

08 T(222)C
MFN: 1098

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

**CONSIDERACIONES SOBRE EL MANTENIMIENTO DE LA
RED VIAL DE GUATEMALA**

T E S I S

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

LUIS FELIPE BOBURG CETINA

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

Guatemala, Abril de 1,972

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano: Ing. Hugo Quan Ma
Vocal Primero: Ing. Marco Tulio Samayoa B.
Vocal Segundo: Ing. Rodolfo González
Vocal Tercero: Ing. Adolfo Behrens
Vocal Cuarto: Br. Jorge Cabrera
Vocal Quinto: Br. Manuel María Rendón
Secretario: Ing. José Luis Terrón

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano en funciones Ing. Rodolfo González
Examinador: Ing. Joaquín Lottman
Examinador: Ing. Jaime González E.
Examinador: Ing. Octavio Cerdón
Secretario: Ing. Héctor A. Centeno B.

TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de Tesis titulado:

CONSIDERACIONES SOBRE EL MANTENIMIENTO DE
LA RED VIAL DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de la

FACULTAD DE INGENIERIA

DEDICO ESTE ACTO:

Al Ser Supremo

A mi madre:

Tomasa Cetina de Boburg

A la memoria de mi padre:

P. Francisco Boburg Mena

A mi esposa:

Profa. Aida Stella de la Cruz de Boburg

A mis hijas:

Karin y Paola

A mis hermanos:

Tte. Cnel. Pedro Pablo Boburg C. y Sra.
Prof. Francisco Miguel Boburg C. y Sra.
Br. Juan Angel Boburg C.
Profa. María Aurora Boburg C.
Profa. María Luisa Boburg C.

A la:

Facultad de Ingeniería

A la:

Sección Estudio de Puentes de la
Dirección General de Caminos.

A mis:

Familiares y amigos.

- 3.3.1 Grietas (Cuarteamiento en forma de mapa, o cuero de lagarto).
- 3.3.2 Deterioro de las Superficies y Desmoronamiento de los Bordes.
- 3.3.3 Baches
- 3.3.4 Corrugaciones o Irregularidades Pronunciadas.
- 3.3.5 Asentamientos y Deformaciones
- 3.3.6 Secciones completamente falladas.
- 3.3.7 Superficies resbalosas
- 3.3.8 Hombros bajos.
- 3.3.9 Destrucción de Cunetas
- 3.3.10 Destrucción de Obras de Arte de Drenaje
- 3.3.11 Erosión Excesiva en los Taludes.

CAPITULO IV

4. MANTENIMIENTO DE CARRETERAS:

- 4.1 CAMINOS DE TIERRA
- 4.2 CAMINOS BALASTADOS
 - 4.2.1 Daños más frecuentes
 - 4.2.2 Mantenimiento
- 4.3 CAMINOS CON PAVIMENTO FLEXIBLE:
 - 4.3.1 Daños más frecuentes
 - 4.3.2 Mantenimiento
- 4.4 CAMINOS CON PAVIMENTO RIGIDO:
 - 4.4.1 Daños más frecuentes
 - 4.4.2 Mantenimiento

CAPITULO V

5. EQUIPO DE MANTEMIENTO:

INTRODUCCION

BREVE HISTORIA DEL ORIGEN Y EVOLUCION DE LA RED VIAL DE GUATEMALA

CAPITULO I

1. INFORMACION:

- 1.1 Organización del Departamento de Mantenimiento y Mejoramiento de Carreteras.
- 1.2 Red Vial de Guatemala por Zonas y Departamentos.
- 1.3 Informes de las Zonas Viales.

CAPITULO II

2. CAUSAS MAS COMUNES DEL DETERIORO DE LAS CARRETERAS:

2.1 CAUSAS NATURALES:

- 2.1.1. Lluvias
- 2.1.2. Aguas Superficiales
- 2.1.3. Aguas de Infiltración o Subterráneas.

2.2. CAUSAS NO NATURALES:

- 2.2.1 Calidad de Materiales y Suelos
- 2.2.2 Mantenimiento Deficiente.
- 2.2.3 Deforestación
- 2.2.4 Tránsito de Vehículos.

CAPITULO III

3. DAÑOS MAS COMUNES DE LAS CARRETERAS:

- 3.1 HUNDIMIENTO
- 3.2 DERRUMBES
- 3.3 DESTRUCCION DE AFIRMADOS:

- 5.1 Cantidad Necesaria de Equipo.
- 5.2 Selección y Clase de Equipo

CAPITULO VI

6. MEDIDAS PREVENTIVAS:

6.1 TRATAMIENTOS LIGEROS:

- 6.1.1 Sellos de Arena
- 6.1.2 Sellos de Gravilla
- 6.1.3 Bacheo Temporal

6.2 CONSERVACION:

- 6.2.1 Hombros
- 6.2.2 Cunetas
- 6.2.3 Taludes

6.3 CONTROL DE LA EROSION

6.4 CONTROL DE PESOS Y DIMENSION DE VEHICULOS:

- 6.4.1 Consideraciones
- 6.4.2 Estación de Control de Cargas
- 6.4.3 Formas de Control
- 6.4.4 Criterios de los sitios para Estaciones de Control de Cargas
- 6.4.5 Instalaciones
- 6.4.6 Dimensión de Vehículos

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES

CAPITULO VIII

8. RECOMENDACIONES

INTRODUCCION

BREVE HISTORIA DEL ORIGEN Y EVOLUCION DE LA RED VIAL DE GUATEMALA

Como consecuencia del desarrollo de la República de Guatemala, al igual que otros países del mundo, la construcción de carreteras en nuestro país, ha pasado por las diferentes fases lógicas de su desenvolvimiento, desde los caminos del tiempo de la Colonia, hasta las carreteras pavimentadas de nuestros días, las cuales están en pleno auge en la actualidad, teniendo aún por delante un vasto plan de nuevas vías de comunicación por construir; que permitan en un futuro no lejano, intercomunicar todos los centros de producción con los de consumo existente y de abrir nuevos horizontes hacia las zonas poco desarrolladas.

Cuando se construyeron los primeros caminos, las exigencias eran limitadas, pues el tránsito en ese entonces se hacía por medio de bestias; con el tiempo estas veredas se ampliaron para uso de carreteras y diligencias, sin tener en cuenta características técnicas de ninguna clase.

Con el advenimiento de los vehículos de motor, esas carreteras fueron deficientes por sus pronunciadas pendientes, sus curvas cerradas y su firme de tierra inadecuada; en vista de eso se tuvo la necesidad de mejorar las condiciones y por lo tanto, se dio principio al trazo de los caminos, pero sin mayores estudios de ingeniería y también se tomaron precauciones, recubriendo su superficie con balasto, para asegurarse de que fuesen transitables en todo tiempo.

Esta fase fue observada en Guatemala durante los años de 1,930 a 1,940, habiéndose abierto en ese lapso, prácticamente nuevos caminos que intercomunicaban todos los Departamentos entre sí y con la Capital.

Estos caminos fueron construidos en su mayor parte, casi solo a base de trabajo manual, sin uso de maquinaria.

Aproximadamente a partir de 1,942 se incrementó la construcción de carreteras, ya con el uso de equipo, habiéndose efectuado en esa oportunidad, trabajos sobre la Carretera del Pacífico, que se conocía en ese tiempo con el nombre de RUME "Ruta Militar de Emergencia", luego CIPA "Carretera Internacional del Pacífico", posteriormente CP "Carretera del Pacífico" y actualmente CA-2 "Carretera Centroamericana No. 2".

Durante el período de 1,944 a 1,950, por un convenio con los Estados Unidos se inició el trabajo de la CIA "Carretera Interamericana"; fue la Carretera Roosevelt, como inicialmente se le llamó, donde se hicieron los primeros estudios completos y se usaron determinadas normas geométricas y especificaciones para su estudio, cálculo y construcción. Todos estos trabajos se ejecutaron por administración; desde 1,954 a la fecha ya se trabajó por Contrato, en lo que a construcción se refiere.

Simultáneamente a los trabajos de la Roosevelt se ejecutó la pavimentación de los tramos Escuintla a Puerto de San José, (CA-9 SUR), de Escuintla a Popoyá y Taxisco (CA-2 OCCIDENTE y ORIENTE respectivamente). Es importante mencionar estos trabajos, pues fueron los primeros que se ejecutaron por medio del sistema de contratación.

En el período de 1,950 a 1,954, se abrieron nuevos frentes de trabajo, siendo los principales los correspondientes a la Carretera Internacional del Pacífico, a saber: de Popoyá a Retalhuleu, de esta última población a Champerico y de la misma a Quezaltenango; en este mismo período se inició la construcción de la RAA "Ruta al Atlántico", la cual se caracterizó por el gran incremento de equipo pesado que tuvo Caminos, en todos los trabajos que se llevaron a cabo por Administración.

A partir de 1,954, se inició una nueva era en la organización de la Dirección General de Caminos, al incrementarse la construcción de obras por Contrato con Compañías Nacionales y Extranjeras. Esta nueva forma de trabajo se ha ejecutado con

fondos propios del Presupuesto Nacional, con fondos de empréstito del BIRF, DIF, EXIMBANK, y con ayuda del Gobierno de los Estados Unidos, por medio del BPR para la CIA y a través de la AID, para la construcción de caminos de acceso a las zonas de Desarrollo Agrario.

Fue condición de algunos de estos préstamos la contratación de Compañías Asesoras. El incremento de las construcciones por Contraro, creó la necesidad de formar un Departamento encargado exclusivamente del control de la calidad de tales obras, cuyas funciones tienen por objeto la supervisión de la ejecución de los trabajos y cumplimiento de las especificaciones técnicas de las mismas.

Desde el año de 1,958 se dio mayor importancia a la construcción de los tramos faltantes de las carreteras principales que atraviesan totalmente el territorio de la República, uniendo las fronteras de México y El Salvador y los puertos de San José y Santo Tomás de Castilla, en el Pacífico y Atlántico respectivamente.

Como complemento a este desarrollo de carreteras y de acuerdo con Convenios centroamericanos, se construyó y asfaltó las Carreteras Centroamericanas: El Molino-Río Paz C.A.-8-49, C.A-10-48 y 46, C.A-10-TS. Río Hondo-Frontera con Honduras y C.A.-12 Padre Miguel-Angiatú.

También en ese lapso de tiempo, se construyeron las carreteras siguientes: Morales-Puerto Méndez Proyecto 1-64 TP, El Rancho-Santa Elena Proyecto CN-49 TP, Santa Elena-Salamá CN-17 TP, San Juan Ostuncalco-San Marcos, Río Bravo-Tiquisate, Tiquisate-Semillero, Democracia-Sipacate.

Actualmente están en fase de construcción el tramo Santa Elena-Cobán Proyecto CN-80-T.B. así como una gran red de caminos vecinales o caminos de acceso a zonas de desarrollo agrario, las que convenientemente conectadas con las carreteras troncales permitirán el intercambio comercial, el fomento de la agricultura, ganadería, industria, turismo, etc. que contribuirán

grandemente a la economía nacional. Dichos caminos se están realizando por contrato y son ellos: Cocales-Nueva Concepción, Nueva Concepción-Tiquisate, Nueva Concepción-Tecoiate, Cuilapa-Chiquimulilla, Cocales-Godínez, Casillas-Santa Cruz Naranjo, Santa Lucía-El Cajón-Cerro Colorado, San Francisco Zapotitlán-Mazatenango, La Blanca-Tilapa, Pajapita-El Tumbador, La Vega-Pueblo Nuevo Viñas.

Para terminar esta breve historia, la red vial de Guatemala consta actualmente de 13,449 kilómetros de carreteras, tal como se detallan en el cuadro cuidadosamente elaborado por el Departamento de Estadística de la Dirección General de Caminos.

La cantidad de caminos construidos o mejorados, el aumento de vehículos motorizados, de la velocidad, volumen, peso y principalmente la conservación de los grandes capitales invertidos, exigen el estudio analítico y racional de todas aquellas actividades que tiendan a mantenerlas en perfecto estado para su uso, que permita una circulación cómoda y segura.

Una carretera bien conservada significa facilidad de transportación de los productos al mercado, seguridad de tráfico, menor costo de operación de los vehículos y economía para el país, cuando las operaciones de mantenimiento son realizadas en una forma técnica.

Se puede observar que algunos procedimientos empleados en reparaciones de grandes o pequeñas extensiones de pavimentos, no dan buenos resultados, al poco tiempo aparece de nuevo la falla y con frecuencia hay necesidad de repararlas.

Las causas del deterioro prematuro, haciendo que muchos kilómetros de carreteras pierdan su valor más rápidamente a lo que pudiera llamarse un deterioro normal, fueron los motivos del desarrollo del presente trabajo, esperando pueda servir como ayuda a todas aquellas personas que se dedican a realizar operaciones de mantenimiento.

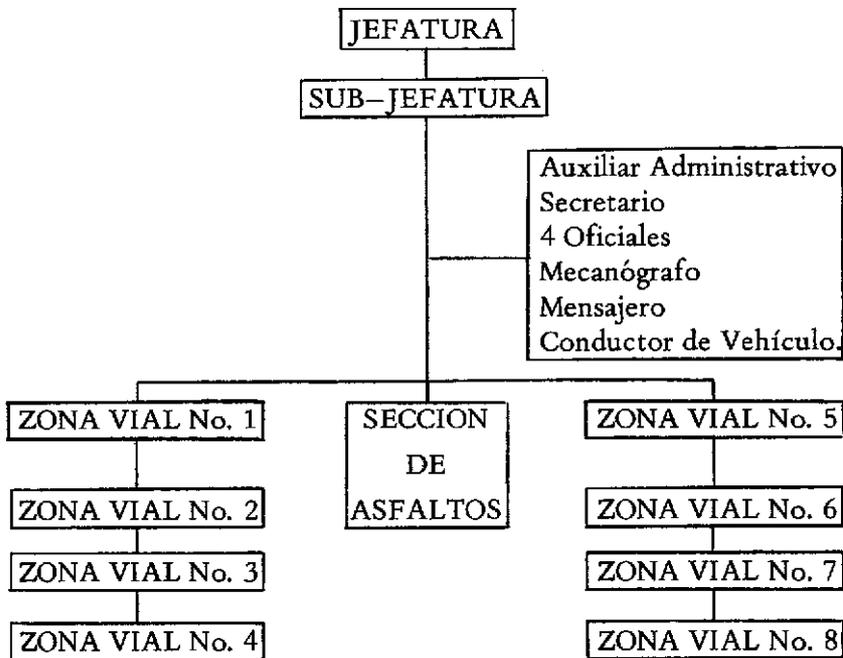
CAPITULO I

1. INFORMACION:

1.1 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y MEJORAMIENTO DE CARRETERAS:

Para un mejor control y alcance de sus propósitos, el Departamento se ha dividido en 9 Zonas Viales y la Sección de Asfaltos. Sin embargo, la No. 9 no está bajo la jurisdicción de la Dirección General de Caminos, porque comprende en su totalidad el Departamento de El Petén, cuyo funcionamiento está a cargo de la Empresa Nacional de Fomento y Desarrollo de El Petén (FYDEP). Las zonas restantes se han limitado, tomando en cuenta las facilidades de acceso y el número de kilómetros a mantener, de modo que la cantidad de trabajo sea similar.

ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y MEJORAMIENTO DE CARRETERAS



1.2 RED VIAL DE GUATEMALA, POR ZONAS Y DEPARTAMENTOS:

La red vial de Guatemala, está compuesta de:

2,333 kilómetros de carretera asfaltada.

6,653 kilómetros de carretera mantenidas de tierra.

1,382 kilómetros de carreteras no mantenidas de tierra.

Que hacen un total de 10,368 kilómetros. Además se estimó 3,081 kilómetros de Carreteras Privadas, haciendo un total de 13,449 kilómetros.

Estos datos fueron obtenidos de la Sección de Estadística de la Dirección General de Caminos de la República y han sido incluidos detalladamente a continuación, con el objeto de conocer la cantidad de kilómetros de carreteras que necesitan mantenimiento en nuestro país.

RED VIAL DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA, POR DEPARTAMENTOS
(CANTIDADES EN KILOMETROS)

Departamento	Zona Vial	Asfaltadas	Mantenidas		Total Sin Privadas	Estimación De Privadas	Total Incluyendo Privadas
			De Tierra	No Mantenidas De Tierra			
Alta Verapaz	7	--	335	50	338	296	681
Baja Verapaz	7	14	255	19	288	273	561
Chimaltenango	1	85	222	24	331	111	442
Chiquimula	8	97	193	114	404	13	417
El Progreso	1	90	165	25	280	185	465
Escuintla	3	381	474	107	962	357	1,319
Guatemala	1	271	416	50	737	296	1,033
Huehuetenango	6	112	521	30	663	12	675
Izabal	8	128	125	27	281	10	291
Jalapa	2	36	181	29	246	20	266
Jutiapa	2	170	303	38	511	25	536
Petén	Fydep	--	761	59	820	--	820
Quezaltenango	4 y 5	150	305	108	563	220	783
Quiché	6	49	254	30	333	5	338
Retalhuleu	4	93	47	42	182	162	344
Sacatepéquez	1	59	121	58	238	148	386
San Marcos	4 y 5	71	578	82	731	290	1,021
Santa Rosa	2 y 3	129	587	190	906	160	1,066
Sololá	5	130	71	30	231	170	401
Suchitepéquez	4	114	357	190	661	200	861
Totonicapán	5	60	120	22	202	80	282
Zacapa	8	94	261	58	413	48	461
Totales		2,333	6,653	1,382	10,368	3,081	13,449

1.3 , INFORMES DE LAS ZONAS VIALES:

Se presenta además un informe de cada Zona Vial con una serie de datos de interés para el presente trabajo, como son:

- a. Volumen de kilómetros de carretera a mantener
- b. Tramos de carreteras de mayor mantenimiento
- c. Daños más frecuentes
- d. Tramos de carreteras de mayor tráfico
- e. Puntos donde se han registrado mayor número de accidentes.
- f. Maquinaria disponible para realizar el mantenimiento

Estos informes fueron obtenidos directamente de las Jefaturas de cada Zona Vial, por conducto del Departamento de Mantenimiento:

1.3.1 Zona Vial No. 1:

- a. Número de kilómetros a mantener:

Asfaltadas: 467 Kms.

Balastadas: 886 Kms.

De Tierra: 274 Kms.

Total: 1,627 Kms.

Número de Obras de Drenaje:

Tuberías: 1,982 Unidades

Cajas: 2 Unidades

Bóveda: 26 Unidades

Puentes: 127 Unidades

- b. Tramo de carretera de mayor mantenimiento: CA-9 Norte (Ruta al Atlántico).
- c. Daños más frecuentes:

Hundimientos: Km. 12 de la Ruta Departamental Guatemala 4 (Salida a Chinautla).

Derrumbes: Km. 43 (El Sinaca), Km. 50 (El Cóbano), Km. 60 (La Chifurnia), Carretera Interoceánica CA-9 Norte.

Deslizamientos: Km. 79 Carretera Interoceánica CA-9 Norte (Cerro del Brujo).

Inundaciones: Villalobos, San Juan del Obispo, Ruta Nacional 14.

Destrucción carpeta asfáltica.

- d. Tramo de mayor tráfico:
Carretera Interoceánica CA-9 Sur, (de Guatemala a Palín).
- e. Punto donde se han registrado mayor número de accidentes:
Km. 17 de la Carretera Interoceánica CA-9 Sur (Curva).
- f. Cantidad de Equipo.
Solo maquinaria de reparación.

1.3.2 Zona Vial No. 2:

- a. Número de kilómetros a mantener:

Asfaltadas: 215 Kms.

Balastadas: 315 Kms.

De Tierra: 580 Kms.

TOTAL: 1,110 Kms.

Número de Obras de Drenaje:

Tuberías: 2,840 Unidades

Puentes: 2 Unidades

- b. Tramo de carretera de mayor mantenimiento:

CA-1 Interamericana

CA-8 El Molino-Rio Paz

Ruta Nacional 19 Jalapa.

c. Daños más frecuentes:

Derrumbes: Carretera Interamericana CA-1, La Conora.

Destrucción carpeta asfáltica.

Hundimientos: Carretera Interamericana CA-1 (La Conora), CA-8 El Molino-Rio Paz.

Inundaciones: Ruta Departamental 5, San Cristobal Frontera-Atescatempa.

d. Tramo de mayor tráfico:

Carretera Interamericana CA-1

Carretera CA-8, Molino-Frontera El Salvador, Ruta Nacional 19 (El Progreso-Monjas, Jalapa).

e. Punto donde se han registrado mayor número de accidentes: Carretera Interamericana CA-1 (La Conora).

f. Cantidad de Equipo: Suficiente.

1.3.3. Zona Vial No. 3

a. Número de kilómetros a mantener:

Asfaltadas: 312 Kms.

Balastadas: --

De Tierra: 315 Kms.

TOTAL 627 Kms.

Número de Obras de drenaje:

Tuberías: 403 Unidades

Cajas: 1 Unidades

Bóvedas: 35 Unidades

Puentes: 122 Unidades

- b. Tramo de carretera de mayor mantenimiento:
Carretera Internacional del Pacífico CA-2 Oriente.
- c. Daños más frecuentes:
Destrucción de los firmes.
Inundaciones: Carretera Interoceánica CA-9 Sur al Pacífico.
Derrumbes: Ruta Nacional 14
- d. Tramo de mayor tráfico:
Carretera Interoceánica CA-9 Sur.
- e. Punto donde se han registrado mayor número de accidentes:
Carretera Interoceánica CA-9 Sur, kilómetro 44
- f. Cantidad disponible de Equipo:
53 Unidades.

1.3.4 Zona Vial No. 4:

- a. Número de kilómetros a mantener:

Asfaltadas:	390 Kms.
Balastadas:	370 Kms.
De Tierra:	335 Kms.
TOTAL:	1,095 Kms.

 Número de Obras de Drenaje:

Tuberías:	24 Unidades
Cajas:	— — Unidades
Bóveda:	4 Unidades
Puentes:	1 Unidades
- d. Tramo de carretera que exige más mantenimiento:
Ruta Nacional No. 8 Ciudad Tecún Umán a Ocós.

Ruta Such. 5 San José El Idolo-Chicacao.

c. Daños más frecuentes:

Socavación muros: Puente Sigucán.
Destrucción de barandales puentes.

Derrumbes: Carretera CITO-180-50 Kms. 203 al 211 y Ruta Sol-14, Kms. 25 al 40.

Destrucción de Afirmados.

d. Tramo de mayor tráfico:

Carretera Internacional del Pacífico CA-2, del Km. 113 al 279.

Carretera CITO-180-50 del Km. 177 al 211.

Ruta Nacional 9 Sur del Km. 186 al 226.

e. Punto donde se han registrado mayor número de accidentes:

Carretera Internacional del Pacífico CA-2 Cruzadilla vía ferrea Cuyotenango.

Vuelta Pronunciada "El Niño" Km. 174.

f. Cantidad disponible de equipo:

20 Unidades.

1.3.5 Zona Vial No. 5:

a. Número de kilómetros a mantener:

Asfaltadas: 268 Kms.

Balastadas: 799 Kms.

De Tierra: 52 Kms.

TOTAL: 1,120 Kms.

Número de Obras de Drenaje:

Tuberías: 1,289 Unidades

Cajas: 8 Unidades

Bóveda: 32 Unidades
Puentes: 88 Unidades

- b. Tramo de carretera que exige más mantenimiento:
Todas necesitan mantenimiento.
- c. Daños más frecuentes:
Derrumbes: Ruta Nacional 9 Norte Km. 107 al 118 y Carretera Interamericana CA-1 Km. 161 al 164.
Baches.
- d. Tramo de mayor tráfico.
Carretera Interamericana CA-1 Km. 109 al 185.
Ruta Nac. 1 del Km. 185 al 200 y Ruta Nac. 9 Sur del Km. 206 al 224.
- e. Tramo donde se han registrado mayor número de accidentes:
Carretera Interamericana CA-1 del Km. 10 al 165 y Ruta Nac. 9 Sur del Km. 206 al 224.
- f. Cantidad disponible de equipo:
131 Unidades.

1.3.6 Zona Vial No. 6:

- a. Número de Kilómetros a mantener:
- | | |
|-------------|----------------|
| Asfaltadas: | 157 + 040 Kms. |
| Balastadas: | 802 + 960 Kms. |
| De Tierra: | |
| TOTAL: | 960 + 000 Kms. |
- Número de Obras de Drenaje:
- | | |
|-----------|----------------|
| Tuberías: | 1,219 Unidades |
| Cajas: | 3 Unidades |
| Bóvedas: | — — Unidades |
| Puentes: | 185 Unidades |

b. Tramo de Carretera que exige más mantenimiento:

Ruta Nac. 9 Norte.
Ruta Nac. 7-W

c. Daños más frecuentes:

Obstrucción de Cunetas, Drenajes.

Derrumbes: Carretera Interamericana CA-1, de San Cristobal Totonicapán.

Kilómetros:

185 + 300, 227 + 420, 241 + 250, 243 + 900, 265 + 730
267 + 260, 272 + 200, 272 + 960, 273 + 700, 281 + 520
283 + 940, 284 + 780, 286 + 540, 289 + 510, 280 + 900
290 + 500, 292 + 440, 293 + 200, 293 + 440, 294 + 150
294 + 560, 298 + 660, 299 + 160, 300 + 800, 302 + 700
303 + 940, 304 + 660, 306 + 000, 307 + 300, 310 + 080
315 + 400 y 323 + 400, a la Mesilla.

Ruta Nac. 15: Kms. 141 + 200 "El Tesoro".

Hundimientos: Carretera Interamericana CA-1 Kms. 207 + 180, Pologuá Kms. 309 + 020.

Trapichillo.

d. Tramo de mayor tráfico:

Los Encuentros – Quiché Ruta Nac. 15
Huehuetenago – Chiantla, Ruta Nac. 9 Norte

e. Punto donde se han registrado mayor número de accidentes:

Ruta Nacional 9 Norte, Chiantla – San Juan Ixcoy.
Ruta Nac. 15, Quiché – Los Encuentros.

f. Cantidad disponible de Equipo:

Escaso.

1.3.7 Zona Vial No. 7:

a. Número de kilómetros a mantener:

Asfaltadas:

Balastadas: 717 + 217 Kms.

De Tierra:

TOTAL: 717 + 217 Kms.

Número de Obras de Drenaje:

Tuberías: 1,434 Unidades

Cajas: 2 Unidades

Bóveda: 3 Unidades

Puentes: 113 Unidades

b. Tramo de carretera que exige más mantenimiento:

Ruta Nac. 7 E San Julián-El Estor.

Ruta Nac. 5 Cobán-Sebol.

Ruta Nac. 7W Valparaíso-Chixoy.

c. Daños más frecuentes:

Pérdida de materiales por erosión.

Derrumbes: Km. 178 al 181 y del 183 al 228 de la Ruta Nac. 7E San Julián-El Estor.

d. Tramo de mayor tráfico:

Ruta Nac. 5 Cobán-Sebol, Ruta Nac. 7E San Julián-El Estor.

e. Tramo donde se han registrado mayor número de accidentes:

Del Puente Quililá a la cumbre del mismo nombre, del Km. 157 al Km. 160 de la Ruta Nac. 5 tramo Salamá-Cobán.

f. Cantidad disponible de equipo:

40 Unidades.

1.3.8 Zona Vial No. 8:

a. Número de kilómetros a mantener:

Asfaltadas: 318 + 865 Kms.

Balastadas: 68 + Kms.
 De Tierra: 329 + 050 Kms.
 TOTAL: 715 + 915 Kms.

Número de Obras de Drenaje:

Tubería: 1,707 Unidades
 Cajas: -- Unidades
 Bóvedas: 69 Unidades
 Puentes: 108 Unidades

b. Tramo de carreteras que exige más mantenimiento:

Carretera Interamericana CA-9 Norte.
 Carretera CA-10
 Carretera CA-12

c. Daños más frecuentes:

Erosiones en carpeta asfáltica: Carreteras CA-9
 Hundimientos carpeta asfáltica: Carreteras CA-10
 Derrumbes: Carretera CA-10 y CA-12

Destrucción de cunetas revestidas y carpeta asfáltica a consecuencia de asentamientos de algunos cerros: Carretera CA-12.

Derrumbes: Km. 108 al 109, del 186 al 204, del 206 al 210, 240, del 245, al 247, del 254 al 258, del 270 al 271 y 282 de la Carretera Interoceánica CA-9 Norte.

Km. 154 al 164, 167, 169 y 172, del 187 al 190 del 200 al 233 Carretera CA-10.

Km. del 222 al 229, Carretera CA-12.

Inundaciones: en el Km. 238 Carretera Interamericana CA-9 Norte.

Hundimientos: Km. 258 llena del río Silvin sobre la carretera de la Ruta CA-9

Km. 216 al 217 Carretera CA-10

d. Tramo de mayor tráfico:

Carretera Interoceánica CA-9 Norte
Carretera CA-10, Río Hondo-Frontera Honduras

e. Punto donde se han registrado mayor número de accidentes:

Km. 164 Curva El Lobo, 103 534 El Mestizo.
250 Curva El Devanador de la Carretera Interoceánica CA-9
Norte.
Kms. 202 Curva Salfate de la Carretera CA-10

CAPITULO II

2. CAUSAS MAS COMUNES DEL DETERIORO DE LAS CARRETERAS:

2.1 CAUSAS NATURALES:

El agua es el elemento que más daño causa a una carretera, cuando no se observa el comportamiento de ésta, sobre y a través del suelo, por lo que su control no debe descuidarse, pues es básico para la conservación de las carreteras.

