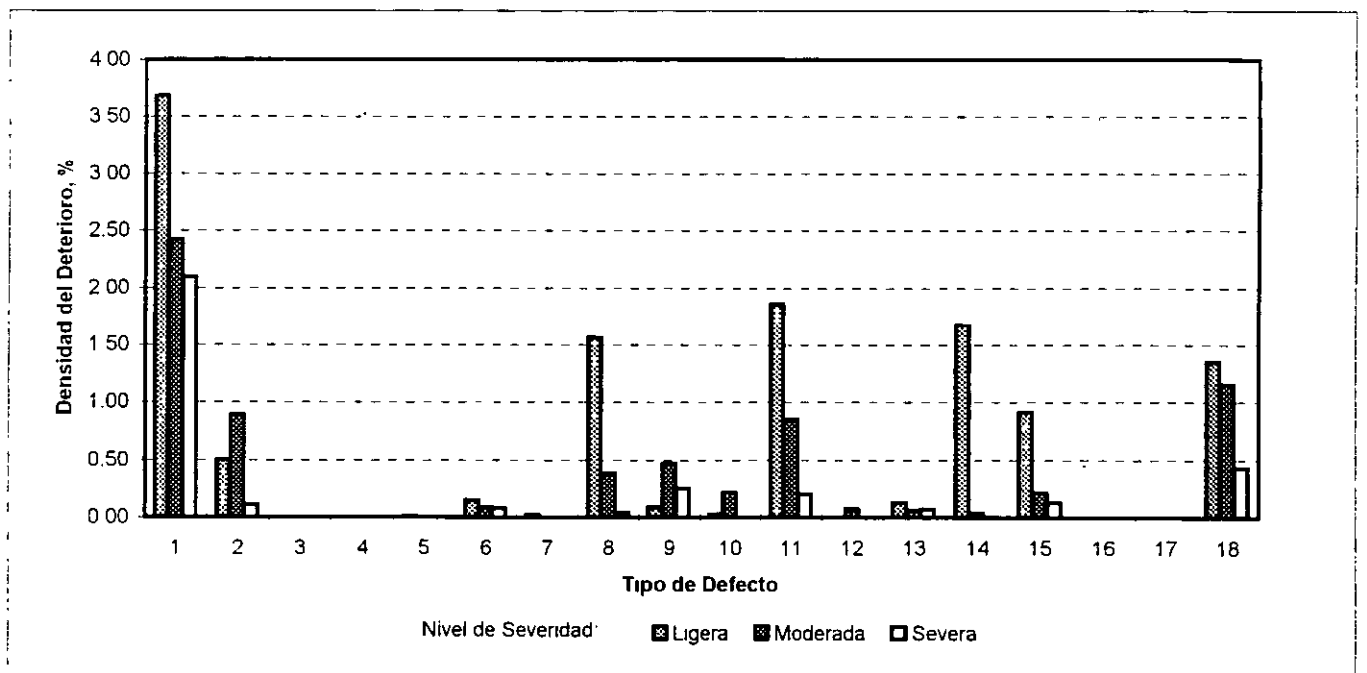


Figura 5. Resumen de los datos de deterioro superficial de los pavimentos asfálticos evaluados en la red vial de la Ciudad de Torreón, Coah., en el año de 1996.

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

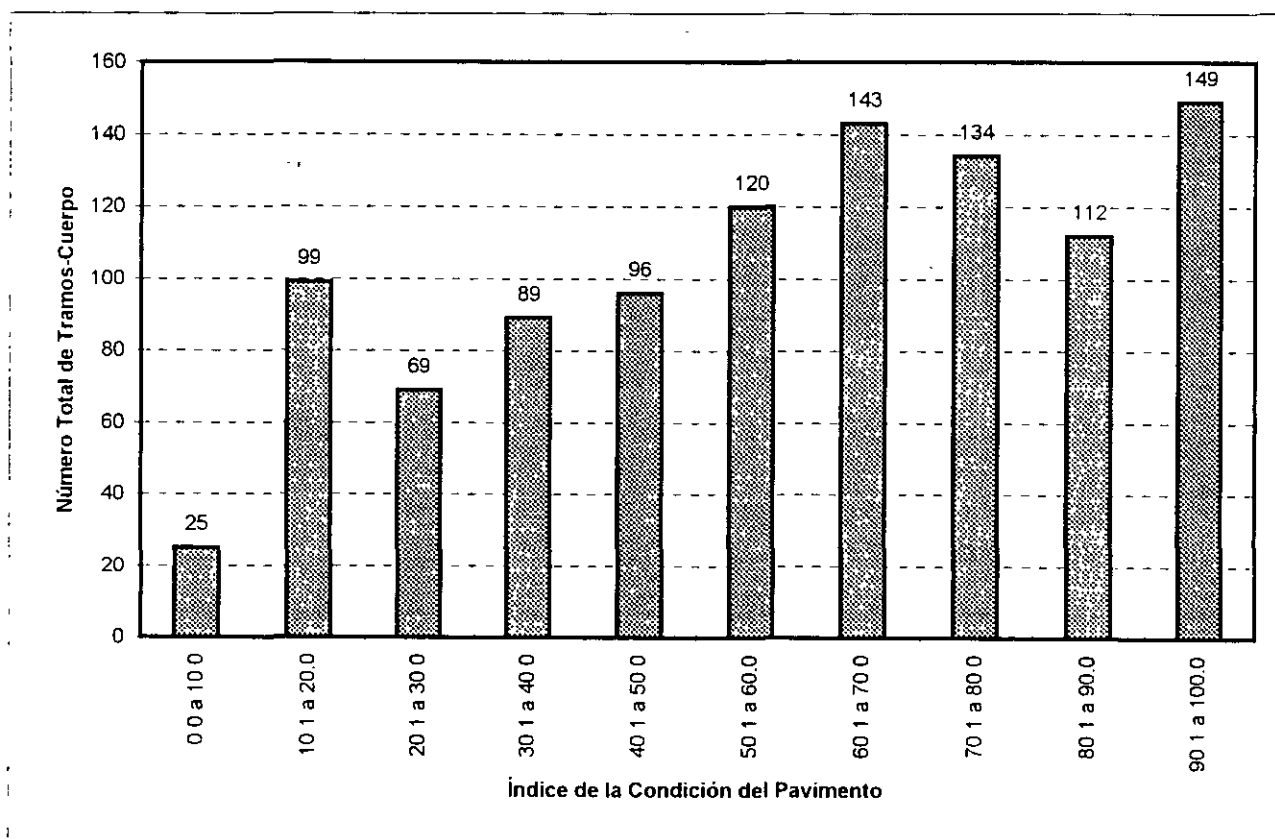


Figura 6. Resumen del Índice de la Condición del Pavimento (ICP) para toda la red vial evaluada en la implantación inicial del SAP SEDESOL en la Ciudad de Torreón, Coah., en el año de 1996

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

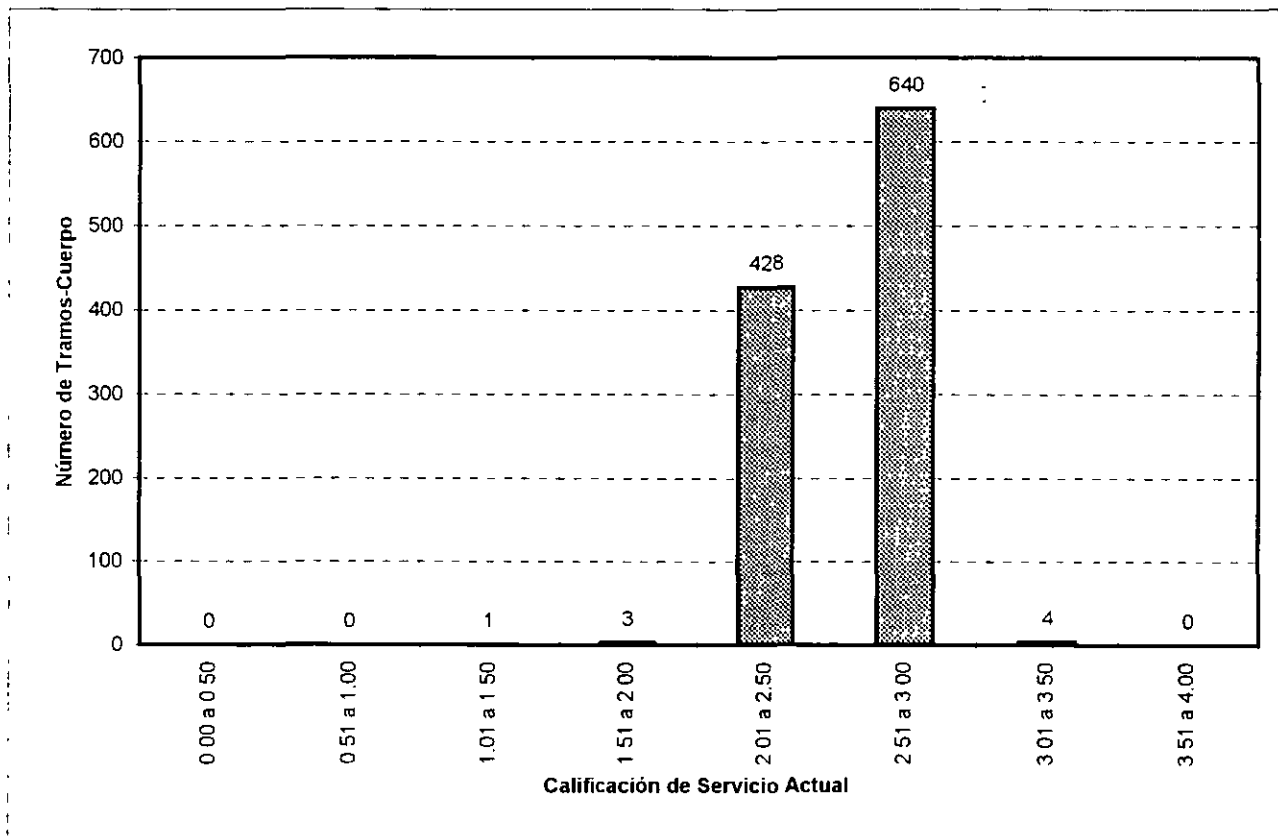


Figura 7. Resumen de la calificación de servicio actual (CSA) obtenida para toda la red vial evaluada en la implantación inicial del SAP SEDESOL en la Ciudad de Torreón, Coah., en el año de 1996.

631

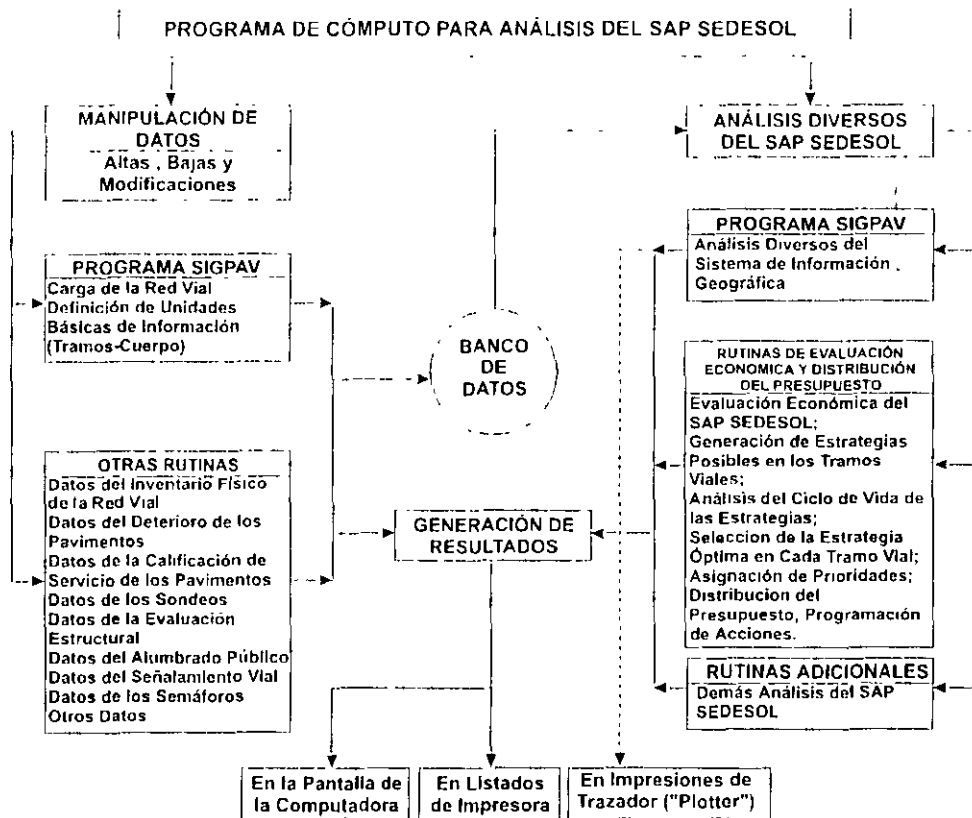


Figura 8. Esquema simplificado de los procesos principales del programa de cómputo para análisis del SAP SEDESOL.

631



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

CURSOS ABIERTOS

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

TEMA:
**ESTRATEGIA DE LA
CONSERVACIÓN DEL SISTEMA
CARRETERO EN MÉXICO: OTROS
SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN
DE PAVIMENTOS**

EXPOSITOR:
ING. GANDHI DURÁN HERNÁNDEZ

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

632



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

CURSOS ABIERTOS

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

TEMA:
**PRÁCTICAS RECOMENDABLES
PARA LA CONSERVACIÓN DE
CARRETERAS ALIMENTADORAS Y
CAMINOS RURALES**

EXPOSITOR:
ING. ALFREDO BONNÍN ARRIETA

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

633



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

CURSOS ABIERTOS

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

INTRODUCCIÓN

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

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JÚLIO, 2001

634



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

CURSOS ABIERTOS

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

TEMA:
**INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS
INTELIGENTES DEL TRANSPORTE**

EXPOSITOR:
ING. ABRAHAM RAMÍREZ SABAG

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

635

INTRODUCCION A LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Por: Ing. Abraham Ramírez Sabag (*)

- 1.- Introducción.
- 2.- Los sistemas inteligentes de transporte.
 - 2.1.- Definición y características.
 - 2.2.- Principales áreas de aplicación.
 - 2.3.- Ejemplo de tecnología requerida.
 - 2.4.- Algunas experiencias en su diseño y operación en el mundo.
 - 2.5.- Ejemplos de soluciones computacionales a problemas viales.
- 3.- Los sistemas inteligentes de transporte y la operación de las autopistas urbanas.
- 4.- Los sistemas inteligentes de transporte y los sistemas de posicionamiento global.
- 5.- Conclusiones.

(*) Investigador Titular del Instituto Mexicano del Transporte
Tel: 55-98-76-10 Ext. 28
55-98-52-18 Ext. 28
55-98-38-63 Ext. 28
Correo Electrónico: Abraham.Ramirez@imt.mx
arsabag@yahoo.com.mx

INTRODUCCION A LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

1.- INTRODUCCION.

En los años recientes se ha hablado mucho del diseño e implantación de Sistemas Inteligentes de Transporte, como solución a los problemas de vialidad y congestión vehicular que se observan tanto en autopistas y carreteras como en zonas urbanas. Sin embargo, las principales características de estos sistemas, por una parte son desconocidas por la mayoría de la población, mientras que por otra, el personal profesional del sector transporte, aun cuando conoce de ellos, en ocasiones ignora sus principales beneficios y suele interpretar un concepto equivocado de los mismos.

Es por ello que, para evitar lo anterior, el presente documento tiene como objetivo principal introducir al lector en el conocimiento del concepto de los **Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)**, de sus características principales, de las experiencias que de ellos se tiene en el mundo y de la factibilidad de su implantación en México, considerando desde luego las experiencias de otros países, pero sin perder de vista que el nuestro es un país único, dadas sus características físicas, sociales, económicas y culturales, por lo que como tal debe buscar las soluciones a sus propios problemas, incluido el del transporte.

No se pretende incluir un estudio exhaustivo, sino solamente introducir al lector en el tema de los Sistemas Inteligentes de Transporte, con el propósito de despertar su interés y dejar abierta la opción, para que los interesados puedan participar en cursos completos y realicen consultas bibliográficas detalladas sobre este tema.

2.- LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE.

2.1.- Definición y principales características.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (*ITS Intelligent Transportation Systems*), se definen como aquellos sistemas que integran la aplicación de sensores avanzados, computadoras, tecnología de comunicaciones y estrategias administrativas para proporcionar información a los usuarios y de los usuarios, para incrementar la vialidad, seguridad y eficiencia de los sistemas de transporte terrestre.

Tienen como función principal proporcionar la información correcta, en el lugar correcto, a las personas correctas y en la hora correcta, sobre la situación que guarda la vialidad de las autopistas y otras vías de comunicación terrestre.

De entre las múltiples características que presentan estos sistemas, podemos señalar, a manera de ejemplo, a las siguientes:

- Ahorran tiempo y reducen las distancias de viajes.
- Ayudan a prevenir accidentes y situaciones de conflicto.
- Recopilan, procesan y proporcionan información para ayudar a los viajeros.
- Proporcionan guías informativas sobre rutas e información de viajes
- Monitorean las condiciones de tráfico y controlan las señales para reducir accidentes y proporcionar prioridad a vehículos que atienden emergencias.
- Detectan incidentes, accidentes y monitorean las condiciones climáticas y ambientales para alertar a los conductores sobre peligros que se presenten adelante en los caminos.
- Proporcionan información a los pasajeros sobre llegadas de autobuses urbanos a las paradas, así como arribos y salidas de trenes en estaciones ferroviarias; y en puertos marítimos y aeropuertos informan sobre llegadas, salidas y en su caso, retrasos.
- Proporcionan llamadas a los servicios de emergencia para que acudan a proporcionar ayuda más rápidamente.
- Reducen el congestionamiento y agilizan el tráfico vehicular.
- Proporcionan información sobre lugares disponibles en estacionamientos públicos.

- Incrementan la eficiencia del transporte y las operaciones de flete.
- Siguen la pista del traslado de bienes peligrosos y mercancía valiosa.
- Proporcionan un incremento en la seguridad y eficiencia de los embarques
- Proporcionan información a los operadores de trenes, pilotos aéreos y conductores de autobuses.
- Ayudan a mejorar la administración de los sistemas de tráfico.

2.2.- Principales áreas de aplicación.

Las aplicaciones de los *ITS* son tan variadas, que se han clasificado en las siguientes áreas de aplicación:

Administración multimodal e información de los usuarios.

- Información regional de los usuarios.
- Administración de autopistas.
- Control de señales de tráfico.
- Administración de tránsito.
- Pago electrónico de peaje en autopistas.
- Pago electrónico de pasajes.
- Administración de incidentes.
- Administración de servicios de emergencia.
- Seguridad en intersecciones carretera-ferrocarril.

Operación de vehículos comerciales.

- Despacho electrónico de vehículos comerciales.
- Monitoreo de seguridad a bordo.
- Proceso administrativo de vehículos comerciales.
- Respuesta a incidentes de materiales peligrosos.
- Administración de mercancías.
- Aplicaciones en cruces de puertos fronterizos.

Control avanzado de vehículos y sistemas de seguridad.

- Sistema para evitar colisiones en la parte posterior.
- Control inteligente de cruce.
- Sistema para evitar colisiones en carreteras.
- Sistema para prevenir colisiones al cambiar de carril o en la unión de ellos.
- Sistema de carretera automatizado.

