

José David Cabrera Avendaño

Normas para Control de Costos de
Mantenimiento de Carreteras



Guatemala, Octubre de 1973

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

NORMAS PARA CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JOSE DAVID CABRERA AVENDAÑO

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

**TESIS DE REFERENCIA
NO**

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1973

DL
08
T(263)C

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

Decano:	Ing. Hugo Quan Má
Vocal Primero:	Ing. Marco Tulio Samayoa B.
Vocal Segundo:	Ing. Rodolfo González M.
Vocal Tercero:	Ing. Leonel Aguilar
Vocal Cuarto:	Br. Jaime Klussman Figueroa
Vocal Quinto:	Br. Edgar de León Maldonado
Secretario:	Ing. José Luis Terrón C.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Hugo Quan Má
Examinador:	Ing. Horacio Beltetón
Examinador:	Ing. Adrián Juárez
Examinador:	Ing. Jorge Rodríguez
Secretario:	Ing. José Luis Terrón C.

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:

NORMAS PARA CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS

tema que me fuera asignado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

DEDICO ESTE ACTO

A Dios Todopoderoso

A mis padres:

Javier Cabrera Martínez

Mercedes A. de Cabrera (recuerdo a su memoria)

A mi esposa:

Mirthala Palomo de Cabrera

A mi hijita:

Mirta Ivonne Cabrera Palomo (en su memoria)

A mi madre política:

Enriqueta L. de Palomo (recuerdo a su memoria)

A mis hermanos:

María Ana Cabrera de Samayoa
Piedad Cabrera de Méndez
Manuel de Jesús Cabrera A.
Mercedes Cabrera de Roldán
Javier Cabrera Avendaño
Yolanda Cabrera de Argueta
Olga M. Cabrera de Casado

A mi tía:

Sor Avendaño

A las familias:

**Samayoa Cabrera
Cabrera Morales
Palomo Cobar**

A mis amigos y compañeros de estudio

A la Sección de Estudio de Carreteras de la D.G.C.

A la Facultad de Ingeniería.

NORMAS PARA CONTROL DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS

CONTENIDO

- 1.- INTRODUCCION

- 2.- ORGANIZACION Y FUNCIONAMIENTO
 - 2.1 Organización y Funcionamiento del Departamento de Mantenimiento y Mejoramiento
 - 2.1.1 Mantenimiento de Rutina
 - 2.1.2 Mantenimiento Periódico
 - 2.1.3 Mantenimiento de Emergencia

 - 2.2 Organigrama

 - 2.3 Zonificación del Mantenimiento
 - 2.3.1 Zona Vial No. 1
 - 2.3.2 Zona Vial No. 2
 - 2.3.3 Zona Vial No. 3
 - 2.3.4 Zona Vial No. 4
 - 2.3.5 Zona Vial No. 5
 - 2.3.6 Zona Vial No. 6
 - 2.3.7 Zona Vial No. 7
 - 2.3.8 Zona Vial No. 8
 - 2.3.9 Zona Vial No. 9
 - 2.3.10 Sección de Asfaltos

3.- MANTENIMIENTO DEL LECHO DE LA CARRETERA

3.1 Mantenimiento de Areas Adyacentes

3.1.1 Desmonte

3.1.2 Afinamiento y Reposición de Taludes

3.1.3 Afinamiento de Taludes de Corte

3.2 Mantenimiento de Cunetas

3.3 Mantenimiento de Contracunetas

4.- MANTENIMIENTO DE DRENAJES SUPERFICIALES DE LA CARRETERA

4.1 Mantenimiento de Alcantarillas

4.2 Mantenimiento de Tragantes, Cabezales de Entrada y Salida

5.- MANTENIMIENTO DE DRENAJES PROFUNDOS DE LA CARRETERA

5.1 Mantenimiento de Alcantarillas

5.2 Mantenimiento de Tragantes, Cabezales de Entrada y Salida

5.3 Mantenimiento de Puentes

5.3.1 Puentes de Madera

5.3.2 Puentes de Concreto

5.3.3 Puentes de Acero

6.- MANTENIMIENTO DE DRENAJES SUBTERRANEOS O SUB-DRENAJES

6.1 Tubera Perforada de Concreto Simple

6.2 Tubera Perforada de Metal Galvanizado Corrugado

6.3 Drenaje Francés

- 7.- MANTENIMIENTO DE SUPERESTRUCTURA DE LA CARRETERA
 - 7.1 Superestructura
 - 7.2 Carreteras de Tierra o no Pavimentadas
 - 7.2.1 Mantenimiento de Calzada
 - 7.2.2 Mantenimiento de Hombros
 - 7.2.3 Nivelado y Conformación
 - 7.2.4 Bacheo
 - 7.3 Carreteras Recubiertas o Balastadas
 - 7.3.1 Mantenimiento de Calzada
 - 7.3.2 Mantenimiento de Hombros
 - 7.3.3 Nivelado y Conformación
 - 7.3.4 Bacheo
 - 7.4 Carreteras Pavimentadas
 - 7.4.1 Pavimentos Rígidos
 - 7.4.2 Pavimentos Flexibles
 - 7.4.2.1 Mantenimiento de Calzada
 - 7.4.2.2 Mantenimiento de Hombros
 - 7.4.2.3 Sello de Grietas
 - 7.4.2.4 Bacheo
- 8.- SELECCION Y ORGANIZACION DEL EQUIPO PARA EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS
- 9.- FINANCIAMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS
- 10.- CONCLUSIONES
- 11.- BIBLIOGRAFIA

1.- INTRODUCCION

El Costo de Mantenimiento de carreteras es uno de los factores, al que actualmente en la evaluación económica de proyectos viales, se le toma en cuenta, aunque en realidad no hay suficiente información del costo de Mantenimiento de carreteras.

Se asumen costos aproximados y se estima que el costo de Mantenimiento anual por kilómetro de carretera es de Q 800.00 y Q 600.00, asfaltada y de tierra respectivamente.

Al hablar de costos de Mantenimiento, debe de entenderse como tales, todos aquellos gastos que anualmente originan el Mantenimiento, mejoramiento y acondicionamiento de tramos carreteros, que han sido afectados ya sea por fenómenos físicos de la naturaleza, o aquellos causados por exceso de tránsito. Muchos son los factores que pueden incidir en el deterioro de las carreteras, siendo los más comunes los derrumbes de tierra, los hundimientos de rellenos y el crecimiento de la maleza sobre los hombros de la carretera. Debido a la posición geográfica de Guatemala el período de invierno es siempre mayor que el verano, el invierno en algunas ocasiones se considera bastante seco, pero cuando llega lo hace con mucha fuerza ocasionando estragos y eso trae como consecuencia la destrucción o deterioro de gran parte de la red vial, especialmente en carreteras de tierra.

Un proyecto adecuado antes de proceder a la construcción, eliminará gran parte de los costosos problemas de construcción y una buena construcción eliminará en gran parte el costo de Mantenimiento de la misma.

En este trabajo solamente vamos a tomar en cuenta los Costos Directos, ya que son aquellos que pueden aplicarse directamente a cada operación de Mantenimiento y que cubren los siguientes gastos, mano de obra directa, equipo y materiales tanto consumibles como permanentes. En cambio los Costos Indirectos se refieren a gastos de administración, talleres, etc, etc, que deben ser prorrateados entre varios proyectos, los que para nuestro análisis no nos interesan; ya que lo que se trata es de desarrollar una fórmula que sirva de modelo de base de Costos directos de Mantenimiento para cada una de las actividades que se llevan a cabo.

Para el presente trabajo tomaré como principal fuente de información los archivos del Departamento de Mantenimiento y Mejoramiento de la Dirección General de Caminos de la República de Guatemala.

La mayor parte de las actividades que llevan a cabo las zonas viales con relación a Mantenimiento de carreteras, se realizan en forma manual, ya que no se posee toda la maquinaria requerida para cada zona, ya que regularmente la maquinaria y equipo que posee cada zona es insuficiente de acuerdo con las necesidades.

Tomando en cuenta la poca información que se tiene sobre el Mantenimiento de carreteras, pienso que este trabajo puede ser de alguna utilidad para el futuro.

2.- ORGANIZACION Y FUNCIONAMIENTO

2.1 Organización y Funcionamiento del Departamento de Mantenimiento y Mejoramiento.

El departamento de Mantenimiento y mejoramiento de carreteras de la Dirección General de Caminos de la República de Guatemala, tiene a su cargo a nivel nacional el mantenimiento y mejoramiento de la red vial y la construcción de pequeños tramos carreteros, por el sistema de administración.

El Mantenimiento de carreteras se puede definir como la preservación del Lecho del Camino, el Pavimento, las Estructuras y las obras Anexas, en sus condiciones originales o en forma mejorada, de tal modo que se pueda ofrecer al usuario seguridad y comodidad.

Las carreteras se destruyen en el transcurrir del tiempo con el tránsito. Son varios los elementos que componen un camino y se deterioran en forma diferente. El clima es el factor más importante de destrucción, además tenemos otro factor que influye en la vida útil de un camino y es el tipo de fundación del suelo, también el volumen de tránsito es un factor decisivo en el deterioro de un camino.

Es difícil definir en Mantenimiento, que parte del trabajo es solo mantenimiento de rutina y que otra es de reconstrucción. Un revestimiento periódico del camino con materiales bituminosos es conveniente para mantenerlo en condición más o

menos original, esto a veces da como resultado una resistencia mayor que el pavimento original, el cual se considera como mantenimiento. Frecuentemente se incluye dentro del mantenimiento la reducción de curvas y la ampliación de los hombros, lo cual da como resultado, un reacondicionamiento de la carretera, del mismo modo se debe de tomar como mejora la substitución de un puente de una vía por otro de dos. Los reacondicionamientos mayores y la ampliación de Puentes se pueden considerar como nueva construcción, ya que la ampliación resulta del aumento de la capacidad del camino.

Las operaciones de Mantenimiento de carreteras pueden clasificarse bajo una amplia variedad de designaciones, sin embargo podemos nombrarlas acertadamente - así:

2.1.1 Mantenimiento de Rutina

Son todos los trabajos normalmente realizados, a intervalos de un año o menos, esencialmente estos trabajos son de carácter correctivo. Este Mantenimiento - puede realizarse usualmente con tránsito en la carretera.

2.1.2 Mantenimiento Periódico

Son todos los trabajos que se realizan a intervalos mayores de un año, estos trabajos son a la vez correctivos y preventivos. En carreteras no pavimentadas en las que se utilizan grandes concentraciones de equipo pesado, debe de contarse con desvíos para el tránsito en cada tramo de carretera en donde se esté trabajando.

El Mantenimiento Rutinario y el Mantenimiento Periódico son operac i o n e s

planificadas que se complementan las unas con las otras, no pudiendo planificarse el Mantenimiento de Emergencia.

2.1.3 Mantenimiento de Emergencia

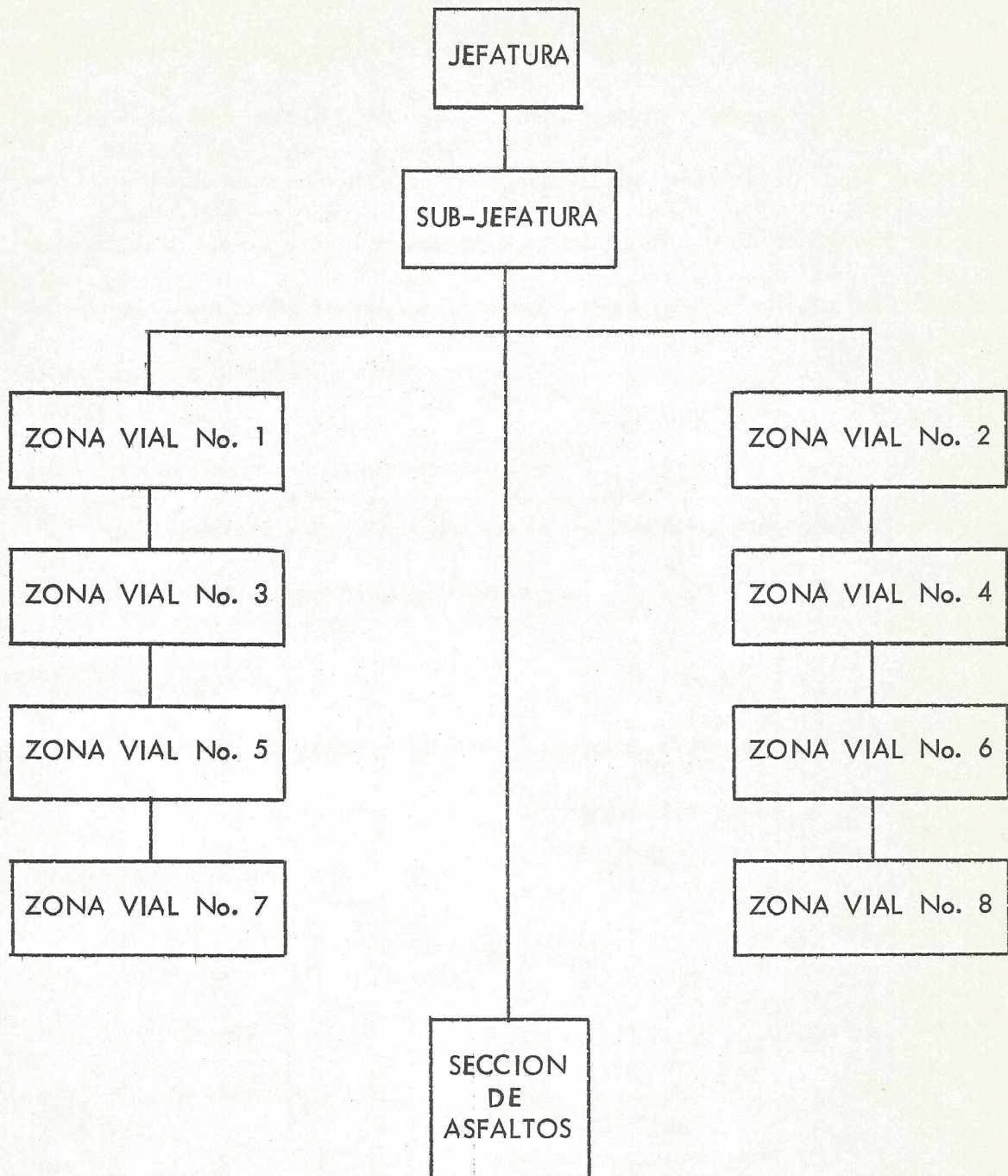
Son todos los trabajos correctivos que comprenden el campo entero de reparación de daños debidos a fuerza mayor, o también pueden ser ocasionados por un diseño o una construcción deficientes, dentro de los casos de emergencia podemos mencionar:

- a).- Remoción de derrumbes extraordinarios.
- b).- Reparación de daños causados por socavación en la Superficie o Taludes de la carretera.
- c).- Reparación de extensos y repentinos asentamientos de terraplenes.
- d).- Puentes destruidos por grandes crecidas.
- e).- Otros.

En estos casos el departamento de Mantenimiento debe de estar preparado para manejar tales emergencias, pronta y eficientemente.

2.2 Organigrama.

Para un mejor control administrativo y un mejor desarrollo de labores el departamento de Mantenimiento está organizado así:



La Jefatura del departamento de Mantenimiento es la encargada de dirigir el Mantenimiento y Mejoramiento de las carreteras existentes y también la encargada de llevar a cabo la ejecución de los trabajos de construcción de caminos de me-

nor importancia. Son también atribuciones de esta dependencia, el proveer y manter las señales viales en todas las carreteras de la República, elaborar los planes de trabajo de acuerdo con la Dirección General, también colabora con las gobernaciones, municipalidades y comités formados para tal fin, prestando la cooperación que se le solicite, para resolver los problemas relacionados con las carreteras, siempre que esto no vaya en detrimento de los trabajos planificados y además condicionada a esta ayuda a la disponibilidad presupuestaria.