¿De donde proviene el agua y hacia donde se dirige? Este fenómeno lo podemos explicar gráficamente por medio del ciclo hidrológico (Fig. 1):

- a) Transferencia de la humedad de la atmósfera a la tierra por condensación y precipitación.
- b) Distribución del agua precipitada a la tierra y su recorrido por canales superficiales y subterráneos por medio de escorrentía e infiltración, respectivamente, a grandes masas de agua.
- c) Regreso a la humedad atmosférica por medio de la evaporación directa de las masas de agua y de la evaporación del suelo.

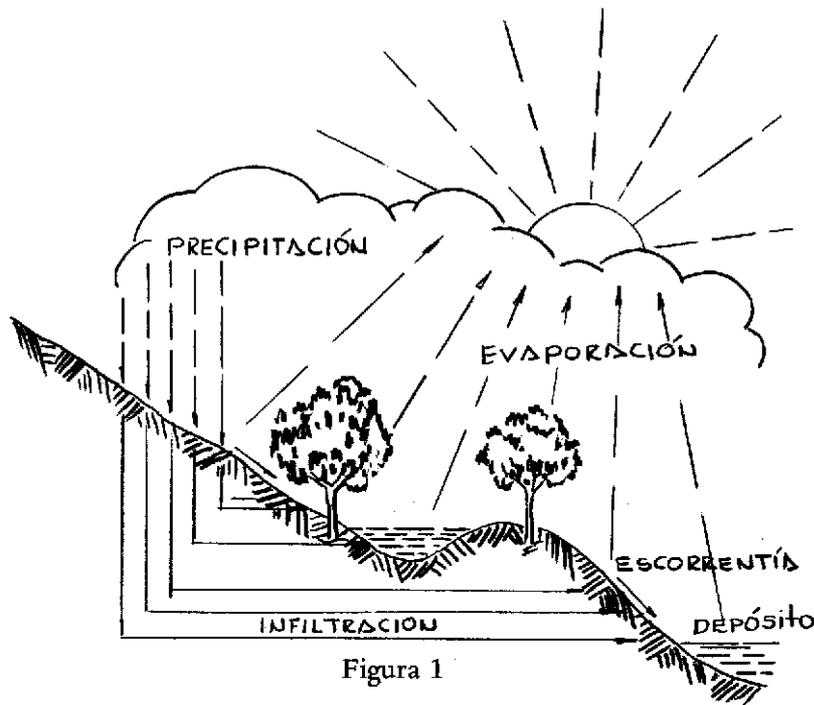


Figura 1

2.1.1 Lluvias:

Este fenómeno es difícil de ser controlado, pero teniendo conocimiento de ellas puede ser de utilidad para la elaboración de programas de mantenimiento.

Las lluvias, varían de un lugar a otro debido a otros factores climatológicos como son: la temperatura, humedad atmosférica, campos de presiones vientos y a las cadenas de montañas.

Debido a estos factores las lluvias se han dividido en:

Lluvias por Convección: Son lluvias propias de zonas calurosas como la costa y parte norte del país, se caracterizan por ser aguaceros fuertes, de gotas grandes con truenos y rayos. Estas producen grandes crecidas en los ríos.

Lluvias Orográficas: Los vientos transportan las masas de aire húmedo, los cuales al encontrar un obstáculo como la cadena de montañas, tienden a subir yendo a caer en las partes altas; se caracterizan por ser lluvias sin rayos ni truenos, las gotas son finas y caen lentamente en forma de llovizna constante. Cobán, El Quiché, Huehuetenango, son lugares con este tipo de llovizna, siendo los lugares de mayor humedad de la República.

Existen otros tipos de lluvia como las frontales o de frente y las combinadas que pueden darse en cualquier lugar.

En Guatemala, el régimen de precipitación se realiza a dos máximas, presentándose estas máximas en junio y septiembre, existiendo un período seco o canícula, comprendido del 22 de julio al 24 de agosto.

Zonas de mayor precipitación de la República: En el Norte: Huehuetenango, Quiché, Cobán, Izabal.

En el Sur: Parte Norte de Mazatenango y Escuintla; parte Sur de San Marcos.

Efectos:

Las lluvias han tenido sus mayores efectos en la formación de grandes crecidas, desbordamientos de los ríos, inundaciones, causa de grandes perjuicios a las carreteras, principalmente en la parte Sur del País.

2.1.2 Aguas Superficiales: Comprende toda aquella que escurre sobre la superficie y la que se ha quedado estancada en pequeñas o grandes masas.

Control: Se realiza mediante la instalación de obras de drenaje superficial.

Efectos: Tiene sus mayores efectos en la erosión del suelo.

2.1.3 Aguas Subterráneas:

Es el agua que se ha infiltrado en el subsuelo, el cual puede encontrarse en los siguientes estados perjudiciales.

Agua Capilar: Es el agua retenida entre los espacios de una partícula a otro llegando a éstas, ya sea cuando el agua libre pasa a través del suelo o por penetración capilar desde un estrato mojado a otro seco. Esta agua puede moverse hacia arriba o en cualquier dirección.

Consideraciones: La acción capilar es más rápida en los suelos de grano grueso que en los suelos de grano fino, sin embargo, la altura máxima a la que el agua se eleva en los suelos de grano grueso, es muchos menor que en los de grano fino. En una arena mediana (partículas de 0.3 mm. de diámetro) el agua sube como 45 centímetros sobre el nivel freático. En un limo (partículas menores de 0.05 mm.), la elevación puede alcanzar como 2.7 metros y en arcillas la altura puede ser un poco mayor.

La humedad capilar en cualquier suelo es por lo general un 50o/o en exceso a la que para el límite plástico inferior necesita, de modo que un suelo saturado a su límite capilar se encuentra en peligro.

Agua Libre o de Gravedad: Es el agua que fluye por infiltración en el subsuelo, su movimiento y equilibrio está regido a fuerzas gravitacionales debido a su peso molecular.

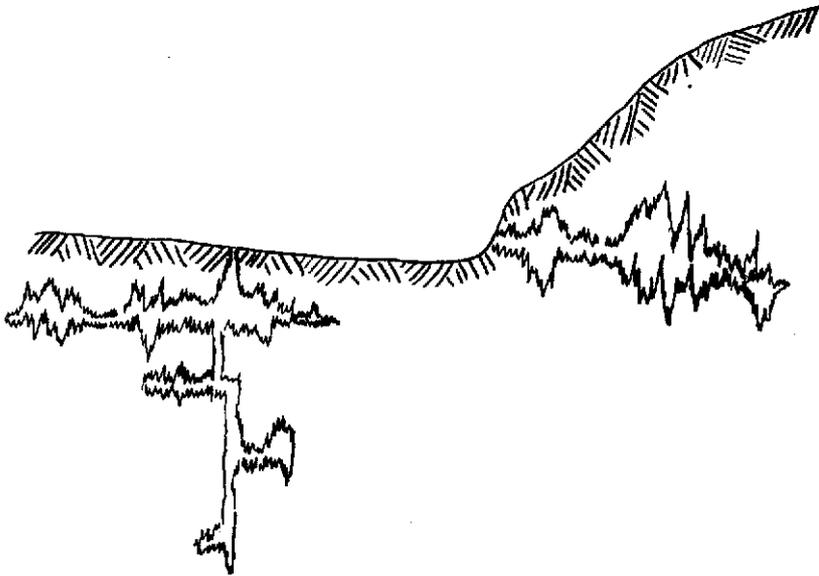
Consideraciones: El agua libre se encuentra sobre estratos impermeables o poco permeables, ya sea en movimiento o en reposo. Cuando los estratos impermeables están poco profundos, el agua de gravedad puede fluir a la superficie nuevamente por acción de la gravedad, al efectuar cortes o por el fenómeno de capilaridad.

Control: El control y eliminación de la aguas de infiltración se realiza por medio de sub-drenaje.

Efecto: Las aguas de infiltración tienen sus mayores efectos en la erosión de los suelos, ablandamiento, cambios de volumen y peso y se manifiesta de manera perjudicial a la estabilidad de los taludes, terraplenes, estructuras, etc.

En los suelos abundantes en calizas, yesos, sales o karstificados en presencia del agua y el anhídrido carbónico de la atmósfera, reaccionan formando soluciones de bicarbonato de calcio el cual es soluble en el agua: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 = \text{Ca}(\text{CO}_3)_2 + \text{H}_2$ dejando como resultado grandes cavernas, grutas y siguanes, muy frecuentes en la Zona Norte del País, principalmente en Alta Verapaz y El Petén. Estos suelos presentan grandes peligros de cimentación (Fig. 2)

“Los excesos de humedad son la causa del deterioro de las carreteras prematuramente”.



FORMACION DE GRUTAS, SIGUANES

Fig. 2

2.2. CAUSAS NO NATURALES:

He llamado causas no naturales a aquellas que están ligadas al aspecto técnico de conservación y construcción de una carretera:

2.2.1 Calidad de Materiales y Suelos:

La calidad de los materiales usados ha incidido en la vida de muchas carreteras; en nuestro medio abunda la arena pómez la cual es usada como material de Sub-base.

“La arena pómez no debe usarse como material de sub-base en ninguna circunstancia” (experiencia Ingeniero Antonio Meneses Furlán).

Observación: Las especificaciones usadas por la Dirección General de Caminos exigen un CBR mayor de 30 y un IP menor de 10. Casi todas las arenas pómez cumplen estas condiciones.

A.A.S.H.O. especifica que el material debe tener más de 65% retenido por el tamiz No. 200, un IP no mayor de 15 y que sus partículas sean DURAS y DURABLES (no hace mención de CBR).

Comparando las dos especificaciones anteriores, resulta que de conformidad con AASHO, casi la totalidad de las arenas pómez son inaceptables para usarlas como material de sub-base, porque sus partículas no son duras ni durables, en cambio, según lo especificado por el Dirección General de Caminos, un material cuyo CBR sea 20 por ejemplo, es inaceptable para sub-base.

Lógica: La acción del tráfico genera una fuerte fricción interna a todos los materiales que se encuentran colocados dentro 1.20 metros de profundidad a partir de la rasante formada por la superficie de la carpeta asfáltica. Si las partículas no son DURAS NI DURABLES, la fricción interna tiende a desgastarlas, la porción que pasa el tamiz No. 200 aumenta progresivamente y en consecuencia el volumen de vacíos, la estabilidad se pierde y el pavimento se deforma, se agrieta y falla.

En muchas ocasiones, el pavimento solo se ondula y es porque sobre una subrasante buena, se ha colocado una sub-base de arena pómez, cuya granulometría ha sido alterada por la acción del tráfico. Hubiera sido mejor colocar la base directamente sobre una buena subrasante.

“Del mayor o menor grado de dureza de sus partículas depende el mayor o menor tiempo que tarde en deformarse el pavimento”.

Concluyendo: El uso de arena pómez empleado como material de sub-base, debe ser eliminado. Cuando haya una mina de arena blanca, cuyas partículas sean aparentemente duras, hágase el ensayo de ABRASION; los resultados indicarán su uso.

La capa de sub-base tiene una función ANTICAPILAR motivo por lo cual en otros países como México, se le ha llamado Capa Anti-Capilar. La arena pómez cuyas partículas no son duras ni durables, rápidamente pierden esta función, pues su granulometría es alterada por otra más fina, permitiendo que el agua capilar alcance mayores alturas en grado perjudicial.

El estudio del suelo de sustentación sobre la cual se va apoyar la carretera, también es necesario. Muchas veces estas operaciones son omitidas. La técnica corriente recomienda tomar muestras de suelo cada 200 metros a una profundidad de 1.50 metros. Los costos de estos estudios pueden resultar onerosos. En la práctica es mejor que el Ingeniero personalmente, a la vista y haciendo pruebas sencillas manuales, indique las estaciones de muestreo que pueden distar, desde pocos metros hasta un kilómetro o más.

El estudio del suelo de sustentación de un pavimento nos permitirá conocer en primer lugar, las áreas donde es indispensable colocar sub-drenajes, clase de suelo que servirá de cimiento, las turbas o materiales de origen orgánico es preferible sacarlos y sustituirlos por otros más adecuados. Fallas que obliguen a efectuar cambios de alineamiento, lo cual es preferible

hacerlos en la etapa inicial y no cuando ya esté construida; esto permitirá no solo un mejor alineamiento sino menores desembolsos de dinero.

Para obtener un pavimento resistente y durable, es indispensable construir una sub-rasante BIEN DRENADA. Esto quiere decir que deben hacerse todos los trabajos indispensables para mantenerla durante todo tiempo lo más seca posible, construyendo cunetas adecuadas y los sub-drenajes, preferibles, de tubería perforada, la cual debe ir por lo menos a 1.50 metros de profundidad.

“El ablandamiento de la sub-rasante debido a la humedad excesiva, es la cuasa más frecuente de las fallas de un pavimento.

2.2.2 Mantenimiento Deficiente:

Se ha dicho que el mayor enemigo de las carreteras es el agua y sin embargo es corriente ver: Hombros erosionados con retenimiento de agua, cuando una de sus funciones es evacuar parte del agua capilar de las capas de base del pavimento, el Derecho de Vía con maleza lo cual dá lugar a que se acumulen grandes cantidades de agua.

Tramos de carreteras completamente húmedos, principalmente cuando ésta pasa en corte, lo que quiere decir que no existen sub-drenajes muchas veces imprevistos o si existen han sido abandonados a tal grado que los azolves han disminuido su capacidad. Cunetas rellenas por arrastre de materiales y en algunos casos ausencia de éstas, por lo que se producen excesos de humedad en la sub-rasante y capas de base de la carretera.

Taludes de relleno erosionados y sin protección: Al ocurrir las fallas no se reparan oportunamente, sino hasta que ésta ha alcanzado grandes proporciones y cuando se reparan se hace empíricamente, sin ningún estudio de las causas que han producido el defecto.

Estructuras de puentes sin pintar, siendo más prematura la corrosión de sus miembros estructurales.

“El mantenimiento debe ser preventivo más que correctivo”. La falta de mantenimiento es un problema de tipo económico, pues los escasos fondos destinados para estos fines no permiten realizar un mantenimiento completo, por lo que las operaciones se realizan bajo presión de las necesidades inmediatas.

2.2.3 Deforestación:

La cubierta vegetal sirve de regulador al recorrido de las aguas, pues esta se ve obstaculizada por los árboles y raíces, haciendo que los caudales, la velocidad y erosión disminuyan. Estas condiciones favorecen a las carreteras, pues los ríos son más estables en sus cauces y de fácil control.

La tala desmedida de árboles en varias zonas de la República (Santa Catarina Barahona, San Antonio Aguas Calientes, departamento de Sacatepéquez, parte de la Costa Sur), han contribuido a que se produzcan inundaciones y como consecuencia daños considerables a los caminos.

2.2.4 Tránsito de Vehículos:

Aparte del desgaste de las superficies de rodadura, debido al tránsito de vehículos y accidentes de tránsito que ocasionan daños a las carreteras, las dimensiones y peso de vehículos constituyen otra de las causas principales del deterioro de las carreteras.