2.3.- Ejemplo de Tecnología requerida.- Los ITS por sus características tecnológicas, distan mucho de ser fabricados en serie, por el contrario, requieren de estudios técnicos muy detallados y de una infraestructura vial con características particulares, lo que dificulta aún más su diseño e implantación. Podemos señalar que cada población tiene una solución diferente a las demás, veamos a continuación un ejemplo.

La organización nacional de agencias públicas, compañías privadas e instituciones académicas, conjuntamente con la Administración federal de Carreteras, apoyan y promueven el desarrollo ordenado de tecnologías ITS que harán del sistema de transporte de **Montgomery, Maryland, USA**, uno de los más competitivos. Maryland posee uno de los nuevos Sistemas Inteligentes de Transporte, con las tendencias de aplicar tecnologías avanzadas para proveer a la población de servicios de transporte mejorado, cuya tecnología consta principalmente de:

- Seis administraciones del transporte/centros de operación.
- 30 centros de mensajes.
- 900 señales automatizadas de tránsito.
- 220 cámaras de circuito cerrado de televisión.
- 30 estaciones de Radio Consultivas de Carretera.
- Ubicación de vehículos con señales celulares.
- Cablegrafía radio consultiva para carretera.
- Ubicación automática de vehículos para el servicio de autobuses.
- Señales de tránsito para el servicio de autobuses.
- Prioridad de controlar paradas de autobuses en el condado de Montgomery.
- Información de tránsito para cablegrafiar por televisión.

- Video lleno de movimiento desde aeronaves.

2.4.- Algunas experiencias en su diseño y operación en el mundo.

2.4.1.- En los Estados Unidos:

Corredor *Advantage I-75* (de Miami a Toronto).

Condado de Montgomery, Maryland.

Ciudad de Atlanta, Georgia.

Iniciativas modelo para la implantación de ITS:

Nueva York, Nueva Jersey y Connecticut (*TRANSCOM*).

Phoenix, Arizona (*Az Tech*).

San Antonio, Texas (*Transguide*).

Seattle, Washington (*Time Saver*).

Colorado (*CDOT*).

Montgomery (*Maryland*).

En el estado de Texas:

San Antonio (*Transguide*).

Houston (*Trans Star*).

Dallas Fort-Worth (*Trans Vision*).

Próximamente una versión resumida de *Transguide* en:

Laredo.

Mc Allen.

El caso de San Antonio, Texas.

La ciudad de San Antonio, con casi dos millones de habitantes y alrededor de 800,000 vehículos automotores, ofrece uno de los sistemas viales más modernos en el mundo. Se denomina *Transguide*, presenta las características de los llamados sistemas inteligentes de transporte (*ITS Intelligent Transportation Systems*) y es utilizado como el medio ideal para proporcionar información a los usuarios y de los usuarios para incrementar la vialidad, la seguridad y eficiencia de los sistemas de transporte terrestre en la ciudad.

Transguide opera como un sistema de información que permite incluso consultar a cualquier hora del día mediante *Internet*, las condiciones ambientales y de vialidad que ofrecen los sistemas de autopistas que lo componen.

2.4.2.- España (Madrid y Granada).

Madrid.- Con el auxilio de un sofisticado sistema de cómputo, se ha logrado la solución al problema de vialidad a lo largo de 17 km en una de las arterias más importantes de Madrid. La solución se basa en orientar dos carriles de circulación central en uno u otro sentido en función de la hora del día. Ello se logra mediante el funcionamiento electromecánico de mecanismos que regulan el acceso y de señales luminosas en la parte superior que se encienden o apagan dirigiendo el sentido de la circulación. Solamente se dispone de tres entradas o salidas a lo largo de los 17 km; estos carriles son de circulación restringida (para automóviles con más de una persona y autobuses escolares y de pasajeros); su flujo vehicular es monitoreado mediante cámaras y pantallas de video. Los habitantes consideran este sistema como la mejor solución al problema de vialidad.

2.4.3.- En otros países.- Adicionalmente a los ejemplos mostrados, en el mundo existen varios países que han encontrado, muchas veces mediante el desarrollo de su propia tecnología, diversas aplicaciones de los *ITS*, siendo este el caso de Japón, Inglaterra, Francia y Canadá.

2.5.- Ejemplos de soluciones computacionales a problemas viales.

Granada.- Es una pintoresca población española de 200,000 habitantes que es cruzada por algunas carreteras, con calles angostas, que es visitada por muchos turistas que representan una gran población flotante; el problema de vialidad se ha resuelto parcialmente al cerrar algunas calles al tránsito de automotores y convertir la zona céntrica en peatonal; ello mediante la construcción de un anillo circular o periférico y utilizando semáforos computarizados para agilizar el tránsito en horas pico e imponiendo la prohibición de estacionarse en lugares céntricos.

Suiza (Basel) y Holanda (Houten).

En Basel, Suiza y Houten, Holanda, se han adaptado soluciones interesantes. Se ha concientizado a la población en el uso generalizado de la bicicleta como medio ordinario de transporte, las grandes distancias se recorren en tren, el que es abordado por el usuario acompañado de su bicicleta (los trenes disponen de aditamentos para transportarlas sin que estorben a los pasajeros), permitiendo que al bajar del tren se continúe en bicicleta hasta el lugar de destino. A los niños y adolescentes se les enseña desde los primeros años escolares sobre la necesidad del uso de bicicletas, y los centros comerciales tienen estacionamientos y facilidades para dejarlas durante el tiempo en que se realizan las compras. Aunque el uso de bicicletas es generalizado, se complementa con otros medios de transporte.

Se estima que en general no se recorren más de 2.5 km diarios en bicicleta. Estas ciudades desde su diseño, reflejan una vialidad que obliga a los medios de transporte a funcionar en la forma señalada, puesto que ni siquiera existen calles ni avenidas para vehículos automotores en algunas zonas.

3.-LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE Y LA OPERACION DE LAS AUTOPISTAS URBANAS.

Aunque los *ITS* encuentran sus principales aplicaciones como elementos de solución a la problemática que presentan las autopistas urbanas (debido a la carga vehicular adicional que representan algunos viajes locales), también han encontrado en el mundo aplicaciones a lo largo de autopistas suburbanas que recorren grandes distancias, como en caso de la autopista *I-75* que une la ciudad de Miami, en el Sureste de los Estados Unidos, con Toronto en Canadá.

Por la tecnología que manejan, las autopistas para las que se pretende incorporar los *ITS*, deben presentar características que permitan hacerlo, o bien, que mediante modificaciones e inversiones mínimas lo hagan posible.

Como los *ITS* realizan diversas funciones y encuentran múltiples aplicaciones (Capítulo 2.2), es deseable que las autopistas que los incorporen dispongan al menos de la siguiente infraestructura: accesos controlados, varios carriles de circulación en un solo sentido, que los carriles sean lo suficientemente anchos para permitir la circulación de vehículos grandes y pesados, que las intersecciones sean a desnivel y que la circulación vehicular no llegue al grado extremo de la saturación.

Con el objeto de proporcionar un mejor servicio a los usuarios de las autopistas mexicanas, se utiliza ya el denominado sistema *IAVE* (Identificación Automática de Vehículos), para el pago de los servicios de uso de los caminos de cuota, sistema que aun cuando no ha proporcionado los resultados deseados (debido principalmente al poco aforo vehicular, representa un claro ejemplo de lo que nuestro país puede hacer al respecto. Este servicio, utilizado casi exclusivamente por los autobuses de pasajeros, permite pasar por las plazas de cobro sin siquiera detener el vehículo, lo que representa un ahorro de tiempo, en ocasiones muy valioso como cuando se presentan largas filas para pagar en efectivo.

Aunque es deseable y de hecho se estudia la implantación de Sistemas Inteligentes de Transporte en la ciudad de México, hay otras regiones del país para las que también se considera factible su desarrollo e implantación. Veamos a continuación el caso de la ciudad de Querétaro.

La ciudad de Santiago de Querétaro, localizada a 220 km al norte de la ciudad de México, es paso obligado hacia la mayor parte del país, radicando en ello su principal importancia. Conforme al censo poblacional de 1990, el estado de Querétaro contaba con 1,044,000 habitantes, de los que 600,000 vivían en la ciudad del mismo nombre. El padrón vehicular de ese año refleja 90,475 automotores, de los que aproximadamente 70,000 se encuentran registrados en la ciudad de Querétaro, 11,000 en San Juan del Río y los demás en otros lugares.

La importancia de la red ferroviaria de la región, radica en que representa el enlace entre la Ciudad de México y el norte, occidente y noroeste del país. Por este medio se

transporta una gran cantidad de productos que se comercializan a nivel nacional e internacional. Por la región cruzan tres de las principales líneas férreas: la México-Nuevo Laredo, con 1299 km, la México-Ciudad Juárez con 1950 km y la México-Nogales con 2350 km de longitud.

La red carretera de la región se configura radialmente, con centro en la propia ciudad de Querétaro; los ejes carreteros principales son: el tramo Querétaro-San Luis Potosí que comunica hacia el Norte del país y a la principal entrada terrestre a los Estados Unidos (Nuevo Laredo); al Sur con la autopista México-Querétaro, cuya importancia e influencia es obvia; y el tramo Querétaro-Celaya que comunica hacia Guadalajara y la región occidental hasta la frontera noroeste, pero cuyo flujo vehicular ha disminuido a raíz de la inauguración de la autopista México-Guadalajara, que pasa por la ciudad de Toluca. Cabe señalar que todos los tramos referidos forman parte de los principales ejes carreteros nacionales.

La extensión de la red carretera en el estado, en 1990, se constituía por 2375 km. De éstos, 461 (19.6%) representan carreteras federales troncales (58 km de cuota y 403 km libres); además, 37.5 km (1.6%) corresponden al libramiento nororiente, que es autopista concesionada de cuota. De los 461 km, 270 (58.6%) son carreteras de 2 carriles, 141 (30.6%) de 4 carriles y 50 km (10.8%) de seis carriles.

Fuera de la influencia del tránsito urbano generado por la propia ciudad de Querétaro, ocupa el primer sitio la carretera México-Querétaro, con flujos de 27,000 vehículos diarios (datos a 1990), seguida en importancia por la autopista Querétaro-Celaya y la carretera libre Querétaro-San Luis Potosí, con 14,000 y 13,000 vehículos diarios respectivamente, y por la carretera libre Querétaro-Celaya con 4900 vehículos por día.

Se han observado en los tramos anteriores velocidades medias de entre 100 y 120 km/h para automóviles; ello como consecuencia del comportamiento diferente de los conductores, del flujo y de la densidad vehiculares respectivamente. Los caminos estatales han presentado promedios de 80 km/h en el tramo San Juan del Río-

Tequisquiapan y de 75 km/h en la carretera Querétaro-Chichimequillas, habiéndose observado velocidades extremas de 30 y 130 km/h.

No se presentan cambios significativos a lo largo de la semana en las principales carreteras de la región. Hay caminos en los que durante los fines de semana el tránsito disminuye entre 10 y 15%, como en el caso de Querétaro-Chichimequillas y Querétaro-Los Cués (lugar que alberga las instalaciones del Instituto Mexicano del Transporte). Por el contrario, las carreteras hacia los destinos turísticos, ven incrementada su demanda en un 25% durante los fines de semana, como en el caso de la carretera San Juan del Río-Tequisquiapan.

La vialidad en la zona urbana de la ciudad de Querétaro es tal, que no se ve afectado el tránsito local por los vehículos que utilizan las carreteras. El camino desde México prosigue en forma continua hacia Celaya por uno de los lados de un circuito con forma romboidal, cuyo vértice opuesto corresponde a la salida hacia San Luis Potosí. La infraestructura de este circuito permite la circulación continua por ambos lados del rombo, en cuyo interior se localiza prácticamente toda la zona urbana y es accesible desde cualquier punto de la misma, por lo que representa un beneficio adicional para sus pobladores al poder utilizar parte de estos tramos en sus viajes ciudadanos. Una moderna terminal de autobuses localizada en la entrada sur de la ciudad sobre la carretera evita también un problema potencial de vialidad.

En general, puede considerarse que esta ciudad no presenta problemas serios de vialidad comparada con otras ciudades medias, aun cuando pudiera haber pequeños detalles y situaciones factibles de mejorar en el futuro. Se considera que las carreteras que cruzan la ciudad de Querétaro, presentan características que las hacen factibles de ser transformadas en el futuro en *autopistas inteligentes*.

4.- LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE Y LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL.

Utilizados en la aviación desde hace algunas décadas, los sistemas de posicionamiento global (*GPS*) cobran auge en el mundo durante los últimos años. Actualmente se

empiezan a utilizar modesta y discretamente en México, donde se espera alcancen su pleno desarrollo en el futuro inmediato.

Mediante un pequeño dispositivo que puede ser colocado en el techo de un autobús vehículo automotor, es posible enviar y recibir la señal de un sistema de satélites, la cual proporciona permanentemente al operador la posición física de su vehículo (latitud, longitud y altitud). Adicionalmente, desde una central puede rastrearse la ubicación de todos los autobuses que integran una flotilla, proporcionando información sobre la posición que ocupa cada uno de ellos en cualquier parte del mundo, con un grado de precisión tal, que permite ubicar su posición hasta dentro de un metro cuadrado de superficie.

Estos sistemas generalmente son utilizados por razones de seguridad (para evitar el desvío de las rutas originales) y para la asignación de salidas de autobuses locales y foráneos.

Los *GPS* y los *ITS* se relacionan directamente y se complementan para obtener un mejor beneficio, aun cuando pueden funcionar por separado, por las razones comentadas en el Capítulo 2.2, relacionado con las principales áreas de aplicación, particularmente en lo referente a la operación de vehículos comerciales y al control avanzado de vehículos y sistemas de seguridad.

Un ejemplo típico de aplicación de *ITS*, es el que se presenta cuando en cualquier parada de autobús urbano puede apreciarse en un letrero electrónico, el tiempo que va a tardar en pasar el siguiente autobús. Este tiempo se determina automáticamente mediante el sistema de GPS que lleva el autobús, mediante el cual puede en todo momento identificarse su ubicación física y por consiguiente, estimar con base en la distancia y la velocidad, los minutos que le faltan para llegar a cada parada, los cuales son mostrados a los usuarios mediante un letrero electrónico.

5.- CONCLUSIONES.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (*ITS*), cuyo pleno desarrollo se espera durante la primer década del siglo XXI, combinan características tecnológicas de Informática,

comunicaciones e infraestructura del transporte, con el propósito de mejorar la vialidad, seguridad y eficiencia de las vías terrestres de comunicación.

Los *ITS* encuentran sus principales aplicaciones en la administración multimodal y de servicios de información a los usuarios; en la operación de vehículos comerciales y de flotillas; y en el control avanzado de los vehículos automotores incluyendo algunos sistemas de seguridad.

Hasta esta fecha los *ITS* son una realidad en las autopistas de países como los Estados Unidos, Canadá, Japón, España, Francia e Inglaterra e inician operaciones en México, mediante el uso del sistema *IAVE* para el pago de tarifas en caminos de cuota.

Los sistemas de posicionamiento global ya se utilizan en México, aunque se espera su pleno desarrollo y uso generalizado durante los próximos años.

El principal problema para utilizar en México los *ITS* no es de tipo tecnológico, sino de financiamiento (dado que la tecnología es muy costosa) y de modernización de la infraestructura vial disponible.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- **Estudio del sistema de transporte de la región Querétaro, Qro.;** *González J. Hugo y Mayoral G. Emilio;* Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica No. 27; Querétaro, México; 1991.
- 2.- **Los sistemas de información geográfica y el transporte;** *García O. Gabriela y Backoff P. Miguel A.;* Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica No. 32, Querétaro, México; 1992.
- 3.- **Nuevas tecnologías del transporte;** *De Buen R. Oscar;* Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica No. 47; Querétaro, México; 1994.

4.- Control de tráfico por medio de sistemas inteligentes de transporte en la autopista de cuota México-Puebla; *González S. Victor H.*, tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería opción Transporte, en la Facultad de Ingeniería, UNAM; México, 1999.

5.- Informática y Transporte, *Ramírez S. Abraham,* ponencia presentada a estudiantes y maestros de la Especialidad en Vías Terrestres, en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Morelia, Michoacán, México, 1998.

6.- Telematics applications for transport, RTD&D Programme (1994-1998).

7.- Road Transport Research Outlook 2000, Organisation for Economic Co-Operation and Development, OECD (OCDE), Paris, Francia, 1997.

Videocintas:

1.- Transguide consumer video; Texas Department of Transportation, San Antonio District; Texas, USA; 1996.

2.- Building mobility, controlling transportation by planning urban space; Ministry of Transport, Public Works and Water Management; Rotterdam, The Netherlands; 1995.

CURRICULUM VITAE RESUMIDO

ING. ABRAHAM RAMIREZ SABAG.

Ingeniero Civil titulado, egresado de la-Facultad de Ingeniería de la UNAM en 1978.

EXPERIENCIA PROFESIONAL:

Analista de Sistemas en la Dirección General de Ingeniería de Sistemas, de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) de 1978 a 1981.

Jefe del Departamento de Sistemas de Apoyo a la Planeación en la Dir. Gral. de Ingeniería de Sistemas, de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, de 1981 a 1982.

Jefe del Departamento de Sistemas de Desarrollo Urbano y Vivienda en la Dir. Gral. de Organización y Sistemas, de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) de 1983 a 1987.

Subdirector de Procesamiento de Datos y Computación Aplicada en la Dir. Gral. de Recursos Financieros de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de 1987 a 1989.

Especialista de Sistemas en el Multibanco Mercantil de México, de 1989 a 1992.

Jefe del Departamento de Aplicaciones Técnicas de la Coordinación de Informática, en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de 1994 a 1996.

Investigador del Instituto Mexicano del Transporte, de 1996 a la fecha.

EXPERIENCIA ACADÉMICA:

Profesor de **Ingeniería de Sistemas I**, de 1979 a 1984 en la División de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Profesor desde abril de 1979 a marzo de 1999, habiendo impartido diversas asignaturas a nivel licenciatura sobre **Informática, Proceso de Datos, Matemáticas y Estadística**, en la Universidad Iberoamericana, Universidad La Salle, Universidad Latinoamericana, Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Xochimilco) y Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM.

Profesor de **Informática Aplicada**, de agosto de 1999 a la fecha, en la *Especialización en Puentes*, en la Escuela Profesional de Estudios profesionales Aragón, UNAM.

Expositor de los cursos **Informática para Ejecutivos** en la División de Educación Continua de la Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM y **Planeación del Transporte en México**, en la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM; esta última dirigida a un grupo de profesores y alumnos de posgrado en Vías Terrestres de la Universidad de Cauca, en Popayán, Colombia, durante su visita a México en 1997 y 1998.

Impartición de varios cursos sobre Informática a personal de las Secretarías de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, de Desarrollo Urbano y Ecología, y de Comunicaciones y Transportes.

ACTIVIDADES DIVERSAS

Representante de la División de Ingeniería Civil en la **Unidad de Planeación** de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, de 1979 a 1984.

Representante del **Instituto Mexicano del Transporte** en el Grupo Intersectorial de Capacitación y Educación Vial.

Publicaciones diversas en revistas técnicas relacionadas con la Informática y el Transporte.