2.3 Zonificación del Mantenimiento.

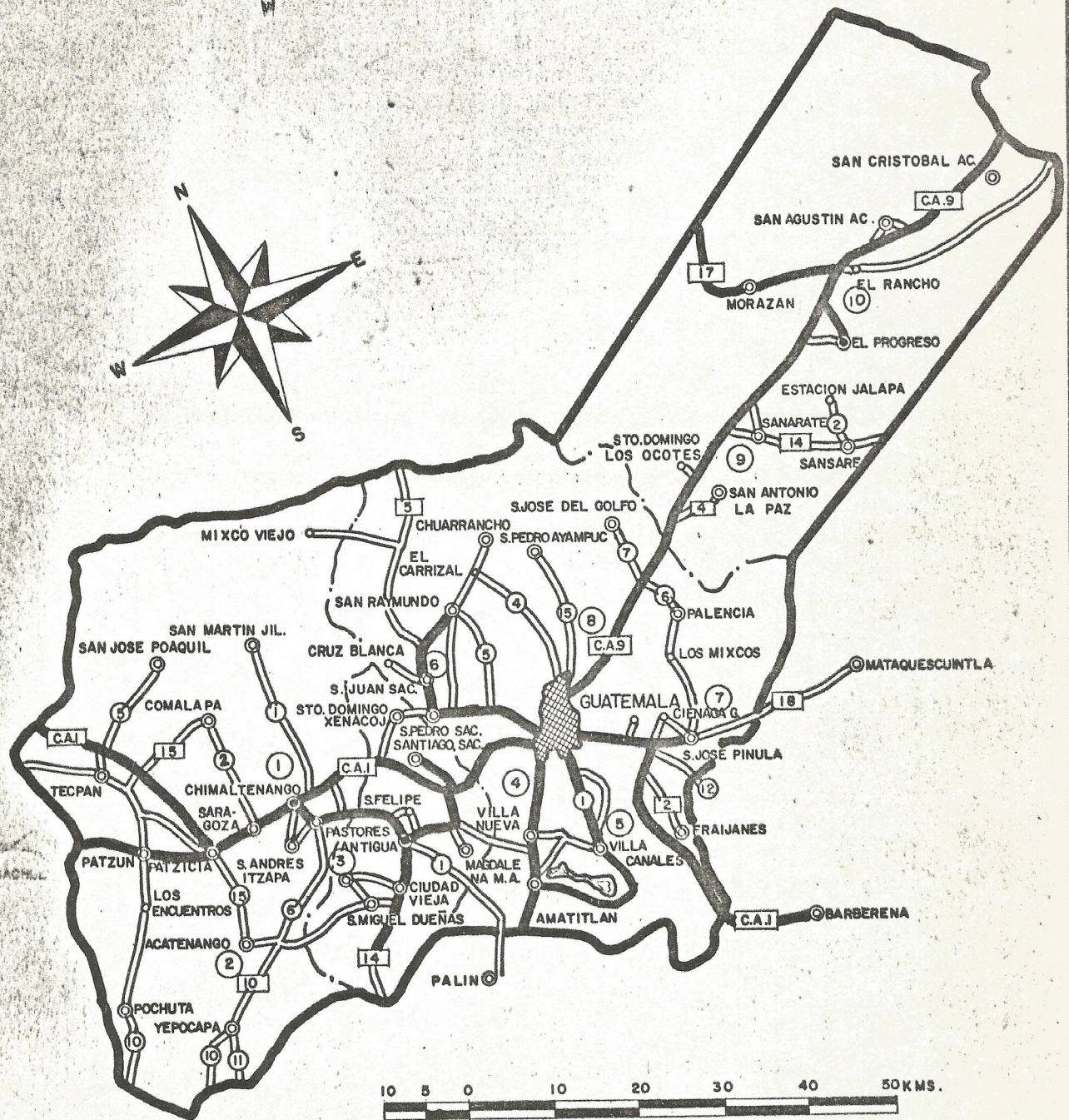
Una Jefatura, ocho zonas viales y la sección de asfaltos, distribuidos en todo el territorio nacional en la siguiente forma.

2.3.1 Zona Vial No. 1

Comprende los departamentos de Guatemala, El Progreso, Chimaltenango y Sacatepéquez; a continuación el mapa conteniendo cada uno de los tramos carreteros que debe mantener.

UNIDAD DE PLANEAMIENTO D.G.C.

ZONA VIAL No. 1



Dibujó E.L.S.

Aprobó:

Dibujo No. M.00721

Escala Gráfica

Fecha: 3 de Noviembre de 1971.

2.3.2 Zona Vial No. 2

Comprende el departamento de Jalapa, parte de los departamentos de Santa Rosa y Jutiapa; a continuación el Mapa conteniendo cada uno de los tramos carreteros que debe mantener.

UNIDAD DE PLANEAMIENTO D.G.C.

ZONA VIAL No. 2



Dibujó: E.L.S.

Aprobó:

Dibujó No. M.00731

Escala: Gráfico

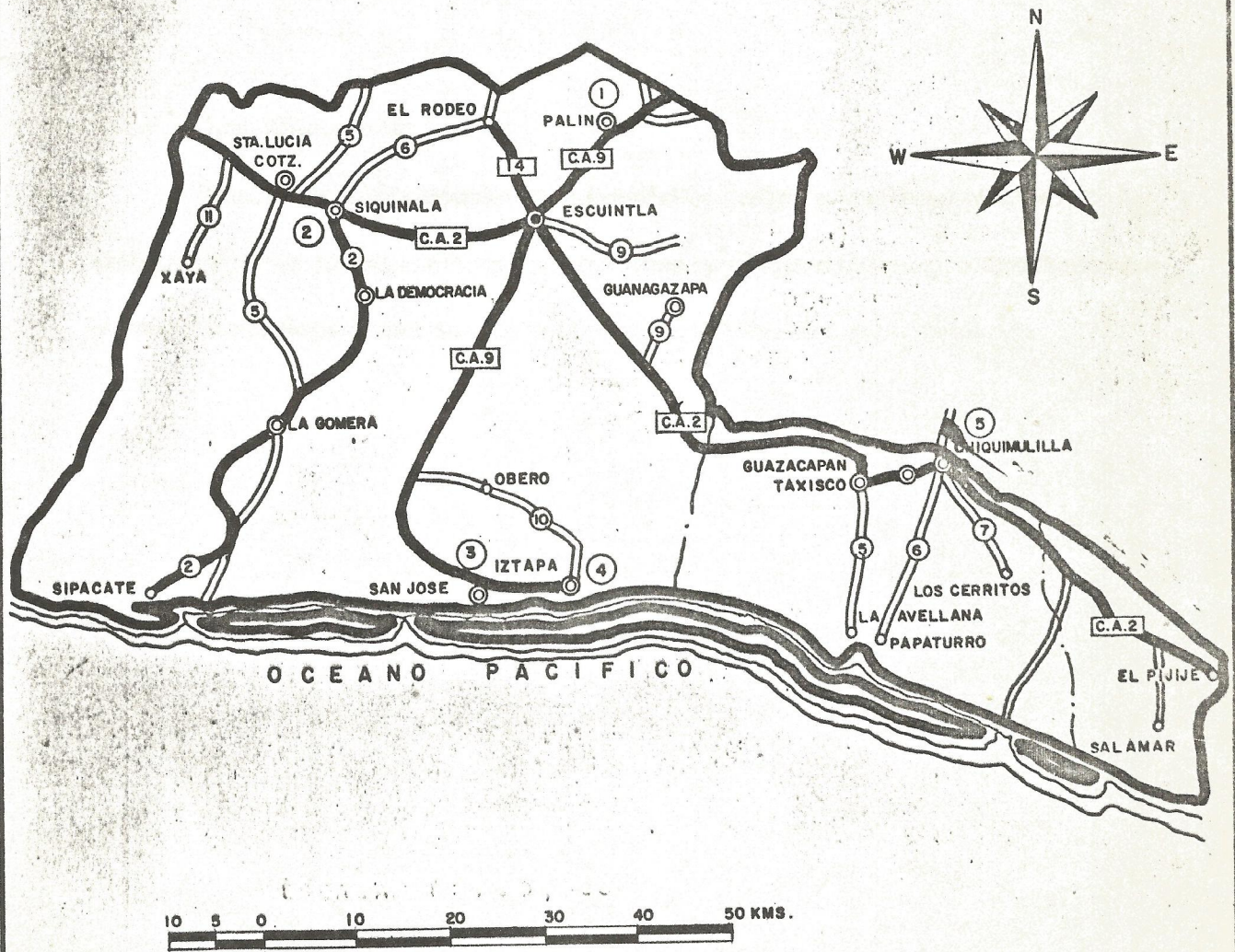
Fecha: 3 de Noviembre de 1971.

2.3.3 Zona Vial No. 3

Comprende el departamento de Escuintla, parte de los departamentos de Jiutapa y de Santa Rosa; a continuación el Mapa conteniendo cada uno de los tramos carreteros que debe mantener.

UNIDAD DE PLANEAMIENTO D.G.C.

ZONA VIAL No. 3



Dibujó. E.L.S.

Aprobó:

Dibujo No. M.00741

Escala Gráfica

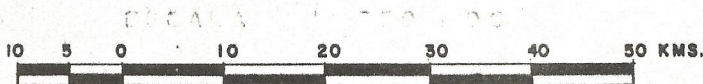
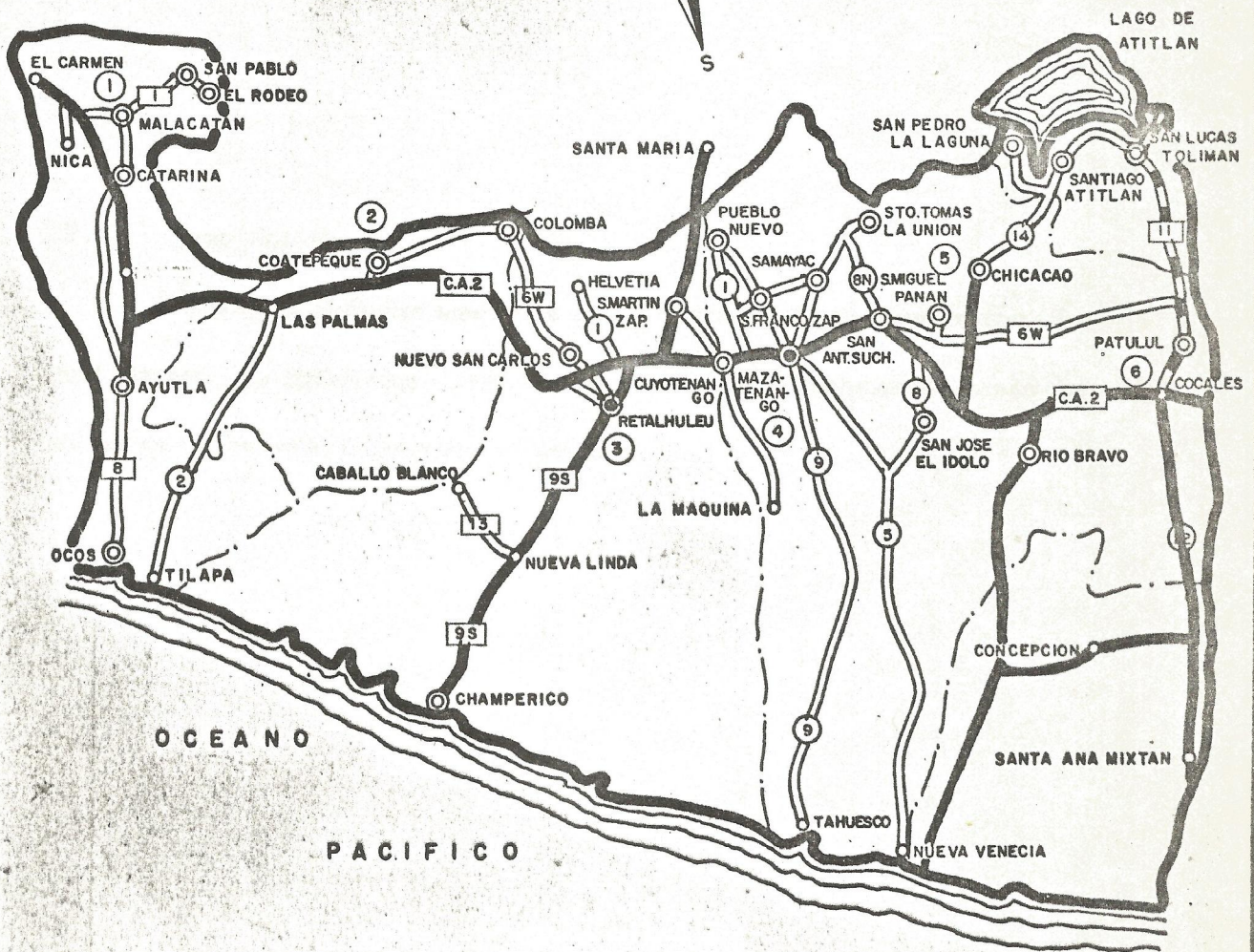
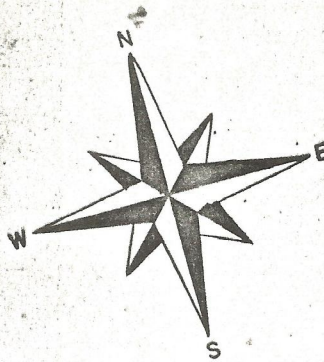
Fecha: 3 de Noviembre de 1971.

2.3.4 Zona Vial No. 4

Comprende el departamento de Retalhuleu, parte de los departamentos de Suchitapéquez, Sololá, Quezaltenango, San Marcos y Chimaltenango; a continuación el Mapa conteniendo cada uno de los tramos carreteros que debe mantener.

UNIDAD DE PLANEAMIENTO D.G.C.

ZONA VIAL No. 4



Dibujó: E. L. S.

Aprobó:

Dibujo No. M.00751

Escala Gráfica

Fecha: 33 de Noviembre de 1971.

2.3.5 Zona Vial No. 5

Comprende el departamento de Totonicapán, parte de los departamentos de San Marcos, Quezaltenango y Sololá; a continuación el Mapa conteniendo cada uno de los tramos carreteros que debe mantener.

UNIDAD DE PLANEAMIENTO D. G. C.

ZONA VIAL No. 5



Dibujó: E. L. S.