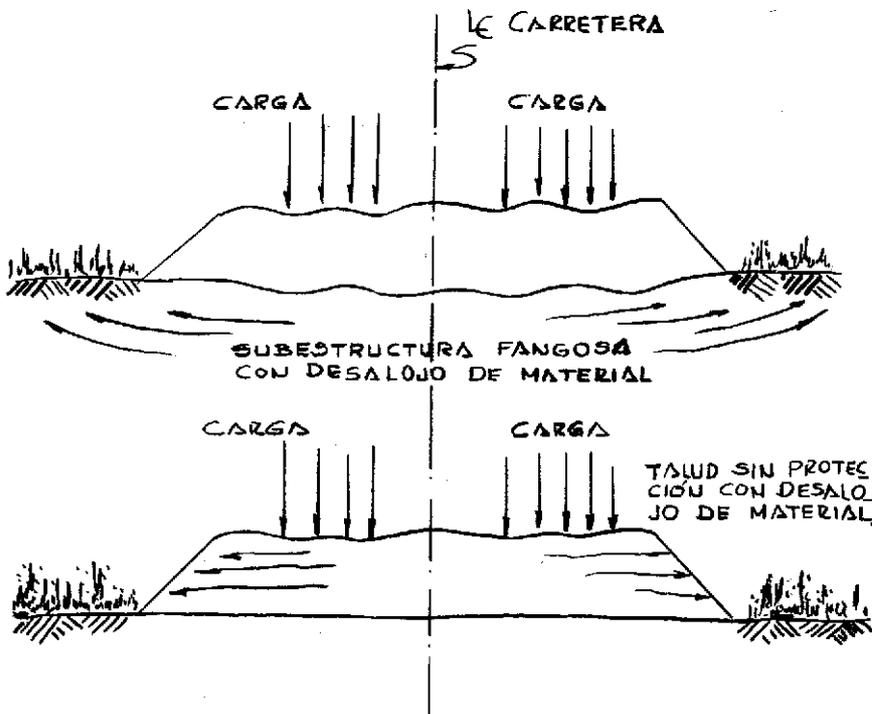
CAPITULO III

3. DAÑOS MAS COMUNES DE LAS CARRETERAS:

3.1 HUNDIMIENTOS:

Generalmente ocurren en los valles, cuya conformación del suelo y subsuelo son de transporte cimentados en diversos grados.

Cuando un sub-estrado es fangoso y escurridizo se somete a presiones, éste es desalojado formando vacíos que provocan la depresión. Lo mismo sucede cuando los taludes de relleno no son protegidos, parte del material de relleno es desalojado produciéndose asentamientos. Los suelos Karstificados también presentan estos problemas (fig. 3)



SECCION TRANSVERSAL DE UNA CARRETERA

Fig. 3

3.2 DERRUMBES:

Se originan a consecuencia de la pérdida del poder cohesivo de las masas de suelo, debido a la humedad excesiva, o por lubricación de un estrato del sub-suelo que mantiene en equilibrio la masa.

Los derrumbes o deslizamientos frecuentemente ocurren en las zonas montañosas y en épocas de lluvia, particularmente donde el terreno se ha cortado.

Hay derrumbes en que el terreno se desprende arriba de la rasante y cae cubriendo el camino o bien abajo del camino, destruyendo completamente tramos de carretera (Fig. 4)

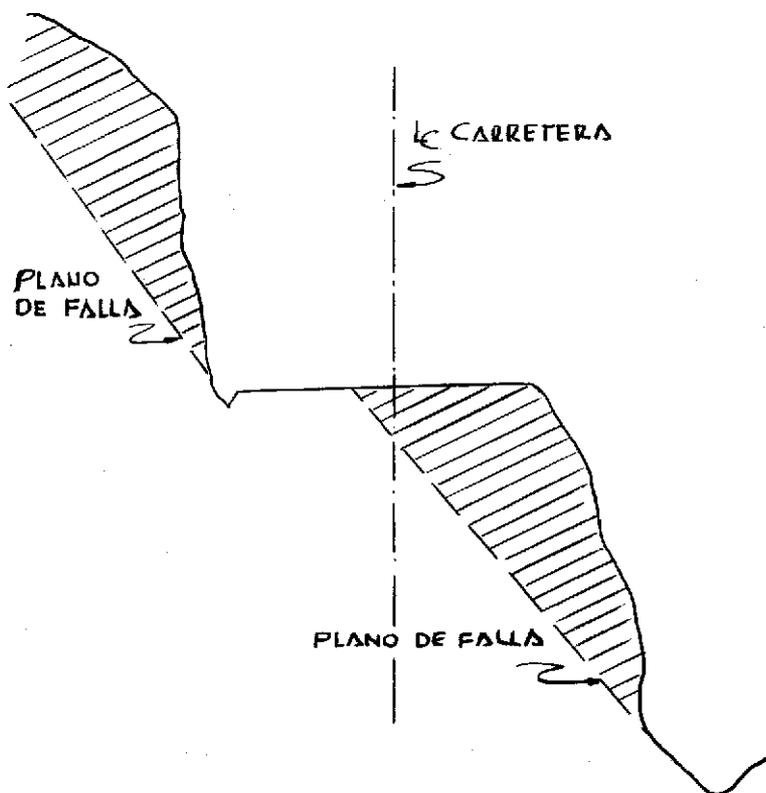


Fig. 4

3.3. DESTRUCCION DE AFIRMADOS:

La destrucción de afirmados se manifiesta en la superficie del camino en forma de:

3.3.1 Grietas (cuarteamiento en forma de mapa ó cuero de lagarto). Este estado es causado por:

- a) Material de sub-rasante de mala calidad (poca dureza, bajo valor soporte, etc.)
- b) Sub-rasante húmeda debido a mal drenaje.
- c) Resecamiento de la superficie.
- d) Capa de superficie de poco espesor o desgastada por el tránsito.
- e) Espesor inadecuado de la base.
- f) Material inadecuado de sub-base.

3.3.2 , Deterioro de la superficie y desmoronamiento de los bordes:

Se atribuye a los mismos defectos mencionados anteriormente y agregamos otros como:

- a) Deficiencias de bitumen.
- b) Hombros bajos
- c) Tránsito.

3.3.3 Baches:

Una superficie agrietada dá origen rápidamente a los baches; además pueden ser debidas a:

- a) Una distribución desigual del material bituminoso, lo que hace que algunas áreas pequeñas de la superficie carezcan de él.

- b) Puntos blandos en la sub-rasante, permitiendo que la base sufra pequeños asentamientos.

Los baches merecen cuidadosa consideración, ya que son muy abundantes y constituyen un peligro a la circulación de los vehículos.

3.3.4 Corrugaciones e Irregularidades pronunciadas: Este estado es debido a:

- a) La construcción de una carpeta de agregado muy fino, conjuntamente con un exceso de material bituminoso.
- b) Base inadecuada.
- c) Material de sub-base inadecuado sobre sub-rasante de alto CBR.
- d) Sub-rasante húmeda debido al mal drenaje o de bajo valor soporte.
- e) Estructura anticuada.

3.3.5 Asentamiento y Deformaciones:

Son usualmente causadas por:

- a) Carencia de soporte adecuados de la sub-rasante.
- b) Deslizamiento o movimiento del terreno por fallas geológicas.
- c) Pérdida de material de las capas soportantes causadas por erosión, generalmente donde los taludes no están protegidos.
- d) A malos drenajes.

3.3.6 Secciones completamente falladas:

Esta condición casi invariablemente es causada por malas condiciones de drenaje, que dan como resultado un soporte inadecuado de la sub-rasante.

3.3.7 Superficies Resbalosas:

Todos los sitios lisos o resbalosos son el resultado de un exceso de bitumen, causado ya sea por la aplicación de un exceso en cantidad de material bituminoso o por la mala graduación del agregado mineral.

Tales sitios se vuelven muy resbalosas y peligrosos cuando se humedecen, especialmente cuando están localizados en las curvas con pendientes pronunciadas.

3.3.8 Hombros Bajos:

Los hombros bajos ó zanjeados son debido a:

- a) Circulación de vehículos con una fila de ruedas fuera de la superficie de rodadura.
- b) Paso de bestias
- c) Erosión del suelo
- d) Asentamientos.

Son especialmente objetables las zanjas en los hombros, no solo porque constituyen un elemento de peligro, sino porque retienen el agua que al filtrarse ocasiona daños a las capas de base dando como resultado los efectos ya mencionados.

3.3.9 Destrucción de Obras de Arte de Drenaje.

Entre las obras de arte están: tuberías, bóvedas, cajas, puentes; los daños causados a estas estructuras son debido principalmente a:

- a) Erosión del suelo.
- b) Zocavamientos dejando la estructura sin sostén.
- c) Tránsito de vehículos (sobrecargas, volumen, accidentes).
- d) Areas de descarga insuficientes.
- e) Material de arrastre de las corrientes.
- f) Estructuras anticuadas.
- g) Falta de protección a la corrosión (especialmente estructura de metal).

3.3.10 Destrucción de Cunetas:

Las principales causas son:

- a) Erosión causada por corrientes fuertes.
- b) Mal diseño (área insuficiente, pendiente, pendientes muy fuertes).
- c) Falta de revestimiento.

3.3.11 Erosión Excesiva en los Taludes:

Puede atribuirse a:

- a) Falta de diseño de drenajes en los planos de carreteras.
- b) Falta de compactación en los taludes de relleno.
- c) Carencia de protección de taludes.

CAPITULO IV

4. MANTENIMIENTO DE CARRETERAS:

El mantenimiento se ha definido como la preservación y conservación de todos los elementos que forman una carretera, hasta donde sea posible mantenerla tan igual como en su condición original, tal como fue construída o mejorada a un grado máximo de utilización y a un mínimo de desembolso.

Dos son los puntos que deben considerarse:

- a) Que se apliquen los procedimientos de mantenimiento correctos y periódicos.
- b) Que se ejecute el mantenimiento oportuno y así se evitará que ocurran daños mayores.

Para que los procedimientos de mantenimiento sean correctos, es necesario contar con personal calificado o adiestrado para realizar operaciones de mantenimiento.

Para que las operaciones de mantenimiento sean ejecutadas oportunamente, es necesario realizar inspecciones constantes normales e inspecciones especiales, por lo menos tres durante el año, a manera de examinar cuidadosamente las carreteras, para localizar los defectos, principalmente las pavimentadas por considerarlas valiosas.

Dichas inspecciones deben realizarse:

1. Antes del comienzo de la estación lluviosa, para poner el pavimento en mejores condiciones posibles para soportar las lluvias.
2. Durante las lluvias, que es cuando se observan frecuentemente daños a estructuras de drenaje o defectos imprevistos, y aplicar algunas medidas preventivas para evitar daños mayores.

3. Después de las lluvias, para corregir los daños ocasionados y defectos de la carretera observados durante la época lluviosa.

4.1 CAMINOS DE TIERRA:

En los caminos de menor importancia, las cargas de los vehículos que transitan por ellas, operan directamente sobre el suelo de la sub-rasante, comunmente se les llama caminos de verano, pues estas superficies en invierno se vuelven lodosas, llenándose de surcos y en la mayoría de las veces, se interrumpe el tránsito de vehículos.

El mantenimiento se reduce a conformar la superficie con la cuchilla de montoniveladores o por medios manuales.

4.2 CAMINOS BALASTADOS

Para darle mayor estabilidad a la carretera y convertirla en una carretera transitable en todo tiempo, se requiere ponerle una capa de protección o sea una capa de material de ciertas cualidades colocado encima de la Sub-rasante. Esta capa de balasto hace que las cargas de las ruedas se distribuyan por una área mayor en la sub-rasante y en consecuencia las fallas son disminuidas. Esta capa deberá tener una superficie lo más uniforme y resistente posible.

4.2.1. Daños más frecuentes:

Depresiones o baches debido a espacios blandos o pérdida de material debido al tránsito.

Canales transversales debido a la vibración rítmica del tránsito y erosión.

Canales longitudinales, debido a desgaste de la capa de balasto y erosión.

Erosión, azolvamiento y obstrucción de cunetas.

Estos caminos están expuestos a la pérdida constante de material, debido a la erosión causada por las lluvias, el viento y el de vehículos.

El exceso de lluvias, ablanda la masa que conforma el revestimiento y la falta de humedad vuelve la masa más fácil de ser desintegrada; así vemos las grandes polvaredas en tiempo seco a consecuencia del tránsito y el viento y corrientes de agua arrastrando parte del material de revestimiento que ha quedado libre, en época lluviosa.

4.2.2 Mantenimiento:

En este tipo de carreteras el mantenimiento se reduce principalmente a la reposición constante del material perdido. El equipo indispensable y económico para realizar las operaciones es mediante motoniveladoras, compactadoras y regadora de agua. Si la superficie es húmeda por naturaleza, no se utilizará mucho la regadora de agua, sin embargo, si la superficie es muy seca, las regadoras de agua deben iniciar la operación humedeciendo la superficie.

Le seguirá la motoniveladora conformando la superficie, haciendo cortes y rellenos pequeños; muchas veces es necesario escarificar y reponer material perdido para mantener las características y normas de la sección típica.

Después que la motoniveladora ha extendido el material, éste se mojará de nuevo y se compactará por medio del equipo adecuado. Si no se compacta, reaparecerán rápidamente las mismas deformaciones bajo la acción del tránsito de los vehículos. Las operaciones pueden afinarse con la motoniveladora y una aplanadora.

Baches: Pueden ser causados por la pérdida de material debido al tránsito o bien a un drenaje impropio, por lo que requiere de un análisis y corrección de la causa del defecto.

Si el bache es debido a pérdida de material, debe acarrear material adicional.

Si la condición es debida a causas de drenaje, éstos deben ser corregidos antes de corregir la superficie.

Cuando resultan baches aislados, pueden repararse en forma manual, tanto para romper el material que rodea el bache, como para agregar el material adicional que sea necesario; después de humedecer las áreas defectuosas debe compactarse.

Cunetas: Los daños más frecuentes son erosión, azolvamiento, vegetación, destrucción de bordes.

Los bordes deben protegerse con grama, si existe erosión debe corregirse la causa que produce la misma y luego reponer el material perdido. Si el daño es por obstrucción, debe procederse a limpiarse y luego reformarla. En cortes el reformado de cuentas se ejecutará primero echando el material sobre la superficie en puntos donde se haya perdido material de superficie; ésta operación puede ser realizada con la cuchilla de la motoniveladora o en forma manual, en aquellas zonas donde el uso del equipo no lo permiten las condiciones del terreno.

4.3 CAMINOS CON PAVIMENTO FLEXIBLE:

Son aquellos cuya superficie de rodadura es bituminosa. Las fallas pueden ser propias de la superficie asfáltica o pueden ser debidas a alguna deficiencia o desperfecto de las capas de base principalmente en la sub-rasante, por lo que se requiere de una persona experimentada, que indentifique la causa que produjo el defecto, el cual debe ser corregido para evitar repetición del daño.