Asesoría de tesis profesionales de licenciatura y posgrado, de varias universidades del país relacionadas con el transporte.

Presentación de varias ponencias en foros nacionales en la Ciudad de México, en Centros estatales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y en universidades del interior del país, sobre **Informática, Transporte, Medio Ambiente y Planeación**, algunas de ellas dirigidas a estudiantes y maestros de estudios de posgrado relacionados con los Sistemas de Transporte.

Administración y control del presupuesto anual asignado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, como apoyo económico a becarios, para la realización de estudios de posgrado sobre transporte en universidades del país y del extranjero.

Apoyo a la revisión técnica y gramatical de las publicaciones editadas por el Instituto Mexicano del Transporte.

PROYECTOS DESARROLLADOS PARA EL INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE:

- Desarrollo conceptual de un sistema de información sobre accidentes viales.
- Informática Aplicada a las Vías Terrestres.
- Informática y Transporte.
- Resumen sobre planeación de los sistemas de transporte y su importancia.
- Participación de los puertos mexicanos en los sistemas de transporte nacionales.



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

DIPLOMADO EN PROYECTO,
CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN
DE CARRETERAS

TEMA:
**ADMINISTRACIÓN DE
AUTOPISTAS.
SISTEMAS DE SUPERVISIÓN Y
CONTROL DE CALIDAD DURANTE
LA CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN
DE AUTOPISTAS**

EXPOSITORES:
**ING. JOSÉ ARIAS DUFOURCQ
ING. ENRIQUE ACEVEDO LÓPEZ**

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

652

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 - Yerbanis - 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 el rescate resultó más favorable para los bancos acreditantes, ya que de alguna forma esta decisión les resolvió en gran medida su grave problema de cartera vencida.

Respecto al futuro inmediato de las Autopistas rescatadas, ahora en manos de un fideicomiso de BANOBRAS, se prevé que mantendrá una política encaminada a reducir las tarifas, con descuentos o promociones llevadas a un límite que permita por un lado el incremento de aforos y por otro contar con disponibilidad de recursos propios para cubrir a corto plazo la operación y la conservación y a mediano plazo el mantenimiento menor o mayor que preserve la red en óptimas condiciones.

De cualquier manera los nuevos operadores de las autopistas, sean contratados u organismos públicos, deberán buscar el implantar esquemas novedosos, tanto financieros como operativos, con metas tales como prestar servicios de calidad y alcanzar niveles de excelencia en su organización, en donde jugará un papel importante la adecuada supervisión y control de calidad que prevea no caer en nuevas condiciones deficitarias.

II.- La Empresa Operadora de Autopistas.

El carácter empresarial de una Operadora de Autopista contratada, la lleva a incluir entre sus principales objetivos los siguientes.

- Cumplimiento de las leyes establecidas en la constitución, así como de los reglamentos y estatutos que rigen sus actividades.
- Cumplimiento de las obligaciones contractuales adquiridas, en este caso lo señalado en los títulos de concesión.
- Logro de manera lícita, del máximo rendimiento para la inversión de sus accionistas y propietarios.
- Promocionar el desarrollo y la capacitación de su personal, acorde a los lineamientos de las leyes en materia laboral a la mayor escala posible, en busca de un beneficio mutuo.

En su papel de Concesionaria del Gobierno Federal, la empresa responsable de la operación debe responsabilizarse de cumplir con lo señalado por la Ley Federal de Vías Generales de Comunicación y con las condiciones estipuladas en el Título de Concesión que a la letra menciona:

Prestar permanentemente bajo condiciones controladas, un servicio de vía alterna sobre la carretera libre, que ofrezca a las personas, para su traslado, mejores condiciones de seguridad, rapidez, comodidad y economía, a cambio de una cuota de peaje.

Sin olvidar que son las leyes de mercado las que determinan el éxito de sus metas, por lo que deberá ofrecer un servicio de calidad al público en general, a través de su producto que en este caso resulta la Autopista.

El éxito de las empresas no solo es resultado de factores internos como la calidad de la organización y su capacidad técnica administrativa, deben sumarse a estos la influencia de factores externos como son el nivel de competencia, las condiciones financieras y el desarrollo socioeconómico de la población en general.

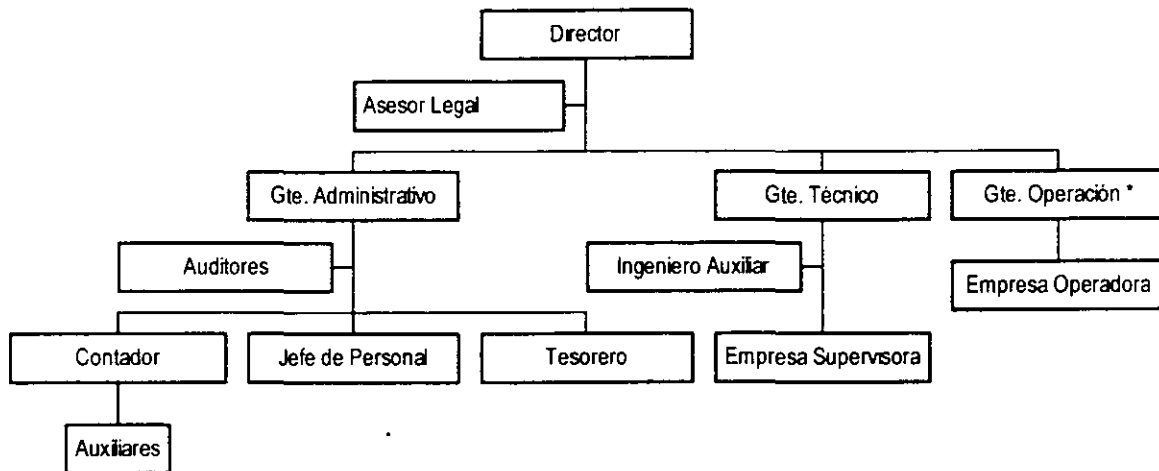
Al hablar de competencia sobre las autopistas, nos referimos a diversas formas, entre las que podemos señalar:

- En recorridos de mucha longitud, la alternativa para el usuario de preferir otros tramos parciales de Autopista que resulten más atractivos, principalmente por tarifas más económicas.
- Tramos alternos de carretera libre, contra los cuales las ventajas de utilizar la Autopista no justifican el costo de la tarifa del peaje.
- Tramos alternos de carretera libre que resulten paralelos al tramo de Autopista, y que cuenten con mayores ventajas de abastecimientos y servicios.
- Tramos alternos de carretera libre con muy poco tránsito.
- Tramos alternos de carretera libre recientemente reparados, modernizados o con pavimento en muy buenas condiciones físicas.
- Un caso muy especial de competencia lo representa la falsificación de boletos apócrifos, que se da entre transportistas o empresas, como forma de desvío de los gastos para peajes o con fines de evasión fiscal.

Esta última situación se ha venido dando con mucha frecuencia desde hace mucho tiempo, a través de organizaciones que cuentan con tecnología muy avanzada en sistemas de copiado, sin que las autoridades correspondientes hagan mayores esfuerzos por acabar con este tipo de giros delictivos.

Ante estas condiciones de competencia, las empresas operadoras están obligadas a reducir sus costos mediante la explotación de avances tecnológicos, a través de una mayor eficiencia en la utilización de sus recursos, con la implementación de

Los modelos de organigrama para una empresa concesionaria con sus departamentos de operación, conservación y mantenimiento; se indican en la figura 3.1



Las principales funciones y responsabilidades de los elementos que participan en la organización son los siguientes.

DIRECTOR GENERAL.

- Representa a la empresa ante organismos oficiales y privados.
- Define, establece y adecúa las políticas generales de la empresa.
- Desarrolla, implementa y controla los procedimientos técnicos, financieros y administrativos de la organización.
- Es responsable del cumplimiento de los compromisos adquiridos por la empresa.
- Coordina las funciones de personal subalterno.
- Busca la adecuada rentabilidad de la empresa.
- Promueve el continuo desarrollo y crecimiento de la organización.
- Reporta periódicamente al consejo de administración de la empresa sobre los resultados alcanzados.

GERENTE DE OPERACIÓN.

- Responsable del correcto funcionamiento técnico, administrativo y legal de la empresa, destinada a la operación, la conservación, el mantenimiento y la explotación de los bienes concesionados.
- Representa localmente a la empresa concesionaria.
- Vigila en nombre de la concesionaria, el cumplimiento de todas las responsabilidades que le señala el Título de Concesión.
- Implanta y coordina los sistemas operativos acordados con la Dirección de la empresa.
- Atiende y dá cumplimiento a las disposiciones de la Dirección General de la empresa Concesionaria.
- Coordina los señalamientos hechos por autoridades, en concordancia con las políticas y procedimientos de la organización.
- Define, implanta, coordina, controla y mejora los sistemas y procedimientos técnico - administrativos, para la correcta, eficiente y segura operación de las instalaciones de la Autopista.
- Define las estrategias y desarrolla los programas de conservación y mantenimiento de la Autopista, que preserven la durabilidad, funcionalidad, seguridad e imagen de las instalaciones.
- Coordina las funciones del personal subordinado.
- Administra los recursos asignados.
- Lleva a cabo labores de Relaciones Públicas de la empresa operadora y promueve el continuo desarrollo y crecimiento de su organización.
- Informa periódicamente a la Dirección de la empresa, sobre los resultados de la operación, conservación, mantenimiento y administración de la empresa operadora.
- Coordina acciones y requerimientos con otros departamentos de la empresa concesionaria, de acuerdo con lo señalado por la Dirección Gral.
- Implementa, desarrolla, coordina e informa sobre los programas y estudios especiales.

GERENTE TECNICO.

- Atiende y da cumplimiento a las disposiciones que en materia técnica le señale la Dirección General de la empresa Concesionaria.
- Vigila internamente el cumplimiento de las normas y disposiciones técnicas, señaladas en el Título de Concesión.
- Atiende las relaciones con autoridades y organismos involucrados técnicamente en la operación, conservación y explotación de la concesión.
- Coordina el cumplimiento de las disposiciones oficiales, en materia de seguimiento sobre las acciones de operación, conservación, mantenimiento y explotación de la Autopista.
- Desarrolla los sistemas de control sobre la operación, conservación y mantenimiento.
- Maneja la política tarifaria.
- Desarrolla y coordina los programas y estudios especiales, que requiera la concesión.
- Coordina la investigación, promoción y desarrollo de nuevos proyectos.
- Coordina las acciones desarrolladas por la empresa contratada para la supervisión y control de calidad, en la operación, conservación y mantenimiento de la autopista.
- Informa a la Dirección sobre los aspectos técnicos de la operación, conservación y mantenimiento de la concesión.

GERENTE ADMINISTRATIVO.

- Atiende las disposiciones que en materia administrativa determine la Dirección General.
- Vigila el cumplimiento de los aspectos administrativos y legales señalados en el Título de Concesión y los establecidos en el fideicomiso.
- Atiende las disposiciones legales, fiscales y administrativas, dictadas por las autoridades en la materia.
- Administra el patrimonio y los recursos de la empresa concesionaria.
- Establece las estrategias administrativas y financieras más convenientes para la organización.
- Diseña, implanta, coordina, controla y mejora los sistemas y procedimientos de tesorería, finanzas, contabilidad, recursos humanos, recursos materiales, legales, fiscales, de auditoría y de relaciones públicas.
- Coordina las funciones del personal subordinado.
- Vigila y controla los sistemas sobre manejo de efectivo.
- Promueve el continuo desarrollo y crecimiento de su organización.
- Informa a la Dirección General, al Fideicomiso y a la autoridad sobre los aspectos administrativos.

ABOGADO.

- Atiende y da cumplimiento a las disposiciones que en materia legal determine la Dirección General de la empresa Concesionaria.
- Asesora a la Dirección General y Gerencias de la empresa, sobre aspectos de normatividad.
- Atiende ante tribunales y autoridades, los requerimientos legales hechos a la organización.
- Defiende legalmente los intereses de la empresa.
- Elabora y sanciona los contratos con autoridades, organismos y empresas; relacionados con la Concesión, su operación, conservación, mantenimiento y administración.
- Mantiene informado y actualizado al personal directivo, en materia de disposiciones legales.
- Realiza estudios especiales que le solicite la Dirección General.
- Informa periódicamente sobre sus actividades, a la Dirección General.

SUPERVISOR.

En este caso las funciones se refieren a las desarrolladas por una empresa contratada para realizar la Supervisión y el Control de Calidad.

- Atiende y da cumplimiento a las indicaciones de la empresa concesionaria.
- Diseña, implanta, controla y mejora los sistemas y procedimientos de supervisión.
- Coordina las funciones de su personal subordinado.
- Coordina con la empresa operadora, actividades de planeación, programación, adiestramiento, evaluación, vigilancia, control, mejoramiento, seguridad y comunicación; relacionadas con la operación, conservación y mantenimiento de la concesión.
- Asesora al personal de la concesionaria y de la empresa operadora, sobre aspectos técnicos relacionados con la normatividad y ejecución de labores relacionados con la conservación y el mantenimiento.
- Informa periódicamente a la concesionaria y a la empresa operadora, sobre la evolución del estado físico de los distintos elementos constitutivos de la autopista.
- Informa periódicamente a la concesionaria sobre los avances y desarrollo de actividades de conservación y mantenimiento, efectuadas por la empresa operadora.
- Atiende las solicitudes de estudios especiales y evaluaciones de carácter técnico, hechas por la concesionaria.
- Informa periódicamente al comité técnico del fideicomiso, sobre las actividades desarrolladas en la supervisión.
- Lleva el historial de las labores realizadas, indicando los sitios donde se presenten condiciones de problemas técnicos.
- Atiende la administración de su personal y necesidades de recursos para la supervisión.

En el caso de las Autopistas Concesionadas, la parte operativa, se ha manejado mediante la contratación de empresas operadoras que cuentan con recursos propios y mantienen condiciones de locales. La descripción de las funciones de su personal es la siguiente:

GERENTE GENERAL.

Sus funciones son las señaladas en la organización de la empresa concesionaria, para el Gerente de Operación.

GERENTE ADMINISTRATIVO.

- Atiende las disposiciones que en materia administrativa determine la Gerencia General.
- Vigila localmente el cumplimiento de los aspectos administrativos y legales, dispuestos por las leyes y el Título de Concesión.
- Administra el patrimonio y los recursos asignados, sean estos propios de la empresa operadora o de la concesionaria.
- Establece las estrategias, sistemas y procedimientos administrativo-financieros de su organización.
- Atiende las funciones de tesorería, finanzas, contabilidad, recursos humanos, recursos materiales, legal, fiscal y de auditoría interna.
- Vigila y controla los sistemas para manejo de efectivo.
- Promueve el continuo desarrollo y crecimiento de su organización.
- Informa y asesora a la Gerencia General, sobre aspectos administrativos.

GERENTE DE MANTENIMIENTO.

- Atiende las disposiciones que con relación a la conservación y el mantenimiento de los bienes concesionados, determine la Gerencia General.
- Diseña, implanta, coordina, supervisa, controla y mejora los sistemas, procedimientos y estrategias de la conservación y mantenimiento.
- Formula los presupuestos anuales y mensuales para los trabajos a desarrollar de conservación y mantenimiento.
- Responde del uso adecuado y la preservación de las herramientas y equipos asignados a su área para la ejecución de las labores.
- Coordina con la Gerencia administrativa, la contratación y capacitación del personal de su departamento.
- Coordina con la Gerencia administrativa, las adquisiciones necesarias y las contrataciones de bienes y servicios para su área de trabajo.
- Atiende con los elementos a su disposición, situaciones de emergencia que se presenten, ocasionadas por accidentes, condiciones meteorológicas adversas o imprevistos.
- Promueve el continuo desarrollo y capacitación del personal a su cargo.
- Da cumplimiento a los requerimientos de la SCT, señalados en el Título de Concesión como son programas y normas de conservación y mantenimiento.
- Informa periódicamente a la Gerencia, sobre las actividades desarrolladas y los avances logrados en su departamento.

JEFES DE CASETA.

- Aplican las disposiciones que le señala la Gerencia General.
- Responden por la continuidad en el funcionamiento de la autopista.
- Vigilan la correcta operación y buen estado de las instalaciones.
- Responden por la preservación y correcto funcionamiento de los bienes y recursos de la empresa, destinados a su servicio.
- Coordinan las funciones del personal subordinado.
- Coordinan las actividades de conservación y mantenimiento que realice el Departamento de Mantenimiento en su tramo, así como los servicios contratados con terceros.
- Vigilan el correcto manejo de los ingresos.

- Informan diariamente a la Gerencia General y al Departamento Administrativo, sobre las operaciones realizadas.
- Atienden en su tramo, las solicitudes de usuarios en materia de información, auxilio vial, seguridad, etc.
- Coordinan labores de auxilio en caso de accidentes.
- Coordinan labores de asistencia a otros organismos como son policías, aseguradoras, ángeles verdes, ejercito, etc.
- Promueven la capacitación y desarrollo del personal asignado.

JEFE DE SERVICIOS INTERNOS.

- Aplica las disposiciones que le señale la Gerencia Administrativa.
- Coordina con la Gerencia Administrativa, las actividades de administración en materia de recursos humanos y recursos materiales de las casetas.
- Auxilia a la Gerencia Administrativa, en labores de control, respecto a los ingresos generados en las casetas.
- Atiende las necesidades materiales y de servicios generales de la empresa.
- Informa periódicamente al Gerente Administrativo, sobre sus labores desarrolladas.

III.- Funcionamiento operacional de una Autopista.

Para permitir que los vehículos puedan desarrollar velocidades óptimas, deben circular por vías que garanticen un traslado fácil cómodo, confiable y seguro; tanto para los ocupantes, como para el vehículo y los productos que transporte. Logrando de esta manera un ahorro en la economía del usuario al disminuir los costos de operación, el tiempo de recorrido y los riesgos. Para alcanzar esta condición es de gran importancia que la operación y la conservación de la Autopista se cumplan de manera adecuada.

Se entiende por operación de las Autopistas de Cuota, al conjunto de actividades que permiten ofrecer al usuario la opción de transitar por la ruta con seguridad y comodidad, utilizando servicios y facilidades instalados a lo largo del recorrido, aunadas a otras actividades de carácter administrativo, ligadas a la cuota de peaje que se cobrará al usuario por la utilización de la autopista.

Para facilidad en la descripción de las actividades desarrolladas durante la operación de la Autopista, podemos clasificar estas en los grupos:

1. Vigilancia y control.
2. Cobranza.
3. Servicios.
4. Administrativas.
5. Legales.
6. Investigación y desarrollo.
7. Conservación y mantenimiento.
8. Promoción y comercialización.

Una breve descripción de las acciones realizadas en cada uno de estos grupos sería la siguiente:

1. Vigilancia y control.

La seguridad del usuario se da en la medida que se cumplen y respetan las normas establecidas, las cuales podemos clasificar en las relativas al camino y aquellas otras que corresponden al vehículo.

En el caso de las primeras, el camino debe permanecer libre de obstáculos, en buenas condiciones físicas, bien señalado, 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 Secretaría 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 sobreexplotación y la ocupación de espacios donde se tiene proyectadas ampliaciones a futuro. En todos los casos que se presente la ocupación del Derecho de Vía, la empresa operadora es la responsable ante la autoridad por el incumplimiento de lo establecido en los procedimientos antes descritos, cuando no lo notifique oportunamente a la S.C.T.