Aprobó:

Dibujo No. M. 00761

Escala Gráfica

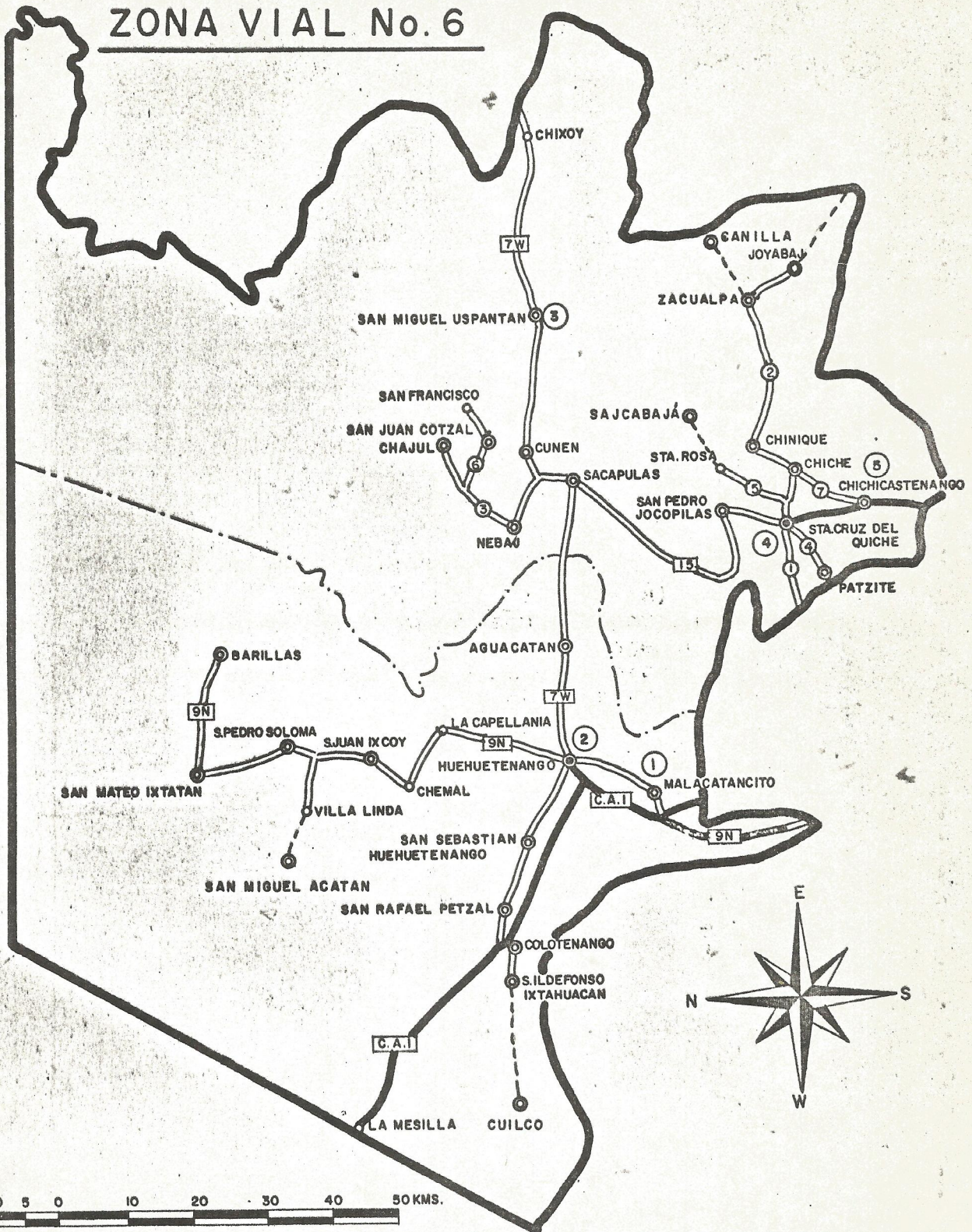
Fecha: 2 de Noviembre de 1971.

2.3.6 Zona Vial No. 6

Comprende los departamentos de Huehuetenango y El Quiché; a continuación el Mapa conteniendo cada uno de los tramos carreteros que debe mantener.

UNIDAD DE PLANEAMIENTO D. G. C.

ZONA VIAL No. 6



Dibujó: E. L. S

Aprobó:

Dibujo No. M. 00771

Escala Gráfica

Fecha: 2 de Noviembre de 1971.

2.3.7 Zona Vial No. 7

Comprende los departamentos de Alta y Baja Verapaz y parte del departamento de Izabal; a continuación el Mapa conteniendo cada uno de los tramos carreteros que debe mantener.

UNIDAD DE PLANEAMIENTO D. G. C.

ZONA VIAL No. 7



Dibujó: E. L. S

Aprobó:

Dibujo No. M. 00781

Escala Gráfica

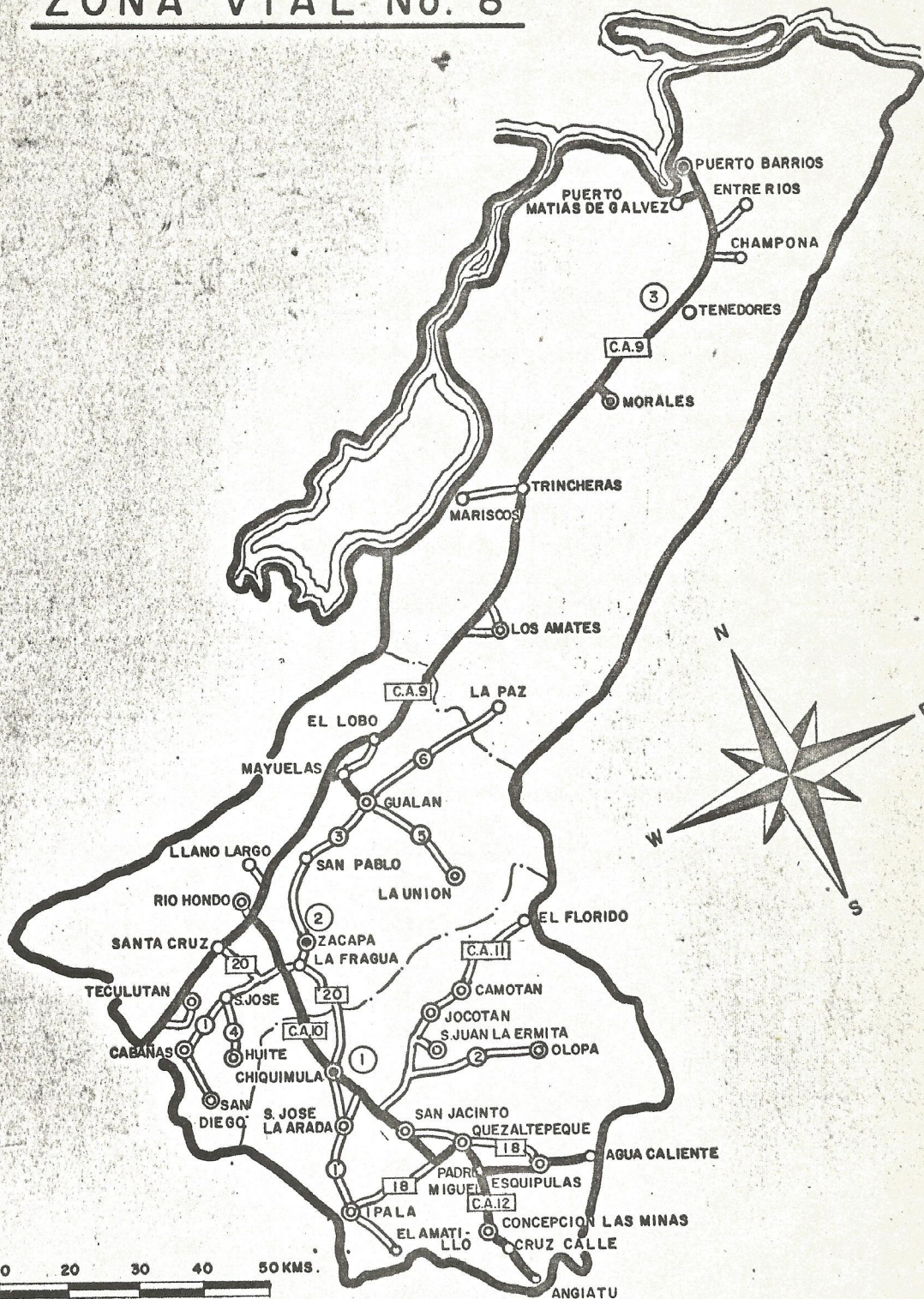
Fecha: 2 de Noviembre de 1971.

2.3.8 Zona Vial No. 8

Comprende los departamentos de Chiquimula y Zacapa y parte del departamento de Izabal; a continuación el Mapa conteniendo cada uno de los tramos carreteros que debe mantener.

UNIDAD DE PLANEAMIENTO D. G. C.

ZONA VIAL No. 8



Dibujó: E. L. S

Aprobó:

Dibujo No. M.00791

Escala gráfica

Fecha: 2 de Noviembre de 1971

2.3.9 Zona Vial No. 9

En la República de Guatemala además de las ocho zonas viales antes mencionadas, cuenta con la Zona Vial No. 9 que funciona en el departamento de El Pe
tén, la cual está fuera del control de la Dirección General de Caminos.

2.3.10 Sección de Asfaltos

Es la encargada del Mantenimiento de la superficie de rodadura en las carreter
as asfaltadas y del asfalto de pequeños tramos, llevados a cabo por administración. Esta sección de asfaltos está dividida en seis grupos que tienen su sede en los si
guientes lugares de la República;

Grupo 1. Escuintla, cabecera departamental.

Grupo 2. Panajachel, municipio del departamento de Sololá.

Grupo 3. Zacapa, cabecera departamental.

Grupo 4. Retalhuleu, cabecera departamental.

Grupo 5. Oratorio, municipio del departamento de Santa Rosa.

Grupo 6. Amatitlán, municipio del departamento de Guatemala.

3.- MANTENIMIENTO DEL LECHO DE LA CARRETERA

3.1 Mantenimiento de Areas Adyacentes a la Calzada

3.1.1 Desmante.

Tenemos que hacer notar que no toda la maleza que se encuentra en las áreas adyacentes de la calzada hay que eliminarla, su eliminación depende de la topografía del terreno y de la clase de suelo, ya que en suelo bastante erosionable y en terrenos de topografía de pendientes pronunciadas es recomendable no quitar la maleza ni desforestarse.

En los lugares en donde sí es recomendable quitar la maleza, esto es, una actividad rutinaria. Su frecuencia varía según las zonas donde se encuentre, ya que depende mucho del clima, pudiéndose decir que en climas templados puede hacerse una limpieza por año, no así, en climas tropicales que debe hacerse de dos, tres, o más limpiezas por año según se requiera.

La fórmula que bien puede ser la base de los costos del desmante de los lados de la carretera la podemos escribir de la siguiente manera:

Costo de Mantenimiento del Lecho de la carretera = C.M.L.C.

C.M.L.C. = $(L_a \times C_l + M_a \times C_m) A_c$.

En la cual:

La = Trabajo en días-hombre/área unitaria.

Cl = Costo unitario de mano de obra.

Ma = Días uso de maquinaria/área unitaria.

Cm = Costo de maquinaria-unidades de capital/día

Ac = Área de desmonte o área que se desea limpiar.

El costo anual lo podemos obtener, multiplicando el C.M.L.C. x n, en donde "n" es el número de limpiezas que se efectúan durante el año.

Se considera como proceso de producción solo la eliminación de la maleza; no se incluye la remoción de rocas y el corte de árboles grandes. La productividad del trabajo y la maquinaria para el desmonte del lecho de la carretera se presenta en el cuadro siguiente.

Tecnología	Hrs. Maq./Acre.	Hrs. Trabajo/Acre.
Manual	-----	15 - 30
Segadora tirada por caballo.	1.0 - 4.0	1.3 - 5.2
Tractor con Segadora de 5 pies.	1.0 - 2.0	1.3 - 2.6
Tractor con Segadora de 15 pies.	0.3	0.4

Productividad de Desmonte para análisis

Tecnología	Hrs. Máquina/Acre.	Hrs. Trabajo/Acre.
Manual	-----	20
Segadora tirada por caballo.	3.0	3.9
Tractor con Segadora de 5 pies.	1.5	1.8
Tractor con Segadora de 15 pies.	0.5	0.7

(Cuadros según estudios hechos por el Institute of Transportation and Traffic Engineering University of California.)

En nuestro medio el desmonte del Lecho de la Carretera se lleva a cabo por lo general en forma manual quedando reducida la fórmula anterior a la siguiente ex presión:

$$C.M.L.C. = (L_a \times C_I) A_c.$$

3.1.2 Afinamiento y Reposición de Taludes de Relleno.

Después de afinar perfectamente los Taludes de Relleno agregándoles el material perdido y poniéndoles la pendiente adecuada, que corrientemente es una pen diente que está en función directa con la altura de Relleno.

En la Dirección General de Caminos de la República de Guatemala usamos normalmente:

Altura de Relleno metros	Talud	
	Horizontal	Vertical
de 0 a 3	2	1
de 3 a mayor	1½	1

En donde el terreno es muy erosionable la conservación de los taludes se puede lograr mediante la siembra de grama especial, vegetales de la región, etc, etc.

3.1.3 Afinamiento de Taludes de Corte.

Es muy importante que un talud sea estable, y eso se logra únicamente poniéndoles una pendiente adecuada; que corrientemente es una que está en función directa con las alturas de los Cortes.

En la Dirección General de Caminos de la República de Guatemala, usamos normalmente para Corte lo siguiente:

Altura de Corte metros	Talud	
	Horizontal	Vertical
de 0 a 3	1	1
de 3 a 7	1/2	1
de 7 o mayor	1/3	1

También se tiene que afinar el talud, ya que en ciertos casos por una u otra razón resultan piedras salidas que pueden desprenderse y ocasionar la obstrucción de

la vía o alguna desgracia a los que por ella transitan.

3.2 Mantenimiento de Cunetas.

Las cunetas de una carretera son los canales situados en ambos lados de la línea Central y paralelos a ella en sentido longitudinal, que sirven para conducir hacia los drenajes el agua de lluvia que cae sobre el Pavimento cuando la Sección Típica está en terraplén y también sobre el área de los Taludes cuando la Sección Típica está en excavación. Las cunetas generalmente son canales de sección abierta y de forma triangular unas, otras de forma trapezoidal.

La de forma triangular puede ser construída y mantenida con una cuchilla niveladora, aunque esto puede resultar satisfactorio en carreteras de poca importancia, la medida adecuada de prevención de la erosión es el revestimiento de la cuneta con césped o piedra ligada con mortero, la cual impide hacer uso de maquinaria para su limpieza.

El canal de sección trapezoidal representa un cauce más apropiado y tiene con la misma profundidad y ancho de la triangular mayor capacidad de descarga; la profundidad de las cunetas es generalmente de 30 a 60 cms. medidos desde la cota de hombro de la carretera. El fondo de la cuneta debe de ser siempre más bajo que el nivel de la Sub-Rasante.

La capacidad de la cuneta puede aumentarse ventajosamente, ensanchándola en vez de profundizarla; así se reducen las velocidades de la corriente y se reduce la erosión. Se tienen que tomar en cuenta ciertas precauciones para efectuar un

buen diseño de cunetas siendo ellas: la uniformidad de la sección transversal; la pendiente longitudinal; evitar las obstrucciones y muchos otros factores que pueden hacer variar su buen funcionamiento, lo cual con el transcurso de tiempo, aseguren la duración del camino.

El Mantenimiento de cunetas y alcantarillas laterales es una operación llevada a cabo en la mayor parte de los casos en forma manual, necesitando para ello solamente rendimientos de trabajo días-hombre/Km.

Se tienen estudios como el de Virginia Maintenance Study en donde la productividad varía según la clase de camino y su variación es de 8 a 82 días-hombre/Km. de zanja, además se tiene los estudios hechos por la Connecticut Highway Maintenance Production Study que requiere en forma manual de 10 días-hombre/Km. de cuneta. Según estudios hechos por la Universidad de California se puede tomar un promedio de 13 días-hombre/Km. de cuneta o sea de 26 días-hombre/Km. de camino.

El Costo de Mantenimiento de Cunetas (C.M.C.) lo podemos encontrar por medio de la siguiente fórmula:

$$C.M.C. = (Le \times CI + Me \times Cm) Ne$$

en la cual:

Le = Días-hombre/longitud unitaria de cuneta.

CI = Costo unitario de Mano de Obra.

Me = Consumo de Capital/Longitud unitaria de cuneta.

C_m = Costos unitarios de Capital en la economía.

N_e = Longitud lineal de cuneta/Longitud unitaria de camino.

En donde el costo anual lo podemos obtener multiplicando $C.M.C. \times n$ en donde "n" es el número de limpiezas llevadas a cabo durante el año.

3.3 Mantenimiento de Contracunetas.

Las Contracunetas de una carretera son los canales situados en uno o ambos lados de la Línea Central y paralelos a ella aproximadamente en sentido longitudinal y fuera del Lecho de la Carretera, que sirven para conducir hacia los drenajes el agua de lluvia que cae sobre las áreas contiguas al Lecho de la Carretera.

Su Mantenimiento se concreta a que este canal se mantenga limpio y libre de cualquier obstrucción ya que los palos, ramas, etc, etc, no dejan que dicho canal trabaje satisfactoriamente, además se debe tener el cuidado de que esta contracuneta conserve su sección a todo lo largo; este Mantenimiento se lleva a cabo en forma manual y su costo se puede calcular, idénticamente como se indicó para las cunetas.