Una simple observación del pavimento desde la línea de hombros, puede indicarnos el tipo de falla. Si al observar el pavimento no se notan canalizaciones o distorsión, es evidente que el mal está confinado a la superficie. Si por el contrario, la superficie muestra canalizaciones longitudinales, bombeo de lodo a través de grietas en la superficie o movimientos visibles bajo las cargas, la falla está en las capas de base. Generalmente deberá hacerse una excavación dentro del área fallada, lo suficientemente profunda para permitir un examen de las capas soportantes.

Si al excavar se encuentra agua libre, debe hacerse una investigación para encontrar la fuente, es decir, de donde viene y hacia donde se dirige, a fin de interceptarla y eliminarla o darle paso. Dicha interceptación puede lograrse muchas veces profundizando las cunetas o mediante la instalación de un sub-drenaje. Debe tenerse presente que en algunos casos, la instalación de sub-drenajes puede ser evitada con solo profundizar las cunetas y mantenerlas perfectamente limpias.

Muchos tramos de carreteras en cortes, por razones económicas no se les dá a los taludes la suficiente inclinación, por lo que es de esperarse derrumbes constantemente. En estas partes es difícil mantener las cunetas lo suficientemente limpias para evitar que el nivel de las aguas se eleve y sature la sub-rasante, por consiguiente en estos tramos, se debe colocar sub-drenajes como mantenimiento especial. La experiencia ha demostrado que conviene usar de preferencia para sub-drenajes, tubería perforada, pues el drenaje francés se ha comprobado que tiene menor vida por los azolvamientos que se producen, disminuyendo su capacidad filtrante. Este defecto dá lugar a que se produzcan excesos de humedad en las capas de base y por consiguiente la falla.

Si en la excavación no se encuentra agua, los materiales del pavimento son de baja calidad y particularmente la sub-rasante y sub-base se encuentra fallada. Si la sub-rasante se encuentra bien y las capas de base y sub-base no presentan ninguna distorsión o desplazamiento, el daño será superficial.

En conclusión: los daños internos se deben generalmente a excesos de humedad causada por falta de sub-drenajes o azolvamiento de éstos, falta de cunetas o azolvamiento, lo cual permite que el nivel del agua suba y ablande las capas soportantes del pavimento, en algunos casos están poco profundas ocasionando los mismos problemas. Si las cunetas son adecuadas, debe hacerse la excavación para el examen respectivo.

Los daños superficiales además de provenir de las capas inferiores, también pueden ser debidas a una mezcla pobre de bitumen, lo cual produce descascamiento o bien pueden producirse reblandecimientos formándose una superficie dispareja por exceso de bitumen.

Habiendo determinado la causa o deficiencia por la cual se produjo la falla, debe de procederse a su corrección inmediata. en caso de no disponer de fondos necesarios o el tiempo no lo permite, tomar las medidas preventivas que eviten aumento del daño.

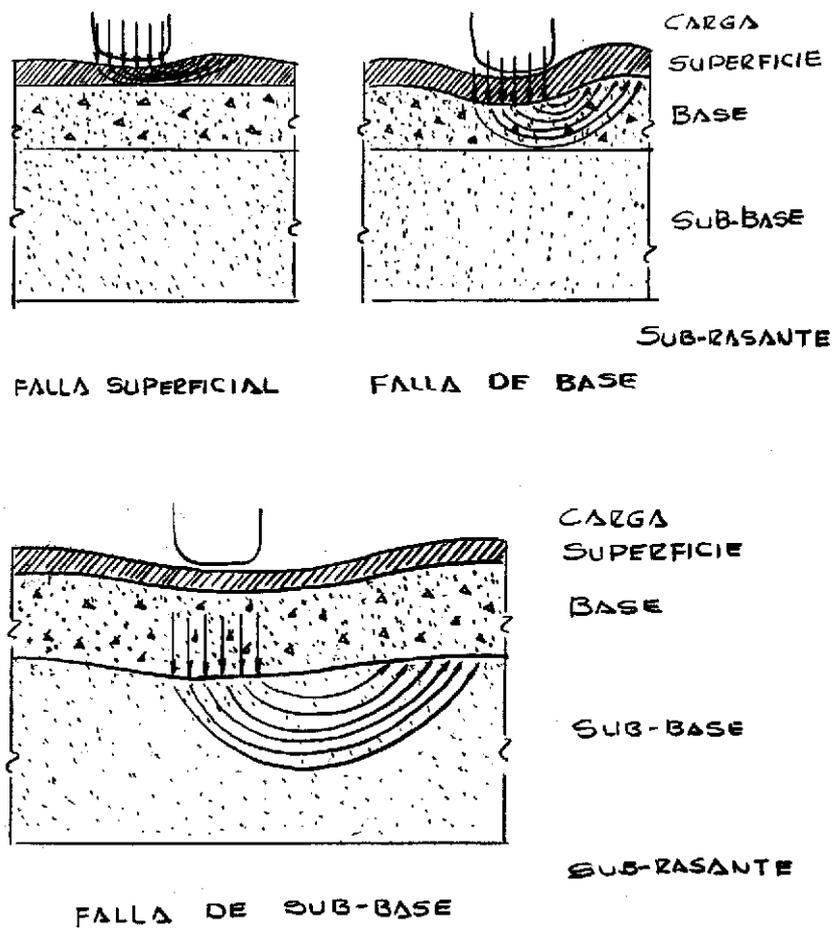


Fig. 5

RESULTADO DE LA DEFORMACION PLASTICA

Ocurre cuando la presión del fluido y del aire dentro de los poros del pavimento se combina con fuerzas producidas por la carga viva para desplazar el material del camino. El defecto resultante de la deformación plástica es progresiva bajo la repetición de la carga y constituye la causa principal del hundimiento de las superficies del camino.

4.3.1 Daños más Frecuentes:

Grietas

Espacios blandos o baches.

Destrucción de bordes.

Derrumbes o deslizamientos.

4.3.2 Mantenimiento:

Grietas: Las grietas pueden ser debidas a fallas de la propia superficie, causadas por oxidación y pérdida de flexibilidad en un pavimento antiguo. Las más frecuentes ocurren por flexiones en el pavimento al perder soporte en las capas inferiores (Figura 3) por el exceso de humedad, el cual produce ablandamiento de los firmes.

Cuando la falla se localiza en la sub-rasante, habrá bombeo de agua y lodo a través de las grietas. Cuando la falla se localiza en las capas de base, habrá desplazamiento de éstas. Si las grietas son debidas a la propia superficie, deben tomarse en forma inmediata medidas preventivas, a manera de evitar que el agua se infiltre y ocasione daños mayores.

Si la falla es debida a insuficiente soporte de la sub-rasante por la presencia de material plástico, será necesario estabilizarlo con otro, como por ejemplo la cal.

Si la falla es debida a la calidad de los materiales de base, se recomienda también su estabilización con otro material de partículas duras y durables.

Espacios Blandos o Baches: Los espacios blandos ocurren en los puntos más debiles de la sub-rasante. Estos pueden ser corregidos únicamente por el refuerzo adecuado de la sección blanda. La reparación puede efectuarse por medio de la excavación de la capa superficial y de algunas pulgadas de la sub-rasante, rellenando la excavación de la sub-rasante con un suelo arenoso o material granuloso que tenga una mayor resistencia, después de haber sido

reparadas las fallas en la base, igual cuidado debe tenerse en la reparación de la superficie, la posibilidad de asentamiento en las orillas, del parche serán disminuidas si los lados de la excavación se hacen ligeramente inclinados en vez de verticales.

La primera consideración que debe tenerse presente al remendar baches, es usar el mismo material que se encuentra en la base y superficie, por ejemplo, no deberá usarse concreto bituminoso de primera clase para remendar superficies bituminosas de tipo inferior. La segunda consideración de mucha importancia, es entrelazar la reparación con el área que lo rodea, pues de lo contrario surgirán nuevos baches a los lados de la reparación. Además, ningún lado del área a reparar paralelo en dirección del tránsito, debe dejarse donde sea usualmente la huella de rodadura. El borde exterior del arreglo debe extenderse por lo menos 0.30 metros de cualquier indicación de deterioro, de tal manera que el material quede amarrado a material sólido en todos sus lados.

Procedimiento:

Remoción del área dañada:

- a) Marcar claramente el área utilizando una regla para pintar el borde exterior del remiendo.
- b) Debe cortarse primero a lo largo de la línea exterior del remiendo, utilizando martillo y puntas de cincel hasta obtener una grieta limpia, a continuación se quiebra el material dentro del área y se remueve.
- c) Es importante obtener un borde limpio y sólido para amarrar un parche.
- d) Excavar la base dando una ligera inclinación a los bordes e iniciarla a unos 5 o 10 cms. dentro del contorno del remiendo (Fig. 6).

Colocación del remiendo usando material premezclado:

Debe comenzar con la limpieza cuidadosa del agujero a manera de expulsar el material suelto que aún permanezca en el mismo. El material de base debe colocarse y compactarse en capas no mayores de 7 cms. y que dé el soporte requerido.

La superficie final de la base debe ser imprimada junto con los bordes o contornos del pavimento existente, teniendo el cuidado de evitar una imprimación excesiva que pueda causar exudaciones posteriores. A continuación se coloca el material premezclado y se compacta en capas no menores de 3 cms. y no mayores de 5 cms.

Toda compactación debe hacerse con compactadoras de tipo vibratorio, para asegurar una calidad comparable a la de la construcción del pavimento existente y un acabado suave.

El resultado será una reparación aproximadamente de 1 cm. más de grueso que el pavimento que lo rodea.

La superficie del área reparada debe ser convexa y su punto más alto estará a unos 0.5 cms. sobre el área circundante.

La superficie debe verificarse con un cordel o regla. Se recomienda que después de haber completado la reparación, se aplique un sello de arena liviana o de gravilla sobre el área reparada y cerca de 30 o 50 cms. alrededor de la misma.

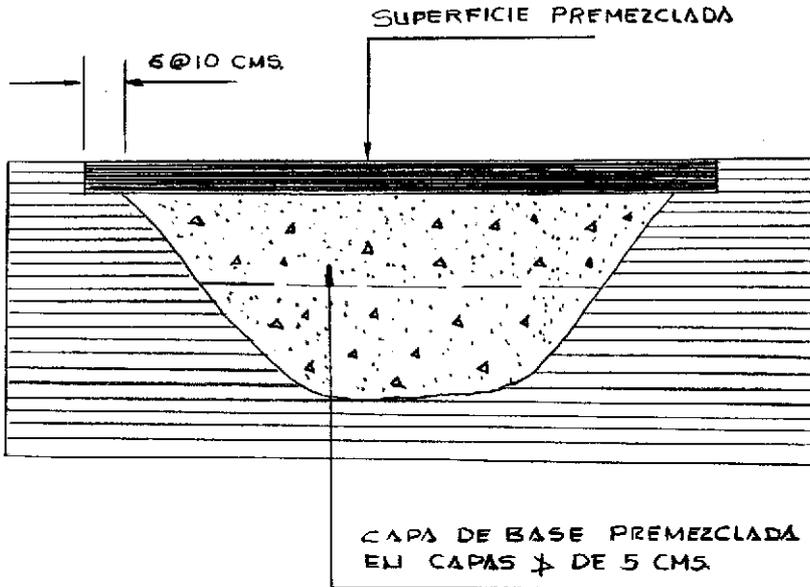


Fig. 6

Bache de Penetración:

Este procedimiento varía únicamente del anterior en el tipo de material utilizado para el acabado de la superficie. Para la penetración directa se requiere el uso de 8 a 10 cms. de piedra triturada de penetración de 2.5 cms. tamaño máximo, colocada y compactada sobre la parte superior de la base dentro de 0.5 cms. de la superficie terminada. Se impregna el macadam y se coloca una capa de piedra acuñada. El área que rodea el parche final debe cubrirse con un sello de gravilla o con tratamiento superficial doble. (Fi. 7)

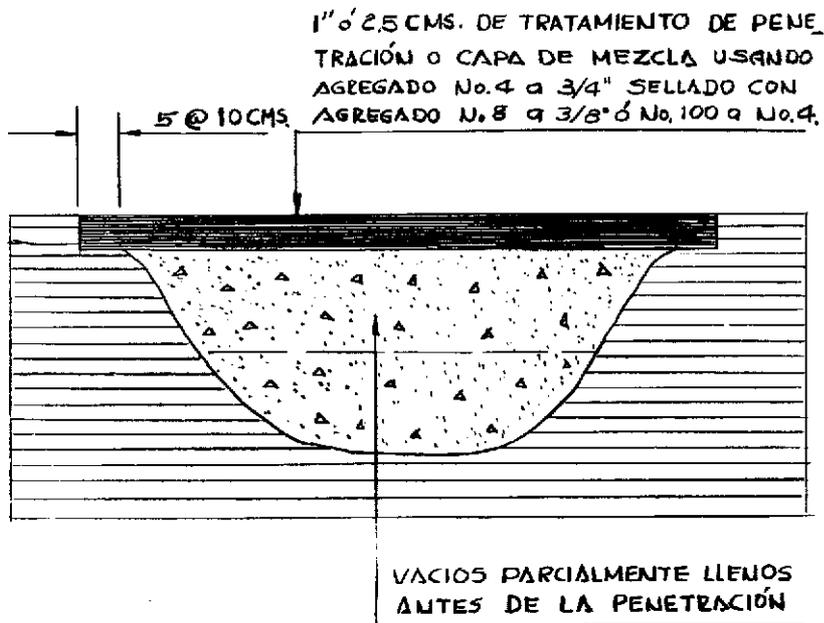


Fig. 7

Dstrucción de Bordes:

Para conservar los bordes de un pavimento asfáltico, se requieren hombros de material estable, que sean una continuación del pavimento hacia las cunetas. Los hombros bajos dan lugar a que los vehículos que circulan por las orillas produzcan desmoramiento de las orillas de la superficie asfáltica.

Las canalizaciones y deslaves de los hombros deben ser rellenadas y niveladas, ésto no solo protege los bordes del pavimento sino evita acumulación de agua en épocas de lluvia, sumamente perjudicial a las capas soportantes del pavimento.

En juntas de intersección con caminos de acceso a propiedades privadas, debe pavimentarse una anchura

adicional de por lo menos 60 cms. para evitar que el tráfico que entra y sale de la carretera, destruya los bordes del pavimento; así también los accesos a caminos públicos deben de pavimentarse hasta el límite del derecho de vía.

Hundimientos:

Los hundimientos son debidos principalmente a la pérdida de material del pavimento, provocados ya sea por erosión o por presiones de la carga de rueda de los vehículos. Estas fallas provocadas por pérdida de materiales en los firmes, pueden evitarse casi en su totalidad, mediante una buena protección de los taludes.

La experiencia ha demostrado que en tramos de carreteras donde no se ha tenido control de compactación, pero que se han protegido los taludes de relleno, se han experimentado menos asentamientos que en otros donde se ha llevado un estricto control de la compactación y descuidado la protección de taludes. Esta protección puede realizarse estabilizándolos con vegetación de poca altura como grama, pasto, el trébol oloroso, la madreSelva, la caña brava, etc.