El Título de concesión otorga a la empresa concesionaria los derechos de la explotación del Derecho de Vía, hasta por un periodo de dos años mas allá del plazo de concesión. Existen una serie de instalaciones que han venido utilizando parte de estos terrenos como son: líneas de fibra óptica para telefonía, Instalaciones de PEMEX, de C.F.E., de Telmex, de C.N.A., así como algunas obras municipales de agua potable. En estos casos, corresponde a la empresa operadora la vigilancia y control de trabajos de mantenimiento a lo largo de las mismas.

4. Administrativas.

Se tratarán con amplitud en el capítulo V.

5. Legales.

Desde el punto de vista legal, la empresa operadora, debe atender una serie de responsabilidades ligadas a su papel de representante en el sitio del concesionario.

Los aspectos legales en los que normalmente interviene la empresa operadora son entre otros: demandas laborales del personal contratado o de subcontratistas ligados con trabajos de conservación y mantenimiento; demandas de usuarios, generalmente asociadas con accidentes; acciones judiciales relacionadas con actos de vandalismo, seguimiento de acciones en la procuración de justicia cuando el afectado es incluso la propia empresa operadora; demanda de procuración de justicia en casos de incumplimiento de contrato de usuarios,

proveedores y subcontratistas: seguimiento de acciones en demandas levantadas por afectaciones a la libre circulación por la Autopista (marchas y manifestaciones) o por daños a los elementos de la autopista, etc.

En casos especiales la empresa se ha visto involucrada en acciones de la autoridad ante terceros, cuando es la Autopista el escenario de delitos o detenciones.

En los casos de accidentes ocurridos en las Autopistas, se cuenta con pólizas de seguros que cubren la responsabilidad civil del usuario por daños a terceros así como los gastos médicos de ocupantes lesionados y los gastos funerarios cuando hay decesos.

Algunas Autopistas cuentan además con pólizas que las protegen en caso de siniestros tales como terremoto, incendio o colisión por daños en elementos tales como puentes, estaciones de peaje y otras estructuras importantes.

Otro caso de póliza de seguro contratada, es aquella que brinda protección en caso de asalto ó robo de efectivo.

Algunos activos de la operadora cuentan con seguros específicos, como es el caso de equipo electrónico de peaje, vehículos y maquinaria.

En algunos casos, se cuenta con seguros de gastos médicos o de vida, a favor de personal con mayor jerarquía, que más bien forman parte de prestaciones especiales otorgadas por las empresas.

6. Investigación y desarrollo.

La calidad del personal y su desarrollo dentro de la organización, es una política de inversión, que mantienen las empresas cuando tienen visión de crecimiento y competitividad, o bien cuando las facilidades para la contratación de personal se tornan difíciles.

La mayor parte de las empresas operadoras de Autopistas, tienen en diferente grado, problemas de alta rotación de personal por condiciones de trabajo adversas, de alto riesgo o con poco atractivo para el trabajador; lo que las obliga a incrementar sus costos en capacitación.

El personal de conservación y los cobradores de casetas, son aquellas categorías en donde se presenta con mayor frecuencia la deserción periódica.

En algunos sitios el remplazo de este personal no representa mayores dificultades, debido a la abundancia de oferta y por las condiciones económicas de la región, sin embargo en otros casos este problema se agrava ante la escasez y es necesaria la transportación desde grandes distancias.

Al laborarse los 365 días del año, es importante tomar en consideración que el número de empleados que llegan a cubrir un puesto, como puede ser el de cobrador, llega a ser hasta de 6, tomando en consideración los reemplazos por rotación y ausentismo. Esto es importante porque en ocasiones pueden presentarse momentos pico en el tránsito y coincidir con ausencias en puestos clave como es el de la cobranza.

Otras actividades de desarrollo ejecutadas por las empresas operadoras, están relacionadas con el estudio del mercado, los niveles de competencia, las preferencias de los usuarios, análisis estadísticos de aforos, análisis e investigación de estrategias tarifarias, promociones, estudios sobre siniestralidad, análisis de costos del transporte, análisis de costos de operación,

7. Conservación y Mantenimiento.

La empresa operadora además de las labores hasta aquí descritas, tiene bajo su responsabilidad la ejecución de los trabajos de conservación rutinaria, mantenimiento preventivo y correctivo.

Para ello se apoya en la Gerencia de Mantenimiento, la cual como más adelante se describe, realiza las acciones de evaluación, programación, conservación y control sobre los trabajos por ejecutar.

En el inciso 1 del capítulo III de estas notas, se describen con mayor detalle los elementos y las actividades que desarrolla el personal de conservación y mantenimiento, sin embargo se hace mención de estos, ya que en alguna forma son parte de los trabajos ejecutados para cumplir con la función de operación que se describe en la definición de operación.

La utilización de las autopistas desde los inicios del Programa Nacional de Autopistas hasta la fecha, ha mostrado una tendencia al crecimiento, muy relacionada con la evolución de las condiciones económicas del país, sin embargo no deja de influir en la preferencia del usuario, el conocimiento de las ventajas que ofrecen estas vías de comunicación sobre su alterna libre, algo que llamamos "Cultura de las Autopistas".

Existe un punto en el que el usuario acepta pagar el sobrecosto que representa el peaje, el cual se da en el momento que reconoce el valor de los servicios, la seguridad y la comodidad. Este costo que en la práctica es difícil de precisar, responde a factores de tipo personal, ya que en la realidad existe en nuestra sociedad una actitud muy especial con respecto a la teoría del valor, como puede ser que un automovilista no acepte pagar una tarifa de 100 o 200 pesos cuando se dirige a destinos en los que gastará cantidades muy superiores en servicios de menor importancia o consumos innecesarios.

Ante la situación anterior es sobre la cual el personal de la operadora, dirige sus esfuerzos a fin de desarrollar campañas promocionales que "vendan" el servicio que las autopistas ofrecen.

En el caso de empresas o usuarios frecuentes, la operadora trabaja en la determinación de los costos en que incurren sus vehículos, al transitar por vías alternas a fin de establecer estrategias de comercialización que interesen al cliente potencial mediante descuentos y promociones a cambio de garantizar un mayor número de pasadas que compensen los descuentos negociados, ganando ambas partes por los beneficios alcanzados.

III.1.- Programas de Operación.

Como se menciona anteriormente, cuando se circula por Autopistas, el peaje correspondiente incrementa los costos del usuario, sin embargo este importe adicional siempre deberá resultar favorable en la medida de la reducción de otros costos que se logren al transitar por una Autopista.

Los organismos y empresas concesionarias de Autopistas, buscan en sus programas de operación, reducir los costos de la transportación, por medio de estrategias de mantener un buen nivel en el Índice de Servicio, así como mediante esquemas promocionales que reduzcan las cuotas del peaje en la medida de las posibilidades.

Para alcanzar estas metas, es importante contar con sistemas de operación que se adecuen a las condiciones de cada tramo del sistema carretero, aunado a mecanismos dinámicos de control, que identifiquen oportunamente las desviaciones y permitan aplicar medidas correctivas.

Para llegar a este esquema se debe partir de un principio en el que la organización misma, defina claramente sus objetivos, estrategias, políticas, procedimientos, normas, responsabilidades y sistemas de evaluación.

Con motivo de aforos muy por abajo del punto de equilibrio, en algunas Autopistas, no se cuenta con ingresos suficientes, no digamos para cumplir con compromisos financieros, estos no alcanzan ni para cubrir los gastos de una operación y conservación adecuada, ni para implementar mejores servicios al usuario.

En el caso de los tramos poco rentables en donde el concesionario mantiene estados de pérdida económica por algunos períodos, es recomendable la intervención de la autoridad, a fin de rescatar la concesión y proceder a la aplicación de medidas como programas de mejoramiento y otros de reducción tarifaria o promoción, antes de que las condiciones físicas del tramo alcancen niveles de alto riesgo para el usuario.

La falta de conservación significa el desgaste acelerado del pavimento y daños mayores a la estructura de la Autopista, lo que provoca a su vez, una pérdida anticipada de la inversión y una más escasa presencia de usuarios.

Una Autopista requiere de lo siguiente para su buena operación y conservación:

- a) Una organización con personal capacitado y responsable, encargado de las funciones de operación, conservación, administración, finanzas, supervisión, comercialización y mercadotecnia.
- b) Equipo electrónico moderno, confiable y eficaz para el control vehicular.
- c) Programas efectivos de operación, conservación y mantenimiento.
- d) Activos fijos que faciliten una operación ágil y dinámica.
- e) Tecnología para una posición más competitiva en el mercado.

A manera de ejemplificar como se dan en la realidad las condiciones operativas de una Autopista, a continuación se presenta un esquema de lo que normalmente se presenta en la práctica.

Para medir, cobrar, controlar e informar sobre los aforos vehiculares (por clases, horarios, turnos y carriles), así como de los ingresos correspondientes, las Autopista 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 periodo, 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 periodo, 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 chofer a utilizar las rutas establecidas por la empresa.
- c) Reduce el tiempo de la operación de pago. El transporte inclusive no detiene su marcha al pasar por la caseta.
- d) Permite a las empresas la utilización de un crédito de varios días.
- e) Genera información que reduce el trabajo administrativo de las empresas al contar con reportes de movimientos concentrados. Además brinda información estadística de los recorridos de las unidades.

- 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.)
- El sistema CAPUFE centraliza las operaciones y periódicamente efectúa la facturación y cobranza.
- En el caso de la Tarjeta Inteligente, operada a través de una institución bancaria, la transacción se registra diariamente y se descuenta de la cuenta bancaria del transportista o usuario. El banco envía periódicamente un informe al cuentahabiente, que incluso él mismo puede generar al poder leer directamente en su tarjeta las últimas 60 transacciones (mediante una P.C. acoplada a una lectora).

Actualmente CAPUFE opera su sistema en todas sus autopistas y algunas de las concesionadas. Por su parte Bancomer ha desarrollado e implementado su sistema y lo opera en varias autopistas concesionadas entre las que podemos mencionar al "Libramiento Oriente de Querétaro" y "Libramiento Oriente de San Luis Potosí" y "Constituyentes – La Venta – La Marquesa", y mantiene en etapa de negociación otras mas con CAPUFE, BANOBRAS y Gobiernos Estatales.

2. Telepeaje.

Respecto a ésta técnica para el pago de peaje, la tecnología ha desarrollado en la actualidad una amplia gama de sistemas y productos, de muy diversas clases y costos.

Entre algunas de las principales limitantes de estos equipos se tienen:

La tecnología esta cambiando continuamente sobretodo en lo relativo a estandares 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 transcurre 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 periodo y denotar las recomendaciones y observaciones que propone la Supervisión, a fin de mantener las optimas 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 vía con anuncios fuera de reglamento, basura o servidumbre.

Para el señalamiento vertical se sigue un procedimiento de calificación similar, en donde las deficiencias en el señalamiento preventivo, restrictivo e informativo darán lugar a una calificación base que será de 3 a 5 puntos cuando la intensidad de las deficiencias sea menor del 30% de las que podría haber por sección, de acuerdo al "Manual de dispositivos para el control de tránsito" que edita la SCT, y de 1 a 3 puntos cuando sea mayor a este mismo porcentaje.

A partir de la calificación base se deducen puntos por deficiencias en fantasmas, defensas y postes de kilometraje, estas deficiencias pueden ser: ausencia, falta de visibilidad, maltrato, falta de pintura, suciedad, etc.

El señalamiento horizontal se califica tomando como base la raya central, en donde nuevamente de acuerdo a la intensidad y a lo señalado en el "Manual de dispositivos para el control vehicular" se aplican de 4 a 5 puntos si la intensidad de deficiencias es menor del 30% y de 2 a 4 si es mayor.

Las deficiencias de la raya central pueden ser: ausencia, falta de claridad, fuera de especificación especialmente en ubicación, dimensiones y color.

Las deficiencias en otras rayas como pueden ser laterales, separadoras de carril, canalizadoras, protectoras y marcas transversales del tipo de cruce de FF.CC., cruce de peatones, zonas de estacionamiento, paraderos de autobuses, cabezotes de alcantarillas, pilas y estribos de PIV, parapetos de puentes, guarniciones, etc. deducirán puntos de manera acumulativa, de la calificación base.

La calidad de la pintura por falta de elementos para su definición, quedará a juicio del Calificador basado en la visibilidad, grado de intemperismo y marcas por la acción del tránsito.

El manual de procedimiento de CAPUFE para la calificación del Índice de Servicio, esta basado en lo general sobre lo señalado por el de la SCT con algunas diferencias como las siguientes:

La sección comprende tramos de 1 km.

Las secciones se subdividen en zonas, estas en conceptos y estos en elementos.

Los elementos se califican igualmente en una escala de 0 a 5, con los siguientes niveles intermedios:

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

**TEMA:
ADMINISTRACIÓN DE
AUTOPISTAS. INFRAESTRUCTURA
ATENDIDA POR CAPUFE.
FARAC**

**EXPOSITOR:
ING. LEONARDO CÉSAR LUIS SIBAJA**

**MÓDULO III
CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN**

JULIO, 2001

725

MISION DEL ORGANISMO

Consolidarse como una institución modelo en la prestación de servicios carreteros de calidad, que facilite el desplazamiento de personas y de bienes con seguridad, comodidad, rapidez y economía, que opere en forma óptima una infraestructura de primer nivel y contribuya a la expansión e integración de la red nacional de caminos y puentes de cuota, conformando un equipo humano que encuentre su motivación en la superación y el espíritu de servicio.

ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

En 1949 nace la empresa "Compañía Constructora del Sur" (empresa subsidiaria de Nacional Financiera) encargada junto con el Gobierno Federal, de construir los primeros caminos de cuota que marcarían la pauta para la modernización carretera del país: La autopista México-Cuernavaca con un desarrollo de 62 kilómetros y la vía corta Amacuzac-Iguala con una longitud de 51 kilómetros. Una vez concluidas estas obras en 1952, le fue encomendada su administración y operación.

En 1956, la compañía cambió su denominación a "Caminos Federales de Ingresos". Dos años más tarde, el 31 de Julio de 1958, por Decreto Presidencial se creó el Organismo Descentralizado del mismo nombre, al que se le asignaron entre otras, las funciones de administración de los caminos México- Cuernavaca, Cuernavaca-Amacuzac y Amacuzac-Iguala, las obras en proyecto del camino México-Querétaro y el puente sobre el río Sinaloa, además de todos aquellos que se construyeran con base a una inversión recuperable mediante el cobro de cuotas a los usuarios.

La responsabilidad de administrar el puente sobre el río Sinaloa, originó para el Organismo una nueva asignación de funciones; los puentes de cuota. Esto determinó que el Decreto del 3 de junio de 1959, modificara su denominación a "Camino y Puentes Federales de Ingresos". Desde ese momento, las carreteras y los puentes de cuota formaron parte de un proyecto integral y de una misma y unificada responsabilidad operativa.

El crecimiento dinámico de las obras a su cargo, construidas en solo cinco años, le generó nuevas funciones e hizo necesario un documento jurídico que regulara sus atribuciones y precisara sus objetivos. Así, el 29 de junio de 1963, se publicó el decreto por el que se crea "Camino y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos" y entre sus funciones ampliadas, se determinó que debería "Administrar servicios conexos a estas vías de comunicación y los transbordadores que adquiriera en el futuro para el servicio marítimo y fluvial, así como establecer y administrar plantas elaboradoras de productos para pavimentación".

Con ello, en 1960 se inició el servicio de transbordadores entre Zacatal y ciudad del Carmen, contándose para 1979 con una flota de 11 transbordadores que cubrían 9 rutas.

El mantenimiento, rehabilitación y conservación de carreteras y puentes de cuota se complementó en 1964 con la inauguración en Irapuato, Gto., de una planta industrial dedicada a la producción y venta de emulsiones asfálticas en Chontalpa, Tab., encargada de surtir este importante insumo al sureste de la República.

Tras la desincorporación de los transbordadores, que desde el macizo continental daban servicio a la península de Baja California, el 2 de agosto de 1985 el Organismo reestructuró su organización y funcionamiento por Decreto Presidencial; ordenamiento que dadas las nuevas responsabilidades que se le encomendaron con motivo de la puesta en marcha del Programa Nacional de Autopistas Concesionadas, se derogó por el que se publicó el 24 de Noviembre de 1993, mismo que se vio reformado el 14 de septiembre de 1995, atendiendo a que el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 establece la necesidad de crear mecanismo de interlocución gubernamental permanente en el marco de la concertación de las acciones que lleve a cabo la entidad, dando participación a las distintas organizaciones sociales cuyas actividades involucran las comunicaciones y los transportes.

OBJETIVOS

1. Incrementar el uso de la infraestructura carretera a su cargo.
2. Garantizar altos niveles de seguridad y de servicio de la infraestructura carretera.
3. Aumentar los márgenes de rentabilidad en la operación de los caminos y puentes de cuota que opera.
4. Ampliar, modernizar y diversificar la oferta y calidad de los servicios a los usuarios carreteros.
5. Contribuir a la expansión e integración de la red nacional de caminos y puentes de cuota.

PARTICIPACION DEL ORGANISMO EN LA RED NACIONAL DE AUTOPISTAS DE CUOTA

CONCEPTO	INFRAESTRUCTURA EN OPERACION			
	NUMERO DE OBRAS		LONGITUD	
	AUTOPISTA No.	PUENTES No.	AUTOPISTA Km.	PUENTES Km.
Red propia	13	29	1,226.389	9.599
Red contratada	5	6	402.450	1.104
Red con inversión financiera	1	0	35.800	0.000
● Red FARAC	37	4	3,513.841	11.333
T O T A L	56	39	5,178.840	22.036

- Actualmente de la Red FARAC de 3,513.841 km, se tienen en operación 3,085.841 y en construcción 4 tramos con una longitud de 428.0 km.

INFRAESTRUCTURA A CARGO DEL ORGANISMO

Actualmente el Organismo opera 56 autopistas y 39 puentes con una longitud de 5,178.48 km., de autopistas y 22.036 km., de puentes.

Las autopistas de cuota operadas por el Organismo se clasifican en cuatro redes que son:

RED PROPIA.

Red de autopistas y puentes cuyo patrimonio esta a cargo del Organismo.

Esta formada por 13 autopistas con longitud de 1226.389 km. 17 puentes nacionales con longitud de 7,943 km. Y 12 puentes internacionales con longitud de 1.656 km.

La red propia la explota, opera, conserva y administra bajo su responsabilidad, incluidos los derechos de vía.

RED CONTRATADA

Red concesionada por el Gobierno Federal a terceros, cuya operación y en su caso mantenimiento fue contratado con el Organismo, lo cual general honorarios y/o contraprestaciones para el Organismo.

Formada por 5 autopistas con longitud de 402.450 km, 2 puentes nacionales con longitud de 0.527 km., y 4 puentes internacionales con longitud de 0.577 km.

El Organismo operará y conservará por contrato la red contratada concesionada a terceros y celebrará en su oportunidad convenios que integren una o varias modalidades de servicio, tales como operación, administración; conservación, supervisión, servicios técnicos (informáticos) y de administración de tráfico, entre otros.

RED CON INVERSION FINANCIERA

Obras concesionadas por el Gobierno Federal a terceros en los que el Organismo realizó aportaciones con recursos propios y transferencias financieras del Gobierno Federal. El seguimiento de las inversiones financieras implica gastos administrativos para el Organismo.