4.- MANTENIMIENTO DE DRENAJES SUPERFICIALES DE LA CARRETERA

La lluvia que cae sobre la superficie, parte escurre inmediatamente transformándose en corriente de agua, parte se evapora y parte se infiltra en el terreno. Cuando el agua de escurrimiento alcanza la carretera, si no se dispone de los elementos necesarios para conducirla o desviarla, puede ocasionar la inundación de la calzada, el debilitamiento de la Superestructura de la carretera y la erosión o el derrumbe de los Taludes, con graves perjuicios para el usuario de la vía y para la economía del país.

La conducción a zonas alejadas de la carretera, de las aguas de lluvia que caen directamente sobre el Lecho de la Carretera, se logra por medio de las Obras de Drenaje Superficial.

En los caminos de Tierra como en los Pavimentados el bombeo tiene que mantenerse entre el 1% y el 3%, ya que es absolutamente indispensable para el desalojo de las aguas superficiales y su función es el de mantener seca la capa de rodadura y ayudar a recolectar el agua pluvial para su desagüe hacia las cunetas. Este bombeo es máximo en caminos de tierra y mínimo en carreteras pavimentadas.

4.1 Mantenimiento de Alcantarillas.

Las alcantarillas pueden ser de sección: Circular, Elíptica, Abovedada, Rectangular o Cuadrada; dichas secciones de las alcantarillas deben mantenerse sin nin

guna obstrucción y para esto siempre se tendrán limpias, sin partes quebradas y libres de pandeos. Las alcantarillas deben de limpiarse periódicamente y más cuando se depositan en ellas piedras, ramas, u otros materiales a lo largo de ellas por causas del clima.

Dentro de las Tuberías más usadas en los drenajes Superficiales tenemos:

Diámetros	24"	30"	36"
Area de Descarga	3.14p ² 0.0292m ²	4.91p ² 0.456m ²	7.07p ² 0.658m ²

Para limpiar eficientemente las alcantarillas pueden emplearse los métodos que se deseen, dependiendo de la destreza del operador, como por ejemplo; si la sección de la alcantarilla es suficientemente grande, puede penetrar un hombre en ella y remover los sedimentos por métodos manuales; esta operación se considera como Mantenimiento Periódico y está a cargo de la zona vial a la cual pertenece. Dicha operación es una de las funciones más importantes dentro del Mantenimiento de carreteras, ya que una alcantarilla obstruida, puede provocar problemas muy serios.

La construcción de una alcantarilla individualmente es trabajo pequeño pero en gran número y colectivamente forman un gran porcentaje del "COSTO TOTAL DE LA OBRA". Cada alcantarilla debe de ser cuidadosamente planeada, para adaptarse a las condiciones del terreno; si esto no se hace convenientemente, estas estructuras pueden causar grandes gastos en el futuro, para su Mantenimiento.

En la mayoría de los casos este trabajo se lleva a cabo en forma manual y de

la cual existe muy poca información. La cantidad de trabajo se mide en función de la longitud de drenaje y la frecuencia con que se efectúe la operación de limpieza.

Estas limpiezas se recomiendan llevarlas a cabo:

- a) Cada cinco años en terrenos montañosos
- b) Cada tres años en terrenos ondulados y
- c) Cada dos años en terrenos planos.

La siguiente ecuación nos dará los días-hombre necesarios para la operación de limpieza de drenajes,

En el Sistema Inglés:

$$\text{Mano de Obra (días-hombre)} = 2/n (Nd)^{\frac{1}{2}}$$

En el Sistema Métrico:

$$\text{Mano de Obra (días-hombre)} = 0.872/n (Nd)^{\frac{1}{2}}$$

en el cual:

n = Número de años entre cada limpia.

Nd = Pié lineal de alcantarilla/Milla (sistema inglés)

Nd = Metro lineal de alcantarilla/Km. (sistema métrico)

$\frac{1}{2}$ = Exponente, que la práctica podrá modificarlo cuando se posea mayor fuente de información.

Según estudios efectuados como el de Virginia Maintenance Study, para esta actividad se requiere de:

- a) En carreteras secundarias de 4.4 días-hombre/Km.

b) En carreteras primarias de 10.6 días-hombre/Km.

4.2 Mantenimiento de Tragantes, Cabezales de Entrada y Salida.

Aparte de la limpieza y reparación de las alcantarillas se tiene que tener especial cuidado en el Mantenimiento de Tragantes, Cabezales de Entrada y Salida. Lo más importante para que presten un servicio eficiente es que no posean partes - quebradas, ya que cuando esto se presente, habrá que substituirlos inmediatamente para evitar mayores daños a las alcantarillas.

Los Tragantes deben de permanecer limpios de todas sustancias al igual que las alcantarillas ya que las corrientes arrastran piedras, palos, ramas, etc, etc,.

En cuanto a la mano de obra necesaria para esta actividad, bien se puede tomar un 20% del que se necesita para la limpieza de la alcantarilla propiamente dicha.

5.- MANTENIMIENTO DE DRENAJES PROFUNDOS DE LA CARRETERA

Esta clase de drenajes son los que sirven para salvar las corrientes naturales de las aguas que corren por los terrenos que cruzan las carreteras, y que en ciertos casos son los factores principales de destrucción de la misma; principalmente cuando estos se encuentran muy azolvados.

Siempre debe de estudiarse la causa de los azolvamientos, los que pueden ser causados por:

- a) Cuando las alcantarillas están mal ubicadas;
- b) Cuando las alcantarillas están demasiado altas ó bajas con relación al cauce y
- c) Cuando las alcantarillas forman un ángulo con la dirección natural de la corriente de agua.

Dichos defectos pueden corregirse por medio de:

- a) Ubicándolas convenientemente de acuerdo a la conformación topográfica del lugar;
- b) Logrando que el cauce quede al mismo nivel de la alcantarilla y
- c) "Alcantarilla nó" la alcantarilla no debe de formar ningún ángulo con la corriente natural del agua.

5.1 Mantenimiento de Alcantarillas.

Todo lo relacionado a la sección de las alcantarillas está expresado en el punto anterior 4.1; siendo la única variante los diámetros de tuberías que se usan, ya que para esta clase de drenajes se tiene que las tuberías de diámetros de 36", 42", 48" y 60" son las más utilizadas.

Teniendo cada una de ellas las siguientes áreas de descarga:

Diámetros.	Area de Descarga.
36"	7.07 pies ² - 0.658 mts ²
42"	9.62 pies ² - 0.892 mts ²
48"	12.60 pies ² - 1.171 mts ²
60"	19.60 pies ² - 1.821 mts ²

El Costo de Mantenimiento de alcantarillas (C.M.A.) lo podemos encontrar por medio de la siguiente fórmula:

$$C.M.A. = (Ld \times CI + Md \times Cm) Nd$$

en la cual:

Ld = Días-hombre/longitud unitaria de tubería.

CI = Costo unitario de Mano de Obra.

Md = Consumo de Capital/longitud unitaria de tubería.

Cm = Costos unitarios de Capital, en la economía.

Nd = Longitud lineal de tubería/longitud unitaria de camino.

Además en esta clase de Drenajes es donde se utilizan las Bóvedas; siendo las más utilizadas:

Area de Descarga.		h
Pies ²	--- Mts ²	Altura del piso a la clave
53	4.92	1.96
70	6.50	2.39
102	9.48	2.91
144	13.38	3.82

Además se tienen las Bóvedas dobles de 102 y 144 pies²

Para el Mantenimiento de las Bóvedas se tiene que tener muy en cuenta:

- a) Que no tengan partes quebradas.
- b) Que no estén azolvadas.
- c) Que el piso no esté erosionado.

Dichos defectos se pueden corregir cada uno de ellos de la manera siguiente:

- a) Reponer las partes quebradas lo más pronto posible;
- b) Estudiar los motivos de los azolvamientos como se indicó anteriormente y
- c) Hacer de nuevo el piso de la Bóveda, ya que con la erosión peligra la misma.

5.2 Mantenimiento de Tragantes, Cabezales de Entrada y Salida.

Para el Mantenimiento de Tragantes, Cabezales de Entrada y Salida; lo más importante para que presten un servicio eficiente es que no posean partes quebradas, ya que cuando esto se presente habrá que sustituirlas inmediatamente para evitar mayores daños a las alcantarillas y bóvedas. Los tragantes deben de permanecer limpios de todas substancias, al igual que las alcantarillas y bóvedas, ya que los cuerpos que arrastran las corrientes obstruyen y dañan las mismas.

5.3 Mantenimiento de Puentes.

Todos los Puentes deberán ser inspeccionados por lo menos dos veces al año; por ejemplo, antes y después del invierno. Los gastos de Mantenimiento de Rutina, Mantenimiento de Emergencia y Mejoramiento por medio de Mantenimiento serán reportados y distribuidos de acuerdo con el tipo de Puente.

Los materiales requeridos en el Mantenimiento de Estructuras son mínimos.

Se han llevado a cabo estudios como el de Ohio y más recientemente el de Willard en donde hacen la siguiente distribución para la reparación de puentes; - 52.6% de mano de obra, 23.2% para equipo y el 24.1% para materiales; 53.6% de mano de obra, 14.5% para equipo y el 31.9% para materiales respectivamente.

Para fines de nuestro análisis en todo tipo de puente se supondrá que el costo de Mantenimiento se distribuirá de la siguiente manera 55.0% de mano de obra, 30.0% para materiales y el 15.0% para equipo.

En este renglón de Mantenimiento de estructuras, podemos contemplar, en ciertos casos el de las señales para el tránsito.

Entre las reparaciones más comunes que se tienen que efectuar a los puentes tenemos:

- 1.- Pintura y reparación de la superficie de rodadura.
- 2.- Encausar de la manera más conveniente las corrientes de agua.
- 3.- Reparaciones menores.

Por lo tanto como se ve el Costo de Mantenimiento de Estructuras es bastante bajo ya que en ciertos casos únicamente se tiene el Costo de Material y de la mano de obra, no así cuando se tienen casos de Emergencia, que es cuando el costo de reparación de la estructura es bastante elevado.

Se tienen varias clases de Puentes que son:

Puente de Madera

Puente de Concreto Reforzado

Puente de Acero.

5.3.1 Puente de Madera.

Si el puente es de Madera el material necesario para el Mantenimiento será la Madera (pié-tabla) y la Pintura, ya que habrá necesidad de estar cambiando la madera que por uno u otro motivo se ha destruido y las pintadas periódicas que son necesarias.

La Vida Útil de los Puentes de Madera está en función directa del clima; a continuación una tabla que nos muestra la Vida Útil de los Puentes de Madera en función del clima:

Tipo	Clima	Vida Útil	Tipo de substitución al final del período
Madera	Tropical	10 años	Reparaciones mayores y/o substitución.
	Templado	20 "	
	Arido	30 "	

5.3.2 Puente de Concreto Reforzado.

Si el Puente es de Concreto el material necesario para el Mantenimiento será el Cemento, Arena de Río y el Piedrín, ya que habrá necesidad de sellar las grietas que en el aparezcan y en alguna oportunidad reparar o renovar cualquier parte de la estructura.

A continuación una tabla que nos muestra la vida útil de los Puentes de Concreto en función del clima:

Tipo	Clima	Vida Útil	Tipo de substitución al final del período
Concreto	Tropical	40 años +	Reparaciones mayores pero no substitución.
	Templado	40 " +	
	Arido	50 " +	

5.3.3 Puente de Acero.

Si el Puente es de Acero el material necesario para el Mantenimiento se rá el Acero y la Pintura, ya que habrá alguna vez que cambiar piezas deterioradas por el uso o por el intemperismo y las pintadas periódicas que son necesarias.

A continuación una tabla que nos muestra la vida útil de los Puentes de Acero en función del clima.

Tipo	Clima	Vida Util	Tipo de substitución al final del período
Acero	Tropical	30 años +	Reparaciones mayores pero no substitución.
	Templado	40 " +	
	Arido	50 " +	

6.- MANTENIMIENTO DE DRENAJES SUBTERRANEOS O SUB-DRENAJES

Este tipo de drenaje sirve para lograr la intercepción de corrientes subterráneas o bien para rebajar la altura de la napa freática.

Para su Mantenimiento debemos de tener muy en cuenta que; cuando en las bocas de salida de las tuberías de los sub-drenajes se ve que el agua sale con partículas en suspensión (limo, arena, etc.) es entonces cuando se puede decir que el Sub drenaje está fallando, o sea, que necesita ser reparado inmediatamente para evitar daños mayores posteriores y para su reparación se necesitan ver los planos de construcción del sub-drenaje, ya que ha sido colocado en lugares no indicados exactamente en los planos de proyecto; teniendo los planos de construcción se puede determinar donde puede existir la falla para corregirla.

Dentro de los diversos tipos de sub-drenaje los más utilizados son:

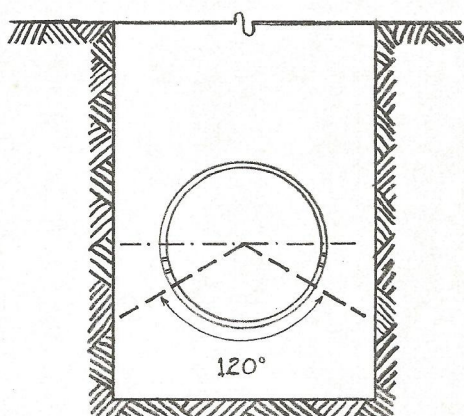
6.1 Tubería Perforada de Concreto Simple.

Cuando en la construcción del sub-drenaje se utilizó tubería perforada de concreto simple y para su Mantenimiento se desea sustituirla esta tubería deberá ajustarse a los requisitos de la Standard Specifications for Concrete Sewer Pipe A. A.S.H.O. Designation M 86-53.

6.2 Tubería Perforada de Metal Corrugado Galvanizado.

Cuando en la construcción del sub-drenaje se utilizó tubería perforada de metal corrugado galvanizado y se desea sustituirla, esta deberá ajustarse a los requisitos de cualquiera de los cuatro tipos de tuberías descritos en la Standard Specifications for Corrugated Metal Pipe Underdrain A.A.S.H.O. Designation M 136-47.

Las perforaciones para cualquier tipo de tubería no deberán ser menores de $1/4$ ni mayores de $3/8$ de pulgada de diámetro. Las perforaciones en las tuberías no deberán estar en el tercio inferior ni en la mitad superior del tubo.



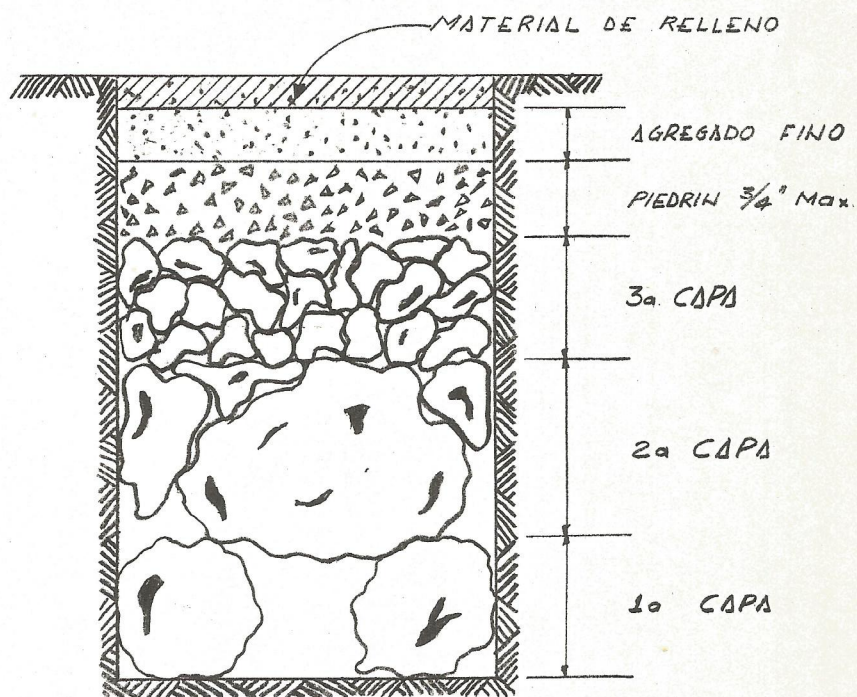
6.3 Drenaje Francés.