La reparación de este tipo de falla puede hacerse de la siguiente manera: Si no hay evidencia de falla en la capa de la base, podrá ser corregida con mezcla asfáltica colocada sobre la superficie imprimida y uniformemente distribuida en capas no mayores de 5 cms. de espesor. Cada capa deberá apisonarse bien antes que la próxima sea colocada.

Si el asentamiento es de mayores proporciones, el procedimiento apropiado será el de sacrificar la superficie asfáltica, para eliminar la causa que puede consistir en instalar sub-drenaje o estabilización de las capas de base.

Derrumbes:

Para atender un derrumbe que se ha hecho sobre la rasante, se retira el material removido, estudiando previamente si

este traslado procede, en vista de la cantidad de tierra, si hay necesidad de hacer un nuevo trazo; el material derrumbado puede utilizarse para ensanchar el camino lateralmente o alejándolo de la zona de derrumbe.

Cuando los derrumbes afectan todo el lecho del camino por deslizamiento, el trabajo de reparación se hace más difícil y costoso. Estos derrumbes son imprevistos y van acompañados de la destrucción de las obras de drenaje, por lo cual resulta que el agua derramada sobre los materiales movidos, dificulta más la situación. En tal caso lo primero que se hace es establecer nuevamente los desagües removiendo tuberías y colocando otras de manera que alejen el agua fuera de la zona derrumbada luego se lleva la línea del camino hacia arriba, sobre la cadena de la montaña cortando el terreno, para localizar nuevamente el camino sobre terreno firme; el procedimiento se recomienda si el cambio de localización de la nueva línea no altera seriamente el resto del trazo.

Los derrumbes pueden ser disminuidos, valiéndose de zanjas interceptoras del agua o contra-cunetas abiertas arriba del talud, a manera de alejar el agua superficial y parte del agua de infiltración de la carretera, además evita la erosión de los taludes sumamente perjudicial a las cunetas. El hincamiento de pilotes de concreto, ha dado buenos resultados en otros países, pero para el caso se necesitan equipo especial, ya que el pilote es fundido en el lugar, inyectando el concreto a presión, a manera de enclavar varios estratos y si es posible hasta encontrar roca. La siembra de plantas de poca altura también contribuye a evitar este tipo de falla. Los derrumbes que afectan todo el lecho del camino cuando éste sufre un deslizamiento, pueden evitarse mediante la instalación de muros de sostenimiento, ya sean de mampostería, ciclópeo o gaviones.

Control de Erosión:

Una de las fuerzas más destructoras que el Ingeniero tiene que combatir, es la erosión del suelo. La erosión abre zanjas

en los costados del camino y en los taludes de los terraplenes, socava las cunetas y pone en peligro la base del camino, socava también los terraplenes y los taludes de cortes provocando los derrumbes, las estructuras de drenaje, etc,

Consideraciones:

Con el tamaño de las partículas que componen el terreno, aumenta la resistencia a la erosión así como la capacidad de tales elementos. La acción erosiva es más energética a medida que aumenta la velocidad. Una velocidad mayor de 0.60 mts/seg. produce erosión perjudicial que debe combatirse eficazmente.

Formas de evitar la erosión:

- a) Disminuyendo la velocidad del agua.
- b) Interceptando el agua para que no llegue a la superficie susceptible de sufrir erosión.
- c) Construyendo superficies resistentes a la erosión en sitios de paso de agua (zanjeados, engramillados, etc.)
- d) Limitando las corrientes obligándolas a pasar por lugares resistentes a la erosión.

Pasos a seguir al corregir una falla por erosión:

- a) Eliminar la causa de la erosión.
- b) Reparar los daños ocasionados.
- c) Prevenir daños futuros.

Erosión de Taludes:

La erosión de los taludes en cortes y terraplenes, constituye un serio problema cuando se permite que el agua en cantidades considerables escurra sobre ellos. El efecto

perjudicial del agua que cae directamente en los taludes, puede atenuarse cubriendo con césped, bien sea completamente, en fajas o formando terrazas a modo de reducir la velocidad. Con frecuencia es posible desviar el agua de las áreas adyacentes, mediante una zanja o contracuneta, paralelamente a la parte superior del talud.

Plantas recomendadas:

El zacatón, el césped, la caña brava, el pasto de bermuda, el trébol oloroso, la madreSelva, además algunas plantas rastreras o hierbas de la región, preferible de crecimiento rápido. La práctica moderna de construcción de caminos recomienda la conservación de los árboles y arbustos existentes que no impidan el alcance visual especificado o la plantación cuando se nota insuficiencia, para evitar la erosión.

Erosión de Alcantarillas:

Existe una tendencia a la erosión en los extremos de las alcantarillas, por lo que deben inspeccionarse muy a menudo, principalmente en tiempo de lluvia, para evitar mayores daños como asentamientos sumamente perjudiciales. La corrección puede hacerse ampliando los extremos y empleando algún revestimiento de pavimento o zanpeado de piedra ligado con mortero de cemento.

Erosión de Zanjas:

Cuando las zanjas deben conducir el agua a velocidades mayores de 0.6 mts/seg. la erosión es un factor que no se debe descuidar. El método más sencillo para controlar el agua consiste en contruir una sucesión de diques o vertederos espaciados a lo largo de la zanja, los cuales disminuyen las velocidades de la corriente. Cuando la pendiente de la zanja exceda del 50/o, el costo de construcción de diques resultaría elevado, por lo que resulta más económico construir cunetas revestidas en todo lo largo de la zona.

La erosión de una cuneta o zanja lateral, puede no solamente socavar el lecho sino privar a los taludes de la estabilidad necesaria. Cuando no se puede evitar las velocidades altas y el volumen de agua lo justifica, puede instalarse un tubo bajo la cuneta, con pozos de descarga y tragantes a intervalos. Los pozos de descarga dan salida al agua hacia tubos de desagüe o canales para conducirla hasta puntos no peligrosos.

4.4 PAVIMENTOS RIGIDOS:

Son aquellos cuya superficie es de cemento portland. Actualmente no existen en el país carreteras de este tipo y únicamente se han usado para pavimentar las calles de algunas ciudades.

4.4.1 Daños más frecuentes:

Grietas

Asentamientos o rotura de pequeñas áreas.

Causas del Deterioro:

Deficiencia en el sellado de juntas y grietas, esto permite que el agua se infiltre a las capas de base, produciendo ablandamientos y bombeo de material a la superficie disminuyendo el valor soporte y por consiguiente la rotura de la losa. En la ciudad capital se ha logrado determinar que las fallas de los pavimentos se deben en gran parte a instalaciones ajenas a la estructura del pavimento, como son las instalaciones de agua, drenaje y telecomunicaciones.

Las instalaciones de agua han sido el problema más común, debido a que en el centro de la ciudad se cuenta con una red de distribución muy antigua, la cual continuamente presenta fugas de agua, siendo más peligrosas en época de invierno, por lo difícil que resulta controlarlas; éstas producen ablandamientos en las capas de sub-rasante y cambios de volumen, lo cual hace fallar las planchas de concreto.

Empozamiento de agua, la cual con el paso de vehículos introducen el agua por medio de las cisas y juntas de expansión, deteriorándose en esta forma la base del pavimento.

Uso de materiales inadecuados, los cuales en presencia de agua presentan cambios de volumen, dejando muchas veces las planchas trabajando en voladizo, lo cual dá motivo a su rotura o falla por flexión.

4.4.2 Mantenimiento:

Juntas y Grietas: Actualmente se utiliza un relleno asfáltico con el nombre de LAYKOLD CRACK FILLER, producto que consiste en asfalto emulsionado con agregados afines, formando una estructura homogénea y capaz de amoldarse a las condiciones del medio ambiente.

Este producto puede estar almacenado por un período máximo de tres meses y con las características siguientes:

- a) Residuo a 163 grados centígrados. no debe ser menor del 60o/o ni mayor del 70o/o, según ensayo de la ASTM D-244-42.
- b) Solubilidad de tetracloruro de carbono no debe ser menor del 85o/o ni mayor del 95o/o, según ASTM D-244-42.
- c) Consistencia del LAIKOLD CRACK FILLER o tapa-grietas debe ser de 150 a 250 segundos Furol a 122 grados F.
- d) Debe estar libre de cualquier sustancia animal o vegetal.
- e) Debe ser calentado a menos que se cuente con un tiempo caluroso y no debe de excederse de los 130 grado F (55 grados C).
- f) Las planchas no deben presentar ningún pequeño movimiento.

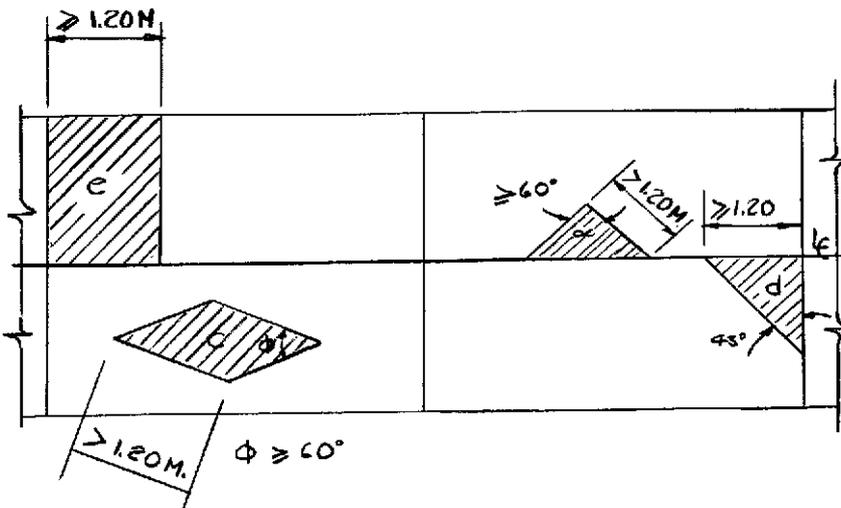
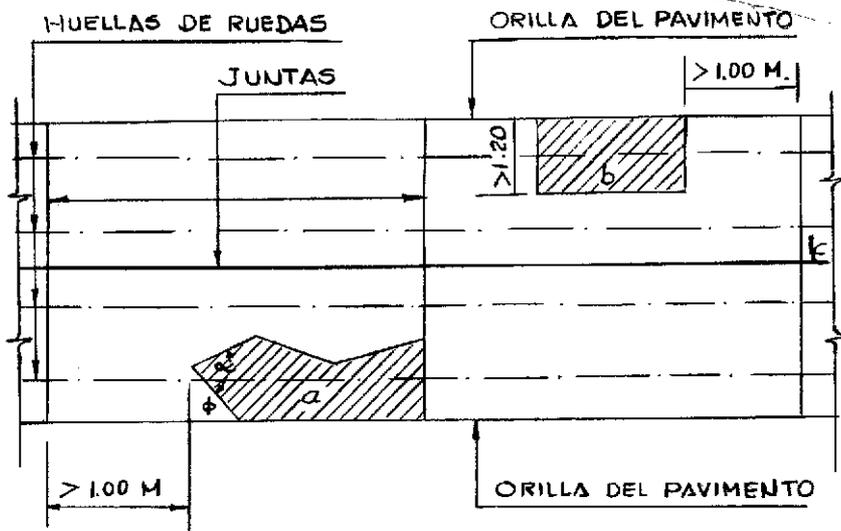
Asentamiento o rotura de planchas:

Cuando el pavimento se ha quebrado en losas individuales de tamaño pequeño, la reparación de estas áreas requiere de cierto bacheo oportunamente colocado, a fin de evitar agrandamiento del área dañada; la reparación debe ser igual en resistencia y cualidades de rodadura, al resto del pavimento.

Tamaño y forma del área de reparación:

La forma y tamaño del área a reparar es de mucha importancia en la durabilidad y costo de bacheo. La forma y tamaño que han dado buen servicio son los siguientes (Figura 8)

- a) Reparación irregular cuyos límites están determinados por los límites exteriores de la rodadura.
- b) Reparación rectangular.
- c) Reparación en forma de diamante con el centro del diamante en el centro del pavimento.
- d) Reparación triangular con la base del triángulo a lo largo del centro o del borde del pavimento.
- e) Reparación de la anchura de una vía.



FORMA Y TAMAÑO DE AREAS A REPARAR

Figura 8

Demolición del Pavimento:

Se marcan claramente por medio de una regla y pintura, la línea demarcatoria del remiendo propuesto.

Se cortan los bordes ya sea con cinceles o sierras.

Se quiebra en pedazos por medio de almádanas, taladros, martillos, etc.

Los bordes deben quedar marcadamente rugosos e irregulares, a manera de proveer una mejor adherencia entre el material de reparación y el pavimento existente.

El área de bacheo debe limpiarse de todo material suelto y nocivo.

Debe tenerse especial cuidado de corregir la causa de la falla.

Colocación del material de reparación:

La losa de concreto existente y la subrasante, deben humedecerse bien algunas horas antes de la colocación del concreto.

El área corregida debe tener un espesor mayor de 2 cms. que el de la losa original.

La superficie debe coincidir con la misma pendiente y sección transversal, que el pavimento existente y tener un acabado rugoso.

La reparación debe curarse adecuadamente antes de permitir que el tránsito circule en su vía (Figura 9).

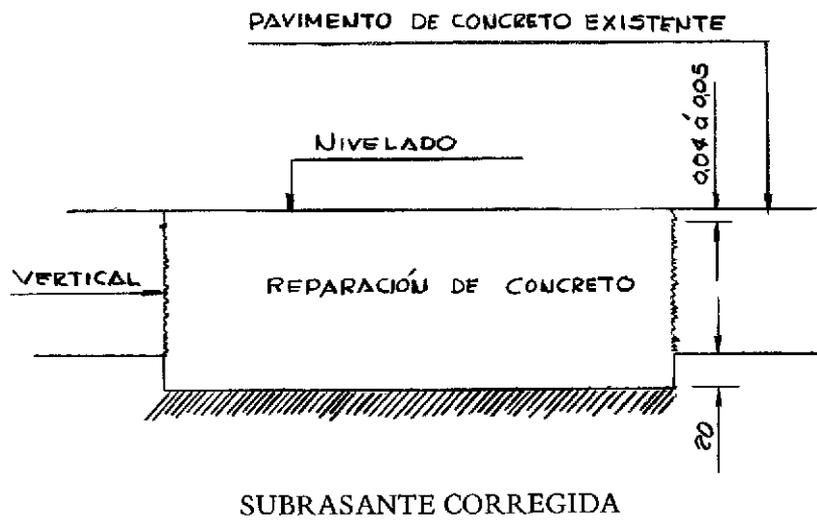


Figura 9

CAPITULO V

5. EQUIPO DE MANTENIMIENTO:

Debido a que los trabajos de mantenimiento se distribuyen en extensas áreas y una máquina o conjunto de máquinas que un día están trabajando en un punto, puede necesitarse al día siguiente en otro situado a varios kilómetros; además y salvo en casos de emergencia, estos trabajos solo implican el movimiento de pequeños volúmenes de materiales, el equipo de mantenimiento debe ser liviano y de alta movilidad. Por tanto, hasta donde sea posible, debe moverse sobre llantas neumáticas y poseer una buena velocidad de traslación.