Las inversiones financieras fueron aportaciones líquidas que sirvieron para la construcción y financiamiento de siete proyectos carreteros concesionados a particulares, con una longitud de 609.0 km., actualmente por convenios con el Gobierno Federal, se acaban de desincorporar 6 proyectos carreteros concesionados a particulares, quedando un solo tramo carretero: Esperanza – Ciudad Mendoza con una longitud de 35.8 km.

RED FARAC

El 14 de agosto de 1998 el Organismo por instrucciones del ejecutivo Federal asumió la responsabilidad contractual de operar y mantener 23 concesiones carreteras rescatadas (incluidos los servicios conexos) de

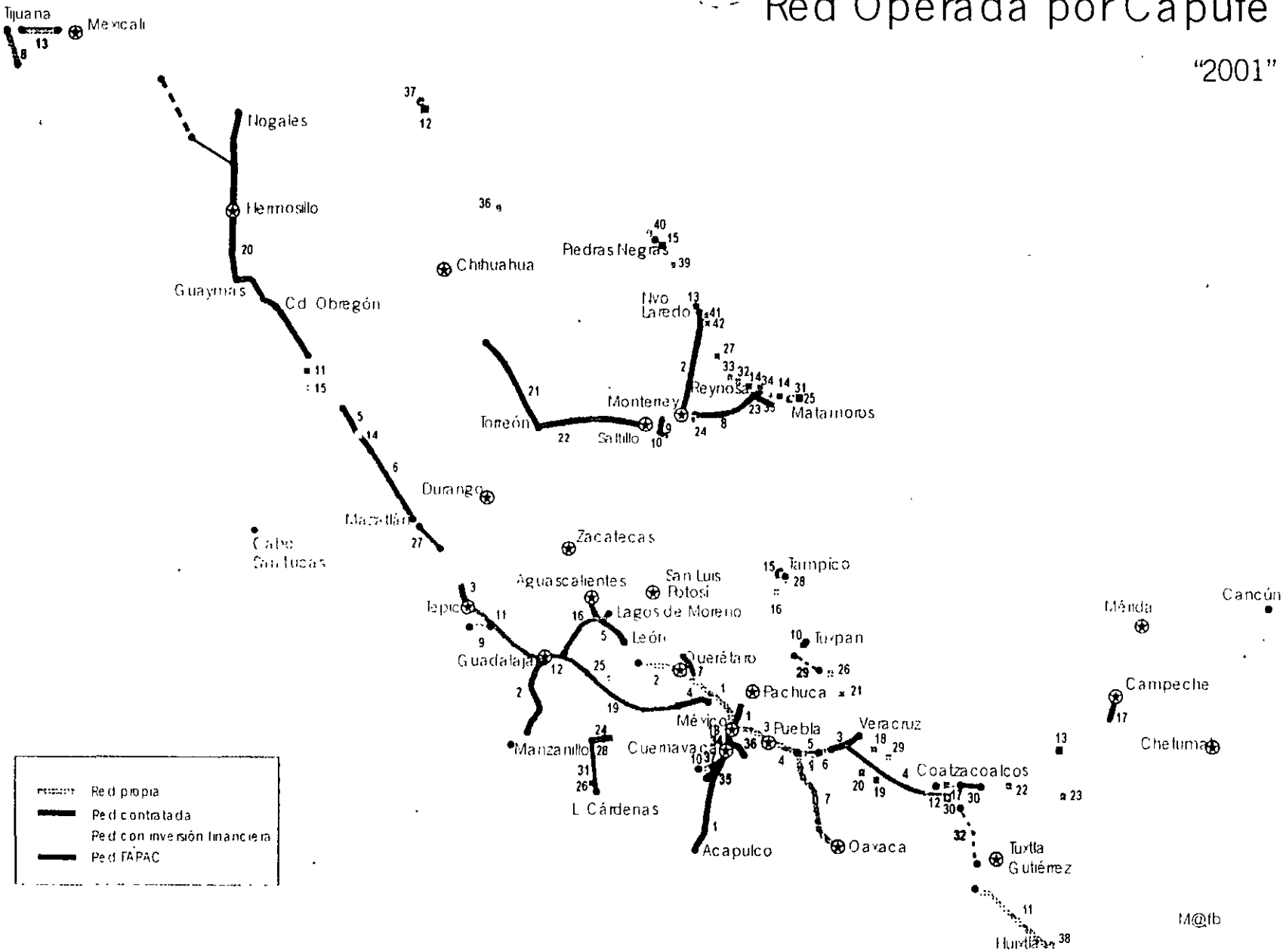
conformidad con las condiciones y reglas impuestas en el Marco Institucional acordado por la Comisión Intersecretarial de Gasto Financiamiento (CIGF) y el contrato de prestación de Servicios suscrito con BANOBRAS, S.N.C.

Con el mismo esquema se han incorporado 14 tramos carreteros de los cuales 4 están en proceso de construcción.

Formada por 37 autopistas con una longitud de 3,513.841 km., 2 puentes nacionales con longitud de 7.894 km., y 2 puentes internacionales con longitud de 3.439km.

Red Operada por Capufe

"2001"



M@fb

RED PROPIA				
No	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
CAMINOS				1,226.389
1	México - Querétaro	A	Nov 01, 1968	175.451
2	Querétaro - Irapuato	A	Feb 12, 1962	103.750
3	México - Puebla	A	May 05, 1962	110.910
4	Puebla - Acapulco	A	Mar 29, 1966	42.270
5	Acapulco - Ciudad Mendoza	A	Mar 29, 1966	92.950
6	Oaxaca - Córdoba	A	Dic 29, 1969	20.675
7	Tehuacan - Oaxaca	CD	Nov 29, 1964	243.100
8	Tijuana - Ensenada	A	Ab 25, 1967	89.540
9	Chapabilla - Compostela	CD	Ago 17, 1973	25.500
10	Rancho Viejo - Taxco	CD	Jul 14, 1966	8.340
11	Amatitlán - Huixtla	CD	Dic 29, 1966	204.500
12	Cosoleacaque - Nuevo Tapan	A	Oct 17, 1984	34.000
13	La Fumigadora - Tezaltepec	A	Dic 17, 1983	55.600
PUENTES NACIONALES				7.943
14	Culiacán	PI/A	Sep 21, 1963	0.433
15	Ensenada	PI/A	Sep 01, 1969	0.327
16	Panama	PI/A	Sep 25, 1961	0.179
17	Playa Rosillos	PI/A	Mar 19, 1962	0.814
18	Alvarado	PI	Nov 19, 1964	0.520
19	Parícutan	PI	May 15, 1968	0.293
20	San José	PI	May 15, 1968	0.101
21	Huixtla	PI	Ab 01, 1967	0.214
22	Coahuila	PI/A	Dic 29, 1969	0.254
23	Atlix	PI	May 15, 1968	0.147
24	Cardereya	PI	Oct 25, 1969	0.179
25	La Florida	PI	Ab 17, 1969	0.000
26	Tepehuala	PI	Ab 29, 1969	0.268
27	San Juan	PI	Jul 04, 1972	0.175
28	Tampico	PNCA	Nov 21, 1968	1.543
29	Tlaxiahuacan	PI	Oct 12, 1976	0.597
30	Divali Jimenez	PNCA	Ago 31, 1964	1.268
PUENTES INTERNACIONALES				1.656
31	Matamoros	PI	Jun 18, 1964	0.155
32	Carrizosa	PI	Ago 12, 1966	0.119
33	Miguel Alemán	PI	Jun 01, 1967	0.155
34	Reynosa	PI	Jun 01, 1967	0.112
35	Las Flores	PI	Mar 19, 1971	0.033
36	Ojinaga	PI	Mar 12, 1973	0.121
37	Paso del Norte	PI	Ago 14, 1973	0.216
38	Rodolfo Robles	PI	May 31, 1975	0.189
39	Piedras Negras	PI	Nov 13, 1975	0.113
40	Ciudad Acuña	PI	Mar 25, 1979	0.129
41	Laredo	PI	Oct 11, 1979	0.108
42	Juárez	PI	Oct 11, 1979	0.159

No	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
CAMINOS				402.450
1	México - Tizayuca	A	Nov 11, 1954	45.800
2	Guadalajara - Colima	A	Ene 03, 1959	146.000
3	Tepec - San Blas	CD	Jun 09, 1989	20.500
4	Atzacmulco - Maravatón	CD	Nov 02, 1989	64.350
5	Culiacán - Las Brisas	A	Ene 01, 1991	125.800
PUENTES NACIONALES				0.527
10	Turpan	PH	Mar 01, 1961	0.457
11	San Miguel	PH	Dic 01, 1962	0.070
PUENTES INTERNACIONALES				0.577
12	Zaragoza - Toluca	PI	Nov 01, 1960	0.155
13	Estación del Comodoro	PI	Ago 01, 1961	0.180
14	Libertad - Comodoro	PI	Nov 01, 1961	0.146
15	Piedra de Neogotia II	PI	Sep 24, 1969	0.112

RED CON INVERSION FINANCIERA

NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS	
CAMINOS				35.800
1	Espatarza - Ciudad Mendoza	A	Oct 24, 1992	35.800

TIPO DE OBRA

- A AUTOPISTA
- CD CAMPO DIRECTO
- PH PUENTE NACIONAL
- PNCA FUENTE NACIONAL CON ACCESO
- PI PUENTE INTERNACIONAL
- A-S AUTOPISTA SUBCONTRATADA

Nota: La Red Propia no incluye la longitud de los accesos en puentes nacionales.

RED FARAC				
No	NOMBRE	TIPO DE OBRA	FECHA DE INICIO	LONGITUD KMS
CAMINOS				3,813.841
Red Operada				5,085.841
Red en Construcción				428.000
1	Cuernavaca - Acapulco	A	Oct 22, 1990	262.580
2	Monterrey - Nuevo Laredo	A	Jul 31, 1991	123.100
3	Córdoba - Veracruz	A	Jun 11, 1992	98.000
4	La Tinaja - Cosoleacaque	A	Oct 20, 1993	228.000
5	León - Lagos - Aguascalientes	A	Oct 11, 1992	103.850
6	Mazatlán - Culiacán	A	Oct 01, 1992	181.500
7	Libramiento Noroeste de Querétaro	A	Mar 13, 1992	37.500
8	Cardereya - Reynosa	A	Abr 01, 1994	132.015
9	Libramiento Oriente de Sotillo	A	May 01, 1994	21.000
10	La Carbonera - Puerto Mexico	A	May 01, 1994	32.000
11	Guadalajara - Tepec	A	Feb 25, 1991	168.616
12	Guadalajara - Zapollanepo	A	Ago 01, 1994	26.000
15	Libramiento Poniente de Tampico	A	Ago 03, 1991	14.478
16	Zapollanepo - Lagos de Moreno	A	May 01, 1991	118.500
17	Champolón - Campeche	A-S	Ene 13, 1993	39.500
18	Chamapa - Lechería	A-S	Oct 30, 1994	27.300
19	Maravilla - Zapollanepo	A-S	Oct 01, 1993	309.700
20	Estación Don - Nogales	A-S	Oct 21, 1992	468.500
21	Screez Palacios - Comodoro	A-S	Nov 08, 1993	151.300
22	Torreón - Sotillo	A	Ago 01, 1994	116.019
23	Reynosa - Matamoros	A	Abr 30, 1999	44.000
24	Palcosuro - Turpan	CD	Sep 17, 1998	56.500
27	Libramiento Escuinapa Prozano	A	Ene 13, 2000	37.000
28	Huixtla - Nueva Iruja	CD	Jun 21, 2000	60.000
29	Culiacán - Zona Tonalá	A	...	...
30	Aguadulce - Cárdenas	A	Nov 03, 2000	53.300
31	Nueva Iruja - Lázaro Cárdenas	CD	...	15.000
32	Las Chupas - Ocozacoatlán	A	...	...
33	Reynosa - Matamoros (con acceso)	A	...	...
34	México - Cuernavaca	A	Nov 30, 1962	61.540
35	Puente de Iruja - Iguale	CD	Nov 30, 1954	63.578
36	La Pera - Cuautla	CD	Jun 18, 1965	34.185
37	Zacapulco - Rancho Viejo	CD	Abr 05, 1990	17.300
PUENTES NACIONALES				7.894
13	El Zacatal - Ciudad del Carmen	PNCA	Nov 24, 1994	3.861
26	Ignacio Chavez (Ent. Norberto Ent. Coahuila)	PNCA	Dic 28, 1999	4.033
PUENTES INTERNACIONALES				3.439
14	Nuevo Amanecer/Reynosa - Pharr	PICA	Ene 09, 1996	2.629
25	Ignacio Zaragoza	PI	Abr 30, 1993	0.810

737

VISION DEL ORGANISMO

La VISION que nos inspira es un México que cuenta con un sistema de autopistas, caminos y puentes de altas especificaciones, con servicios de calidad, que utiliza sistemas automatizados, información en tiempo real, así como formas de cobro que agilizan la velocidad de operación de los vehículos.

Un sistema que es operado y administrado con los máximos estándares de exigencia y seguridad para beneficio de los usuarios y que contribuye al desarrollo del país.



**caminos y
puentes**

AUTOPISTA MEXICO-CUERNAVACA



Edición 1984

739

Handwritten notes:
C. 10.5.1
M. 10.5.1



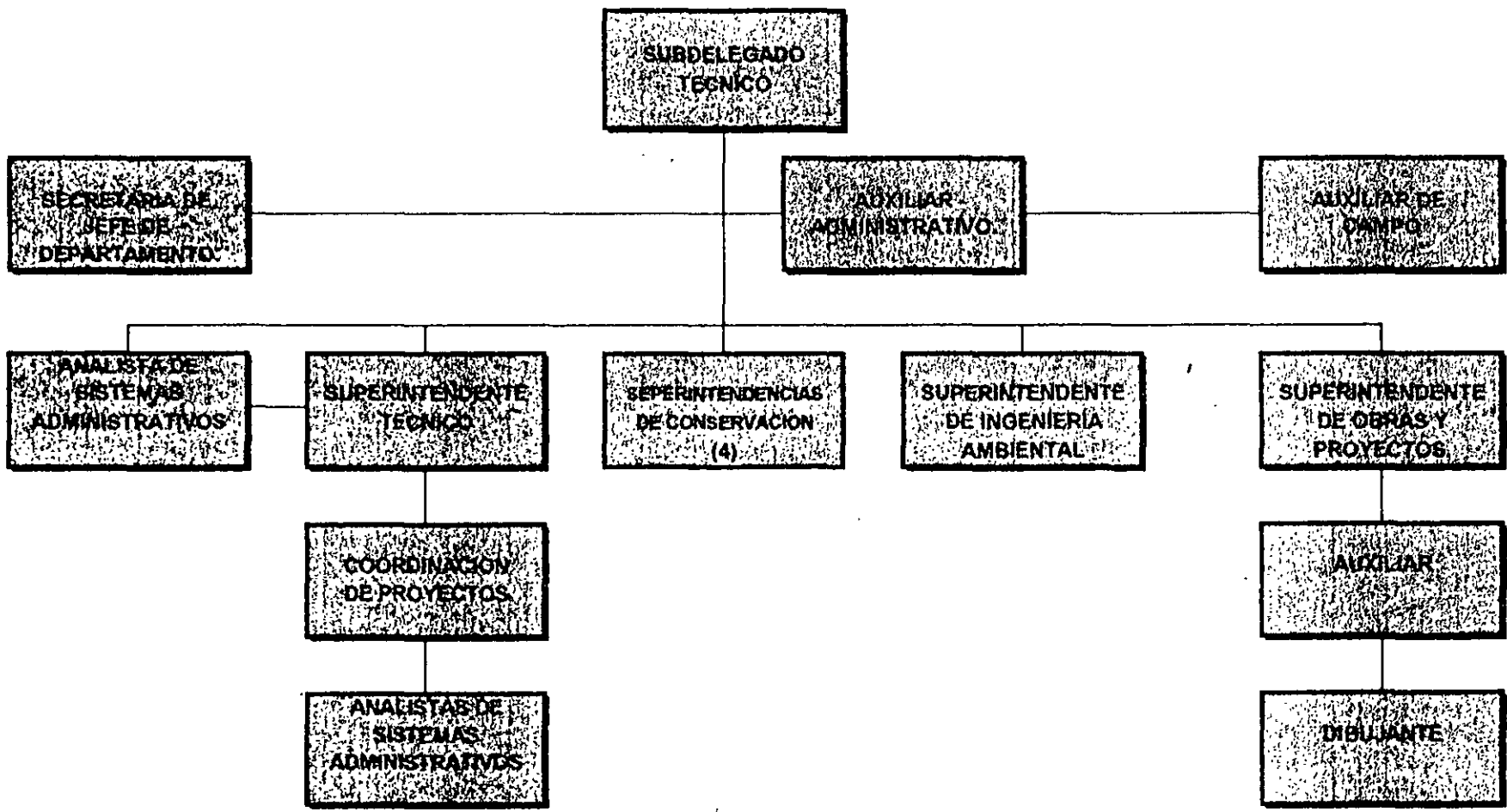
AUTOPISTA MEXICO-CUERNAVACA

Delegación IV



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO SUR

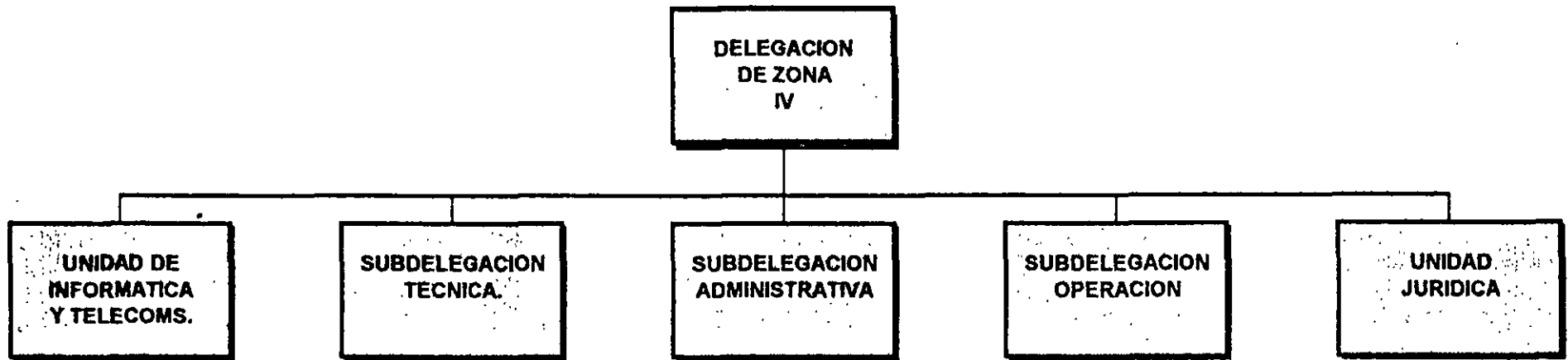
"ORGANIGRAMA DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA DE LA SUBDELEGACION TECNICA"





**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
DELEGACION REGIONAL IV ZONA CENTRO SUR**

ORGANIGRAMA DE LA DELEGACION IV CENTRO - SUR



742



LOCALIZACIÓN.