Es el método más antiguo de sub-drenaje y consiste en poner en cierta forma piedras en una zanja; modo de colocar las piedras:

- 1.- Piedras del fondo o primera capa tendrán un ancho no menor al 33% del ancho de la zanja.
- 2.- Piedra central o segunda capa tendrán un ancho no menor al 50% del ancho de la zanja.

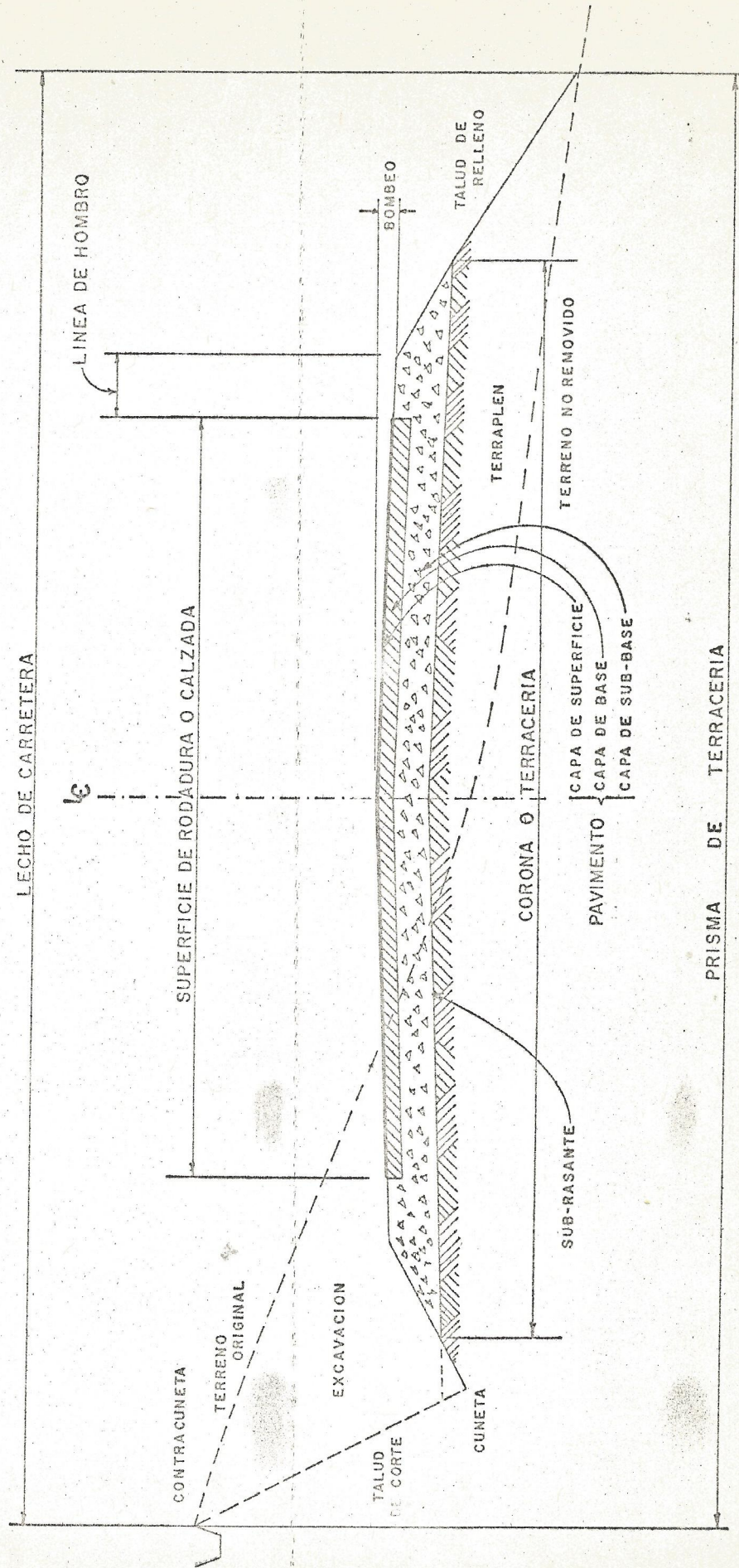
- 3.- El resto de piedras de la segunda capa tendrán un ancho máximo del 30 % y un mínimo del 20% del ancho de la zanja.
- 4.- La tercera capa de piedras tendrán su ancho entre el 10% y 30% del ancho de la zanja.

Un drenaje de esta forma, bien elaborado, puede prestar muy buen servicio.



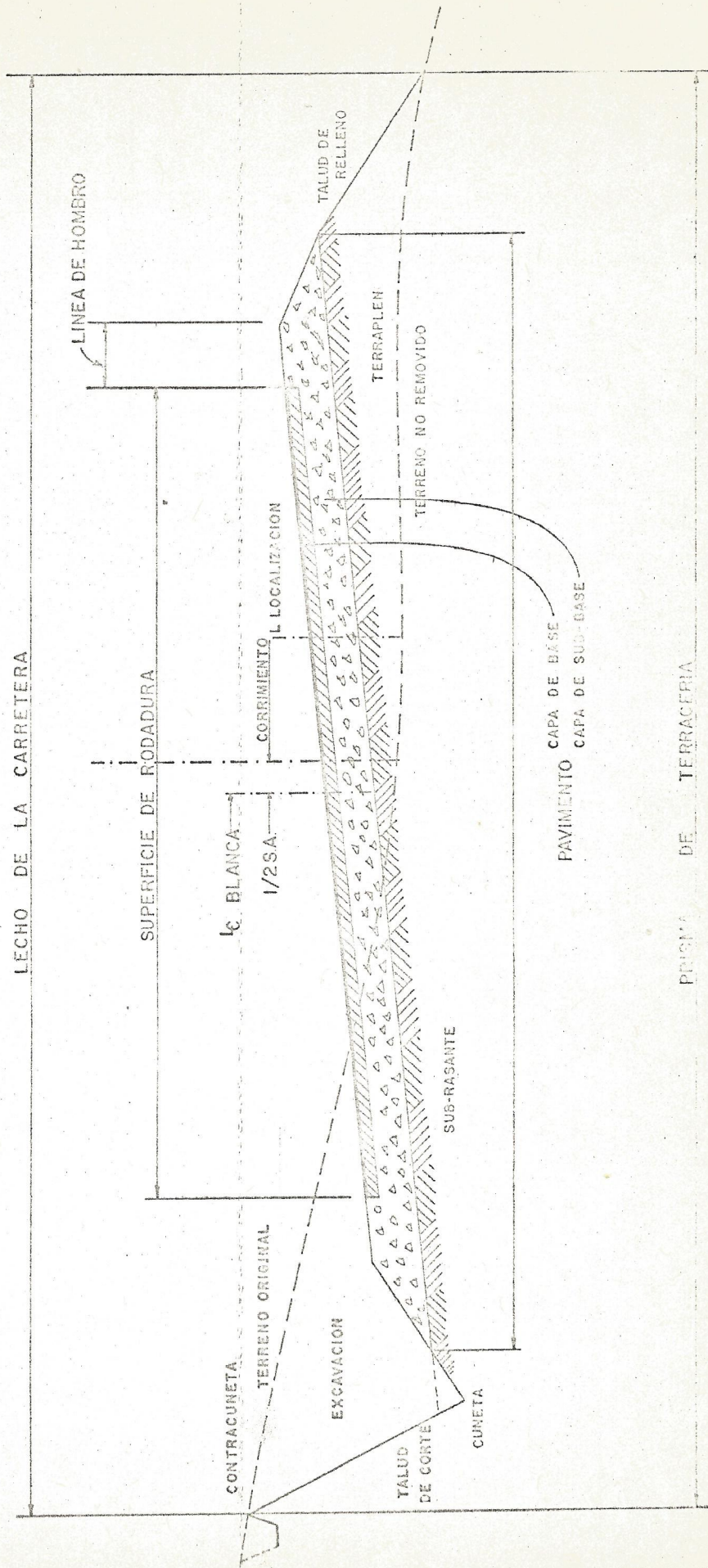
7.- MANTENIMIENTO DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA CARRETERA

Los dibujos siguientes nos muestran cada uno de los elementos de una carretera.



SECCION TIPICA DEL CAMINO EN RECTA

LECHO DE LA CARRETERA



SECCION TIPICA DEL CAMINO EN CURVA

PRIMA DE TERRACERIA

PAVIMENTO
CAPA DE BASE
CAPA DE SUB-BASE

TERRAPLEN
TERRENO NO REMOVIDO

CONTRACUNETETA
TERRENO ORIGINAL

EXCAVACION

TALUD DE CORTE

CUNETETA

SUB-RASANTE

CARRILLO
L LOCALIZACION

C. BLANCA
1/2 S.A.

SUPERFICIE DE RODADURA

LINEA DE HOMBRO

TALUD DE RELLENO

7.1 Superestructura.

Se entiende por superestructura de la Carretera al Pavimento y puede definirse como la capa protectora de la Corona de la Terracería, que sirve para darle mayor durabilidad a la misma, comodidad al usuario y belleza a la carretera.

No efectuar gastos de Mantenimiento implica reducción de la vida útil de una carretera.

Una distribución de los Costos de Mantenimiento puede presentarse de la manera siguiente:

1) Carreteras No-Pavimentadas

a) Calzada y Hombros	70%
b) Drenajes	12%
c) Areas Adyacentes a la Calzada	8%
d) Señalización y	3%
e) Estructuras	7%

2) Carreteras Pavimentadas

a) Calzada y Hombros	52%
b) Drenajes	12%
c) Areas Adyacentes a la Calzada	17%
d) Señalización y	12%
e) Estructuras	7%

Como se puede notar el mantenimiento de la Calzada y Hombros absorbe el mayor porcentaje, dependiendo únicamente de la clase de materiales.

7.2 Carreteras de Tierra o No Pavimentadas.

El Mantenimiento de carreteras de tierra o no pavimentadas se refiere, a preservar las propiedades geométricas y estructurales, colocando el material perdido por el uso; es importante que un cambio debidamente construido se mantenga en condiciones de servicio.

En ciertos casos se ha gastado bastante dinero en la construcción de los mismos y luego se abandonan hasta llegar a su destrozo casi completo. Para mantener en buen estado de funcionamiento un camino no pavimentado se ha adoptado por el mantenimiento de Calzada, Hombros, la Nivelación, Conformación y Bacheo, necesitando en ciertos casos reponer el material que se ha perdido.

7.2.1 Mantenimiento de Calzada

Para el Mantenimiento de la Calzada en caminos de Tierra, la reposición del material se puede hacer de sitios adyacentes lo cual reduce el costo de excavación y transporte; a menos que la clase de material cercano no sea apropiado.

El Mantenimiento de la Calzada la podemos dividir en dos clases de operaciones:

a) Mantenimiento Rutinario.

Nivelación, Relleno de hoyos y en ciertos casos escarificación.

b) Reacondicionamiento de Superficie.

Agregar material necesario para conformación.

En esta sección se desarrolla una fórmula modelo basado en la función de producción para la estimación del costo de Mantenimiento de la Calzada. Considerando que el costo de mantenimiento de la Calzada y Hombros es de mayor porcentaje según la distribución que se hizo, este se presenta en mayor detalle.

Las variables más importantes que podemos considerar en este modelo son: tiempo, clima y volumen de tránsito. El tipo sub-rasante no se especifica como variable sobresaliente, debido a que el modelo considera un suelo compacto y biendrenado, lo cual se considera que disminuye el efecto de dicha variable. Sería deseable incluirla como variable, pero hasta el momento sería solo aumentar las variables, ya que no se tienen datos disponibles para hacerlo.

En los procedimientos de cálculo de los Costos de Mantenimiento, el volumen del tránsito es considerado independiente, pero algunos autores encuentran que tienen una relación lineal con el costo de mantenimiento.

La fórmula modelo base del Costo de Mantenimiento de la Calzada de la Carretera (C.M.CH.C) la podemos expresar:

$$C.M.CH.C. = (L_p \times C_l + M_p \times C_m + C_p) T_a + (L_a \times C_l + M_a \times C_m) A$$

en la cual:

L_p = Mano de obra, días-hombre/tonelada de material empleado.

M_p = Uso de Maquinaria, unidades de capital/tonelada de mat.

C_l = Costo unitario de mano de obra.

C_m = Costo unitario de capital.

C_p = Costo unitario de materiales.

T_a = Toneladas de material (tierra, etc.)

L_a = Mano de obra, días-hombre/área unitaria.

M_a = Uso de Maquinaria, unidades de capital/área unitaria.

A = Area total de la calzada y hombros a reparar.

Es necesario establecer programas apropiados de Mantenimiento tomando en cuenta la vida útil de los materiales de cada uno de los elementos de la carretera.

7.2.2 Mantenimiento de Hombros.

El Mantenimiento de los Hombros se considera como parte de la Calzada y se tendrán que reparar con prontitud, a manera de que puedan ser utilizados por los pilotos para maniobras y estacionamiento de emergencia, sin que esto reduzca la velocidad e interfiera la fluidez del tránsito de la carretera.

Se tienen que mantener en perfecta forma las características de drenaje, sin permitir los escurrimientos que puedan concentrarse, ocasionando la erosión de Cunetas y Taludes; para el mantenimiento de los Hombros es indispensable conservar la pendiente transversal de la Calzada, ya que en este caso son parte de la misma.

7.2.3 Nivelado y Conformación.

El problema del mantenimiento de la Calzada y Hombros a menudo se origi-

na, por una debilidad de la sub-rasante o por un drenaje inadecuado. No obstante, gran parte de dicho problema, es debido a que la Calzada y Hombros en este caso no se encuentra protegida, la cual deberá corregirse por medio de un mantenimiento adecuado y frecuente.

Las corrugaciones en la Calzada y Hombros de la carretera se originan posiblemente por la vibración rítmica de los vehículos que pasan sobre ella, la circulación del aire del ambiente y por el agua de lluvia. Esto puede evitarse únicamente por medio de la construcción de una Calzada y Hombros suficientemente fuertes para resistir estos fenómenos. Debido al hecho de que en las carreteras de categorías inferiores generalmente es imposible obtener superficies que tengan suficiente estabilidad para resistir la corrugación; la única protección contra este problema es el mantenimiento continuo y adecuado. Cuando aparecen las corrugaciones en una ca
rretera, ésta se pondrá muy profunda en un corto tiempo salvo que se traten de corre
gir estos defectos lo más pronto posible.

Para mantener lisa la Calzada y Hombros de la carretera deberá ser nivelada periódicamente con algún tipo de niveladora o conservadora de una carretera. La cuchilla deberá colocarse a fin de que trabajen a profundidad suficiente, para cortar las crestas de las corrugaciones. El material suelto deberá ser mezclado de tal forma, para que no se pierdan los finos y se esparcirá sobre la carretera. El paso del tránsito puede ser usado para recompactar el material suelto.

El alisamiento con cuchilla debe efectuarse cuando la Calzada y Hombros

estén húmedos; en esas condiciones quedará lo más conveniente posible para una nueva compactación. El tiempo más adecuado para nivelar con la cuchilla es después de que haya llovido; si no se cuenta con equipo para riego de agua.

Las carreteras no pavimentadas se consideran en general, como el tipo de carretera de más bajo costo.

Actualmente en los Estados Unidos se elimina el rastrillado por el afinado mediante una Motoniveladora.

Oglesby y Althenhofen se vieron obligados a hacer varias suposiciones para llevar a cabo su estudio ya que contaban con una base estrecha de datos. La única fuente que da la frecuencia específica al respecto es el estudio de Mantenimiento de Virginia.

Tomando en cuenta los principios básicos, se deduce que el rastrillado está en función del clima, el tránsito y la resistencia estructural del camino. Este aspecto será más frecuente en un suelo poco firme y con pocos agregados. Las lluvias aumentarían esta frecuencia, especialmente en suelos poco drenados. Las llantas con alta presión y altas velocidades tienen efectos adversos en las carreteras no pavimentadas.