5.1 Cantidad Necesaria:

Al observar los datos de información, puede verse que existe una escasez de equipo de mantenimiento, dado a las pésimas condiciones en que se encuentran, al modelo, y a que es utilizado para operaciones diversas ajenas al mantenimiento.

SIECA ha preparado una tabla que intenta servir de guía de cantidad y clase de equipo, basado en supuestos tales como que el estado de operación del equipo es razonablemente bueno, que el mismo se usará exclusivamente para trabajos de mantenimiento, que los caminos no están muy deteriorados, que los materiales para revestimiento se encuentran distribuidos a distancias razonables de lugares de utilización y que se usará mano de obra en los casos en que el empleo de maquinaria no es recomendable.

Clasificación de los Caminos:

Camino Pavimentados	CNP
Camino Nivelados y Revestidos	CNR
Camino Revestidos	CR
Camino de Tierra	CT

CLASE DE MAQUINARIA	1000 Km. CNP	1000 Km. CNR	1000 Km. CR	1000 Km. CT
Motoniveladora tamaño mediano	4	8	5	2
Cargadores frontales rueda neumática	4	5	3	—
Cargadores frontales de carriles	1	1	1	—
Palas mecánicas sobre camión	1	2	1	—
Camiones de Volteo	30	40	25	3
Camiones de Plataforma	4	4	1	1
Camiones tanques para agua	5	4	2	1
Trituradoras cribadoras portátiles	4	1	1	—
Plantas de Trituración	2	—	—	—
Mezcladoras Conc. Asfáltico Portátil	4	—	—	—
Plantas de Asfalto	1	—	—	—
Calentadores de Asfalto	4	—	—	—
Tanques portátil de asfaltos	2	—	—	—
Concreteras	2	1	1	—
Tractores con topadora	2	2	2	2
Rodillos Vibratorios	12	—	—	—
Rodillos Neumáticos	1	4	1	—
Rodillos Metálicos	2	2	—	—
Equipo de Remolque: 1 para 4000 Km. en los cuatro tipos				
Equipo de Chapeo	2	1	1	—
Vehículos de Transporte	3	3	3	2

Además cada zona deberá contar con un equipo de servicio general consistente en:

- 1 Camión Taller equipado con un pequeño compresor, soldador eléctrico y herramienta de toda clase.
- 1 Camión equipado con grúa.

La cantidad adecuada de unidades menores tales como: Bombas de agua, Asfalto, plantas eléctricas.

5.2 Selección y clase de Equipo:

Se considera conveniente usar:

- Motoniveladora de tamaño mediano.
- Palas mecánicas montadas en camión con aguilón corto y cucharón de 3/4 de yarda cúbica.
- Cargadores frontales con ruedas neumáticas, transmisión en las cuatro ruedas, cucharón de una yarda cúbica.

- Camiones de volteo de capacidad normal de 2-1/2 toneladas, caja metálica de 2-1/2 metros cúbicos, ampliable a 3, levantamiento hidráulico, corta distancia entre ejes para fácil manipulación en caminos estrechos.
- Camiones de plataforma fija para uso general, 3 toneladas de capacidad nominal.
- Camiones tanques para agua, 1,000 galones de capacidad, equipados con bomba para carga y descarga, mangueras, etc.
- Rodillos vibratorios con un rendimiento equivalente de aplanadora de 10 toneladas.
- Rodillos neumáticos, con caja para lastre.
- Rodillos metálicos, 6 - 8 toneladas tandem.
- Tanques portátiles para asfalto, 2,000 galones de capacidad.
- Mezcladoras de asfalto, de paletas, 1/4 de metro cúbico de capacidad.
- Compresores de aire portátiles, de 103 pies cúbicos por segundo.
- Tractores de oruga de hoja topadora de 125 HP.
- Cargadores frontales de carriles, cucharón de una yarda cúbica.

CAPITULO VI

6. MEDIDAS PREVENTIVAS:

El mantenimiento apropiado de una superficie asfáltica consistirá principalmente, en tomar medidas preventivas tales como efectuar remiendos en la superficie, sellado de zonas o tratamientos de superficie, cuando aparecen los primeros indicios de fallas y no meramente el remiendo de los hoyos después que se hayan formado.

El primer indicio notorio de falla en un pavimento bituminoso, son las grietas. Esto empieza en pequeñas áreas que de no ser reparadas, pueden extenderse en toda la superficie del camino, dando como resultado final la formación de baches la destrucción de la superficie del camino y la ruina de las capas de base. El objetivo es pues, evitar daños y controlar las fallas de manera que no se agraven.

6.1 Tratamientos Ligeros:

Los tratamientos ligeros de superficie, pueden ser usados para este propósito de sellar superficies bituminosas que tengan suficiente estabilidad, para soportar cargas de tránsito y tengan las suficientes condiciones:

- a) Que debido al tiempo de servicio se hayan secado.
- b) Que la contextura de la superficie se haya abierto.
- c) Superficie agrietada o cuero de lagarto.

6.1.1 Sellos de Arena:

Consiste en la aplicación esparcida de emulsión o asfalto líquido con cubierta de arena que pase tamiz No. 4 y sea retenido en tamiz No. 8.

6.1.2 Sellos de Gravilla:

Consiste en la aplicación esparcida de emulsión o asfalto líquido con cubierta de piedrín que pase tamiz 3/8" y sea retenido en tamiz No. 8.

Puntos sobresalientes que deben considerarse:

Grietas y Juntas:

Tanto en los pavimentos rígidos como en los flexibles, deben ser sellados oportunamente con el objeto de impedir que el agua superficial penetre a las capas de base y ocasione daños mayores.

Tratamiento:

Se limpian las grietas de materiales extraños y suelto con aire comprimido.

Se remueve cualquier material fracturado o suelto a lo largo de la grieta.

Se imprime la grieta a manera de rellenarla. Se aplica sello de gravilla o arena sobre la grieta y a 0.30 metros a ambos lados de ella y luego se compacta.

Cuarreamiento en cuero de lagarto, rajaduras en forma de mapa:

Cuando las áreas son pequeñas y esporádicas se pica el área a reparar, extendiéndola un poco más allá del área afectada, se barre todo el material suelto y se aplica el sello de gravilla o arena, luego se compacta.

Cuando las áreas a reparar son muy grandes, se aplica el material bituminoso con un distribuidor y el agregado con un esparcidor mecánico, debiendo usarse una aplanadora ligera para compactación.

Para secciones cuarteadas o con cuero de lagarto. Si estas no son muy profundas y de gran extensión, será suficiente agregados pequeños para el recubrimiento.

El sellado ligero puede ser llevado a cabo en cuanto las rajaduras aparecen, sin que importe la estación del año o que las rajaduras estén húmedas o secas, teniendo el cuidado de que las secciones adyacentes al área a reparar estén razonablemente secas, lo cual se extenderá un poco más allá del área afectada.

El sellado es un sistema efectivo para evitar que el agua se infiltre y se produzcan fallas internas, siempre y cuando éste se aplique oportunamente. El procedimiento en sí comprende:

Sello con 0.10 a 0.20 gal/metro cuadrado de material viscoso, de calidad media.

Cubierta con 7 a 12 libras/metro cuadrado de agregado que pase tamiz 3/8" y sea retenido en tamiz No. 8 o que pase tamiz No. 4 y sea retenido en tamiz No. 100. Emplanado con una aplanadora ligera.

Debe tenerse el cuidado de no aplicar excesos de material bituminoso, pues ésto puede dar lugar a formar puntos lisos y resbalosos.

Sitios bajos y agrietados:

Antes de efectuar la reparación deberá ser completamente imprimada o tratada con un material bituminoso de viscosidad suficientemente baja, para que pueda penetrar completamente y llenar las rajaduras para vivificar la antigua superficie; ésto vinculará de nuevo la estructura entera, dándole resistencia y cortará el agua de la superficie como de la subrasante.

Se tendrá cuidado de evitar una cantidad excesiva de bitumen al sellar la superficie fallada, antes de la colocación del material de reparación, ya que puede dar por resultado un área de superficie rica resbalosa, además un exceso de bitumen puede producir corrugaciones en el área reparada. (Figura 10).

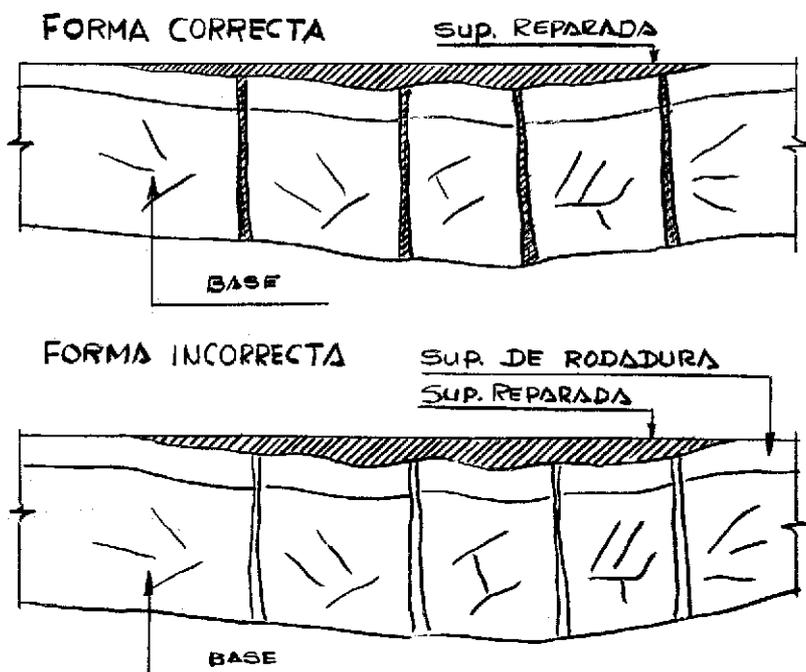


Figura 10

En la figura anterior, se muestra la forma correcta e incorrecta de un área reparada a base de material premezclado.

Al estar colocado, usando material bituminoso de alta viscosidad, formará puentes sobre rajaduras, las cuales permanecerán abiertas bajo el área reparada y con la acción del tránsito, se extenderán muy pronto a través de todo el área corregida, como puede verse en la figura, dejando que el agua penetre en la superficie y la base, lo que dará como resultado la desintegración de las mismas. Además el agua al llegar al suelo de la subrasante, hace que se vuelva inestable e incapaz de suministrar el debido soporte, lo que producirá que el remiendo se rompa muy luego y que se extienda el área fallada. Ni aún colocando mayor espesor de tratamiento se puede lograr impedir que esto suceda.

Deformación transversal. Cuando existen abultamientos en el pavimento, deformaciones en las huellas de las ruedas,

asentamientos y áreas bajas. Un método para examinar la superficie bituminosa, es después de una lluvia fuerte, mientras el agua está aún retenida en los lugares bajos de la superficie del camino y usando el nivel de agua como guía, marcar en la superficie del pavimento con pintura blanca o amarilla, la extensión de la deformación o depresión.

Otro método es el uso de una cuerda para mostrar el sitio bajo y el uso de yeso para marcar el área que necesita atención.

Las partes elevadas pueden reducirse manualmente o haciendo uso de una motoniveladora. Se limpia perfectamente la superficie y se aplica uno o más sellos de gravilla según lo necesite y se aplanan perfectamente.

Arreglo de desmoronamiento en diferentes áreas y profundidades en las superficies bituminosas (Figura 11).

Los desmoronamientos son sellados hasta una altura de 3 cms. abajo de la rasante terminada con una capa niveladora usando agregado que pase el tamiz 1-1/2" y sea retenido en tamiz No. 4 y de 5 a 7 cms. de espesor, debiendo ser la parte superior de cada capa, paralela a la rasante acabada.

La capa de superficie puede ser mezclada en el camino o mezclada en planta de agregado que pase tamiz 3/8" y sea retenida en tamiz No. 8 o que pase tamiz No. 4 y que sea retenido en tamiz No. 100. Debe tenerse cuidado de no usar un exceso de material bituminoso al efectuar este tipo de reparación, porque si se deja un área corregida con mucho bitumen podrá suceder lo siguiente:

- a) Deformación en tiempo caluroso.
- b) Formación de un sitio liso y resbaloso.
- c) Pérdida de material bituminoso.

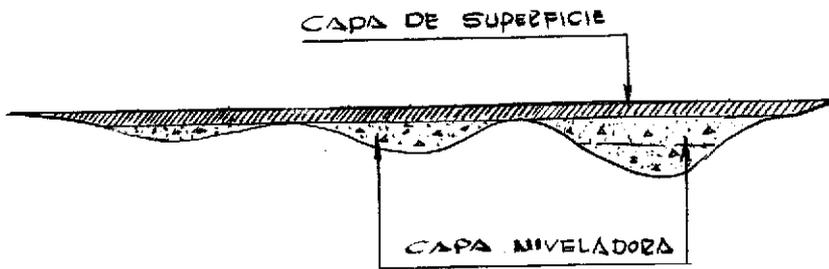


Figura 11

El control de material bituminoso es particularmente importante, cuando se remiende un pavimento previamente al tendido del tratamiento de superficie o de un segundo tratamiento de superficie, porque se usa un exeso, el bitumen saldrá invariablemente a través de la superficie formando manchas y sitios resbalosos.

Las reparaciones que se efectúan antes de un trabajo de recubrimiento, deberán ser siempre podres de material bituminoso; es recomendable: 0.10 galones/ yardas cuadrada = 0.45 Lts/metro cuadrado.

Deterioro de la Superficie y Desmoramiento de los Bordes:

La corrección es la misma descrita anteriormente con el título de Grietas (rajaduras en forma de mapa o cuero de lagarto), con la diferencia que para reemplazar el material perdido es necesario a menudo usar más material bituminoso y agregado más grueso.

Superficies Resbalosas:

Teniendo cuidado durante la aplicación de los materiales bituminosos, tanto en el bacheo como en el tratamiento de superficies, pueden evitarse estas manchas lisas.

Hay que tener presente que es mejor poco que mucho, ya que puede añadirse más material bituminoso si la superficie

resulta pobre, pero si hay exceso la remoción de este exceso resulta difícil y muy costoso.

6.1.3 Bacheo Temporal:

El bacheo temporal como medida preventiva puede ser usado tanto para pavimentos flexibles como para pavimentos rígidos y tiene como función eliminar riesgo de manejo y prevenir o controlar que la falla se agrave y se extienda a toda la estructura del pavimento.

Se colocan parches bituminosos temporales cuando el tiempo no permite colocar un bache más seguro y duradero.