LA VÍA DE ACCESO PRINCIPAL A LA DELEGACIÓN IV CENTRO - SUR ES LA AUTOPISTA MÉXICO - CUERNAVACA LA CUAL SE ENCUENTRA LOCALIZADA ENTRE LOS MERIDIANOS 99°08'00" Y 99°14'00" DE LONGITUD OESTE ENTRE LOS PARALELOS 18°57'30" Y 18°16'30" DE LATITUD NORTE TENIENDO SU ORIGEN EN LA CIUDAD DE MÉXICO (LAMINA No. 1 Y 2).

LA AUTOPISTA ESTA CONFORMADA POR DOS CUERPOS SEPARADOS POR UNA BARRERA DE CONCRETO, EN DICHA AUTOPISTA EXISTEN DOS, TRES Y HASTA CUATRO CARRILES DE CIRCULACIÓN POR SENTIDO. LA AUTOPISTA SE UBICA EN LOS LIMITES DE LAS PROVINCIAS FISIOGRAFICAS, EJE NEOVOLCANICO Y PLATAFORMA MORELOS - GUERRERO.

LA TOPOGRAFÍA EN LA ZONA DONDE SE UBICA LA AUTOPISTA SE CARACTERIZA POR LA PRESENCIA DE TERRENO MONTAÑOSO Y LOMERIOS SUAVES A FUERTES INTERCALADOS, ENCONTRÁNDOSE ESTA MISMA EN UNA ZONA DE ALTA SISMICIDAD, EXISTIENDO UN CLIMA TEMPLADO MODERADO, CON LLUVIAS EN VERANO EN TODA LA LONGITUD DE ESTA.





INTRODUCCIÓN.

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS, Y SERVICIOS CONEXOS, CUENTA CON LA DELEGACIÓN ZONA IV CENTRO-SUR, LA CUAL SE LOCALIZA EN EL KM 80+000 CUERPO "B" DE LA AUTOPISTA MÉXICO - CUERNAVACA, COLONIA CHAMILPA, CUERNAVACA MORELOS., MISMA QUE DESARROLLA FUNCIONES RELACIONADAS CON LA OPERACIÓN, CONSERVACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LOS CAMINOS A CARGO DE ESTA, ASÍ MISMO SE ENCARGA DE PROMOVER Y FOMENTAR LA MODERNIZACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS COMUNICACIONES PARTICIPANDO EN PROYECTOS DE INVERSIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LAS CARRETERAS Y PUENTES CON CARGO AL PATRIMONIO DEL ORGANISMO O LOS QUE SE CONCESIONEN POR ESTE: ASÍ MISMO, IMPULSAR LA PARTICIPACIÓN DE LOS RECURSOS DE LOS PARTICULARES EN LA CONSERVACIÓN RECONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN Y DE LOS SERVICIOS CONEXOS Y AUXILIARES DE LAS MISMAS PARA SATISFACER LA DEMANDA NACIONAL EN ESTA MATERIA.

ESTA DELEGACIÓN REGIONAL APOYA DIRIGIENDO LAS ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN, RECONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS CAMINOS Y PUENTES DE CUOTA ASÍ COMO LA DE CONTRATACIÓN DE PROYECTOS, INSPECCIÓN, EJECUCIÓN Y REVISIÓN DE LAS OBRAS.



ESTRUCTURA ORGÁNICA GENERAL.

DELEGACIÓN REGIONAL

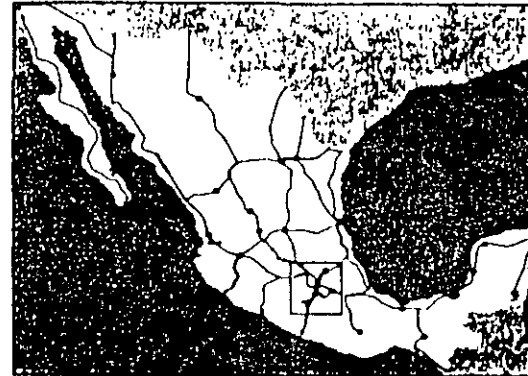
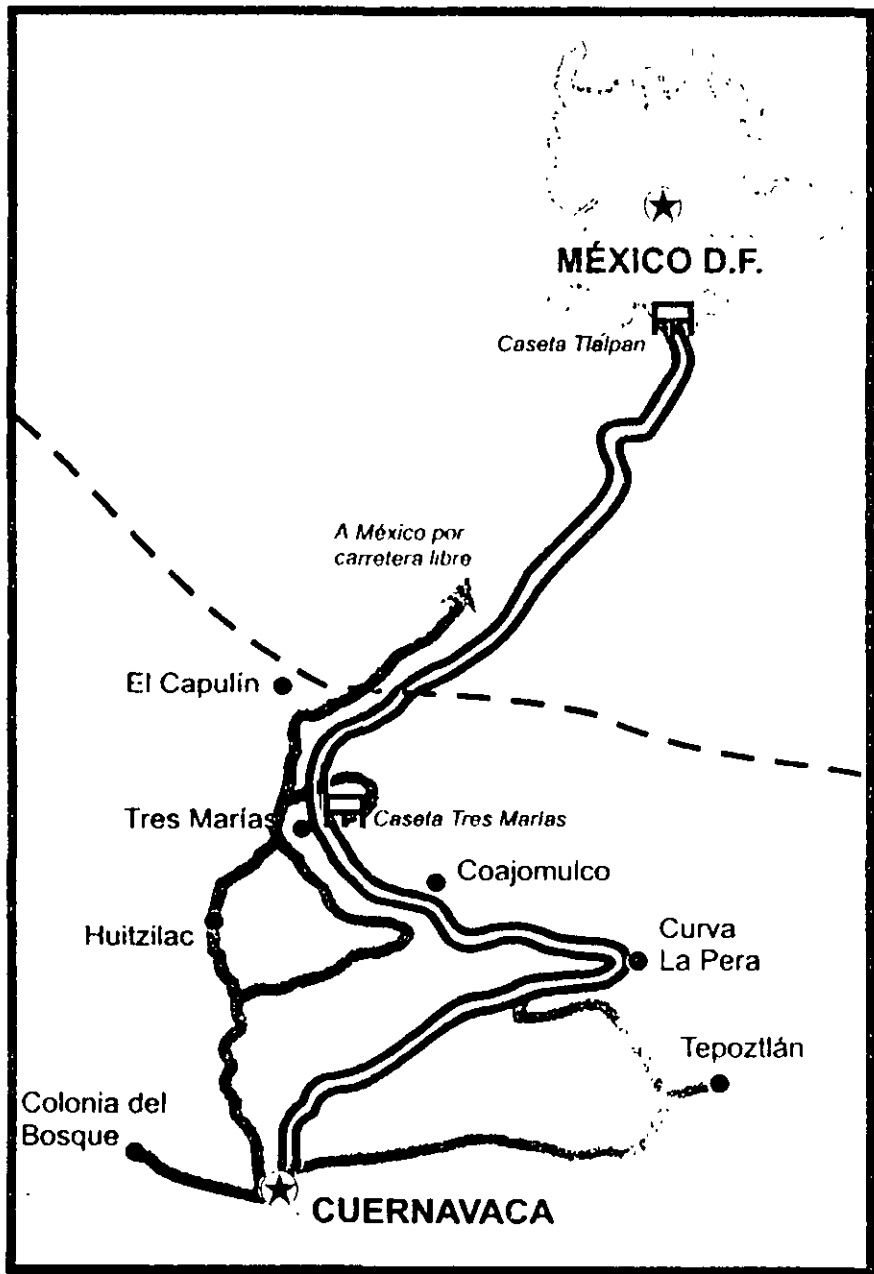
- 1 SUBDELEGACION TÉCNICA.**
 - 1.1 SUPERINTENDENCIA TÉCNICA.
 - 1.2 SUPERINTENDENCIA DE CONSERVACIÓN.
 - 1.3 SUPERINTENDENCIA DE INGENIERÍA AMBIENTAL.
 - 1.4 SUPERINTENDENCIA DE MAQUINARIA.
 - 1.5 SUPERINTENDENCIA DE OBRAS Y PROYECTOS.

- 2 SUBDELEGACION DE OPERACIÓN.**
 - 2.1 SUPERINTENDENCIA DE SUPERVISIÓN.
 - 2.2 SUPERINTENDENCIA DE OPERACIÓN.
 - 2.3 SUPERINTENDENCIA DE PLAZA DE COBRO.
 - 2.4 SUPERINTENDENCIA DE AFORO - INGRESO
 - 2.5 SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS.

- 3 SUBDELEGACION ADMINISTRACIÓN.**
 - 3.1 SUPERINTENDENCIA DE RECURSOS HUMANOS.
 - 3.2 SUPERINTENDENCIA DE RECURSOS MATERIALES.
 - 3.3 SUPERINTENDENCIA DE RECURSOS FINANCIEROS.
 - 3.4 SUPERINTENDENCIA DE ALMACENES E INVENTARIOS.

- 4 UNIDAD DE INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES.**
 - 4.1 SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES
 - 4.2 SUPERINTENDENCIA DE SISTEMAS.

- 5 UNIDAD JURÍDICA**
 - 5.1 PERSONAL DE APOYO.



México - Cuernavaca

Autopista de red contratada

Longitud: 61,540 km.





CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

CONSTRUCCION DE TERCER CARRIL

ANO	TRAMO EJECUTADO		CPO.	KMS. EJECUTADOS	IMPORTE EJECUTADO (\$)
	DEL KM.	AL KM.			
1989	30+700	31+500	"A"	0.8	519,277.86
1990	31+500	46+500	"A"	15	10,709,072.60
1991	23+300	25+900	"B"	22.7	43,722,930.57
	23+300	30+700	"A"		
	71+000	79+000	"B"		
	66+700	70+000	"B"		
1992	66+700	51+700	"B"	15.00	44,459,287.78
1993	51+700	47+500	"B"	4.2	7,021,955.77
1994	47+500	45+500	"B"	2.00	1,013,032.00
1995	70+000	71+000	"B"	1.00	557,167.60
1996	-----	-----	-----	-----	-----
1997	-----	-----	-----	-----	-----
1998	-----	-----	-----	-----	-----
1999	-----	-----	-----	-----	-----
SUMA PARCIAL				60.70	1,800,020,674.18

747



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

Longitud Total Real	61.540 kms.
Longitud Conservación	133.100 mts.
Ancho de Carpeta	7.70 mts.
Ancho Min. Camellón	0.80 mts.
Ancho de Acotamiento	2.85 mts.
Ancho Corona	21.90 mts.
Ancho Vía	40.00 mts.
Pendiente Máxima	5%
Curvatura Máxima	10°
Velocidad en Plano	90 km/hr
Velocidad en Lomerío	70 km/hr
Velocidad en Montaña	0 km/hr
Caseta N°: 1	1 Tlálpán, D.F.,
Caseta N°: 3	



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

DELEG.	CAMINO	TIPO DE CARRIFERA	NUMERO DE CARRILES	FECHA INAUG.	EDAD	INICIA	TERMINA	ORIGEN	RUTA	LONGITUD		PUNTOS DE ENTRADA	BARRERA CENTRAL	VALOR ESTIMADO
										REAL (KM.)	A 2 CARR. (KM)			
IV	MEXICO-CUERNAVACA	AUT	4 - 6	1952	46	18+960	80+500	PALACIO NAC. D.F.	095-D	61.54	152.89	35	SI	2,048,726,000.00

749



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

RELACION DE CAMINOS DE CUOTA POR ENTIDAD FEDERATIVA

CAMINO	TRAMO	ENTIDAD FEDERATIVA	LONGITUD (KM)
México - Cuernavaca	18+96 47+290	Distrito Federal Morelos	28.330
	47+290 80+500		<u>33.210</u>
		Suma:	61.540

753



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

Inicia	Tramo	Km.	18.960	Final	Tramo	Km.	80.500
Inicio	4 Carr.	Km.	18.960	Final	4 Carr.	Km.	23.400
Inicio	6 Carr.	Km.	23.400	Final	6 Carr.	Km.	24.740
Inicio	5 Carr.	Km.	24.740	Final	5 Carr.	Km.	46.000
Inicio	4 Carr.	Km.	46.000	Final	4 Carr.	Km.	47.000
Inicio	5 Carr.	Km.	47.000	Final	5 Carr.	Km.	53.000
Inicio	6 Carr.	Km.	53.000	Final	6 Carr.	Km.	58.260
Inicio	5 Carr.	Km.	58.260	Final	5 Carr.	Km.	79.000
Inicio	4 Carr.	Km.	79.000	Final	4 Carr.	Km.	80.500



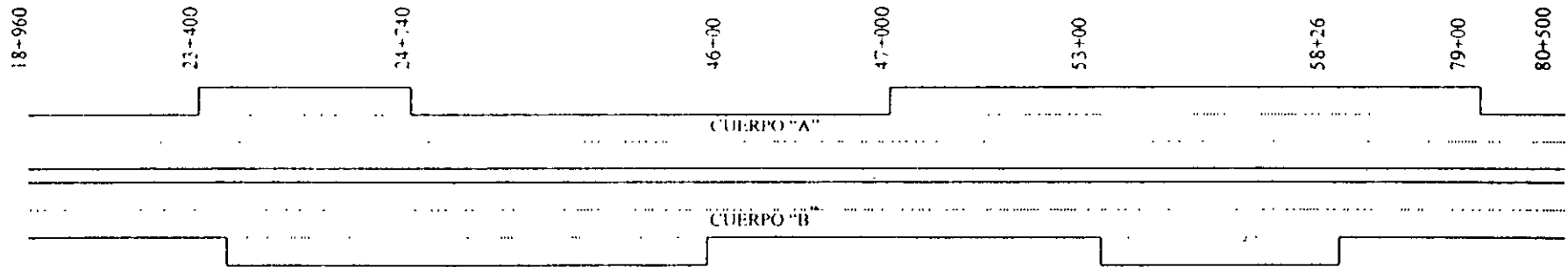
CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

GRAFICA CON UBICACIÓN DE CARRILES
EXISTENTES





CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
ZONA IV: CENTRO SUR

KILOMETRO

ESTRUCTURA

0+000	Palacio Nacional
18+600	Gasolinera Particular Derecha
18+955	Paso inferior para Peatones
18+960	Principia Camino de Cuota y Paso Inferior Vehicular
19+100	Incorporación Camino Libre México - Cuernavaca Izq.
19+346	Paso Inferior para Peatones
19+700	Acceso a San Pedro Martín Derecha
19+812	Paso Inferior para Peatones
20+020	Paso Superior Vehicular
20+310	Puente
20+540	Parador
20+640	Paso Superior para Peatones y Ganado
20+900	Acceso a Panteón Militar Derecha
20+960	Incorporación a la Autopista (Panteón Militar)

753



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
ZONA IV: CENTRO SUR

KILOMETRO

ESTRUCTURA

21+130	Paso Inferior para Peatones
21+190	Acceso a Colegio Militar Derecha
21+200	Retorno 1
21+380	Incorporación Militar a la Autopista (Colegio Militar)
21+540	Paso Superior Vehicular; Entronque H. Colegio Militar
21+590	Paso Inferior para Vehículos
21+950	Paso Superior para Peatones y Ganado
22+344	Paso Inferior para Peatones
22+430	Paso Superior para Peatones y Ganado
23+150	Acceso a la Colonia Valle Izquierda
23+216	Terminan 4 carriles: Principian Nueve Carriles (C-1).
23+240	Destacamento Beta Policía Federal de Caminos Der.
23+280	Acceso a Colonia Plan de Ayala Derecha
23+360	Caseta de Cobro N° 1 Tlalpan, D.F.,
23+510	Acceso a Carriles Auxiliares
23+570	TER. 9 Carriles (C-1) Ter. 4 Carriles Izq. Princ. 3 Carr. Der.
23+575	Paso Superior para Peatones y Vehículos
23+604	Paso Inferior para Peatones

794



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL.

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
ZONA IV: CENTRO SUR

KILOMETRO

ESTRUCTURA

24+210	Paso Superior para Peatones y Ganado
24+740	Terminan Tres Carriles, Principian Cuatro Izquierda
23+500	Paso superior para Peatones y Ganado
25+840	Principian Tres Carriles Izquierda
25+850	Paso Superior para Peatones y Ganado
25+900	Comunicador de Auxilio N° 1 Derecha.
27+790	Paso Superior Peatones y Ganado
28+000	Mitador el Cantil
28+160	Comunicador de Auxilio N° 12 Izquierdo
28+480	Paso Superior para Peatones y Ganado
30+200	Comunicador de Auxilio N° 3, Derecha
30+300	Paso Inferior para Peatones
30+600	Paso Superior para Vehiculos
30+850	Paso Superior para Peatones y Ganado
31+187	Paso Inferior para Peatones
31+200	Parador Actual Topilejo Izquierda
31+300	Paso Superior para Peatones y Ganado
31+370	Paso Superior para Ganado
31+440	Paso Inferior para Peatones

755



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
ZONA IV: CENTRO SUR

KILOMETRO

ESTRUCTURA

31+590	Paradero Actual Topileo Derecha
31+855	Paso Inferior para Peatones, Ganado y Vehicular
33+270	Paso Superior para Peatones y Ganado
33+660	Comunicador de Auxilio N°. 4 Derecha
33+912	Paso Inferior para Peatones, Ganado y Vehicular
35+100	Paso Superior para Peatones y Ganado
35+210	Paso Superior para Peatones y Ganado
35+500	Retorno 2°, comunicador de Auxilio N°. 5, Der.
38+240	Campamento Parres Alm. Mat. Pétreos Derecha
38+400	Comunicador de Auxilio N°. 6, Der.,
41+075	Paso Superior para Peatones y Ganado
41+800	Retorno 3°. Comunicador de Auxilio N°. 7, Izq.
44+260	Banco Material la Cima Derecha
45+100	Comunicador de Auxilio N°8, Izq.
46+400	Estacionamiento para emergencias y Reparaciones Izq.
46+460	Estacionamiento para Emergencias y Reparaciones Der.