En este trabajo se consideran las siguientes operaciones en las siguientes tecnologías.

a).- Tecnología Manual

Rastrillado.

b).- Tecnología Mecánica Básica Rastrillado y Nivelado.

c).- Tecnología Mecánica Avanzada Nivelado.

a).- Tecnología Manual (Rastrillado):

Tenemos que para encontrar los rendimientos días-hombre/Km. y las unidades de capital por Km. nos tenemos que auxiliar de las siguientes fórmulas y gráficas.

Trabajo Anual:

$$\text{Días-hombre/Km.} = 1.19 \times W \times F_d$$

Uso de Capital Anual:

$$\text{Unidades de Capital/Km.} = 0.248 \times W \times F_d$$

en la cual:

W = Amplitud del Camino en metros.

F_d = Frecuencia de Operaciones de Afinamiento por año.

Tomado de la Gráfica No. 1 que está en función del TPD

Las siguientes gráficas (1 y 2) nos muestran la frecuencia de operaciones de Afinamiento (Rastrillado y Nivelado) por año, de caminos de Tierra y Recubiertos en función del TPD con un ancho de 24 pies.

FRECUENCIA DE LAS OPERACIONES DE AFINAMIENTO
(Rastrillado y Nivelado) POR AÑO

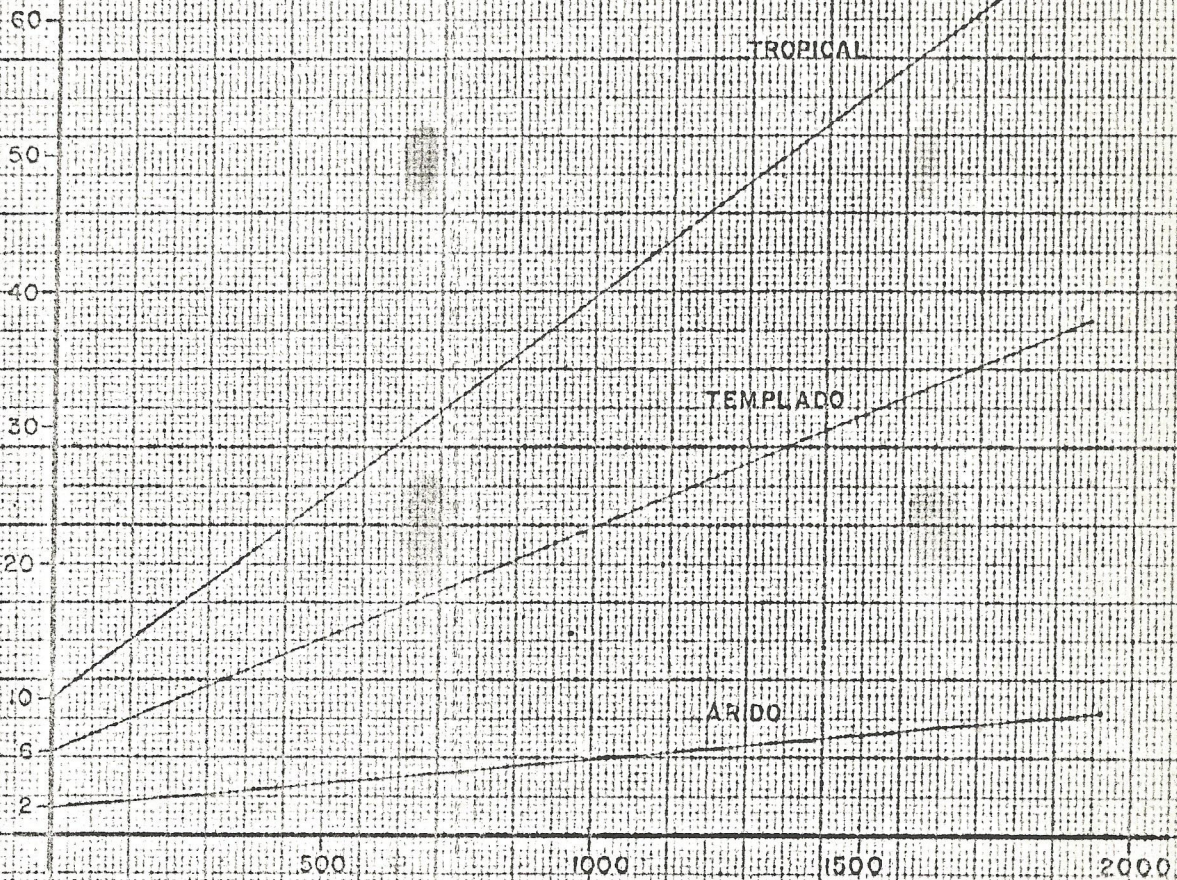


Gráfico No. 1

TANITO PROMEDIO DIARIO (Dos Vías)
(solo para Rastrillado y Nivelado)

FRECUENCIA DE OPERACIONES DE
AFINAMIENTO POR
AÑO

5

0

0

TROPICAL

TEMPERADO

ARIDO

2000

500

1000

500

Gráfico No. 2

TRANSITO PROMEDIO DIARIO (Dos Vias)
(Solo para matemáticas)

b).- Tecnología Mecánica Básica (Rastrillado y Nivelado):

Para encontrar los rendimientos días-hombre/Km. y las unidades de capital por Km. nos auxiliamos de las siguientes fórmulas:

Trabajo Anual:

$$\text{Días-hombre/Km.} = 0.234 \times W^f \times F_d \text{ (Rastrillado)}$$

$$\text{Días-hombre/Km.} = 0.311 \times W^f \times F_g \text{ (Nivelado)}$$

Uso de Capital Anual:

$$\text{Unidades de Capital/Km.} = 4.68 \times W^f \times F_d \text{ (Rastrillado)}$$

$$\text{Nivelador } 63 \text{ Unidades de Capital/Día.}$$

en la cual:

W^f = Factor de Amplitud (Ancho del camino por un factor)

F_d = Frecuencia de Rastrillado, que la podemos encontrar por medio de las siguientes fórmulas que dependen del clima en donde se deba efectuar el trabajo y están en función del TPD.

F_g = Frecuencia de Nivelado, que la encontramos por medio de las fórmulas siguientes.

El factor de Amplitud viene dado según la siguiente tabla:

Ancho del Camino	Factor	W^f
3.00 mts.	0.038	0.114
4.00 "	0.250	1.00
6.00 "	1.0	6.00
6.50 "		6.50

Para encontrar la frecuencia del Rastrillado tenemos:

$$F_d = 2 + \frac{TPD}{250} \text{ (Arido)}$$

$$F_d = 6 + \frac{TPD}{55.5} \text{ (Templado)}$$

$$F_d = 10 + \frac{TPD}{33.3} \text{ (Tropical)}$$

Para la frecuencia de Nivelado se tiene:

$$F_g = 1 + \frac{F_d - 10}{10} \text{ Cuando } F_d \text{ es mayor de } 10$$

$$F_g = 1 \text{ Cuando } F_d \text{ es menor o igual que } 10$$

F_d , para este caso es sacado de la gráfica No. 1

c).- Tecnología Mecánica Avanzada (Nivelado):

Para encontrar los rendimientos días-hombre/Km. y las unidades de Capital por Km. nos auxiliamos de la siguiente fórmula:

Trabajo Anual:

$$\text{Días-hombre/Km.} = 0.311 \times W'f \times F'g$$

Uso de Capital Anual:

$$\text{Unidades de Capital/Km.} = 6.30 \times W'f \times F'g$$

en la cual:

$W'f$ = Según tabla anterior de tecnología Mecánica Básica.

$F'g$ = Frecuencia de Nivelado que viene dado por las siguientes fórmulas:

$F'g = 1$ Cuando TPD es menor o igual a 500
Arido

$F'g = 1 + \frac{TPD}{250}$ Cuando TPD es mayor de 500

Templado $F'g = 2 + \frac{TPD}{250}$

Tropical $F'g = 3 + \frac{TPD}{167}$

7.2.4 Bacheo.

Para el bacheo se puede hacer en una forma satisfactoria, agregando arcilla en caminos arenosos y otras veces habrá que agregar grava o arena limpia a los caminos de arcilla o de barro pesado, si no hay arena se puede recurrir al empleo del material que abunda en la localidad, tomando en cuenta únicamente de que el material a usar se encuentre perfectamente seco.

Esta es una actividad manual que varía la economía solo el acarreo del material al sitio. La cantidad de material a usarse depende del tránsito; se tiene una relación lineal la cual se basa en el Tránsito Promedio Diario (TPD) de vehículos.

De la siguiente gráfica se puede encontrar la cantidad en toneladas por Km. de material necesario para el bacheo.

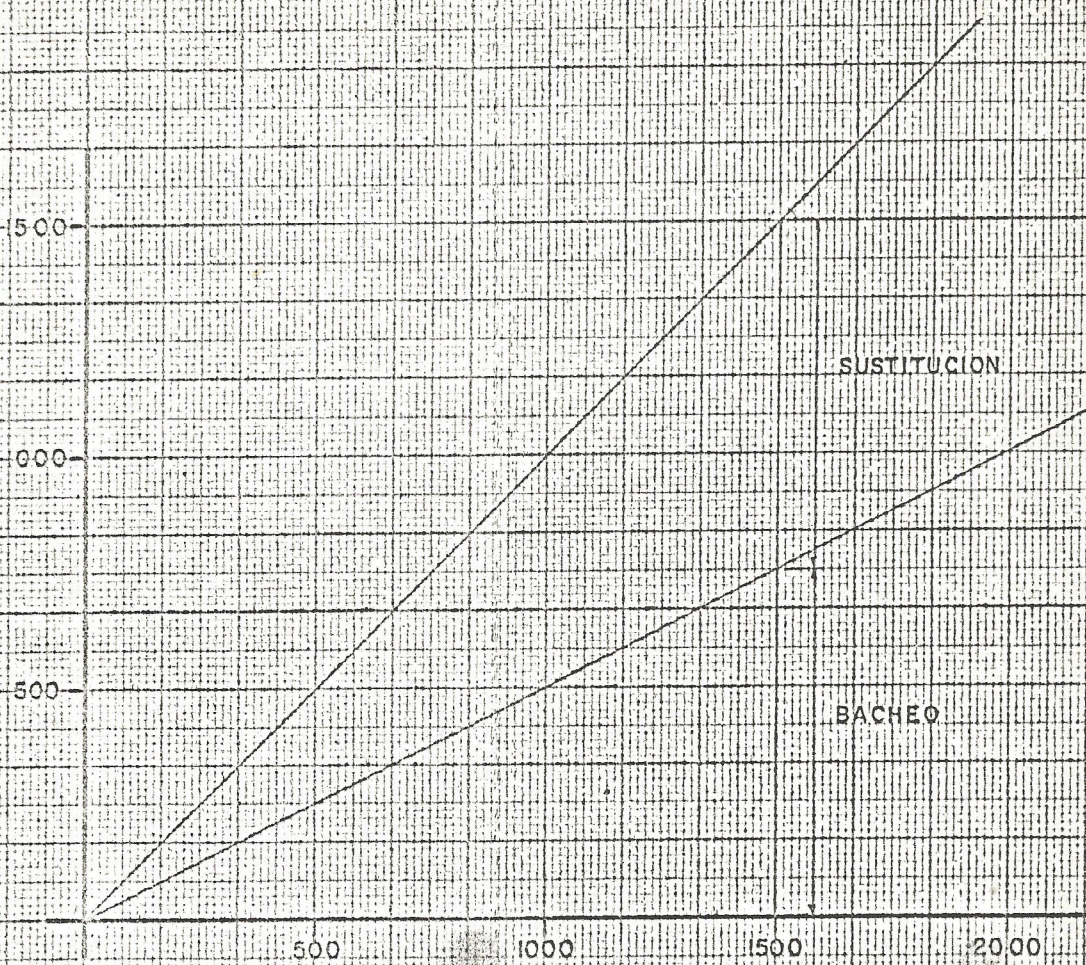


Grafico No.3

TRANSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)

CANTIDAD ANUAL DE TIERRA O PIEDRA REQUERIDA PARA SUSTITUCION Y BACHEO DE 1K.M. (1MILLA) DE CAMINO EN FUNCION DEL TPD. (CAMINOS DE 28' DE ANCHO)

La relación de esta gráfica señala que se necesita de más o menos una pulgada anual de grava para 1000 vehículos/día. En el estudio de Virginia (Virginia - Maintenance Study 63-65) se indica que se necesita de 0.5 hrs-hombre para colocar una tonelada de material en el Bache y de 2 hrs de trabajo por 1 hra de equipo, estos valores se usarán para tecnologías mecanizadas.

En la tecnología manual se necesita de 1.31 hrs-hombre/ton. y 0.0438 unidades de capital/Ton.

Para encontrar la relación de Mano de Obra (días-hombre/Km.) y de capital en función del T.P.D. y del ancho de la carretera se tiene:

Tecnología Manual:

$$\text{Mano de Obra: días-hombre/Km.} = 0.0510 \times \text{TPD} \times \text{Wf.}$$

$$\text{Capital: unid.-capital/Km.} = 0.0136 \times \text{TPD} \times \text{Wf.}$$

Tecnología Mecanizada (Básica y Avanzada):

$$\text{Mano de Obra: días-hombre/Km.} = 0.0194 \times \text{TPD} \times \text{Wf.}$$

$$\text{Capital: unid.-capital/Km.} = 0.776 \times \text{TPD} \times \text{Wf.}$$

en la cual:

TPD = Tránsito Promedio Diario.

Wf = Factor de Amplitud (ancho del camino por un factor).

El factor de amplitud viene dado según la siguiente tabla:

Ancho del Camino	Factor	Wf.
3.00 mts.	0.03	0.09
4.00 "	0.215	0.860
6.00 "	0.856	5.136
6.50 "		5.564

7.3 Carreteras Recubiertas o Balastadas.

Son las carreteras de tierra que se les ha colocado una capa de material mineral o grava sobre la sub-rasante; para darle mayor estabilidad y así soportar cargas de tránsito más pesadas, ya que las cargas de las ruedas quedan repartidas en una área mayor con relación a la sub-rasante.

7.3.1 Mantenimiento de Calzada.

Para el Mantenimiento de la calzada en caminos Balastados, esto se reduce principalmente a la reposición constante del material y vemos que es similar al punto anterior (7.2.1).

La fórmula modelo base del Costo de Mantenimiento de Superficie de carreteras (C.M.C.C.) la podemos expresar:

$$C.M.C.C. = (L_p \times C_I + M_p \times C_m + C_p) T_a + (L_a \times C_I + M_a \times C_m) A$$

en la cual:

L_p = Mano de obra. Días-hombre/tonelada de material empleado.

M_p = Uso de Maquinaria. Unidades de capital/tonelada de mat.

C_I = Costo unitario de mano de obra.

C_m = Costo unitario de capital.

C_p = Costo unitario de materiales.

T_a = Toneladas de material. (Piedrín, grava)

L_a = Mano de Obra. Días-hombre/área unitaria.

M_a = Uso de Maquinaria. Unidades de capital/área unitaria.

A = Area total de la superficie a reparar.

7.3.2 Mantenimiento de Hombros.

El mantenimiento de los Hombros se considera como parte del mantenimiento de la Calzada, similar al punto anterior (7.2.2); la función principal es la de mantener los hombros con la pendiente adecuada y uniforme, no debiendo poseer a la vez ningún bache que impida el buen escurrimiento del agua superficial.

7.3.3 Nivelado y Conformación.

Para el Nivelado y Conformado de la superficie este se llevará a cabo por medio de una motoniveladora que después de nivelar; muchas veces para ello será necesario escarificar, así como también reponer el material que se ha perdido, luego se moja y se compacta con equipo adecuado tomando en cuenta que la sección típica debe de guardar siempre sus características geométricas.

Si no se compacta adecuadamente el material, el tránsito de vehículos levantará el material en forma inmediata, ocasionando con ello gastos innecesarios - que aumentan el costo de mantenimiento.