Procedimiento:

Se remueve el material suelto y se coloca material graduado, éste debe de compactarse de tal manera que queden 3 cms. abajo de la superficie, luego se aplican sellos múltiples de gravilla; la última deberá cubrir 0.30 metros del pavimento que no se ha bacheado (Figura 12).

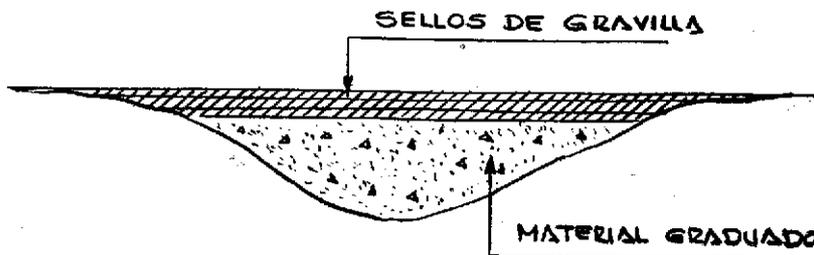


Figura 12

6.2 CONSERVACION:

6.2.1 Hombros:

Es de suma importancia y necesario mantener los hombros con pendientes adecuadas y uniformes, de manera que no presente agujeros, zanjas, puntos altos y bajos, que impidan un buen drenaje de la superficie y hombros del pavimento.

6.2.2 Cunetas:

El mantenimiento de cunetas es importante en todo los tipos de caminos y se evitarían grandes daños a las carreteras, si éstas se mantienen limpias y por debajo de la cota de sub-rasante.

6.2.3 Taludes:

La protección de taludes evita la erosión y en consecuencia los asentimientos y derrumbes.

6.3 CONTROL DE LA EROSION:

Se están llevando a cabo programas de reforestación por parte del Ministerio de Agricultura en el Departamento de Guatemala. Estos programas deben ser ampliados e intensificados a aquellas zonas de urgencia. El sauce por su crecimiento rápido puede ser utilizado para proteger las riberas de aquellos ríos que presenta año con año desbordamientos.

6.4 CONTROL DE PESOS Y DIMENSION DE VEHICULOS:

Actualmente, en Guatemala se ha aprobado el Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos, por constituir una de las causas del deterioro de las carreteras.

6.4.1 Consideraciones:

- a) Al respecto considero necesario superar las deficiencias en el mantenimiento, pues dicho control no tendría objeto si no

se mantienen las características estructurales de las carreteras en perfecto estado de funcionamiento.

- b) En vista de que no se disponen de datos referentes a las cargas de ejes, separación entre éstos y pesos totales de los vehículos que circulan por las carreteras, para poder comparar éstos con los valores permisibles, según las características del pavimento y las estructuras, es conveniente realizar muestreos periódicos por medio de balanzas portátiles, que nos indiquen donde existe la posibilidad de establecer un control de pesos y dimensiones.
- c) Una carretera cuya frecuencia de excesos de sobrecarga sea mínima, puede no justificar la instalación de una estación de control de pesos y dimensiones por la siguiente razón: La instalación de estas estaciones requiere de inversiones fuertes y de un presupuesto permanente; dichos costos pueden resultar mayores que la diferencia obtenida de los costos sin y con estación de control.
- d) Debe instalarse una estación de control de pesos, en aquellos casos que se compruebe la reducción de los gastos de mantenimiento, fuese mayor que los gastos de operación de las estaciones de control en la carretera bajo consideración y que dicha reducción sea atribuible directamente a tales estaciones.
- e) Puesto que las carreteras son variables en cuanto a sus características físicas en todo país y así también el tránsito en cuanto a volumen, peso, intensidad, es necesario contar con varios tipos de básculas que estén acordes al tipo de carretera y vehículos.

6.4.2 Estación de Control de Cargas:

Las estaciones de control de cargas son áreas seleccionadas al margen de la vía y en ocasiones especiales, en la misma vía, destinadas a establecer un control sobre el peso y las dimensiones de los vehículos de carga.

6.4.3 Formas de Control:

a) Estaciones Permanentes:

Las estaciones permanentes regulan en forma continúa, tanto el peso como las dimensiones de los vehículos comerciales, mediante mecanismos especiales de detección.

b) Estaciones Móviles:

Las estaciones móviles registran periódicamente a base de muestreos, tanto el peso como las dimensiones de los vehículos comerciales, en zonas previamente seleccionadas, mediante el sistema de balanzas portátiles.

6.4.4 Criterios de los sitios para Estaciones de Control de Cargas: (Especificaciones de la República de Venezuela).

La selección de los sitios para las estaciones, está fundamentada en los siguientes criterios:

- a) La estación debe estar diseñada en forma tal que permita desviar los vehículos comerciales fuera de la corriente del tránsito y pesarlos a un lado de la vía.
- b) Debe disponerse de servicios e instalaciones en ambos lados de la vía, a fin de poder pesar y medir los vehículos comerciales que circulen en una y otra dirección.
- c) La plataforma donde se determina el peso de los vehículos debe ser completamente recta y a nivel.
- d) No deben existir caminos alternativos posibles que puedan usar los vehículos de carga, para evadir el paso por la estación de control de carga.
- e) Las áreas de entrada y salida de la estación, deben estar localizadas en tramos rectos, con una pendiente no mayor del 3o/o y lejos de las intersecciones (aproximadamente un

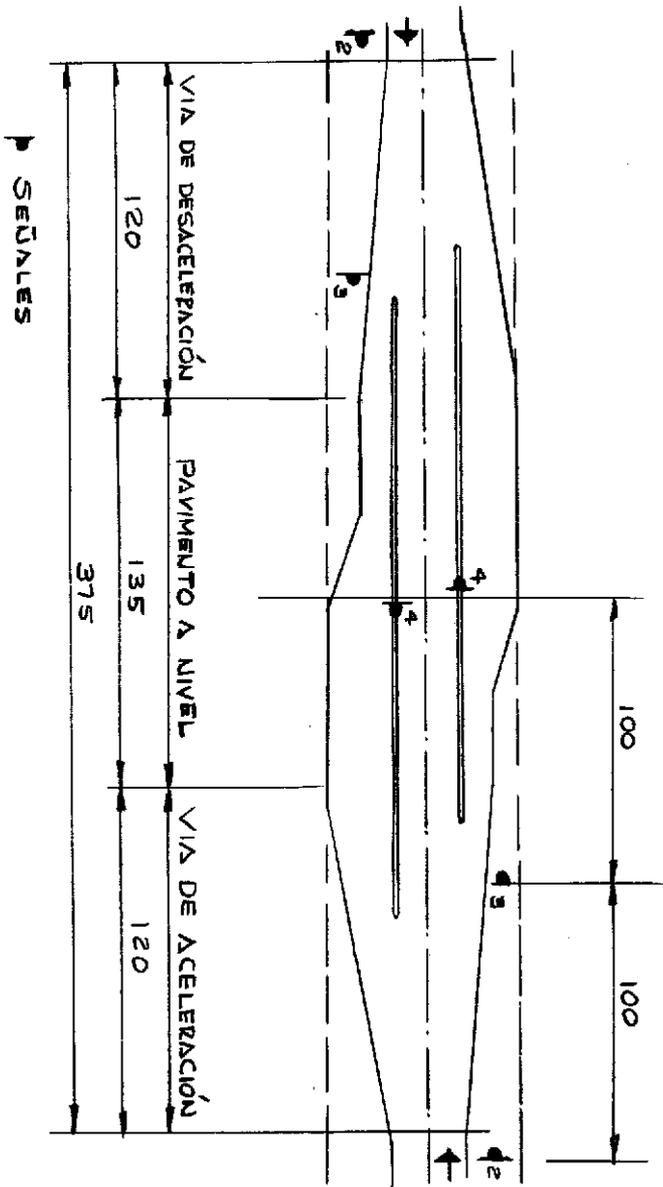
kilómetro). La distancia de visibilidad debe ser tal, que el tránsito que se aproxima pueda ser advertido desde el área de las actividades de control de peso. Las distancias antes referidas son las siguientes:

Tipo de Terreno	Distancias de Visibilidad
Terreno Plano	750 metros
Terreno ondulado	450 metros
Terreno montañoso	250 metros

- f) El pavimento de la estación debe ser de alta resistencia.
- g) El área adyacente de la estación debe disponer de un canal adicional de suficiente longitud, con entrada y salida a la estación, de modo que permita separar con la debida anticipación el tránsito pesado del tránsito liviano, almacenarlo mientras aguardan en cola y dirigirlo a la estación de control de carga.
- h) La estación debe disponer asimismo, de un área suficientemente dimensionada para estacionar vehículos sujetos a boletos de citación o bien permitir la descarga y almacenamiento de excedentes de peso sin interferir el tránsito de los vehículos pesados comprendidos dentro de las reglamentaciones vigentes de pesos y dimensiones.
- i) El señalamiento de una estación se hará en la forma siguiente:
 - Señal No. 1 a 500 metros de estación (“Alerta, Estación de Control de Carga”).
 - Señal No. 2 a 200 metros de estación (“Camiones conservan su derecha”).
 - Señal No. 3 a 100 metros de estación (“Espacio, Camiones”).
 - Señal No. 4 en Estación de control de carga: (“Alto”).

6.4.5 Instalaciones:

- a) Sanitarios
- b) Tanque de agua
- c) Iluminación
- d) Sistema de radio.



ESQUEMA TIPICO DE UNA ESTACION DE CONTROL DE CARGA PARA CARRETERAS DE DOS CANALES

6.4.6 Dimensión de Vehículos:

La dimensión de los vehículos generalmente está limitada por la sección transversal mínima de los puentes, especialmente en las armaduras de paso inferior, donde la altura de la carga es determinante.

El problema puede ser tratado con facilidad, comparando la sección máxima del vehículo con la sección mínima de los puentes.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES:

- 7.1 La fallas más frecuentes en las carreteras se atribuyen a insuficiencia de drenajes y al deficiente mantenimiento de los mismos;
- 7.2 En largos trayectos de caminos pavimentados y no pavimentados, es notoria la falta de cunetas, lo cual en la mayoría de los casos es la causa de la inestabilidad de las capas del pavimento;
- 7.3 En algunas secciones las reparaciones y el bacheo son contínuas debido al drenaje deficiente;
- 7.4 Muchas veces los hombros no cumplen con su cometido de dar suficiente soporte lateral al pavimento facilitar el escurrimiento del agua, proveer espacio adicional para emergencias o estacionamiento de vehículos, pues estos presentan zanjas, agujeros que retienen agua en estación lluviosa o han bajado su nivel por la constante erosión;
- 7.5 Los hombros que no tienen continuidad con el pavimento, constituyen un peligro para los usuarios y además contribuyen a la destrucción de los firmes;
- 7.6 Hay atención muy limitada a la investigación de las causas de las fallas, que por lo general se encuentran muy por debajo de la capa superficial;
- 7.7 Muchas veces es necesario efectuar reparaciones en la sub-rasante, sub-base ó base, cuyas estructuras han sido modificadas sensiblemente por no soportar las cargas que el tránsito les impone y
- 7.8 Las reparaciones o reposiciones resultan inadecuadas por falta de técnica, la que repercute en la disminución paulatina de la capacidad de servicio de la carretera.

CAPITULO VIII

8. RECOMENDACIONES:

- 8.1 La reparación de una falla debe ser oportuna y no cuando haya alcanzado mayores dimensiones;
- 8.2 En muchos casos es necesario tomar medidas preventivas, como: sellar grietas, conformar hombros, ampliar cunetas, etc., para evitar daños mayores;
- 8.3 Deben realizarse inspecciones periódicas y especiales a manera de examinar cuidadosamente las carreteras, para localizar los defectos especialmente de drenajes, que es la causa principal del deterioro de las carreteras;
- 8.4 Cuando se ejecuten trabajos de mantenimiento, debe hacerse uso de especificaciones técnicas, que en ningún caso sean inferiores a las utilidades cuando se construyeron las obras; y
- 8.5 Debe adiestrarse personal para mantenimiento de carreteras, para mayor efectividad en los servicios, por lo que deben existir programas de adiestramiento para tal fin.

BIBLIOGRAFIA

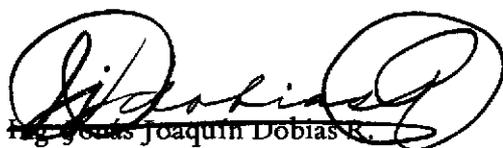
1. INGENIERIA DE CARRETERAS.
(Hewes y Oglesby)
2. MANUAL DE MANTENIMIENTO DE CAMINOS.
(Dirección General de Caminos, Guatemala)
3. CONSTRUCCION DE CARRETERAS,
ESPECIFICACIONES. METODOS Y EQUIPO.
(Ing. Amando Vides Tobar)
4. MANUAL DE MANTENIMIENTO Y MEJORAMIENTO
DE CARRETERAS
(Dirección General de Caminos, Rep. de El Salvador)
5. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL
MANTENIMIENTO DE CARRETERAS EN CENTRO
AMERICA.
(Tratado General de Integración Económica
Centroamericana)
6. ANALISIS DE CARGAS MAXIMAS PERMISIBLES EN
PUENTES.
(Tesis Ing. José Leonel Aguilar)
7. MANUAL DE CAMINOS, AUTOVIAS
(Ing. y General Luis Leonardo)
8. MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA CONSERVACION
DE CARRETERAS PAVIMENTADAS
(Dirección General de Caminos, Guatemala)
9. REVISTAS VOL. IV No. 2 MAY-JUN y No. 3 SEP-OCT
1971
(Asociación Centroamericana del Cemento y Concreto)
10. INFORMACION
(Sección de Estadística D.G.C y 8 Zonas Viales de la
República. Inspecciones)

11. INFORME PRESENTADO POR LA DIRECCION GENERAL DE CAMINOS DE GUATEMALA, A LA REUNION REGIONAL SUDAMERICANA DE LA FEDERACION INTERNACIONAL DE CARRETERAS "IRF", CELEBRADA EN LA CIUDAD DE LIMA, PERU (MAYO DE 1965).

Preparado por Ing. Jonás Joaquín Dobias R.


Luis Felipe Boburg Cetina

Aprobado:

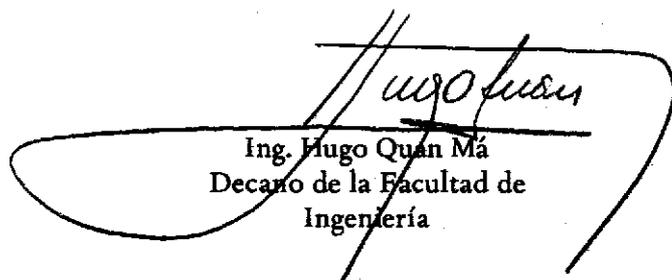

Ing. Joaquín Dobias R.

ASESOR

Vo. Bo.


Ing. Amando Vides Tobar
Jefe del Depto. de Topografía
y Transportes

Imprímase:


Ing. Hugo Quian Má
Decano de la Facultad de
Ingeniería