756



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
ZONA IV: CENTRO SUR

KILOMETRO

ESTRUCTURA

47+290	Limite Estado, Termina D.F., Principio Morelos
47+950	Monumento a Morelos Casa Morelos
48+000	Retorno N°: 4
48+020	Comunicador de Auxilio N° 9 Derecha
48+030	Paso Inferior para Peatones, Vehiculos y Ganado
49+085	Estacionamiento para Emergencias y Reparaciones Izq.
51+207	Paso Superior para Peatones, Vehiculos y Ganado
51+300	Comunicador de Auxilio N° 10 Derecha
52+838	Paso Superior de Ferrocarril
53+000	Principian Tres Carriles. Terminan dos Carriles Derecha
53+074	Caseta de Cobro C-1 Bis Izquierda
53+074	Acceso a tres Marias y Carretera Federal Izquierda
53+085	Incorporación Autopista Centro Comercial Izquierda
53+157	Paso Inferior para Peatones
53+220	1er. Acceso al Centro Comercial Tres Marias Derecha
53+365	Paso Inferior para Peatones
53+450	2do. Acceso al Centro Comercial Tres Marias Derecha

757



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
ZONA IV: CENTRO SUR

KILOMETRO

ESTRUCTURA

53+450	Acceso al Centro Comercial Tres Marias Izquierda
53+690	Acc. al Tianguis 3 Marias y Caseta de Cobro c-1 Bis, Derecha
53+740	Paso Superior para Peatones y Ganado
53+810	Acceso al Tianguis Tres Marias
53+865	Paso Inferior para Peatones
54+320	Cruce con Tuberia PEMEX
54+660	Estac. Para Emergencias Comunicador de Auxilio Vial N°: 11 Izq.
55+520	Paso Superior para Peatones y Ganado
56+400	Acceso Particular Izquierda
57+212	Comunicador de Auxilio N°: 12 Derecha
57+800	Paso Superior para Peatones y Ganado
58+240	Paso Superior Vehicular (Cuajomulco)
58+260	Terminan Tres Carriles. Principian dos Carriles Derecha
58+350	Paso Inferior para Peatones
58+370	Parada de Autobuses Derecha e Izquierda
58+380	Retorno N°. 5
58+484	Paso Inferior para Peatones, Vehiculos y Ganado
59+050	Incorporación a la Autopista Izquierdo
59+170	Tianguis de Alimentos, Izquierda

35L



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
ZONA IV: CENTRO SUR

KILOMETRO

ESTRUCTURA

59+300	Acceso a Tianguis de alimentos Izquierdos
59+975	Comunicador de Auxilio N°: 13 Derecha
61+030	Estacionamiento para Emergencia y Reparaciones
61+406	Paso Superior para Ganada y Peatones
62+300	Comunicador de Auxilio N°: 14, Izq.
62+490	Estacionamiento para Emergencia y Reparaciones, Izquierda
62+514	Comunicador de Auxiliar N°: 14 Izquierda
64+710	Retorno N°. 6 y Mirador Derecha
66+200	Acc. a la rampa de Emergencia Derecha y Camp. De Conservación
66+200	Paso Superior de Peatones y Ganado
66+200	Acceso a Estación de Microondas la Pera, Izquierda
66+291	Comunicador de Auxilio N° 15 Derecha
66+500	Camp la Pera, Alm Mat Pétreos, Fosa Asf. Derecha.
67+090	Incorporación a la Autopista (Camp la Pera)
67+495	Incorporación a la Autopista (Mirador) Izquierda
67+595	Mirador (Tepoztlan) Izquierda

749



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
ZONA IV: CENTRO SUR

KILOMETRO

ESTRUCTURA

67+695	Acceso a Mirador Izquierdo
68+580	Comunicador de Auxilio N°: 16, Izq.
69+630	Retorno N°. 7 Disp Medico Baños Pub. Izquierdo
70+100	Acceso al C.D. la Pera- Cuautla Derecho
70+240	Incorporación a la Autopista C.D. la Pera -Cuautla Izq.
70+370	Comunicador de Auxilio Vial N°. 27 Izquierda
70+620	Paso Superior de Vehículos y Entronque Cuautla Izquierda
70+900	Paso Inferior Vehicular, Izquierda
70+940	Acceso al C.D. la Pera - Cuautla Izquierdo
71+170	Incorporación a la Autopista C.D. la Pera - Cuautla Derecha
72+980	Comunicador de Auxilio N°. 18 Izquierda
75+172	Retorno N°. 8, comunicador de Auxilio N°. 19
76+400	Paso Superior para Peatones y Ganado
77+500	Paso Superior para Peatones y Ganado
77+789	Paso Inferior para Peatones

76C



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

Datos Generales: AUT. MEXICO-CUERNAVACA

Origen: PALACIO NACIONAL

LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS
ZONA IV: CENTRO SUR

KILOMETRO

ESTRUCTURA

77+940	Cruce con Tubería PEMEX.
78+900	Paso Superior para Peatones, Vehículos y Ganado
79+030	Oficinas del C.E.N. Sindicato CAPUFE Izquierdo
79+045	Incorporación a la Autopista, Gasolinera Chamilpa Izquierda
79+090	Acceso a Fraccionamiento Insurgentes Derecha
79+150	Acceso Gasolinera Chamilpa Derecha
79+160	Acceso a Gasolinera Chamilpa Izquierda
79+260	Incorporación a la Autopista Fraccionamiento Insurgentes Der.
79+488	Acceso Particular Derecha
79+540	Paso Inferior para Vehículos, Peatones y Ganado
79+670	Acceso a Cuernavaca Glorieta de la Paloma
79+680	Acceso particular Derecha
79+840	Incorporación a la Autopista Glorieta Paloma Izquierda
79+990	Acceso a Cuernavaca, Oficinas Delg Zona IV Centro Sur Izq.
80+040	Paso Superior para Vehículos y Entronque Chamilpa
80+050	Paso Inferior para Peatones
80+350	Paso Inferior de Vehículos y Entronque Chamilpa
80+500	Terminal Camino de Cuota

701



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

DIRECCION TÉCNICA
SUBDIRECCION DE CONSERVACION
GERENCIA DE AUTOPISTAS

INFORMACION GENERAL SOBRE TRABAJOS DE CONSERVACION.

Durante el periodo comprendido de los años de 1974 a 1984 por iniciativa del Ingeniero Juan Orozco y Orozco, se construyeron carpetas drenantes en diversos lugares del país, en las cuales intervinieron tanto en el diseño como en la construcción, los Ingenieros: Rafael Limón Limón, Julián Limón Limón, Roberto González, Carlos Fernández Loaiza y Luis Limón Limón, a los que se les puede catalogar como pioneros en esta materia.

INTRODUCCION:

Las carpetas drenantes son tratamientos superficiales de 2.0 a 4.0 cm de espesor, que se aplican a pavimentos para proporcionar una superficie de rodamiento con propiedades drenantes que reduzcan la posibilidad de formación de espejos de agua, proporcionando mejores características antiderrapantes para elevar los niveles de seguridad en condiciones adversas de lluvias y mejorar la comodidad de los usuarios al reducir el ruido del rodamiento de los vehículos.

Se construyen mediante el tendido y compactación de mezcla asfáltica elaborada en caliente, en planta estacionaria, utilizando agregados de graduación abierta y cemento asfáltico sólo, o modificado con hule molido de neumáticos usados, polímeros u otras sustancias.

En los primeros años del periodo de referencia, se aplicaron los siguientes tipos de carpetas drenantes:



1.- CARPETA DE GRADUACION ABIERTA

Se construye utilizando cementos asfálticos sin modificar, con materiales hasta tamaño máximo de 1/2".

2. CARPETA AHULADA DE GRADUACION ABIERTA

Se construye utilizando cementos asfálticos modificados con hule molido recuperado de neumáticos, mediante procesos especiales y materiales hasta tamaño máximo 1/2".

3.- CARPETA POLIMERIZADA DE GRADUACION ABIERTA.

Se construye utilizando cementos asfálticos modificados con polímeros, mediante procesos especiales y materiales hasta tamaño máximo 1/4".

El material utilizado como ligante en la construcción de carpetas drenantes, fue en un inicio el cemento asfáltico N°. 6 y actualmente es el AC-20.

Los requisitos de los materiales pétreos usados han sido: que sean limpios, duros y sanos, obtenidos por tratamiento de trituración y cribado; no deben manifestar la presencia de minerales de arcilla o estar en proceso de intemperismo, se muestrean después del proceso de trituración y cribado y antes del secado de los materiales en la planta de asfalto.

CONSTRUCCION DE CARPETAS DRENANTES SIN ADITIVO MODIFICADOR.

Esta experiencia se inicia en carreteras de Caminos y Puentes Federales en el año de 1988 y se continúa hasta el año de 1995.

Este tipo de carpetas drenantes fueron construidas con material pétreo de tipo basáltico tamaño máximo de 3/8" y cemento asfáltico N°. 6 sin aditivo modificador de asfalto.

Este tipo de tratamiento superficial tiene sus ventajas y desventajas.



VENTAJAS.

- Ideal para superficie de rodamiento en que el porcentaje de vehículos ligeros sea predominante.
- Se disminuye el ruido por la circulación de vehículos.
- Ayuda a la tracción, dando mayor estabilidad en las curvas.
- Evita el deslizamiento en época de lluvias.
- Reduce el mantenimiento, logrando menor inversión
- Muy buena vida útil.

DESVENTAJAS.

- En contacto constante con el agua se producen desgranamientos.
- Es difícil de reparar zonas falladas.
- El desgrane produce daños a los vehículos originado quejas del usuario.

CARPETAS DRENANTES AHULADAS.

Después de la verificación en el laboratorio, a principios del año de 1996 se construyeron carpetas drenantes con el 7% de hule molido, presentándose problemas de exudación y al revisar la granulometría se determina que se usen materiales de tamaños mas uniformes, sin finos y condicionar la naturaleza mineralógica.

Las carpetas drenantes ahuladas se empiezan a construir en el organismo a partir del año de 1997, en lo que corresponde a la Autopista México - Cuernavaca, como se muestra a continuación:

704



CAMINOS FUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

LIBRAMIENTO DE CUERNAVACA

AÑO	TRAMOS		CARRIL 1 - 2 - 3	CUERPO	LONGITUD (KM.) ANCHO DOS CARRILES	HULE MOLIDO
	KM.	KM.				
1996	80+500	95+000	1 - 2	A	14.500	7%
	80+500	94+760	1 - 2	B	14.260	7%
				SUMA	28.760	

AUTOPISTA MEXICO - CUERNAVACA

AÑO	TRAMOS		CARRIL 1 - 2 - 3	CUERPO	LONGITUD (KM.) ANCHO DOS CARRILES	HULE MOLIDO
	KM.	KM.				
1996	23+580	30+260	1 - 2	A	10.020	7%
	72+860	80+500	1 - 2	B	7.640	7%
				SUMA	17.660	

De las experiencias en éstos tramos, se determinó la conveniencia de aumentar la cantidad de hule molido a utilizar de acuerdo al cemento asfáltico y material pétreo, utilizándose en algunos tramos el 14 % y en otros el 17%.



CAMINOS Y PUENTES FEDERALES
DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS

Se ha llegado a la conclusión de que la utilización del 17% de hule molido es el valor mínimo con el cual se obtienen las propiedades esperadas del asfalto modificado.

Lo anterior implica:

- La elaboración del asfalto ahulado en plantas industriales.
- Acarreos cortos.
- Instalaciones adecuadas para el almacenamiento y manejo.
- El cuidado de las temperaturas y los tiempos de las actividades.

CARPETAS DRENANTES POLIMERIZADAS.

Derivado de los buenos resultados que se observaron en la construcción de una carpeta drenante polimerizada, construida en un camino del estado de Veracruz en la zona de Pánuco, se construyó un tramo de prueba con material pétreo de tamaño máximo de 3/8" y polímero SBS al 3% en la autopista México - Cuernavaca en los tramos siguientes:

AÑO	TRAMOS		CARRIL	CUERPO	LONGITUD (KM.) ANCHO DOS CARRILES	POLIMERO
	KM.	KM.				
1996	30+260	32+580	1 - 2 - 3	A	2.320	SBS 3%
	66+00	72+800	1 - 2 - 3	B	6.860	SBS 3%
				SUMA	9.180	

760



RIEGO DE SELLO V.S. CARPETA DRENANTE (OPEN GRADED).

Comparando el costo del sello tradicional con el de OPEN GRADED resulta que éste último es 2.86% mas caro que el primero.

En el año de 1992, como tratamiento de emergencia se aplicó sobre tramos fallados OPEN GRADED con cemento asfáltico N°. 6 el cual, en aquellos tramos que no ha sido posible rehabilitarlos, se ha comportado magníficamente, después de cinco años en operación.

Si se compara la vida útil del sello tradicional con la vida útil registrada por el OPEN GRADED con cemento normal resulta que este último tiene una vida de 66.6% superior.

De la experiencia anterior se puede concluir lo siguiente:

El OPEN GRADED teniendo un costo de 2.86% mas alto que el riego de sello proporciona un 66% mas de vida útil que el sello tradicional.

En el análisis anterior no se ha tomando en cuenta la ventaja que presenta el procedimiento de aplicación de OPEN GRADED en relación al del sello tradicional, ya que al manejarse como mezcla en planta el trabajo es mas ordenado y limpio y es posible abrirlo al transito inmediatamente después de terminada la compactación, no así el riego de sello que requiere un tiempo mayor para el rompimiento de la emulsión asfáltica, requiriendo el cierre temporal del carril en tratamiento y las molestias que ocasiona a los usuarios por el desprendimiento de las partículas sueltas que no son removidas por el barrido del desperdicio, lo que sin duda representa un costo indirecto adicional aún no cuantificado.

707



A partir de 1998 se inicia la construcción de carpeta delgada de graduación abierta (OPEN GRADED), con materiales pétreos, producto de trituración total con un tamaño máximo de $\frac{1}{4}$ " con la siguiente granulometría.

MAILLA	% QUE PASA
$\frac{1}{4}$ "	100
$\frac{1}{2}$ "	85 - 100
$\frac{3}{8}$ "	55 - 75
$\frac{1}{4}$ "	35 - 47
Nº. 4	15 - 25
Nº. 200	2 - 4

El material fino, deberá ser exclusivamente producto de trituración, no material de un banco distinto, ya que esto aceleraría el proceso de taponamiento en la capa de OPEN-GRADED.

La mezcla asfáltica se elabora con cemento asfáltico AC-20, modificado con polímero SBS en un porcentaje que varía de 2.5 a 3.0 respecto al peso volumétrico del cemento asfáltico.

En los años de 1998 y 1999, se ha construido OPEN GRADED de estas características en las autopistas México-Querétaro, México-Puebla y Puente de Ixtla-Iguala, observándose a la fecha un mejor comportamiento respecto a los otros tipos de carpeta drenante usados en años anteriores.

Estos datos de carácter general, únicamente pretenden dar un panorama de lo que en este campo, se debe seguir estudiando para llegar a procedimientos y especificaciones acordes a las necesidades de nuestras Autopistas.

Noviembre de 1999.



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

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE CARRETERAS

MODULO III: CONSERVACION Y OPERACION DE CARRETERAS

TEMA

EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

**EXPOSITOR: M. EN I. RAUL VICENTE OROZCO SANTOYO
ING. R. TORRES VELAZQUEZ
PALACIO DE MINERIA
JUNIO DEL 2001**

EVALUACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS A PARTIR DE MEDICIONES DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES CON EL DEFORMOMETRO DE IMPACTO (KUAB)

R. V. Orozco Santoyo
Director General, Raúl Vicente Orozco y Cía., S.A. de C.V.

R. Torres Velázquez
Coordinador de Proyectos, Raúl Vicente Orozco y Cía., S.A. de C.V.

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 curvímetro Dehelen, el Dynaflect, etc. Con la finalidad de simular lo mejor posible el efecto producido por el tránsito de vehículos, 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.

Por el amplio uso de las computadoras, también se tiende a utilizarlas directamente en diversas modalidades de cálculo para el diseño y la revisión de estructuraciones de pavimentos. De esta manera se utilizan cada vez más los modelos de simulación para el diseño integral de los pavimentos.

1. INTRODUCCION

El estudio de los pavimentos en México data de los años treinta y fue en el año de 1934 cuando se fundó el primer laboratorio con la finalidad de estudiar y controlar los materiales que se utilizaban en esa época. Paralelamente a esto, surgió la necesidad de analizar el estado de los pavimentos construidos, desde los puntos de vista servicio y condiciones superficial y estructural. Para valuar la condición estructural se han utilizado diversos equipos y aparatos, tales como la viga Benkelman, el curvímetro 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, 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 KUAB permite simular el efecto producido por el paso del tránsito de vehículos, mediante la carga transmitida a una placa segmentada al dejarle caer libremente pesos desde diferentes alturas. La carga aplicada para autopistas es de 2 a 8 t sobre una placa de 30 cm de diámetro; para aeropistas, de 3 a 15 t sobre una placa de 45 cm de diámetro. El impacto de esta carga está diseñado para causar un desplazamiento vertical igual al causado por la llanta de un vehículo.

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

La distancia usual entre una estación y otra varía de 50 a 100 m, sin embargo, se pueden efectuar lecturas a la distancia deseada.

3. CALIFICACION ESTRUCTURAL

En cada estación 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 EN 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 cómputo (Uddin, 1993), esta información se procesa y se obtienen los módulos elásticos para las diferentes capas que forman el pavimento y las terracerías, a partir de los desplazamientos verticales, la carga aplicada y los espesores de cada capa.

Para la obtención de los módulos elásticos, el programa de cómputo efectúa un proceso iterativo, en el cual se "propone" un módulo elástico, con el que, a través de la teoría elástica de multicapas, se calcula un desplazamiento vertical que se compara con el medido en campo. El mismo proceso se efectúa para cada una de las lecturas registradas por los siete sismómetros. Al existir diferencia entre los desplazamientos calculados y los registrados en campo, el programa "propone" otro módulo elástico y se repite el proceso hasta que los desplazamientos convergen.

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

CAPA	MODULOS ELASTICOS (kg/cm ²)		
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 (Hughes, 1987; Romo y Torres, 1993, Torres, 1992).

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 aplicó la siguiente expresión:

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

en donde:

ϵ_v = deformación unitaria máxima a compresión

Para el caso de la carpeta asfáltica, se utiliza la siguiente expresión (Marchand, 1984).

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

en donde:

ϵ_t = deformación unitaria máxima a tensión

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

$$N_f = 10^{12 \left(0.8886 \frac{\sigma_t}{21} \right)} \quad (3)$$

en donde:

σ_t = esfuerzo máximo de tensión en la parte inferior de la capa rigidizada (kg/cm^2)

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 (Dauzats, 1984), 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: $N_f(e_v)$ en la Ec. 1, $N_f(e_t)$ en la Ec. 2 y $N_f(s_t)$ en la Ec. 3.

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

$$n_i = \frac{365 E_0}{\ln(1+r)} \left[(1+r)^a - 1 \right] \quad (5)$$

en donde:

E_0 = número total de aplicaciones de carga del eje considerado, el primer día del periodo de análisis

r = tasa de crecimiento vehicular anual (decimales)

a = vida esperada (años)

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

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

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 económico y 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.