Para las carreteras recubiertas los rendimientos días-hombre/Km. son exactamente iguales a los encontrados en el punto anterior (7.2.3), ya que la única dife-

rencia que existe entre ellas es que a este tipo de caminos se les ha colocado una capa de material selecto; siendo el costo del material lo que aumenta con relación a las carreteras no pavimentadas.

7.3.4 Bacheo.

Los baches se forman debido al tránsito de vehículos, a la mala compactación del material cuando se conformó la Calzada y Hombros, o también pueden ser debidos a la ausencia o mala construcción de drenajes, que para ello tendrán que corregirlos, o ponerles las indispensables obras de drenaje; tomando en cuenta que para que el bache quede bien y la carretera preste las mínimas garantías de seguridad, el material que se use, sea de la misma clase que posea la superficie con anterioridad y principalmente que quede bien compactado.

7.4 Carreteras Pavimentadas.

Las Carreteras Pavimentadas se tienen que mantener en perfecto estado de funcionamiento y eso se logra conservando las condiciones de impermeabilidad del pavimento; ya sea sellando las grietas, llenando los baches o haciendo la superficie de nuevo, esto debido en ciertos casos a que no se ha prestado el Mantenimiento adecuado, por lo tanto la superficie se ha llenado de baches, que después resulta mejor rehacer de nuevo el pavimento.

Es interesante ver como se va gastando la capa de rodadura debido única y exclusivamente al efecto del tránsito que soporta. Algunas veces se deterioran zonas de superficies pavimentadas y ello es debido a causas locales; conviene entonces

ces investigar las causas de dicho deterioro, para que los Costos de Mantenimiento no sean tan elevados debidos a la frecuencia con que se tienen que llevar a cabo.

Para reducir los Costos de Mantenimiento es conveniente, que en cuanto se nota el principio de la destrucción del pavimento debe iniciarse la reparación del tramo dañado.

En relación a su comportamiento estructural clasificamos los pavimentos así:

Pavimentos Rígidos

Pavimentos Flexibles

7.4.1 Pavimentos Rígidos

Pavimento de Concreto de Cemento Portland.

Este tipo de pavimento de alta calidad, solo recomendable para tramos de carreteras donde ya existan intensidades considerables de tránsito (4 á 5 mil vehículos por día). Es por ello que el pavimento rígido en nuestro medio solo es utilizado para las calles Urbanas de la capital, ya que las carreteras de la República todas son hechas de Pavimento Flexible. Para las carreteras construídas con pavimento rígido, se necesita como todos los demás tipos de pavimento; ser construido sobre una subrasante preparada de conformidad con los requisitos que se han establecido, según especificaciones, para asegurarse un buen comportamiento y garantizar así el mayor rendimiento posible.

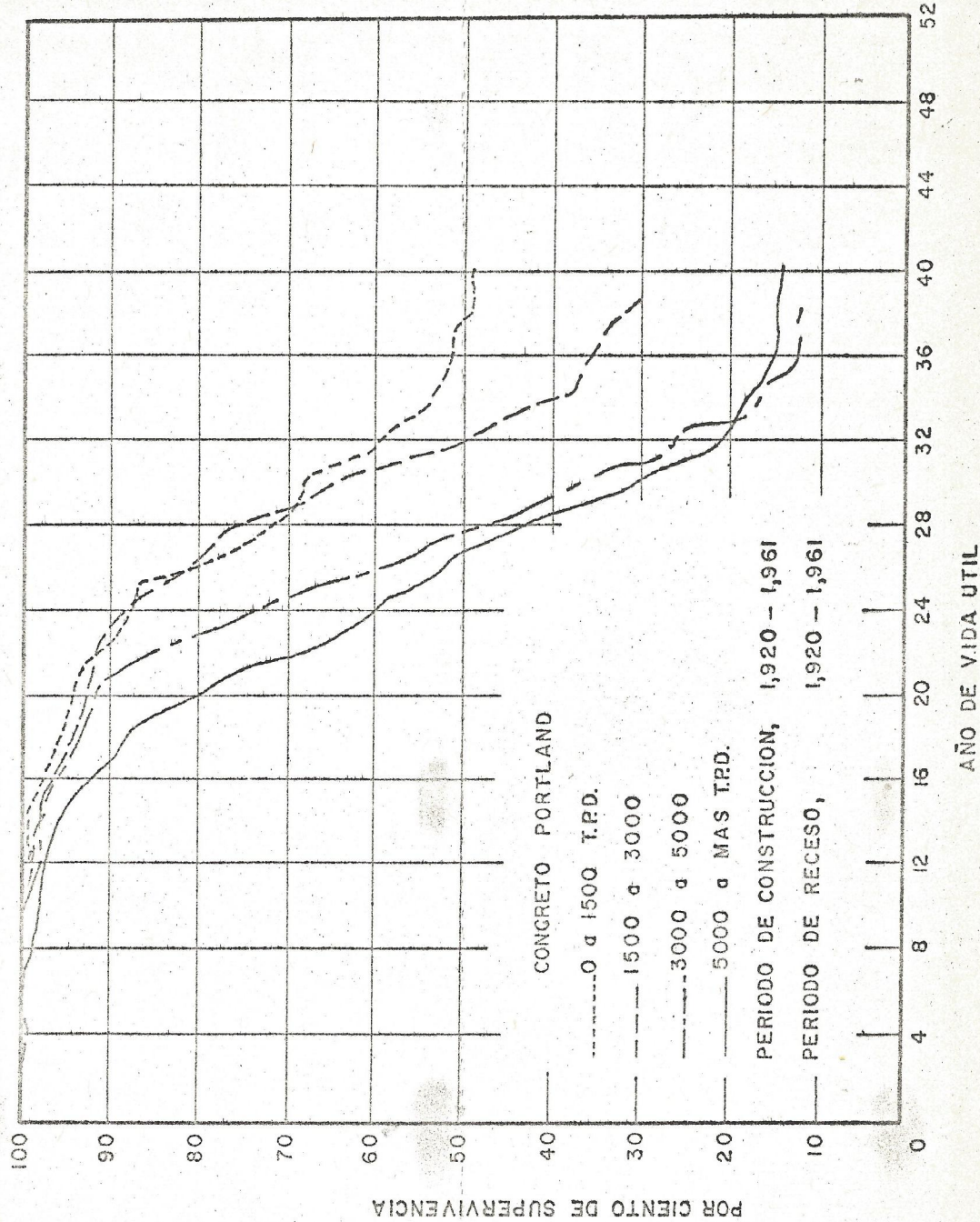
Los gastos de Mantenimiento en este tipo de pavimento son casi nulos cuando no hay rotura de placas, pero cuando se rompen, los gastos resultan elevadísimos

porque hay que rehacer totalmente las placas rotas y subsanar la causa o causas a que se debieron las roturas, mejorando la base o el drenaje o impidiendo de una manera efectiva la formación de lodo por debajo de las placas.

El empleo de pavimentos de concreto en las calles tienen el inconveniente de que son difíciles y caros de recortar, especialmente cuando se necesita colocar una tubería subterránea.

El pavimento deberá ser construido de concreto clase "A" que reúna los requisitos exigidos en especificaciones para esta clase de pavimento. No entraré a más detalles de este pavimento, pues en Guatemala actualmente no se tiene mayor experiencia en el uso de éstos para carreteras.

La siguiente gráfica nos muestra la supervivencia para pavimentos de concreto.



CURVAS DE SUPERVIVENCIA PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO, CON CUATRO VOLUMENES DE
 TRANSITO. (WINFREY ECONOMIC ANALYSIS FOR HIGHWAYS, INTERNATIONAL TEXT-BOOK Co, 1969)

7.4.2 Pavimentos Flexibles.

Las carreteras pavimentadas de la Red vial de la República están construidas de pavimentos flexibles, y su mantenimiento principal se concreta al bacheo de la Calzada y Hombros, así como también a mantener las condiciones de impermeabilidad de los mismos.

7.4.2.1 Mantenimiento de la Calzada.

Para el mantenimiento de la calzada de las carreteras construidas con Pavimentos Flexibles se puede emplear la fórmula modelo, que se emplea para calcular el Costo de Mantenimiento de Calzada de Carreteras (C.M.C.C.), de Carreteras Recubiertas o Balastradas; que la podemos expresar de la manera siguiente:

$$\text{C.M.C.C.} = (\text{Lp} \times \text{Cl} + \text{Mp} \times \text{Cm} + \text{Cp})\text{Ta} + (\text{La} \times \text{Cl} + \text{Ma} \times \text{Cm})\text{A}$$

en la cual:

Lp = Mano de obra. Días-hombre/tonelada de material empleado.

Mp = Uso de Maquinaria. Unidades de capital/tonelada de mat.

Cl = Costo unitario de mano de obra.

Cm = Costo unitario de capital.

Cp = Costo unitario de materiales.

Ta = Toneladas de material. (Mezcla pedrín, asfalto).

La = Mano de obra. Días-hombre/área unitaria.

Ma = Uso de Maquinaria. Unidades de capital/área unitaria.

A = Area total de la superficie a reparar.

Es necesario establecer programas apropiados de Mantenimiento tomando en cuenta la vida útil de los materiales de cada uno de los elementos de la carretera.

Dentro de los pavimentos flexibles se tiene:

- a).- Tratamiento de sello.
- b).- Tratamiento Superficial.
- c).- Macadam de Penetración.
- d).- Mezcla de Caliente o Frío.

a).- Tratamiento de Sello.

Es una aplicación de asfalto o alquitrán pudiendo no llevar una capa de agregado mineral, tiene por objeto evitar la disgregación de los agregados que la componen sellándola, así como también evita la filtración del agua impermeabilizándola. La superficie es revestida de asfalto o alquitrán después de nivelado. La cantidad de ligante puede variar dependiendo de la textura de la superficie, de 0.10 galones/yd² a 0.50 galones/yd².

b).- Tratamiento Superficial.

El Tratamiento Superficial es usado como un pavimento de bajo costo. Este pavimento consiste en una superficie de desgaste formada con grava o piedra triturada; los tipos de asfaltos y alquitranes generalmente usados son Cut-backs (RC, MC y SC) y alquitranes (RT), para la imprimación de la Capa de Base y para la Capa de Tratamiento Superficial se usa el Cemento Asfáltico (AC). Este tipo de pavimento se emplea en carreteras de tránsito ligero y su espesor es de 2.5 cm (2") generalmente

te.

También hay Doble y Triple Tratamiento Superficial dependiendo del tipo de Carretera que se trate.

c).- Macadam de Penetración.

Este tipo de pavimento se diferencia del anterior en que el espesor es mayor ya que varía entre 5 y 15 cm. (2 y 6 pulgadas), siendo el agregado mineral de mayor tamaño.

d).- Mezcla en Caliente y Mezcla en Frío.

Este sistema de mezcla es el más perfecto, pero al mismo tiempo es el más caro, por lo que solamente se usa en las carreteras de primer orden.

7.4.2.2 Mantenimiento de Hombros.

Para el Mantenimiento de los Hombros de las carreteras construidas con superficies de pavimentos flexibles, se tiene que tener muy en cuenta, que dichos hombros posean la pendiente adecuada, que para el caso de curvas el hombro debe tener por lo menos pendiente igual al peralte de la Calzada, y en el mismo sentido con relación a la curva para permitir el rápido escurrimiento o desalojo del agua pluvial hacia los drenajes; y así no causar ningún daño a la carretera.

Los hombros por ser utilizados como áreas de parqueo y en ciertos casos de emergencia, es necesario que sus superficies permanezcan lisas, para permitir el buen funcionamiento de la circulación de la vía.

El bacheo de los hombros se puede llevar a cabo cuando se está bacheando la Calzada; los rendimientos de trabajo días-hombre necesarios para el bacheo podemos verlos en el punto de adelante (7.4.2.3), que nos da los rendimientos para la Calzada de la carretera que son los mismos que podemos utilizar para el bacheo de los hombros.

7.4.2.3 Sello de Grietas.

Generalmente la frecuencia del Mantenimiento es mayor en las Calzadas de Macadam de Penetración que en las de Asfalto Mezcla en Caliente o Frío. Esta es una actividad que se considera de menor importancia; cuando el agrietado es menor se procede al llenado o recubrimiento con asfalto y cuando es mayor se procede a sustituir la Capa de Superficie de la Calzada ya sea de Macadam de Penetración o Mezcla en Caliente o Frío.

En este caso existe muy poca información disponible; según estudios llevados a cabo en los E.E.U.U. tales como el Connecticut Highway Maintenance Study el sello de grietas es necesario para 374 pies lineales/Milla en concreto y carreteras de dos vías; y el de Maintenance Cost Study de Ohio da que para las carreteras de Macadam de Penetración requieren de $1/6$ a $1/2$ de la cifra antes mencionada. Este estudio señala también, que los tipos bajos de carretera de Macadam de Penetración requieren de menos sellos de grietas que los de más altos tipos.

En el presente análisis vamos a suponer que en superficies de Macadam de Penetración por cada milla se necesita sellar 30 pies lineales de grieta y para los

de mezcla de asfalto en caliente será de 60 pies lineales de grieta por milla, en ambos casos se asume una amplitud de la carretera de 24 pies.

Se supondrá también que el número de grietas anuales/Milla es independiente del tránsito, esto es debido a que no se puede establecer cual es la causa predominante, si el aumento de tránsito o la ausencia de él.

Por ser el sellado de grietas una actividad manual se considera que el trabajo requerido es independiente de la tecnología. Un hombre puede sellar 600 pies de grieta por día y con un consumo de 20 galones de asfalto. En tecnología mecanizada se requiere de un conductor y de dos selladores.

Para encontrar los requerimientos de trabajo y capital para el Macadam de Penetración se tiene:

Tecnología Manual:

0.0311 días-hombre/Km.

0.0466 unidades de capital/Km.

Tecnología Mecanizada: (Básica y Avanzada)

0.0466 días-hombre/Km.

0.668 unidades de capital/Km.

Los requerimientos de trabajo y capital para el sellado de grietas en la Mezcla de Asfalto en Caliente es el doble del usado en el Macadam de Penetración de donde se tiene:

Tecnología Manual:

0.0622 días-hombre/Km.

0.0932 unidades de capital/Km.

Tecnología Mecanizada: (Básica y Avanzada)

0.932 días-hombre/Km.

1.336 unidades de capital/Km.

7.4.2.4 Bacheo.

Hay diversos tipos de mezclas asfálticas, aquellas en que las mezclas son preparadas en caliente y su aplicación se hace en frío, muy usadas en trabajos de Mantenimiento en los cuales las mezclas se almacenan en montones en los lados de las carreteras a intervalos de algunos kilómetros y los tipos en que las mezclas se preparan en frío y se aplican en frío que son utilizados tanto en construcción como en mantenimiento de carpetas asfálticas.

Las mezclas en frío son el producto asfáltico ideal para mantenimiento de cualquier clase de pavimento bituminoso y han sido utilizados también con éxito en el mantenimiento de los pavimentos de concreto de cemento portland. Para el Mantenimiento se emplean cada vez más mezclas aplicadas en frío, indistintamente preparados en frío - en caliente. Su almacenamiento es muy sencillo y no requiere niguna clase de protección contra la intemperie, incluso en los países fríos, esa es una de las razones más importantes de su empleo hoy tan generalizado.

En los trabajos de Mantenimiento deben limpiarse bien los baches, retirando

todo el material suelto, tierra y suciedad, después se le impregna con asfalto rebajado RC-2 y a continuación se aplica mezcla fría y se le comprime con rodillo si es posible, o con pisonos manuales en su defecto.

En cuanto al bacheo del Asfalto mezcla en caliente, éste se tiene que llevar a cabo en caliente, esa es la diferencia que existe, ya que en los demás tipos de pavimentos éste se hace con mezcla preparada en frío o en caliente pero su aplicación en el bache se hace en frío.

Según estudios llevados a cabo como el de Virginia Maintenance Study 1963-1965, en la tecnología mecanizada se requiere de 5 hrs-hombre para colocar una tonelada de material y en la tecnología manual se requiere de 8 hrs-hombre/Tonelada.

Los requerimientos de trabajo y de Capital son:

Para Macadam de Penetración.

Tecnología Manual:

$$\text{Días-hombre/Km.} = \left(3.9 + \frac{\text{TPD}}{258} \right) Wf''$$

$$\text{Unidades de capital/Km.} = \left(1.04 + \frac{\text{TPD}}{964} \right) Wf''$$

Mecanización Básica:

$$\text{Días-hombre/Km.} = \left(3.11 + \frac{\text{TPD}}{322} \right) Wf''$$

$$\text{Unidades de capital/Km.} = \left(4.66 + \frac{\text{TPD}}{21.4} \right) Wf''$$

Se asume el uso de un camión con diversos tipos de herramientas = 45 unidades de capital/día.

Siendo el valor de Wf'' para cada una de las secciones Típicas con las que trabaja la Dirección General de Caminos.

Sección Típica	Ancho de Calzada	Wf''
C	6.50	0.903
D	6.00	0.833
E y F	5.50	0.763
-----	5.00	0.695
-----	4.00	0.552
-----	3.00	0.416

Para Asfalto Mezcla en Caliente.

Tecnología Manual:

$$\text{Días-hombre/Km.} = \text{TPD}/600$$

$$\text{Unidades de capital/Km.} = \text{TPD}/6230$$

Tecnología Mecanizada (Básica y Avanzada)

$$\text{Días-hombre/Km.} = \text{TPD}/960$$

$$\text{Unidades de capital/Km.} = \text{TPD}/36.$$

Cuando se tiene solamente el Tratamiento de sello (Grava con Petróleo, o con algún ligante) y se desea bachear se utiliza la mitad de los requerimientos que

nos dan las fórmulas para el bacheo en carreteras no pavimentadas y utilizamos para ello el valor de $W_f = 1.57$.

Tecnología Manual:

$$\text{Días-hombre/Km.} = 0.0400 \times \text{TPD}$$

$$\text{Unidades de capital/Km.} = 0.0107 \times \text{TPD}$$

Mecanización Básica y Avanzada:

$$\text{Días-hombre/Km.} = 0.0152 \times \text{TPD}$$

$$\text{Unidades de capital/Km.} = 0.610 \times \text{TPD.}$$

8.- SELECCION Y ORGANIZACION DEL EQUIPO PARA EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS

La cantidad de unidades de cada clase de equipo con que debe operar cada una de las ocho zonas viales para el Mantenimiento y Mejoramiento de la Red Vial de la República de Guatemala es variable, y que va de acuerdo con el número de kilómetros que están bajo su responsabilidad; pero si se considera que dentro de la clase de maquinaria indispensable con que debe de contar cada una de ellas es la siguiente:

- Motoniveladoras tamaño mediano. 125 HP
- Tractores de Cuchilla. 125 HP
- Tractores de Remolque.
- Tractores Agrícolas
- Cargadores Frontales con rueda neumática. 125 HP (cucharón de 1 y³)
- Cargadores Frontales de Carriles. 125 HP. (Cucharón de 1 y³)
- Palas Mecánicas. (Con cucharón de 3/4 y³)
- Camiones de Estacas. (De tres toneladas)
- Camiones de Volteo. (De tres metros³)
- Camiones Regadoras de Agua.
- Camiones Tanques de Combustible. (Capacidad mil galones)
- Camión Equipado con Grúa.

- Plantas Trituradoras.
- Trituradoras Móviles.
- Regadoras de Piedrín.
- Mezcladoras de Asfalto móviles. (Capacidad 1/4 metro³)
- Tanques para Asfalto. (Capacidad dos mil galones)
- Regadoras de Asfalto.
- Mezcladoras de Concreto.
- Aplanadoras de Rodillo.
- Compactadoras Pata de Cabra.
- Compactadoras de Llanta de Hule.
- Tanques Fijos. (Capacidad de cuatro o cinco mil galones)
- Equipo de Remolque.
- Equipo de Engrase.
- Compresoras de Aire. (De 103 pies³/segundo)
- Soldadoras Eléctricas.
- Soldadoras Autógenas.
- Vehículos de Transporte Pesado.
- Vehículos de Transporte Liviano.
- Vehículo de Transporte del Personal.

Cada Zona debe de contar con un taller central y los talleres auxiliares que sean necesarios, debiendo de tener cada uno de ellos el número necesario de mecánicos diesel y gasolina y de gran experiencia; debiendo de estar organizados en for

ma de poder enviar equipos móviles de mecánica a cualquier frente de trabajo que requiera sus servicios.

Se tiene que contar además con suficientes unidades móviles de lubricación, que mantengan todo el equipo en condiciones óptimas de servicio; asimismo en cada taller tendrán que haber unidades de torno para la construcción o reconstrucción de las piezas del equipo que sea factible trabajarlas. También debe de contar con equipo de taller para hacer trabajos de precisión.

Para la obtención del Equipo, anualmente se asigna del Presupuesto General de Gastos de la Nación una partida tendiente a obtener equipo nuevo que vaya substituyendo al que por su estado debe de ser eliminado.

9.- FINANCIAMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS

Es necesario destacar la importancia del financiamiento del Mantenimiento de las carreteras; es conveniente poner énfasis en este aspecto de la actividad vial, que corrientemente está descuidado.

La necesidad de la conservación adecuada de las vías fluye de la finalidad misma del sistema de carreteras, cual es la de asegurar las comunicaciones y el transporte en condiciones de rapidez, seguridad y comodidad. Para cumplir tales fines, indudablemente no basta construir las vías con las especificaciones correspondientes al volumen y a las características del tránsito previsto; es indispensable, además, conservar la carretera en las mismas condiciones en que fue construida (ancho y calidad de la superficie de rodadura, sistema de drenaje, etc., etc.,).

El Mantenimiento constante, preventivo y sistemático es la única forma de preservar la inversión de cuantiosos fondos públicos; cabe observar que con una frecuencia mucho mayor que la que normalmente debería esperarse, ocurre que la falta de Mantenimiento se traduce en la pérdida casi total de ingentes inversiones.

Por otra parte, es evidente la repercusión que el deterioro de las vías, debido a la falta o insuficiencia de mantenimiento, tiene sobre los costos de transporte. Estos efectos se manifiestan no solo sobre los costos directos (mayor consumo de combustibles y lubricantes, mayor desgaste de llantas, etc.), sino también sobre los cos

tos indirectos, tales como mayor duración de viajes con el consiguiente deterioro - del coeficiente de utilización de los vehículos, disminución de la comodidad y de la seguridad, etc.

Muy frecuentemente los recursos destinados al Mantenimiento pasan por alternativas de abundancia y escasez; en tales casos se hace necesario optar entre sus pender proyectos de construcción o de mejoramiento, y lamentablemente la mayor parte de las veces es ésta última alternativa la que se adopta. El Mantenimiento de las carreteras no debe de estar sujeto a fluctuaciones tan marcadas. Es preferible aplazar los proyectos de construcción de nuevas vías si no se cuenta con los recursos necesarios para conservar las ya existentes.

La necesidad de destinar suficientes fondos para poder realizar una eficaz labor de Mantenimiento preventivo se ve apoyada por el criterio varias veces expresado por organismos Internacionales de Crédito, en el sentido de que por lo menos una parte de los recursos financieros facilitados con fines de desarrollo vial (se ha mencionado el 25%) deberá usarse para un Mantenimiento adecuado.

El Financiamiento para el Mantenimiento de carreteras es un aspecto de - gran importancia y frecuentemente debatido, el cual se refiere a la alternativa entre contratar con Empresas Privadas los trabajos de Mantenimiento o ejecutarlos por Administración.

Aunque aquí en nuestro medio únicamente han sido llevadas a cabo las operaciones de Mantenimiento por Administración, la experiencia parece indicar que

es más ventajosa, aunque las obras de Mantenimiento ejecutadas por contrato pueden ser convenientes solo en determinadas condiciones.

Una de las principales razones para preferir el Mantenimiento por Administración, es de orden práctico y reside en la dificultad de establecer una base precisa de mediciones para los diversos renglones de trabajo; para que el contrato sea equitativo para ambas partes es indispensable disponer de medidas exactas como metros cúbicos, metros lineales, etc.

El trabajo corrientemente de Mantenimiento de carreteras muy pocas veces puede hacerse de manera que sea susceptible de medidas precisas, por lo general abarca, una cantidad de pequeñas labores diseminadas en grandes extensiones y que no responden a medidas exactas ni a determinadas unidades de costo. Reparaciones necesarias tales como el Bacheo de la superficie de rodamiento requieren cantidades no uniformes de materiales en diferentes lugares, y cada bache puede presentar una condición diferente que requiere tratamiento individual.

Existen sin embargo, ciertos trabajos de Mantenimiento que son susceptibles de medirse con exactitud y que por consiguiente pueden contratarse; por ejemplo, - los tratamientos de superficie bituminosa y la nivelación y conformación de la superficie en los caminos de grava, también el suministro de materiales puede contratarse, algunas labores como la reposición de capas de sello, la sustitución de partes de las bases en los caminos y el mantenimiento de los puentes pueden darse por contrato si el volumen es suficiente para justificar el movimiento de maquinaria al lugar

de la obra.

Conviene subrayar que las funciones del Departamento de Mantenimiento deben ser no solo de conservar, sino además Mejorar las características de las carreteras donde sea conveniente hacerlo.

Este es otro argumento en favor del Mantenimiento por Administración, pues difícilmente podrá esperarse tal actitud de un contratista privado, cuyo objetivo fundamental será cumplir las condiciones del contrato con el menor trabajo posible. Conste que esto no implica una crítica al contratista privado, pues su actitud es lógica. En cambio el Departamento de Mantenimiento de carreteras de la D.G.C. su función es la de mantener las características de las carreteras en las mejores condiciones posibles, pudiendo efectuar mejoras a las mismas cuando así las requieran.

Un grupo eficiente de Mantenimiento puede así efectuar mejoras cuya posibilidad no se advirtió durante la etapa de construcción y en algunos casos ~~co~~ rregir ciertos defectos.

Los programas de Mantenimiento y mejoramiento son financiados casi en su totalidad con fondos provenientes de los recursos ordinarios del Presupuesto de Gastos de la Nación de acuerdo con los programas preparados por cada Jefe de Zona y el Jefe del Departamento, aceptados por el Director General de Caminos y aprobados por el Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas.

El Departamento Técnico del Presupuesto introdujo la modalidad de hacerlo

en forma programática; la cual se considera como un gran avance, ya que impide - que los fondos asignados al Mantenimiento y mejoramiento de carreteras se distraigan en otros trabajos como ocurría antes; con la cual se agotaban las partidas antes de la finalización del ejercicio fiscal.

La cantidad presupuestaria asignada al Departamento de Mantenimiento debería de incrementarse anualmente en proporción al número de kilómetros de carreteras que hayan sido construidos por la Dirección General de Caminos y puestos al servicio del público el año anterior.

10.- CONCLUSIONES

- 10.1 El Mantenimiento de Carreteras debe ser con regularidad, es decir que es una operación constante y sin interrupciones, comenzando desde que la vía se entrega al uso del público y continuando permanentemente.
- 10.2 Tratar la forma de encauzar el agua por medio de los drenajes adecuados, ya que como se sabe es el causante principal del deterioro de las mismas.
- 10.3 Es indispensable llevar a cabo inspecciones periódicas de toda la red vial de la República para poder efectuar pronta y eficientemente cualquier operación de Mantenimiento.
- 10.4 Todas y cada una de las partes de que consta una carretera, deben de repararse inmediatamente y no esperar hasta que el problema sea de mayor magnitud.
- 10.5 Siempre cuando se efectúen trabajos de Mantenimiento tienen que llevarse a cabo dentro de las especificaciones técnicas que existen.
- 10.6 Es urgente hacer estudios técnicos profundos para establecer definitivamente, el Mantenimiento de la Red Vial de la República por Contrato.
- 10.7 Mientras no se haga el Mantenimiento de las carreteras por contrato, es ne-

cesario capacitar técnicamente al personal de la D.G.C. por medio de cur
sillos en el interior y exterior de la República.

- 10.8 Para que el Mantenimiento de Carreteras sea efectivo debe de tener suficiente disponibilidad de fondos; y debe de ejecutarse de acuerdo a un programa bien estudiado.
- 10.9 Es de urgencia estudiar la forma efectiva de Financiar el mantenimiento de carreteras, creando en el Presupuesto General de Gastos de la Nación fondos privativos para este fin.
- 10.10 Para llenar todos los aspectos relacionados con las carteteras es indispensable hacer los estudios necesarios para la creación del Instituto Vial Nacional.

11.- BIBLIOGRAFIA

- 11.1 MANUAL DE MANTENIMIENTO DE CAMINOS.
(Dirección General de Caminos, República de Guatemala; --- Junio 1968)
- 11.2 MANUAL DE MANTENIMIENTO Y MEJORAMIENTO DE CARRETERAS.
(Dirección General de Caminos, República de El Salvador; --- Enero 1971)
- 11.3 CONSTRUCCION DE CARRETERAS ESPECIFICACIONES METODOS Y -
EQUIPO. (Dos Tomos; -Enero 1970)
(Ing. Amando Vides Tobar)
- 11.4 MANUAL DE CAMINOS, AUTOVIAS.
(Ing. y General Luis Leonardo; ---1944)
- 11.5 CAMINOS. (Dos Tomos, Quinta Edición; Madrid 1967)
(Ing. José Luis Escario y Nuñez del Pino)
- 11.6 INFORME DEL SEMINARIO REGIONAL DE ADMINISTRACION DE PRO-
GRAMAS DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS
DEL 12 AL 16 DE OCTUBRE DE 1964
(San José de Costa Rica, Abril 1965, ESAPAC)
- 11.7 CONTROL DE AGUA SUBTERRANEA POR SUB-DRENAJE.
(Tesis, Ing. Antonio Meneses Cruz; ---1963)

11.8 OPPORTUNITIES FOR COST REDUCTION IN THE DESIGN OF TRANSPORT FACILITIES FOR DEVELOPING REGIONS.

DEPARTMENT OF TRANSPORTATION UNITED STATES OF AMERICA.

INSTITUTE OF TRANSPORTATION AND TRAFFIC ENGINEERING UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

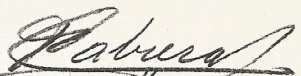
(Prepared for the U.S. Department of Transportation Office of the Assistant Secretary for Policy and International Affairs; ---Washington, D.C. 1970)

11.9 GRAFICAS DE ZONAS VIALES.

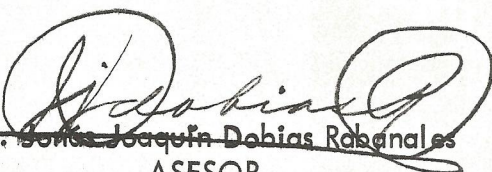
(Sección de Estadística de la D.G.C.)

11.10 DOCUMENTOS DE ARCHIVO Y APUNTES PERSONALES

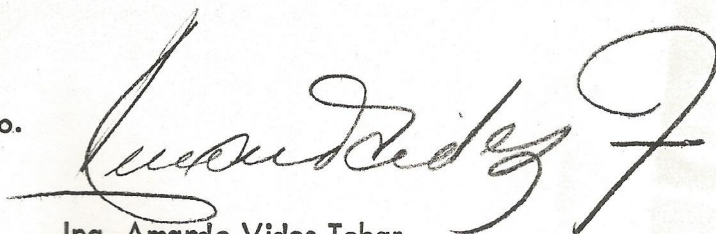
(Ing. Jonás Joaquín Dobias Rabanales)


José David Cabrera Avendaño

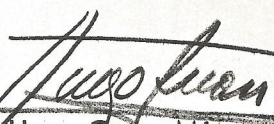
Aprobado:


Ing. Joaquín Dobias Rabanales
ASESOR

Vo. Bo.


Ing. Amado Vides Tobar
Jefe del Departamento de
Topografía y Transportes

IMPRIMASE:


Ing. Hugo Quán Má
Decano de la
Facultad de Ingeniería