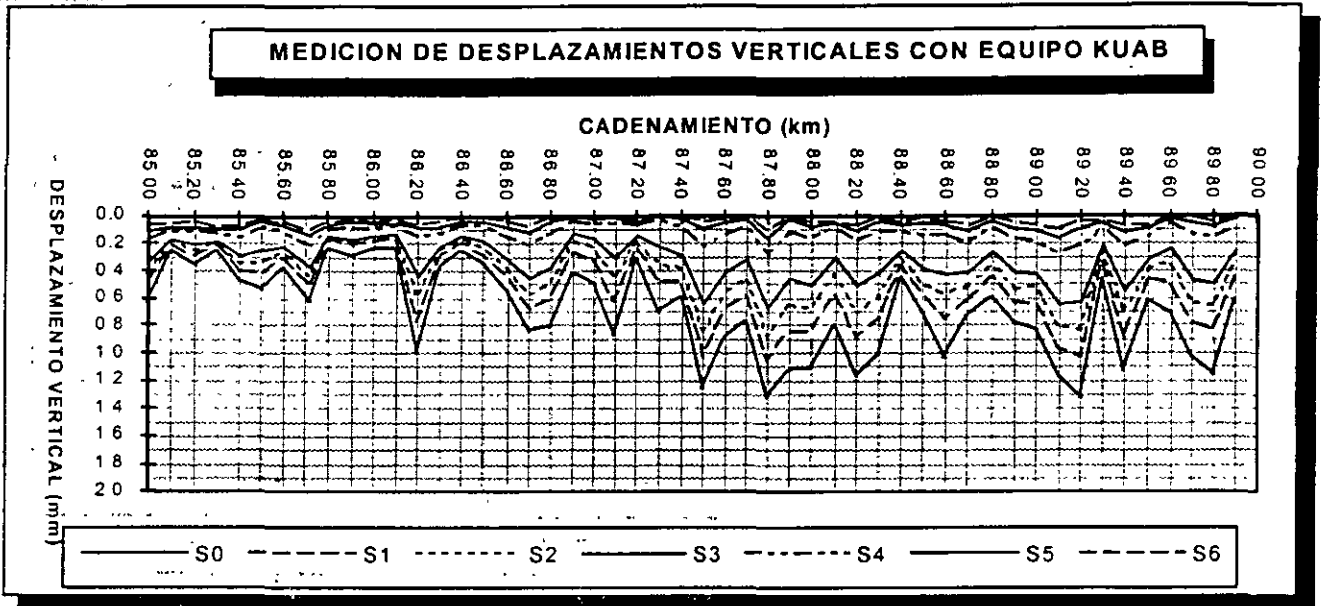
ORGANISMO	CARRETERA, AUTOPISTA o AEROPUERTOS	LONGITUD EVALUADA (km)
CAPUFE	México-Tizayuca	31
	Libramiento de Cuernavaca	60
	La Pera-Cuautla	68
	Puente de Ixtla-Iguala	124
	Zacapalco-Rancho Viejo	34.6
	Puebla-Acatzingo	48

	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
ASA	Plataforma del Aeropuerto de Durango	0.1
	Aeropuerto de Huejotzingo, Pue	14.4
SCT	Pachuca-Tampico	30
	Hermosillo-Moctezuma	48.0
	Puebla-Huajuapán de León	80.0
	Lázaro Cárdenas-Polyuc	40.0
BANAMEX	Pirámides-Tulancingo	136
BANOBRAS	Toluca-Morelia	252.0
GOBIERNO DEL ESTADO DE LEON, GTO.	Vialidades	95.7
GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO	Av. Texcoco	32.0
TRIBASA	México-Toluca (federal México-Toluca (concesión Peñón, Texcoco	32.0
SISTEMA CLAVE (adoquín)	Real del puente Club de golf Tabachines	1 1

8. REFERENCIAS

- 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
- Hughes, T (1987) "The finite element method. Linear static and dynamic finite element analysis. Englewood, New Jersey, USA
- 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
- Torres R (1992). "Método para el diseño geométrico de pavimentos flexibles". Tesis de Maestría, UNAM, México
- Marchand, J.P., Dauzats, 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, Paris, Francia.
- Dauzats, 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, Paris, Francia.

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

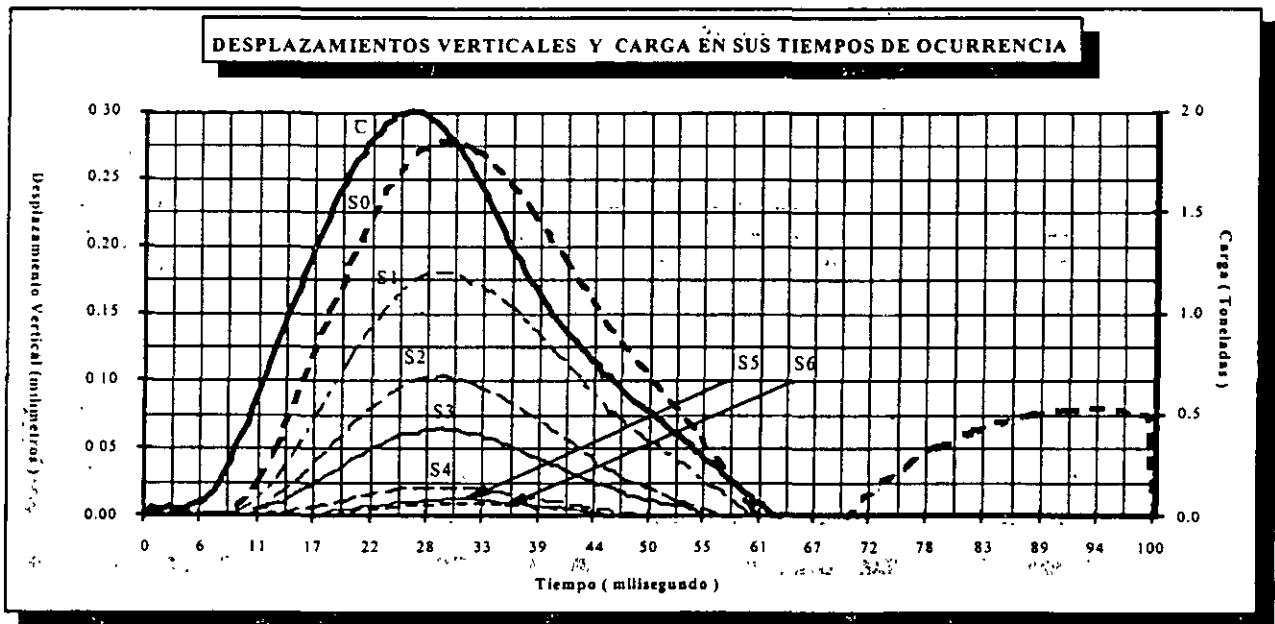


(S=Sismómetro)

PROMEDIO DE CARGA 5,948 kg

Fig.- 1 Gráfica de desplazamientos verticales

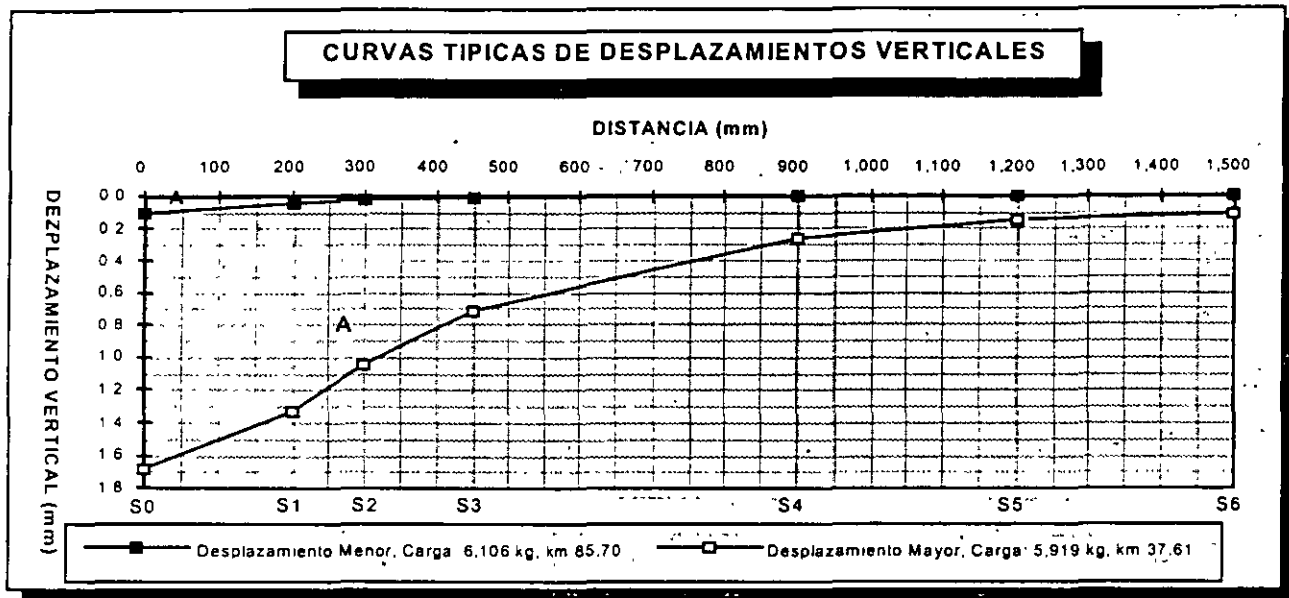
CAMINO DIRECTO: PUEBLA - CORDOBA
 TRAMO: ESPERANZA-Cd. MENDOZA km 259.4



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

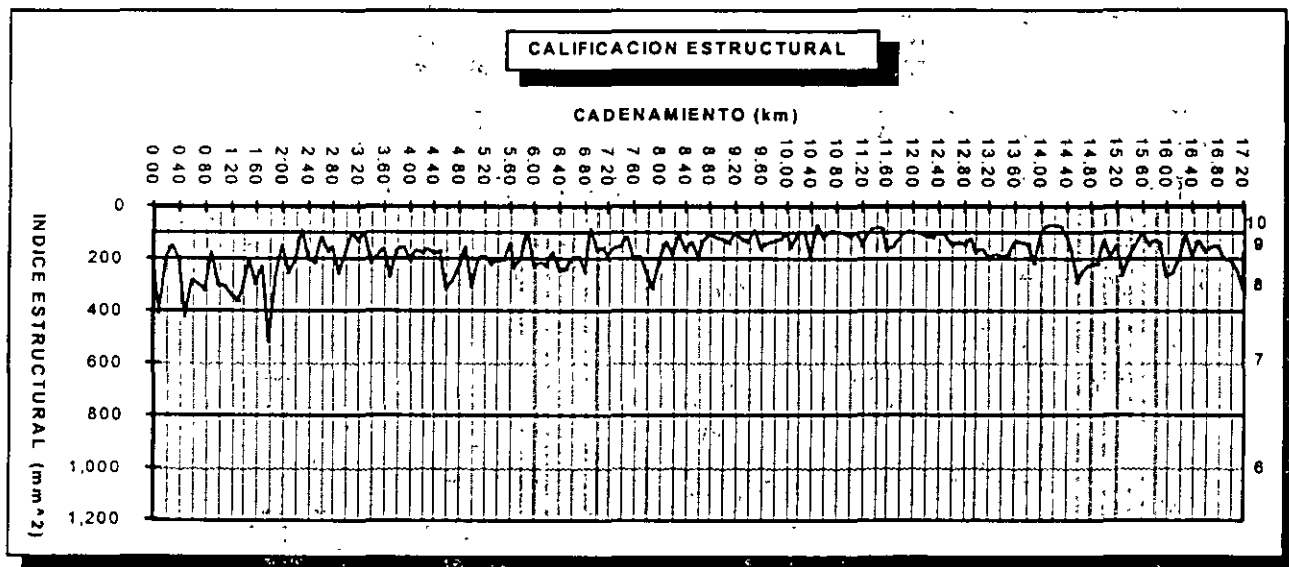


A = AREA = INDICE ESTRUCTURAL

(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

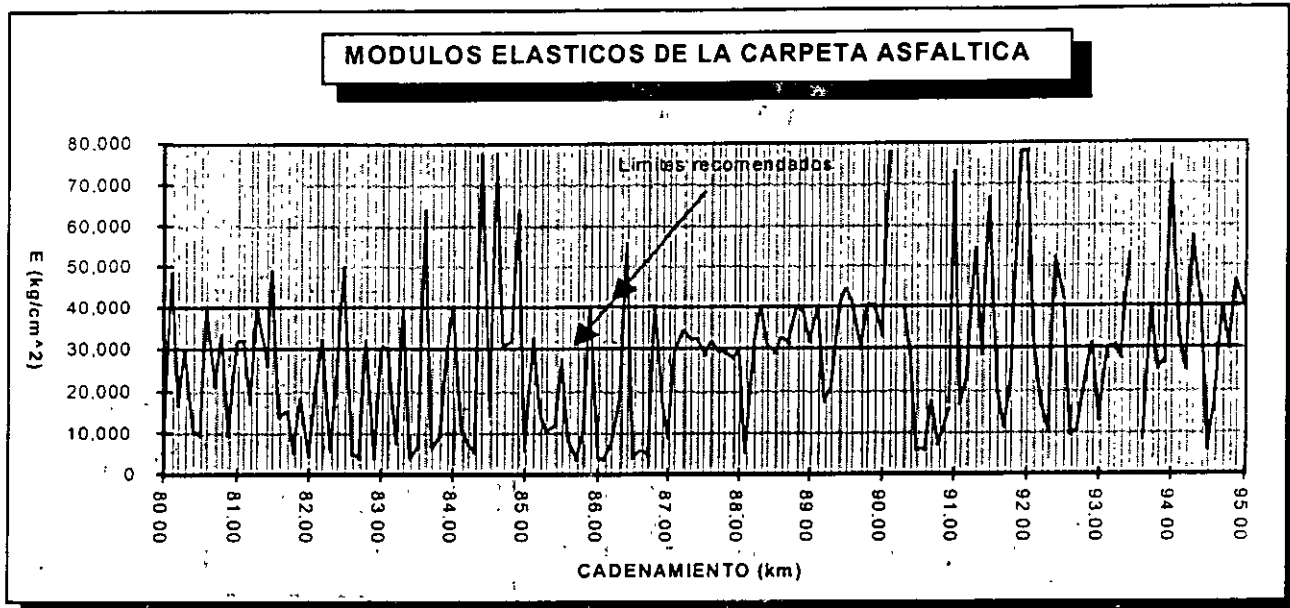
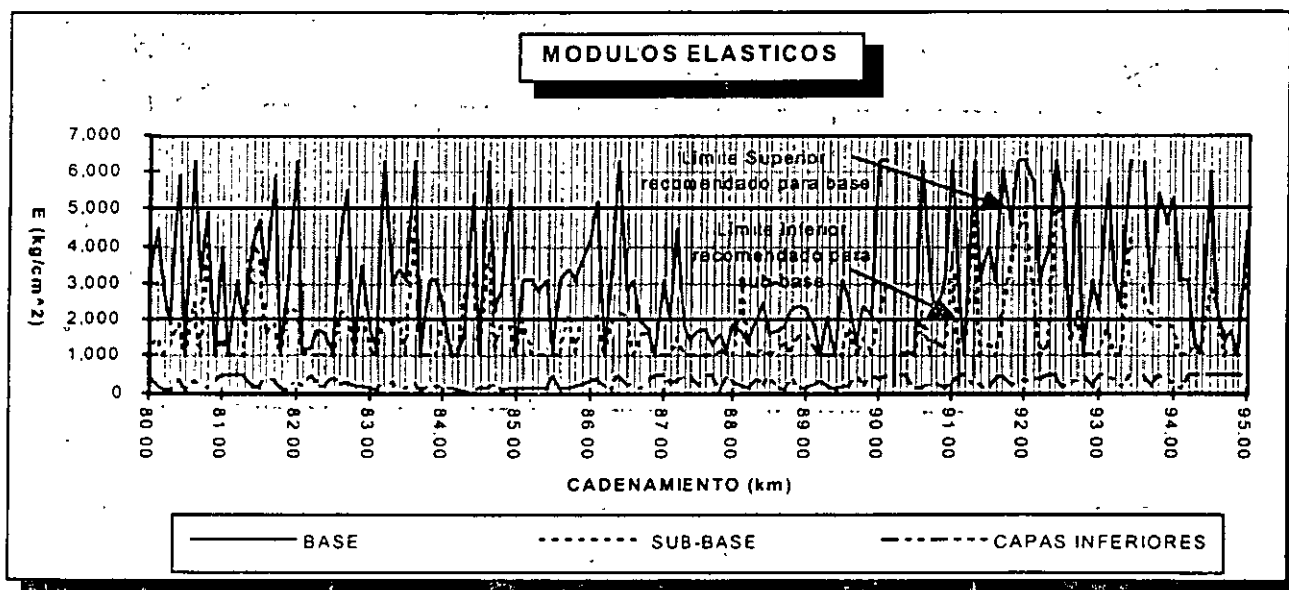


Fig.- 5 Gráfica de Módulos elásticos de carpeta asfáltica

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

MALLA DE ELEMENTOS FINITOS

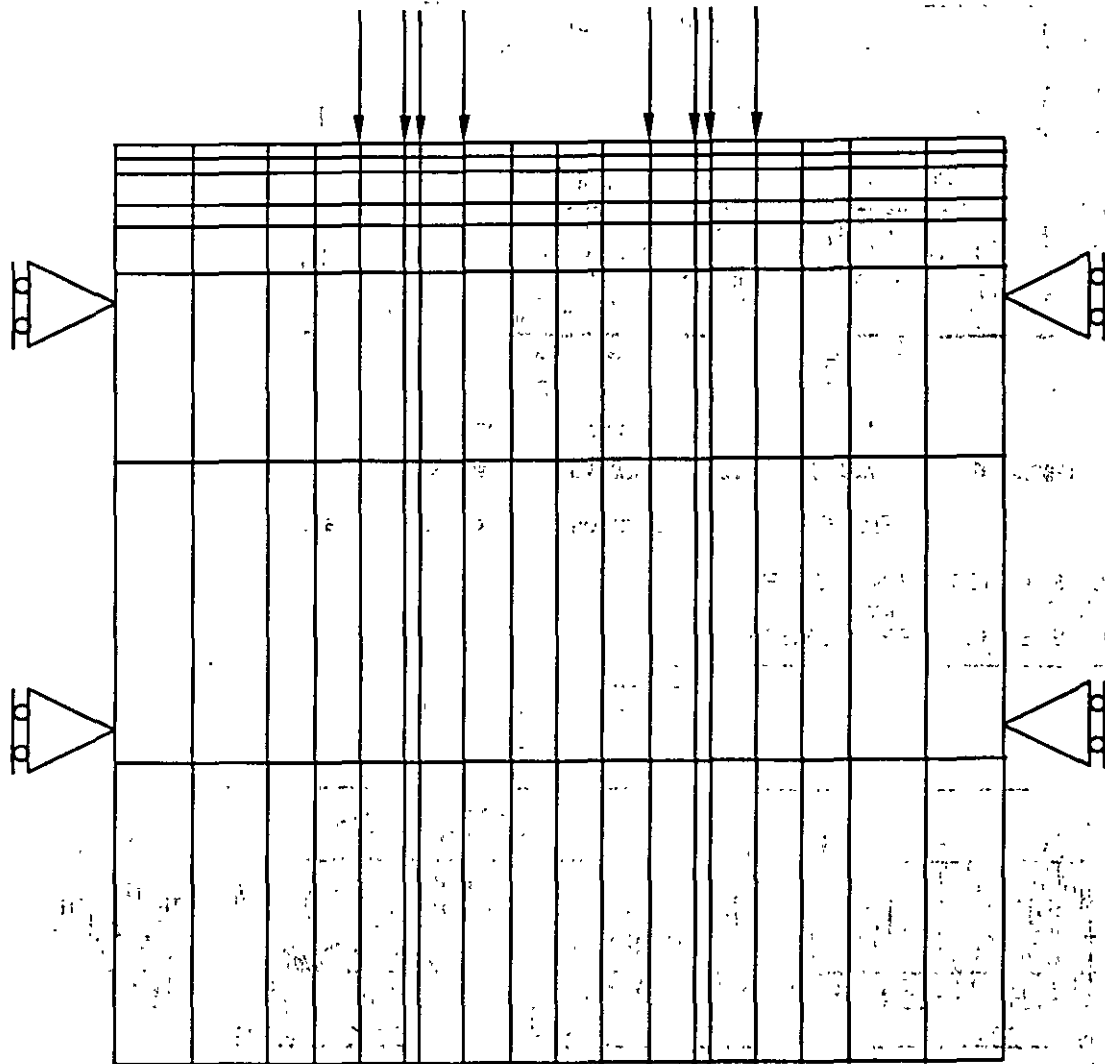


Fig. 7 Malla de elementos finitos

UNIVERSIDAD
DE GUAYAMA
INSTITUTO
VENEZOLANO
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS