

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ A R A G O N ”

“ASPECTOS FUNDAMENTALES PARA LA
EVALUACION Y ESTRUCTURACION DE
PAVIMENTOS FLEXIBLES”

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a n :

BALDERAS LOZADA FELIX EDGAR

FLORES GOMEZ FERNANDO

San Juan de Aragón Edo. de Méx.

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis Padres:

Gustavo Balderas Atayde

Concepción Lozada Prado

Que con su Cariño y Ejemplo
lograrón la Culminación de
mi Carrera.

A la Memoria:

De mi Padre, que me
lego el amor al Trabajo,
siempre vivirá en mi Corazón.

Laura

A ti, que me Brindas tu
Amor y Apoyo para
seguir adelante.

A mis Hermanos:

Miguel

José Antonio

Oscar

Olga

Roberto

Arturo

**Con todo mi Cariño
y Respeto.**

A mis Sobrinos:

**Triunfar en la vida es
hacer Triunfar a los demás.**

Agradesco a la Escuela que
cobijo mis años de estudiante.

A mis Profesores, que dejarón
en mi, sus experiencias
y conocimientos..

En.fin, mi más sincero agradecimiento a las personas que
contribuyeron directa e indirectamente para la elaboración
de este trabajo, y que sería difícil mencionarlas a todas.

Gracias.

Félix Edgar Balderas Lozada.

Dedicatorias, que con motivo a la culminación
de mis Estudios,
hago a mis Seres Queridos.

A mis Padres:

Anastacio Flores Hernández
Esperanza Gómez Ruiz. (q.e.p.d.)

Que me dieron la vida y todo de ellos para ver en mi
una persona de bien.

Con sus consejos, regaños, ilusión y esperanza
apoyaron y guiaron para forjar mis estudios
y fincar una carrera profesionista.

A mis Hermanos:

Ramón
Paz
Luis
Oscar
Norma

Que con sus consejos y ejemplo, me impulsarán
a seguir sus pasos hacia el profesionalismo.

A mi Amigo:

Félix E. Balderas Lozada.

Por su amistad, compañerismo y
colaboración de este trabajo.

A mi Novia:

Beatriz A. Bautista.

Por su apoyo y comprensión.

Al Ing. José Paulo Mejorada Mota
Por su amistad, sus conocimientos transmitidos y
dirección de esta tesis.

A mis Profesores, compañeros, amigos y a todas
aquellas personas que convivieron conmigo
en mi vida estudiantil.

Gracias

Fernando Flores Gómez.

I N D I C E

Pág.

CAPITULO I

INTRODUCCION 1

CAPITULO II

RECOPIACION DE DATOS HISTORICOS

2.1 Antecedentes de Construcción 6

2.2 Historia de la Conservación de Camino 6

2.3 Comportamiento del Camino 7

CAPITULO III

VISUALIZACION DEL TRAMO EN ESTUDIO

1.- Recorrido General

3.1 Objetivo 8

3.2 Procedimientos 9

3.3 Sugerencias 10

3.4 Equipo 10

2.-	Características y Mediciones Mecánicas del Pavimento.	
3.2.1	Calificación Actual	11
3.-	Análisis de Tránsito	
3.3.1	Recorrido de Detalle	12
3.3.2	Catálogo de Deterioros Típicos para el Levantamiento Detallado de Daños	15
	Desprendimientos	16
	Deformaciones	24
	Roturas	29
	Varios	37

CAPITULO IV

CARACTERISTICAS Y MEDICIONES MECANICAS DEL PAVIMENTO

1.-	Mediciones del Rebote Elástico	
4.1	Metodología	45
4.2	Procedimiento de Prueba	47
2.-	Mediciones con el Perfilografo Transversal	48
	Procedimiento de Prueba	49
3.-	Medición de la Rugosidad y Resistencia al Derrapamiento	50

CAPITULO V

ANALISIS DE TRANSITO

5.1	Introducción	51
5.2	Procedimiento del Instituto de Ingeniería	51
5.3	Procedimiento del Instituto del Asfalto	53

CAPITULO VI

DETERMINACION DE LA ZONIFICACION DEL CAMINO

6.1	Introducción	55
6.2	Zonificación de Tramos	55

CAPITULO VII

Diagnostico Preliminar	56
------------------------------	----

CAPITULO VIII

ESTUDIOS DE CAMPO Y LABORATORIO

8.1	Introducción	57
8.2	Estudio de Campo	57
8.3	Pruebas de Campo y Laboratorio	58
8.3	Estudio de Bancos de Materiales	59
8.4	Análisis de Resultados	59

CAPITULO IX

EVALUACION ESTRUCTURAL

9.1	Introducción	60
9.2	Método del Instituto de Ingeniería	60
9.3	Método por Deflexiones	61

CAPITULO X

Aplicación de Caso Real	65
Obtención del Valor Relativo de Soporte Crítico	87
Método de Deflexiones o del Asfalto	90
Diseño de Sobrecarpeta por Deflexiones	109

CAPITULO XI

Analisis de Costos y Precios Unitarios	110
Integración del Salario Real	111
Costo Hora - Maquina	117
Precios Unitarios	128

CAPITULO XII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Recomendaciones Generales	155
12.1 Estructura del Pavimento	155

12.2	Drenaje y Subdrenaje	156
12.3	Materiales	156
12.4	Normatividad	156
	BIBLIOGRAFIA	157
	APENDICE I	158

I. INTRODUCCION

OBJETIVO:

El trabajo que se presenta, esta enfocado para que todo -- profesionalista del area de Ingenieria y en especial él dedicado a pavimentos (carreteras) reafirme sus conocimientos para poder evaluar en forma visual, fisica y analíticamente el estado actual de un pavimento, y así mismo poder diseñar la estructura de un camino, cuando este requiera de una rehabilitación -- parcial ó total, tomando en cuenta las necesidades tanto prácticas y económicas.

Capítulo II

Con apoyo de la dependencia encargada de la carretera se obtienen datos estadísticos de conservación y mantenimiento, que nos ayudarán a formular la evaluación del proyecto.

Capítulo III

Dentro de este capítulo se trata de determinar zonas homogéneas mediante un recorrido de campo con el cual se determinará tipos de fallas, calificación del camino, levantamiento topográfico, cambios en el tipo de suelos existentes, detectar --- principalmente si existen obras de drenaje ó no.

Capítulo IV

Nos habla de los diferentes tipos de instrumentos de medición, para determinar deflexiones, asentamientos, roderas, rugosidad, etc., que existe en la carretera, así mismo, se presenta una serie de fotografías patrón con las que podemos determinar la textura del pavimento.

Capítulo V

Hace mención a lo relacionado al procedimiento para el análisis por el Método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., y por deflexión con base a la Metodología General del Instituto del Asfalto. Todo esto basandose en el tránsito vehicular.

Capítulo VI

Hace una determinación preliminar de tramos que presenten características similares mediante un recorrido general.

Capítulo VII

Una vez los tramos ya zonificados se analizan y se hace un diagnóstico preliminar de los deterioros que presentan, con el objeto de dar una recomendación general para su reparación.

Capítulo VIII

Cuando se trata de evaluar pavimentos ya construidos es indispensable conocer las características físicas de los materiales que los forman así como las del subsuelo que sustentan a la estructura, por lo cual es necesario realizar estudios de campo y laboratorio.

Asimismo, para rehabilitar un pavimento, es necesario el empleo de materiales pétreos, debido a lo cual es necesario localizar y estudiar los bancos cercanos al camino en estudio que sean factibles de utilizar.

Capítulo IX

La evaluación estructural del pavimento de un subtramo homogéneo permitirá juzgar si la estructura actual es capaz de soportar el tránsito de diseño previsto, o si existe una deficiencia estructural que justifique una restructuración ó un refuerzo, en cuyo caso el resultado de la evaluación permitirá estimar los espesores faltantes.

Capítulo X

Ejemplo de aplicación. Evaluación y restructuración de la carretera CHILPANCIGO - ACAPULCO del Km. 82 + 000 al Km. 92+000.

Capítulo XI

Se desarrolla la integración del salario real y el análisis costo hora - maquina.

Capítulo XII

Conclusiones y recomendaciones.

Quando un pavimento está por terminar su vida útil necesita rehabilitarse, etapa que requiere de estudios detallados para lograr soluciones adecuadas que involucren costos de reconstrucción favorables.

Los lineamientos para la evaluación de pavimentos flexibles de carreteras que aquí se señalan, son un auxiliar importante en la toma de decisiones y permiten fijar prioridades de obra; contienen pasos a seguir para elaborar un estudio, uniformizando el criterio de sus diferentes etapas.

La evaluación de un pavimento consiste en la realización de una serie de acciones, cuyo objetivo es conocer el estado que guardan la estructura y la superficie de rodamiento, con el fin de proponer las obras necesarias para prolongar su vida útil y mejorar su nivel de servicio.

Los estudios de evaluación son aplicables no sólo a tramos carreteros con pavimento en mal estado, sino también a tramos de condiciones aceptables, ya que permiten determinar cuándo resulta conveniente realizar trabajos de conservación en previsión de daños mayores, con lo cual se logra el mejor uso de los recursos destinados para mantener su operación.

En la actualidad las mediciones no destructivas utilizadas en evaluaciones generalmente se realizan con la viga Benkelman y en casos aislados se emplean: Perfilógrafo transversal, Pruebas de placa, Dynaflect, Curvímeter Dehlen, Mu-meter, Texturómetro, Perfilógrafo longitudinal, etc.

Las etapas del estudio de evaluación de pavimentos son los siguientes:

- A) Zonificación previa de la carretera, con base en la recopilación y análisis y de su historia y en los resultados de un recorrido general.
- B) Una vez definidos los tramos homogéneos en características físicas, se obtienen datos de la condición superficial deducida de la Calificación Actual que se realizan anualmente las Unidades Generales de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones y se elabora un diagnóstico preliminar.
- C) Realización del levantamiento detallado de los deterioros, mediciones del rebote elástico con viga Benkelman y eventualmente la obtención de deflexiones con equipo Dynaflect, perfiles obtenidos con perfilógrafo transversal, mediciones de la rugosidad, ejecución de calas a cada kilómetro para determinar espesores de carpeta y base, con muestreos mínimos para conocer sus espesores y características de calidad.
- D) Estimación del tránsito futuro.
- E) Conocimiento de los materiales en la carretera y de los posibles bancos, mediante pozos a cielo abierto con muestreos y pruebas de laboratorio.

En algunos casos mediante pruebas VRS directo o de placa en las capas del pavimento y en terracerías o subrasantes.

Es conveniente realizar el menor número posible de pozos en la carretera, mediante selección de los sitios homogéneos.
- F) Evaluación estructural del pavimento para cada zona homogénea, presentación gráfica de la información y elaboración de recomendaciones de rehabilitación o reconstrucción.

II. ANTECEDENTES

2.- RECOPIACION DE DATOS HISTORICOS

2.1 Antecedentes de construcción.

Obtener en la Dependencia encargada de la conservación del camino la siguiente información:

- Fecha de construcción.
- Dependencia y Residencia encargada de la construcción.
- Características geométricas de proyecto.
- Bancos de materiales utilizados.
- Características estructurales del proyecto.
- Características del drenaje y subdrenaje.
- Volumen de tránsito inicial registrado y evolución del mismo.
- Calificación inicial del camino y antecedentes de evaluación.

2.2 Historia de la Conservación del camino

Obtener en las Dependencias encargadas de la Conservación la siguiente información:

- Descripción de tramos en cuanto a requerimientos de conservación.
- Tipos de falla más comunes y temporada en que se presenta
- Indicar si el drenaje o subdrenaje tiene influencia en las falla.
- Tipo de conservación aplicada: bacheo, calafateo, renivelaciones, sobre carpetas, reconstrucción, riego de sello, etc.
- Indicar si los trabajos de conservación son de magnitud -

creciente o decreciente, conforme aumenta la edad del pavimento.

- Recabar información sobre costos anuales de los trabajos de conservación.

2.3 Comportamiento del camino

Conjuntamente con la Dependencia encargada de la conservación del camino, efectuar una evaluación preliminar que contenga la siguiente información:

- Frecuencia con que el camino ha alcanzado el nivel de rechazo y de ser posible formular una gráfica Tiempo-Nivel de Servicio.
- Evaluar en forma preliminar si las fallas del camino son de tipo funcional o estructural.
- Hacer comentarios generales sobre el comportamiento del camino indicando si ha sido bueno, regular, malo o muy malo y anotando los factores que han contribuido a un comportamiento no satisfactorio, en su caso.

III. VISUALIZACION DEL TRAMO EN ESTUDIO

1.- RECORRIDO GENERAL

3.1 Objetivo

Realizar la zonificación preliminar del camino, para de terminar zonas homogéneas en características físicas. Para ello se hará un recorrido general tomando en cuenta lo siguiente:

a) Topografía.

Discernir si se trata de terreno plano, lomerío fuerte o suave, o terreno montañoso.

b) Geología.

Señalar cambios notables en las formaciones rocosas y de suelos.

c) Drenaje y subdrenaje del camino y de la Región.

Indicar si el estado del drenaje superficial es bueno, regular o malo. En el caso del subdrenaje indicar en qué tramos existe y en qué tramos se considera necesario.

d) Sección Transversal.

Tomar nota de las diferentes características geométricas de la sección transversal incluyendo el ancho de la corona, ancho de la carpeta, ancho del acotamiento, altura máxima de cortes y terraplanes, número de carriles, sección tipo predominante y altura máxima de corte o terraplén.

e) Estado general actual de la superficie de rodamiento.

Delimitar los tramos que en función de sus deterioros se consideren homogéneos, calificándolos como bueno, regular o malo.

f) Localización de entronques, poblados, ríos y cualquier otro rasgo que pueda definir tramos homogéneos.

3.2 Procedimientos.

Es muy conveniente verificar antes del recorrido general durante uno exprofeso, la existencia de marcas de kilometraje en postes o mojoneras. De no existir, es necesario efectuarlo a cada medio kilómetro como mínimo. Un marcado como el que a continuación se describe, resulta de gran ayuda.

- a) Anotar sobre el pavimento, con números muy claros y visibles (de unos 20 a 30 Cms. de altura), los kilómetros cerrados siempre que no existan postes que los indiquen.
- b) Indicar con una flecha transversal claramente visible, las estaciones cerradas que correspondan a los medios kilómetros
- c) Con una línea de 3 a 5 Cm. de ancho y de 30 a 40 Cm. de longitud, las estaciones a cada 100 m.

Si para marcar el pavimento se emplea el odómetro de un vehículo, es necesario calibrarlo. Es conveniente que se re-marquen periódicamente estas señales, sobre todo si se seleccionan tramos representativos para el posterior monitoreo del comportamiento del pavimento. Ya marcado el tramo, es recomendable efectuar cuando menos un recorrido en ambos sentidos.

En uno de los sentidos se efectuará el recorrido a una velocidad que permita observar los aspectos mencionados en la fig.3.1 se considera que esta velocidad no deberá ser superior a la máxima permitida según señalamiento.

En el otro sentido se efectuará realizando las paradas - que sean necesarias para definir tramos homogéneos. Participarán en los recorridos dos o más personas, sin considerar al operador del vehículo, que no intervendrá en las observaciones.

El recorrido convendrá hacerlo con el jefe de la Unidad General o con una persona que conozca el tramo.

3.3 Sugerencias.

Para optimizar los resultados del recorrido se hacen - las siguientes sugerencias: tomar fotografías de los as-- pectos que se juzguen de interes; llenar el formato de la figura para zonificar el camino en los diferentes aspec-- tos anotados ; efectuar el recorrido de preferencia entre las 7 y 11 o entre las 16 y 19 horas; la longitud recorri-- da durante un día no será mayor de 100 Km.

3.4 Equipo.

Convendrá llevar al campo el siguiente equipo y toda - la información recopilada que se indicó en el capítulo 2.

- Vehículo con torreta.
- Cámara fotográfica.
- Grabadora (opcional)
- Cinta métrica.
- Cuaderno de notas.
- Nivel de mano (opcional)

2.- CARACTERISTICAS Y MEDICIONES MECANICAS DEL PAVIMENTO

3.2.1 CALIFICACION ACTUAL.

La estimación de la condición superficial del pavimento para cada tramo homogéneo se hará mediante la Calificación Real que asignan cada año las Unidades Generales de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones conjuntamente con las Residencias Generales de Conservación. Las calificaciones anuales servirán para definir la curva de comportamiento desde la última rehabilitación o reconstrucción, graficando las calificaciones con respecto al tiempo.

La Calificación Real se obtiene del promedio que asignan cinco observadores individualmente, atendiendo a la siguiente escala de referencia.

<u>Calificación</u>	<u>Condición Superficial</u>
5	Excelente
4 a 5	Muy buena
3 a 4	Buena
2 a 3	Regular
1 a 2	Mala
0 a 1	Muy mala

Aún cuando las calificaciones individuales varían ampliamente el promedio de los cinco observadores es consistente y permitirá una estimación adecuada del nivel de servicio o condición superficial real del pavimento.

3.- ANALISIS DE TRANSITO

3.3.1 RECORRIDO DE DETALLE.

Uno de los aspectos más importantes en la evaluación de un pavimento es la descripción del tipo de deterioros presentes en la superficie de rodamiento, entendiéndose como deterioro toda aquella condición que signifique una pérdida de las características de servicio para las que fue diseñado, pudiendo ser tanto de tipo estructural como funcional. Los deterioros pueden tener su origen en la mala calidad de los materiales que se utilizaron, en procedimientos inadecuados de construcción, en la presencia de agua en condiciones desfavorables, en el envejecimiento, etc., factores que se ven acentuados por una inadecuada y/o insuficiente labor de mantenimiento.

Los deterioros se clasifican para los fines buscados en este capítulo, dentro de los siguientes cinco grupos:

- Textura
- Deformación
- Agrietamiento
- Mantenimiento realizado. Bache abierto ó defectuosamente reparado.
- Defectos varios.

No solamente interesa conocer cuáles son los tipos de deterioro, también interesa su severidad, la cual se clasifica como:

- Muy ligera (Con calificación de 1)
- Ligera (con calificación de 2)
- Moderada (con calificación de 3)
- Severa (con calificación de 4)
- Muy severa (con calificación de 5).

Es importante también tomar en cuenta la intensidad del deterioro (en porcentaje de área afectada), la cual se califica como:

- Menor del 10% del área (Esporádica)
- 10% a 20% del área (Aislada)
- 20% a 50% del área (Frecuente)
- 50% a 80% del área (Muy frecuente)
- 80% a 100% del área (Total)

Como complemento, que en algunos casos puede ser fundamental, hay que revisar las condiciones de drenaje, tanto longitudinal como transversal, e inferir sobre las condiciones de subdrenaje, así como su influencia sobre el comportamiento del pavimento.

Debe tenerse muy presente que la rehabilitación de un pavimento requiere de la recopilación de datos, por lo que no debe escatimarse esfuerzo en esta etapa de la evaluación y efectuar los recorridos a pie que sean necesarios, tomando fotografías de los detalles importantes y haciendo todas las anotaciones pertinentes.

Para la realización de esta etapa de la evaluación se recomienda:

- 1) Procurar que los recorridos a pie no excedan de 6 horas -- por jornada.
- 2) Tomar fotografías en las primeras horas del día o al atardecer, ya que los contrastes serán más definidos a estas horas.
- 3) Colocar una torreta en el vehículo.
- 4) Contar con tres bandereros para el recorrido, uno de ellos se desplazará a una distancia de 500 m. adelante del equipo evaluador, otro a 100 m. también adelante y el tercero a 100 m. atrás. Convendrá hacer siempre la evaluación en el sentido contrario al tránsito.

- 5) Todo el personal deberá portar chalecos amarillos.
- 6) Deberá efectuarse la evaluación de detalle en forma simultánea con la ejecución de calas, sondeos o medición de las deflexiones. De esta forma, los vehículos empleados en esos trabajos proporcionan una valiosa protección al personal.
- 7) Convendrá hacerse acompañar de alguna persona que conozca a fondo la historia del camino (el residente, el sobrestante, algún jefe de cuadrilla, etc.).

Aunque debe tenerse en consideración que esta persona puede proporcionar información poco veraz, lo que hay que tener en cuenta al analizar los datos que proporcionen.
- 8) Deberá llevarse un hilo o reventón y un pequeño escalímetro, pues son de gran utilidad para medir deformaciones, --salvo que se cuente con aparatos tales como triángulo para medir roderas o perfilómetro.

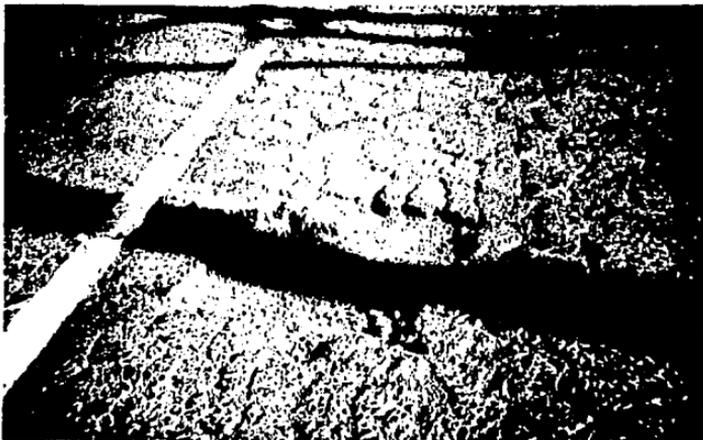
En la figura número 3.2, se muestra el formato para la --presentación de la información correspondiente a la evaluación detallada de daños, para cuyo llenado, se tomará en --cuenta:

La longitud de las " Unidades " de camino a evaluar que --podrán ser del orden de 1000 m., con diferentes severidades e intensidades, se reportará en forma ponderada, indicando en las columnas correspondientes al área dañada la severi--dad estimada.

A continuación se presenta un catálogo de deterioros típi--cos que pueden servir como guía general para el levantamien--to detallado de daños.

**3.3.2 Catálogo de Deterioros Típicos para el
Levantamiento Detallado de Daños.**

D E S P R E N D I M I E N T O S



B A C H E S.

Oquedades de varios tamaños en la capa de rodamiento por -
desprendimiento o desintegración inicial. Desprendimiento --
inicial de los agregados que al paso de los vehículos van for-
mando oquedades.

Causas Probables.

- 1) Falta de resistencia de la carpeta.
- 2) Escasez de contenido de asfalto.
- 3) Espesor deficiente.
- 4) Drenaje deficiente.
- 5) Desintegración localizada por tránsito.
- 6) Puntos débiles en la superficie.



LEVANTAMIENTO POR CONGELACION

Desplazamiento diferencial hacia arriba que produce desintegración parcial o total de capas del pavimento.

Causas Probables.

- 1) Acción de heladas.
- 2) Ciclos de congelamiento y descongelamiento.
- 3) Expansión localizada de capas inferiores.
- 4) Expansión localizada de alguna porción de la sección estructural del pavimento.



DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

Pequeñas depresiones en forma de cráter, por separación de los agregados gruesos de la carpeta asfáltica, dejando huecos en la superficie de rodamiento.

Causas Probables.

- 1) Falta de afinidad con el asfalto.
- 2) Escasez de asfalto.
- 3) Expansión del agregado grueso.

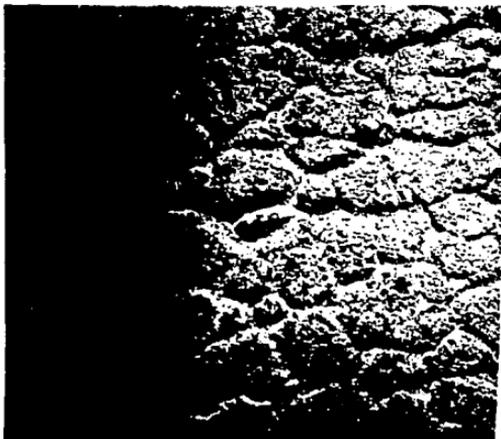


EROSION TOTAL.

Destrucción, eliminación o desaparición de una o varias capas subyacentes a la carpeta asfáltica, produciendo falta total de apoyo interior.

Causas Probables.

- 1) Falta de drenaje superficial.
- 2) Falta de subdrenaje.
- 3) Falta de lavaderos.
- 4) Acción de crecidas de aguas adyacentes al cuerpo del terraplén.
- 5) Mala compactación de capas interiores.
- 6) Falta de armado o arroye en taludes de terraplenes.



DESINTEGRACION

Deterioro grave de la carpeta asfáltica en pequeños fragmentos con pérdida progresiva de materiales que la componen.

Causas Probables.

- 1) Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.
- 2) Acción de tránsito intenso y pesado.
- 3) Tendido de la carpeta en climas fríos o húmedos.
- 4) Agregados contaminados.
- 5) Contenido pobre de asfalto.
- 6) Sobrecalentamiento de mezcla.
- 7) Compactación insuficiente.
- 8) Acción de heladas o hielo.
- 9) Presencia de arcilla en cualquiera de las capas.
- 10) Separación de agregados y asfalto ligante.
- 11) Contaminación de solventes.
- 12) Envejecimiento y fatiga.
- 13) Desintegración de los agregados.
- 14) Sección estructural deficiente o escasa.



DESPRENDIMIENTO DE SELLO

Desintegración parcial o zonificada de la superficie de rodamiento; cuando ésta se forma por uno o varios sellos, el agregado tiende a desprenderse dejando zonas expuestas por arranque de la gravilla o granzón.

Causas Probables.

- 1) Separación de la película de liga de los áridos por humedad.
- 2) Dosificación inadecuada del ligante.
- 3) Calidad dudosa del material ligante.
- 4) Mala adherencia en capa subyacente.
- 5) Espesores insuficientes.
- 6) Ejecución de trabajos en malas condiciones de clima.



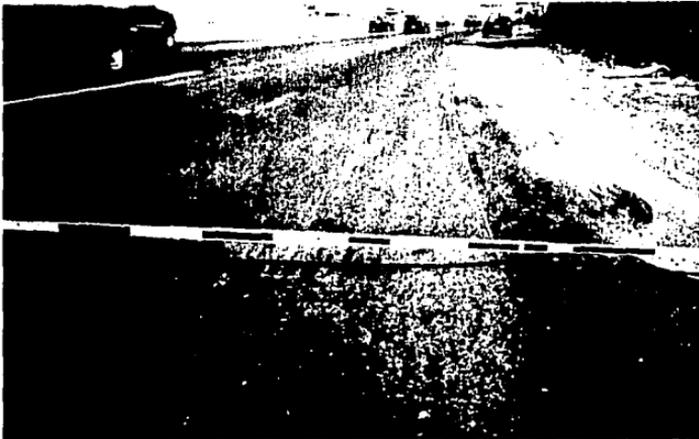
EROSION LONGITUDINAL DE CARPETA

Desintegración parcial de la carpeta asfáltica principalmente en la frontera de la superficie de rodamiento. La carpeta materialmente se va carcomiendo, reduciendo el ancho efectivo de --- carretera.

Causas Probables.

- 1) Labores de conservación inadecuadas.
- 2) Falta de soporte de la carpeta en los hombros o acotamientos.
- 3) Erosión natural del agua y viento.
- 4) Ciclos de hielo y deshielo.
- 5) Crecimiento significativo de hierba en acotamientos.
- 6) Sobrecargas de pesos en acotamientos.
- 7) Mala compactación de capas.

D E F O R M A C I O N E S



RODERAS O CANALIZACIONES

Asentamiento o deformación permanente de la carpeta asfáltica - en el sentido longitudinal debajo de las huellas o rodadas de los vehículos.

Causas Probables.

- 1) Baja estabilidad de la carpeta.
- 2) Carpeta mal compactada.
- 3) Consolidación de una o varias de las capas subyacentes.



PROTUBERANCIAS

Desplazamiento de parte del cuerpo de la carpeta asfáltica -- hacia la superficie, formando un montículo de considerables dimensiones.

Causas Probables.

- 1) Acción del tránsito intenso.
- 2) Estabilidad inadecuada.
- 3) Liga deficiente entre capas.
- 4) Compactación inadecuada.
- 5) Deformaciones plásticas de los materiales.
- 6) Acción de heladas.



ASENTAMIENTO TRANSVERSAL

Áreas de pavimento localizadas en elevaciones más bajas que -- las áreas adyacentes o elevaciones de diseño, en el sentido transversal al eje del camino.

Causas Probables.

- 1) Deformación diferencial vertical del suelo de cimentación o - de las capas que forman la estructura del pavimento.
- 2) Peso propio de la sección del pavimento.
- 3) Suelos o cimentaciones resilientes.
- 4) Cargas excesivas o superiores a las del diseño.
- 5) Cambios volumétricos del cuerpo del terraplén.
- 6) Compactación inadecuada.
- 7) Asentamientos diferenciales transversales.
- 8) Procedimientos de construcción inadecuados.
- 9) Drenaje o subdrenaje deficientes.
- 10) Contaminación de capas inferiores.
- 11) Desplome de cavidades subterráneas.



**DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL
DE LA SECCION DEL PAVIMENTO**

Protuberancias prolongadas de magnitudes considerables en la dirección del tránsito, al borde de la carretera, causando destrucción total en corto plazo.

Causas Probables.

- 1) Fuertes asentamientos longitudinales.
- 2) Falta de capacidad estructural del conjunto de capas del pavimento.
- 3) Sobrecargas intensas.
- 4) Nula estabilidad de la carpeta.
- 5) Nulo soporte lateral o confinamiento.
- 6) Insuficiente valor relativo de soporte de las capas.
- 7) Nula compactación.

R O T U R A S

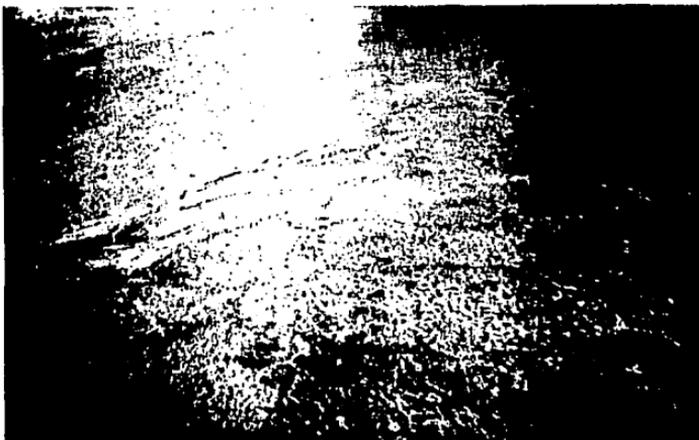


GRIETAS DE REFLEXION

Grietas longitudinales y transversales que reflejan exactamente el patrón de agrietamiento o de juntas de un pavimento existente, cuando es reencarpetado con concreto asfáltico.

Causas Probables.

- 1) Movimiento del pavimento subyacente.
- 2) Liga inadecuada entre capas.
- 3) Posibles contracciones de capa subyacente.

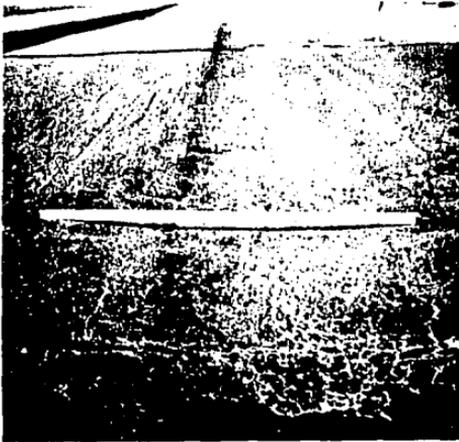


AGRIETAMIENTO PARABOLICO

Grietas con forma de parábola o de media luna que se forman - en la carpeta asfáltica en la dirección del tránsito.

Causas Probables.

- 1) Carpeta de rodamiento débil.
- 2) Zonas de frenaje de las ruedas.
- 3) Mezcla inestable.
- 4) Efecto en el arranque de las ruedas.

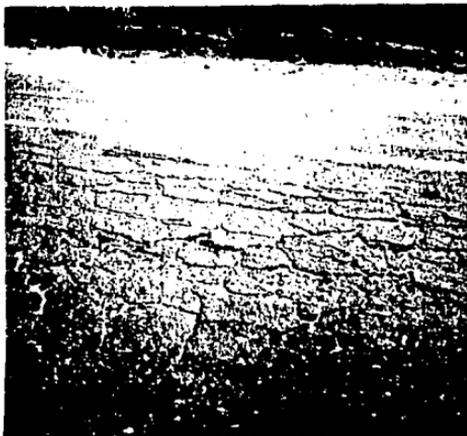


GRIETAS FINAS

Pequeñas fisuras superficiales muy próximas la una con la otra, ya que no conforman un patrón regular y se extienden a cierta profundidad, pero no al espesor total de la carpeta.

Causas Probables.

- 1) Envejecimiento de la carpeta asfáltica.
- 2) Oxidación del asfalto.
- 3) Mala dosificación de asfalto.
- 4) Exceso de finos en carpeta asfáltica.
- 5) Compactación efectuada con mezclas muy calientes.

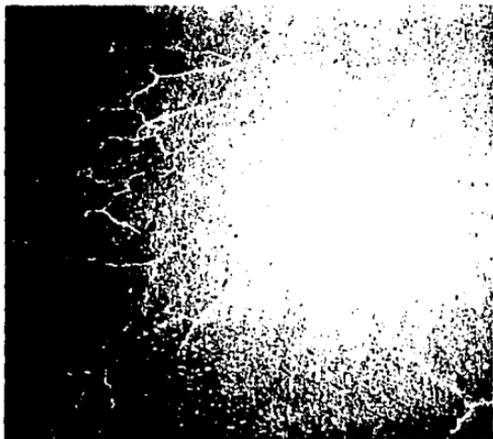


AGRIETAMIENTO P I E L COCODRILO

Fisuras en la superficie de la carpeta asfáltica, formando un patrón regular con polígonos hasta de 20 Cms. Grieta interconectadas formando pequeños polígonos que asemejan la piel de un cocodrilo.

Causas Probables.

- 1) Soporte inadecuado de la base.
- 2) Debilidad de la estructura del pavimento.
- 3) Carpetas rígidas sobre suelos de cimentación resilientes.
- 4) Fuertes sollicitaciones de tránsito.
- 5) Fatiga.
- 6) Envejecimiento.
- 7) Escasez de espesor de la carpeta.
- 8) Evolución progresiva de agrietamiento tipo mapa.



AGRIETAMIENTO TIPO MAPA

Forma de desintegración de la superficie de rodaje, en la cual el agrietamiento se desarrolla en un patrón semejante a las subdivisiones políticas de un mapa, con polígonos mayores a los 20 Cms.

Causas Probables.

- 1) Calidad deficiente de alguna de las capas de la sección estructural.
- 2) Debilidad de la estructura del pavimento.
- 3) Carpetas rígidas sobre suelos de cimentación resilientes.
- 4) Fuertes sollicitaciones del tránsito.
- 5) Fatiga.
- 6) Envejecimiento.
- 7) Espesor escaso de la carpeta.



GRIETA TRANSVERSAL

Agrietamiento de la --
carpeta que sigue un pa--
trón transversal o per--
pendicular al eje del --
camino.

Causas Probables.

- 1) Acción del tránsito.
- 2) Reflejamiento de grietas en capas subyacentes.
- 3) Espesor insuficiente de la carpeta.
- 4) Contracción térmica de la superficie de rodamiento.
- 5) Deficiencia en juntas transversales de construcción.



AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL

Fisura o grieta paralela al eje del camino o en muchos casos sobre el eje -- del camino.

Causas Probables.

- 1) Deficiencias en la junta de construcción longitudinal.
- 2) Reflejo de grietas en capa de base.
- 3) Asentamiento de capas por el tránsito.
- 4) Espesor insuficiente.
- 5) Contracción de materiales de la capa de rodamiento.
- 6) Asentamientos aislados de capas interiores.
- 7) Drenaje insuficiente.

V A R I O S

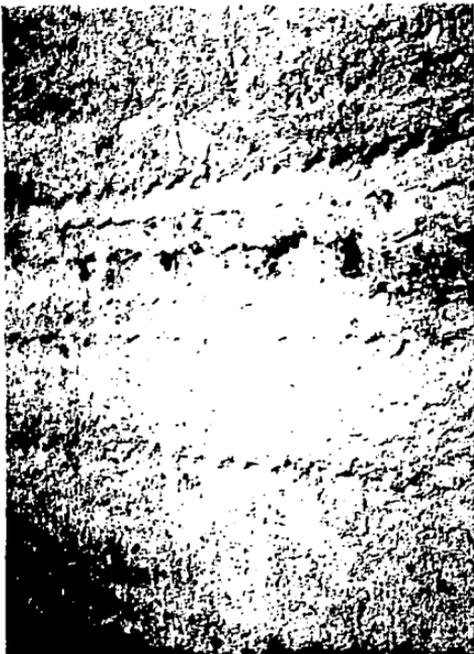


LLORADO DE ASFALTO

Flujo de liberación del -
asfalto hacia la superficie
de una carpeta asfáltica, -
formando una película o ca-
pa peligrosa y/o ascenso -
del asfalto a través de gri-
etas.

Causas Probables.

- 1) Exceso de asfalto.
- 2) Excesiva compactación de mezclas ricas.
- 3) Temperatura de compactación muy elevada.
- 4) Sobredosificación de riego de liga.

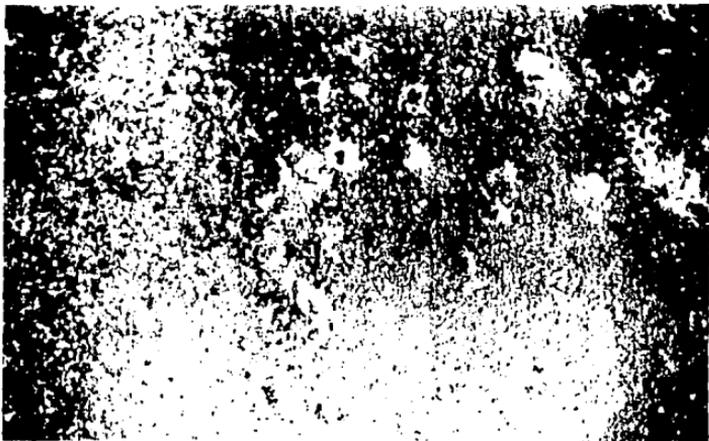


MARCADO DE HUELLA

Impresión en relieve localizada en la superficie de rodamiento.

Causas Probables.

- 1) Superficie de rodamiento débiles o suaves.
- 2) Exceso en el contenido de asfalto.
- 3) Altas temperaturas ambientales.
- 4) Estacionamiento prolongado de vehículos pesados.
- 5) Mezclas con estabilidad deficiente.
- 6) Exceso de riegos de liga.
- 7) Huellas por tránsito compactador de neumáticos.



CONTAMINACION DE AGREGADOS

Inclusión de materiales diferentes o ajenos a los agregados - especificados, tales como la piedra pomez de diferentes características y propiedades mecánicas.

Causas Probables.

- 1) Dosificación inapropiada.
- 2) Control de calidad pobre.
- 3) Contaminación de bancos de agregados.



EXPULSION DE FINOS

Material fino sobre la superficie de rodamiento, acumulado - en zonas adyacentes a las grietas, de color blancuzco en esta - fotografía.

Causas Probables.

- 1) Acumulación de agua libre en capas subyacentes.
- 2) Exceso de finos en capas de la sección del pavimento.
- 3) Expulsión de cemento a través de grietas, en bases estabilizadas.
- 4) Acción de tránsito intenso.



CRECIMIENTO DE HIERBA A TRAVES DE LA CARPETA

Producto de agrietamiento - en acotamientos y en los hom--bros de la carpeta; hierba si vestre crece aflorando por las grietas y avanzando con la humedad hasta prácticamente erosionar o destruir parte de la carpeta.

Causas Probables.

- 1) Drenaje superficial deficiente.
- 2) Labores de conservación inadecuadas.
- 3) Falta de sellado de las grietas cuando aparecen.



**CRECIMIENTO DE HIERBA -
ENTRE CARPETA Y CUNETETA
PARA DRENAJE SUPERFICIAL.**

Jardín silvestre que aflora o crece longitudinalmente, entre la carpeta asfáltica y las cunetas de concreto hidráulico para drenaje superficial.

Causas Probables.

- 1) Drenaje superficial deficiente.
- 2) Labores de conservación inadecuadas.
- 3) Falta de sellado longitudinal.



AZOLVE EN DRENAJE SU- PERFICIAL

Arrastre de material suelto que por falta de conservación periódica, tapa o azolve el drenaje superficial; repercute en un mal comportamiento de la sección del pavimento.

Causas Probables.

- 1) Descuido y falta de oportunidad en el mantenimiento preventivo de un camino.

IV. CARACTERISTICAS Y MEDICIONES MECANICA DEL PAVIMENTO

1.- MEDICIONES DE REBOTE ELASTICO.

4.1 Metodología.

Se entiende por deflexión la máxima deformación vertical que sufre la superficie de un pavimento bajo la acción de una carga normalizada y se define como rebote elástico la máxima recuperación experimentada por la misma superficie cuando esa carga se retira; teóricamente, el rebote elástico es menor que la deflexión, llamándose de formación permanente a la diferida.

Como en el procedimiento de medición con la viga Benkelman se mide la recuperación de la superficie del pavimento, se puede decir que con este dispositivo se efectúan mediciones de rebote elástico y no de deflexión.

La metodología recomendada para llevar a cabo las mediciones de rebote elástico con la viga Benkelman es:

- a) Se deberán elaborar larguillos en los cuales se representen gráficamente aspectos tales como la topografía, la sección geométrica, entronques importantes, condiciones de drenaje, calificación, tipo de daños e índice de deterioros; deberán superponerse estos conceptos a fin de que, dentro de toda la longitud estudiada, puedan definirse tramos similares características respecto a los conceptos mencionados.
- b) Los tramos así delimitados se llamarán " tramos homogéneos ", que tendrán características similares en relación a los conceptos mencionados en el párrafo anterior.
- c) En cada tramo homogéneo de 5 Km. de longitud se tendrá un subtramo de prueba, en el cual se efectuarán mediciones con viga Benkelman.

d) Los subtramos de prueba se ubicarán en campo, señalando con pintura los puntos de toma de lectura; se lo calizarán en tangente, con visibilidad suficiente para el manejo del tránsito mediante bandereros. A fin de tener una población de lecturas que facilite el manejo estadístico se procurará tener 30 lecturas por subtramo, lo cual se logra en longitudes de 600 m. con lecturas a cada 20 m., o en 300 m. con lecturas a cada 10m. en caso de que el trazo del camino no permita longitudes mayores. Deberá elegirse el carril más dañado para las mediciones, alternándolas en la rodada externa o interna; en carreteras de más de dos carriles se elegirá el carril exterior.

e) Los resultados obtenidos, se corregirán por temperatura como se señala posteriormente y deberán graficarse a escala aritmética, colocando en las ordenadas el rebote elástico medido y en las abscisas el kilometraje o cadenamiento de cada estación de lectura, diferenciando las gráficas correspondientes a rodada externa e interna y señalando con una línea horizontal el rebote elástico característico para el subtramo, (ver --- Apéndice 1)

Cabe recalcar que los subtramos de prueba deben ser representativos de los tramos homogéneos que contienen pues de otra manera los resultados no serán confiables

4.2 Procedimiento de Prueba.

Para llevar a cabo las mediciones, se utiliza la carga del eje trasero de un camión lastrado de manera que dicho eje pese 8.2 ton. (80 KN= 18,000 Lb); el eje debe ser sencillo, con ruedas dobles, llantas en buen estado e infladas a una presión de 80 lb/pulg² (5,6, Kg/cm²)..

El apéndice 1 de este instructivo describe los procedimientos para realizar las mediciones con viga Benkelman las correcciones necesarias por temperatura y período estacional, así como los pasos a seguir para calcular la -- llamada " Deflexión Característica ".

2.- MEDICIONES CON EL PERFILOGRAFO TRANSVERSAL.

Con el objeto de obtener información respecto a los perfiles transversales del pavimento, es costumbre determinar las -- deformaciones transversales máximas permanentes con la ayuda de un hilo y una regla, adicionando fotografías del procedimiento y estimando el ancho de la rodada. El dato obtenido es de gran importancia en la evaluación y en nuestro país ha sido ampliamente demostrada su utilidad, razón por la que se ha considerado muy conveniente recomendar el uso del perfilógrafo transversal, o transverso perfilógrafo, lo que permite obtener un perfil de la sección elegida.

Cualquiera que sea el medio empleado para obtener los perfiles transversales, es conveniente su medición a cada 500 m, - en todo el ancho de sección transversal.

También es recomendable obtener los perfiles transversales en puntos de interés, por ejemplo en:

- Secciones de tramos en los que se hayan efectuado mediciones con viga Renkelman.
- Secciones en las que se presentan fallas de interés especial, como pudiera ser el escalón que se forma en la carpeta al presentarse fallas por cortante.
- Secciones en las que resulte de especial interés la evolución de roderas, deformaciones o asentamientos.
- Secciones adecuadas para estimar el volumen de mezcla asfáltica que se requiere para efectuar renivelaciones, o -- bien para definir tramos homogéneos en cuanto a deformaciones permanentes.
- Secciones de tramos en los que interese analizar la evolución de la deformación permanente, si las mediciones que -- hacen con perfilógrafo transversal.

Si las mediciones que hacen con hilo y regla, es necesario registrar la información obtenida que comprenderá como mínimo - el ancho de redera y su flecha máxima; si la medición se hace con perfilógrafo transversal, no es necesario lo anterior, ya que automáticamente el aparato definirá como detalle al perfil transversal.

Procedimiento de Prueba.

El perfilógrafo transversal se puede operar de dos formas.

- a) Poniendo el perfilógrafo en posición horizontal para incluir, en la medición, al bombeo del camino.
- b) Poniendo el perfilógrafo en posición paralela a la superficie del pavimento.

Es muy importante que se marquen cerca del acotamiento los puntos en los que se vayan hacer las mediciones con el perfilógrafo, sobre todo cuando se desee monitorear la evolución de perfiles mediante mediciones periódicas.

3.- MEDICION DE LA RUGOSIDAD Y RESISTENCIA AL DERRAPAMIENTO.

Para la obtención del coeficiente que define la resistencia al derrapamiento de la superficie de un pavimento existen en la actualidad muchos procedimientos, con el empleo de variados equipos

Estos procedimientos en general resultan de un costo elevado.

El departamento de Carreteras de California (EUA) propone un método muy sencillo que consiste en el uso de una serie de fotografías patrón para estimar, de acuerdo a la textura del pavimento, al coeficiente de fricción.

En esta forma basta con que se efectúen comparaciones entre -- este patrón de fotografías y la superficie real del pavimento, en los puntos seleccionados representativos de cada " Unidad " (tamaño del orden de 1000 m., según se indicó), anotandose en el formato de la fig. 3.2, los valores obtenidos.

V. ANALISIS DE TRANSITO

5.1 Introducción.

Se describen los procedimientos establecidos para el análisis de tránsito de ejes equivalentes acumulados, a fin de utilizar los resultados en la evaluación estructural de los pavimentos por los métodos del " Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. " (diseño inverso) y por deflexiones, con base en la metodología general del " Instituto del Asfalto " .

Los datos requeridos para el análisis por cualquiera de los dos procedimientos son:

- Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) del año de estudio.
- Composición Vehicular.
- Coeficiente de distribución para el carril de proyecto.
- Tasa de crecimiento anual del tránsito.
- Periodo de diseño.

5.2 Procedimiento del Instituto de Ingeniería.

Conocidos los datos de entrada enumerados anteriormente se procede a calcular el " Tránsito acumulado en función de ejes sencillos equivalentes de 8.2 toneladas " mediante el formato que se anexa al final de ese capítulo fig.5.1 .

El procedimiento consiste básicamente en obtener la suma de los productos del número de vehículos en el carril de proyecto por un " Coeficiente de acumulación de tránsito " que depende de la tasa de crecimiento y del período de diseño considerado.

Para mayor claridad, se anexa un ejemplo numérico del cálculo del tránsito acumulado en ejes equivalentes para los siguientes datos:

- Carretera de cuatro carriles.
- TDPA: 8,000 vehículos en ambos sentidos (1987).
- Composición vehicular: (%)
- $A_2 = 45$, $A_1 = 12$, $B_2 = 13$, $C_2 = 9$, $C_3 = 12$, $T_3 - S_2 = 9$.
- Coeficiente de distribución para el carril de proyecto: 0.45.
- Tasa de crecimiento anual: 5.0 %
- Período de diseño: 15 años.
- (Ver fig.5.2.1).

5.3 Procedimiento del Instituto del asfalto.

En esencia, este procedimiento es semejante al anterior, - excepto que los coeficientes de daño o " Factores de carga " son diferentes.

El " Número de aplicaciones de carga de eje equivalente " se calcula multiplicando el número de vehículos de cada tipo por el apropiado factor de carga y por un " Factor de Crecimiento " que toma en cuenta la tasa de crecimiento anual y el periodo de diseño, sumando los productos resultantes --- (CEE).

Las figs.5.3.1;5.3.2; y 5.3.3 que se anexan proporcionan -- respectivamente, los porcentajes de tránsito total en el --- carril de diseño; los Factores de Crecimiento del Tránsito y los Factores de Carga por tipo de vehículo.

Para ilustrar el procedimiento, a continuación se presenta el cálculo de tránsito equivalente para los mismos datos del primer ejemplo. Los resultados se anotan en seguida:

El siguiente cuadro presenta los resultados del análisis del tránsito mediante el procedimiento del Instituto del Asfalto, para una carretera interurbana de 4 carriles y los datos ya mencionados.

<u>Tipo de vehículo</u>	<u>Número de vehículos en el 1er. año</u>	<u>Factor de carga</u>	<u>Factor de crecimiento</u>	<u>CEE (1x2x3)</u>
	(1)	(2)	(3)	(4)
Camiones de chasis único. 2 ejes-4 llantas (A'2) panels y Pick-up	157,680	0.02	21.58	68,005
2 ejes-6 llantas - (C2 y B2)	289,080	0.21	21.58	1'310,053
3 ejes o más (C3)	157,680	0.73	21.58	2'483,996
Tractor-semirremolque y Combinaciones 5 ejes o más (T3- S2)	118,260	0.95	21.58	<u>2'424,448</u>
			T O T A L :	6'286,552

VI. DETERMINACION DE LA ZONIFICACION DEL CAMINO

6.1 Introducción

Una vez que se ha hecho el recorrido del camino en estudio, que se han determinado la calificación actual y las medidas de deflexión y que se conoce el tránsito que opera en dicho camino, se puede llevar a cabo una selección de los tramos que presentan características similares y se puede establecer un diagnóstico preliminar de los trabajos de reparación que requiere la superficie de rodamiento; el proceso de selección se describe en los subcapítulos siguientes:

6.2 Zonificación de tramos

Esta selección tiene por objeto agrupar los tramos que presentan características semejantes en cuanto a los siguientes aspectos:

- Calificación Actual (Calificación Real).
- Deterioros superficiales.
- Transitabilidad y volumen de tránsito.
- Magnitud de deflexiones (rebote elástico)
- Tipo de Conservación.
- Gastos anuales por conservación.
- Los mencionados en el recorrido general (capítulo III).

VII. DIAGNOSTICO PRELIMINAR

Los tramos ya zonificados se analizan y se hace un diagnóstico preliminar de los deterioros que presentan, con objeto de dar una recomendación general para su reparación, basada en el siguiente criterio de carácter cualitativo:

<u>DESCRIPCION DE DETERIOROS</u>	<u>TIPO DE CONSERVACION REQUERIDA</u>
Agrietamiento incipiente, superficie lisa, deformaciones ligeras, desprendimiento de agregados, etc. de severidad muy ligera a moderada	Conservación normal.- Bacheo superficial, calafateo de grietas, riegos de sello aislado, etc.
Baches por inestabilidad, aislados, corrugaciones, desprendimientos (calavareo y en general deformaciones o agrietamientos severos.	Rehabilitación.- Bacheo de caja, -renivelaciones, sobrecarpetas delgadas, riegos de sello continuos, etc.
Deformaciones, agrietamientos y desprendimientos muy severos; inestabilidad generalizada (arriñonamiento), roderas extensas, ondulaciones muy molestas al tránsito, - etc.	Reconstrucción del tramo.- Reestructuración integral, refuerzos con sobrecarpetas gruesas previo bacheo de caja y renivelación, etc.

En función de la zonificación y diagnóstico preliminar, se programan los estudios de campo y laboratorio que se requieren y que se describen a continuación.

VIII. ESTUDIOS DE CAMPO Y LABORATORIO

8.1 Introducción

Cuando se trata de evaluar pavimentos ya construidos es indispensable conocer las características físicas de los materiales que los forman, así como las del subsuelo que sustenta a la estructura.

Por otra parte, para rehabilitar un pavimento, es necesario el empleo de materiales pétreos, debido a lo cual es necesario localizar y estudiar los bancos cercanos al camino en estudio que sean factibles de utilizar.

8.2 Estudio de Campo

En cada tramo se procederá a la ejecución de los trabajos que permitan obtener los espesores y la calidad de los materiales de la estructura del pavimento; se harán exploraciones que pueden ser calas, pozos a cielo abierto o trincheras. La elección dependerá del tipo de información que se requiera.

Las calas, son pequeñas excavaciones que nos permiten conocer los espesores y el tipo de materiales que integran la carpeta, base y algunas veces la capa subyacente. Si se corta la carpeta con máquina extractora de corazones y se amplía la excavación, podrá determinarse el peso volumétrico y el contenido de agua, en la capa de base y en la capa subyacente.

Las calas se utilizan para obtener información que normalmente completa a la recabada en pozos a cielo abierto.

Se recomienda realizarlas aproximadamente a cada kilómetro y queda a juicio del ingeniero el número y localización de ellas, dependiendo de las características del camino.

Los pozos a cielo abierto, permiten llegar hasta el terreno natural y determinar en cada una de las capas -- que forman la estructura del pavimento el valor relativo de soporte en el lugar o bien ejecutar una prueba de placa; además, se pueden determinar el peso volumétrico y el contenido de agua en el lugar, así como obtener muestras representativas, para su ensaye en el laboratorio, se recomienda hacer un pozo por cada tramo homogéneo; en los tramos considerados como problemáticos, deben hacerse como mínimo dos pozos.

Trincheras

Estas excavaciones se efectuarán sólo en casos muy -- especiales, que serán definidos por el Ingeniero, Consisten en excavaciones transversales al eje del camino que se utilizan para efectuar observaciones directas, hacer pruebas en el lugar y tomar muestras alteradas o inalteradas.

8.3 Pruebas de Campo y de Laboratorio.

Tanto las pruebas de campo como las de laboratorio -- que se apliquen para conocer las características de los materiales que integran la estructura del pavimento, deberán cumplir con las normas vigentes de la S.C.T.

Se recomienda determinar el valor relativo de soporte del material del cuerpo de terráplen y en la capa subrasante en el lugar; de no ser posible, se deben realizar ensayos de valor relativo de soporte en el laboratorio, utilizando de preferencia muestras " inalteradas " o reproduciendo las condiciones de campo, empleando muestras alteradas.

Para definir el valor relativo de soporte crítico que interviene en el diseño de espesores de pavimento, se analizan estadísticamente los datos obtenidos en las pruebas anteriores. El valor final lo define el ingeniero de acuerdo a su criterio.

8.4 Estudio de bancos de materiales.

Para el estudio de bancos de material se puede recurrir al catálogo nacional de bancos de materiales y a las normas de las S.C.T.

8.5 Análisis de resultados.

Es importante concentrar toda la información de espesores y calidades de los materiales que forman el pavimento, en tablas y gráficas que permitan la interpretación de conjunto (Ver figuras)

De las conclusiones derivadas de su análisis, se podrán inferir las causas probables de fallas y detectar las deficiencias estructurales al comparar con el resto de la información de la evaluación.

IX. EVALUACION ESTRUCTURAL

9.1 Introducción.

La evaluación estructural del pavimento de subtramo homogéneo permitirá juzgar si la estructura actual es capaz de soportar el tránsito de diseño previsto, o si existe una deficiencia estructural que justifique una reestructuración o un refuerzo, en cuyo caso el resultado de la evaluación permitirá estimar los espesores fallantes.

9.2 Método del Instituto de Ingeniería.

Se revisará la estructura del pavimento en la siguiente forma:

- a) Se revisará cada una de las capas que constituyen la estructural del pavimento actual.
- b) Para lo anterior se determinará la altura de material necesaria arriba de la capa que se revise. Se utilizará el tránsito equivalente futuro a partir del momento en que se haga la evaluación y la gráfica de diseño de la figura 9.2.1.
- c) Se comparará la altura determinada en (b) con la altura de material existente y se determinará si se requiere un refuerzo, simplemente como la diferencia entre ambas alturas.
- d) Se escogerá como refuerzo necesario a la máxima diferencia determinada en (c) para cada una de las capas revisadas.
- e) Se emplearán los VRS de cada capa determinados en el lugar. En caso de que no se cuente con estos datos se procederá a determinar un VRS de diseño por alguno de los métodos indicados en el capítulo VIII.

- f) Se efectuarán los cálculos anteriores suponiendo factores de equivalencia igual a 1 para todas las capas estabilizadas mecánicamente (o compactadas).

En la carpeta asfáltica los factores de equivalencia se escogerán entre los de la tabla 8.1 que se presenta a continuación:

TABLA 8.1: FACTORES DE EQUIVALENCIA PARA CORREGIR ESPESORES - ACTUALES DE CARTAS ASFALTICAS.

Carpeta de concreto asfáltico en buen estado.	1.8 - 2.0
Carpeta de concreto asfáltico - en regular estado.	1.0 - 1.8
Mezcla asfáltica en el lugar en buen estado.	1.0 - 1.3
Concreto asfáltico o mezcla severamente dañada según el catálogo.	0 (la carpeta debe desecharse).

9.3 Método por deflexiones.

Las mediciones de rebote elástico (capítulo IV) -- según el procedimiento general del Instituto del Asfalto permiten definir el valor de la Deflexión Característica para fines de evaluación y diseño estructural de los pavimentos en subtramos homogéneos de carretera. Por lo anterior, es posible:

- Evaluar la capacidad estructural remanente.
- Diseñar espesores de sobrecarpeta por deflexiones, mediante el procedimiento que se describe a continuación y con referencia a las figuras 9.3.1 ; 9.3.2 anexas.

A) Evaluación de la capacidad estructural remanente.

Muchos factores externos intervienen en la evolución de la condición superficial de los pavimentos. Por esta razón, cualquier método para estimar la vida remanente de los pavimentos dará solamente una indicación general. Sin embargo, se considera que esta estimación puede constituir una herramienta muy útil para la planeación de trabajos de rehabilitación futuros, sobre todo si el subtramo de carretera se evaluó cada 2 ó 3 años para verificar la estimación y establecer la tendencia del comportamiento.

Para estimar el tiempo requerido por un pavimento antes de necesitar una sobrecarpeta, deberán seguirse los siguientes pasos:

1. Determinar la deflexión representativa de rebote (deflexión característica).
2. Obtener el tránsito remanente (CEEr) en ejes equivalentes, utilizando la curva de diseño de la figura y considerando el valor de la Deflexión Característica igual al de la Deflexión de rebote de diseño (DRD).
3. Determinar el número de vehículos de cada tipo por el año en que se efectúa la evaluación.
4. Multiplicar el número de vehículos de cada tipo por el Factor de Carga que corresponda. (fig. 9.3.1). Se obtendrá el número de repeticiones de carga de eje equivalente (CEE_d).
5. Sumar los productos y dividir el CEEr entre CEE_d, para obtener un Factor de Crecimiento.
6. Estimar la tasa de crecimiento anual del tránsito.
7. Determinar el período de diseño para el Factor de Crecimiento obtenido, utilizando la columna de la tasa de Crecimiento de la fig. 5.3.2 . El período de Diseño es el número de años que se estima serán requeridos antes de necesitarse una sobrecarpeta (Ver fig. 5.3.2).

Ejemplo: Con los datos de tránsito del ejemplo desarrollado y una deflexión característica de 0.040 pulg.; se -- obtiene lo siguiente:

- 1.- Deflexión característica = 0.040 pulg.
- 2.- CEE_r = 700,000 (de la fig.9.3.1).
- 3.- Análisis de tránsito.

<u>Tipo de Vehículos</u>	<u>No. de Vehículos</u> (1)	<u>Factor de carga</u> (2)	<u>CEE_d (1x2)</u> (3)
A'2	157,680	0.02	3154
C2 y B2	289,080	0.21	60707
C3	157,680	0.73	115106
T3 - S2	118,260	0.95	112347
			<u>291,314</u>

- 4.- CEE_d = 291,314
- 5.- Factor de Crecimiento: $\frac{CEE_r}{CEE_d} = \frac{700,000}{291,314} = 2.4$
- 6.- Tasa de Crecimiento del tránsito: 5% anual.
- 7.- Número de años estimados antes de requerirse Sobrecar-perta = 2.5 (fig.5.3.2).

B) DISEÑO DE SOBRECARPETAS POR DEFLEXIONES.

Para determinar el espesor de sobrecarpetas, deberán seguirse los pasos siguientes:

- 1.- Obtener la Deflexión Característica, tal como se explica en el Apéndice 2.
- 2.- Estimar el tránsito de diseño o el número de repeticiones de Carga de Eje equivalente (CEE_d), por el procedimiento explicado en el capítulo VI.
- 3.- Entrar en la gráfica de diseño de la Figura 9.3.2 con la Deflexión Característica del paso 1, subir verticalmente hasta la curva que represente el CEE_d determinado en el paso 2 (interpolando de ser necesario). Continuar horizontalmente hasta la escala " Espesor de Sobrecarpeta " y leer el espesor requerido.

Ejemplos:

- a) Diseñar el espesor de sobrecarpeta para una carretera de 4 carriles. El TDPA (8,000 Vehículos), la distribución vehicular, el periodo de diseño y la tasa de crecimiento anual, son los del ejemplo del capítulo VI y resultan en un $CEE_d = 6'286,552$. La deflexión característica es la del Apéndice 2 ($c = 0.056$ pulg.). De la figura 9.3.2 resulta un espesor de sobrecarpeta requerido de 13 Cm.
- b) Diseñar el espesor de sobrecarpeta para la carretera del anterior ejemplo, considerando un tránsito de la mitad ($CEE_d = 3'150,000$) y el mismo valor de la deflexión característica. De la misma Figura 9.3.2 se obtiene un espesor de sobrecarpeta de 11 Cm.

Los ejemplos muestran cómo afecta el tránsito los requerimientos de sobrecarpetas, para el mismo valor de la deflexión característica.

X. APLICACION DE UN CASO REAL

Como anteriormente se a mencionado en los capítulos, los pasos y procedimientos a seguir para llegar a obtener una estructura o refuerzo sobre un camino ya existente, que en la actualidad o cuando se hace su estudio resulta que este ya se encuentra en mal estado por tal motivo en este capítulo se pone el ejemplo:

Haciendo cálculos y procedimientos por el Método del Instituto de Ingeniería, Método de Deflexiones ó del Asfalto.

Para este ejemplo se anexarán tablas gráficas, para que se observe de donde se obtienen los datos.

Carretera : Chilpancingo - Acapulco

T r a m o : Chilpancingo - Xaltianguis

Subtramo : Del Km. 82+000 al Km. 92+000

Origen : Chilpancingo, Gro.

En base a la información proporcionada por la residencia General de Conservación del Estado de Guerrero.

El tránsito diario promedio anual esperando para 1994 es de 2,828 vehículos circulando en ambos sentidos compuesto por:

A= 40.0 % A'2 = 18.0 % B2= 16.0 % C2= 10.0 %

C3= 4.0 % T2S2= 4.0 % y T2-S1= 8.0 %

Y una tasa de crecimiento anual de tránsito del 6 %.

Antecedentes.

Esta carretera fúe construida a finales del año de 1950 - contando hasta la fecha con 44 años.

Trabajos de Conservación.

Se han realizado bacheo y calaverco, renivelaciones aisladas y colocación de sobre carpeta además de los trabajos de - conservación de rutina.

Localización.

El camino en cuestión se localiza en el extremo surponiente del Estado de Guerrero y norte del Municipio de Acapulco, - teniendo su origen en la Ciudad de Chilpancingo, Gro. Con -- una longitud parcial del tramo de 10.0 Km., comprendido del - Km. 82+000 al Km. 92+000, dicho subtramo se encuentra comprendido entre los paralelos 17° 02' y 17° 02' de latitud norte y los meridianos 99° 42' y 99° 46' de longitud oeste.

Topografía.

El subtramo en cuestión se aloja en terrenos que varían de lomerío fuerte a montañoso, con elevaciones máximas comprendidos entre los 480 y 1280 mmam., correspondientes al Cerro de Vigía y Cerro del Pito respectivamente.

Geología.

La geología de la zona está formada superficialmente por - suelos de tipo residual producto de la descomposición del gr nito, dando origen a suelos arenosos denominados localmente - con el nombre genérico de " Tucuruquay " de diversos espesores con la presencia de afloramiento de granito con diversos grados de alteración en las zonas de corte.

Clima.

El clima de la región según el sistema Köppen Geiger modificado, corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw (w), con temperatura del mes más caluroso mayor de 22° y una precipitación media anual de 1336.1 mm.

Sistema natural de Drenaje.

Está conformado por una red bien definida de escurrimiento de tipo intermitente. Existiendo obras tales como alcantarilla cunetas, contracunetas, dichas obras requieren de un mantenimiento como desazolve.

Características Geométricas.

Cuenta con un sólo cuerpo de un ancho de corona en promedio de 9.0 Mts., con dos sentidos de circulación y un ancho de calzada de 7.0 Mts; 1.0 Mts. de acotamiento en ambos sentidos; -- 3.5 Mts. de ancho por carril, contando adicionalmente con algunos accesos a nivel que dan servicio a paraderos de autobuses urbanos.

Sondeos de Identificación.

Con el objeto de visualizar las condiciones actuales de la estructura del pavimento, fueron programados y ejecutados 20 sondeos, en los cuales se determinaron: Su espesor, humedad, y peso volumétrico " IN SITU ", además de la obtención de muestras alteradas representativas, las cuales fueron trasladadas al laboratorio para la realización de los siguientes ensayos:

- A) Granulometría por mallas.
- B) Límites de consistencia.
- C) Peso específico seco suelto.
- D) Peso específico seco máximo.
- E) Humedad natural.
- F) VRS estandar saturado.
- G) Equivalente de arena.
- H) Valor cementante, etc.

Con los datos antes mencionados, podremos saber que espesores tiene la estructura actual y con los valores relativos de soporte obtenidos podremos calcular la nueva estructura para el mejoramiento del camino.

A continuación se presentan los formatos con los datos obtenidos en el levantamiento de: Calificación Actual, determinación -- del tipo de fallas existentes, relación de fotos que se tomaron -- con sus causas probables.

Construcontrol, S. A.		SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS DIRECCION TECNICA SUBDIRECCION DE PROYECTOS					
		C A L I F I C A C I O N A C T U A L					
ENTIDAD FEDERATIVA:		OBSERVADOR:					
CARRETERA: CHILPANCINGO - ACAPULCO		TRAMO: CHILPANCINGO-XALTIANGUIS					
SUBTRAMO: Del Km 82+000 al Km 92+000		ORIGEN: CHILPANCINGO, GRO.					
CUERPO UNICO XXXXX		DERECHO IZQUIERDO XXXXX					
C A L I F I C A C I O N E S							
DE KILOMETRO	A KILOMETRO	O B S E R V A D O R					PROMEDIO
		1	2	3	4	5	
82+000	83+000	2.0	1.5	2.5	2.0	2.0	2.0
83+000	83+450	2.5	2.0	2.0	3.0	2.5	2.5
83+450	84+000	2.5	2.0	2.5	2.5	2.5	2.4
84+000	85+000	2.0	2.0	2.5	2.0	2.5	2.2
85+000	86+000	2.0	1.5	2.0	2.5	1.5	1.9
86+000	87+000	1.5	1.0	2.0	1.5	2.0	1.6
87+000	88+000	3.5	3.0	2.0	2.5	2.5	2.7
88+000	89+000	3.0	3.5	3.0	3.0	2.5	3.0
89+000	90+000	3.5	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0
90+000	91+000	2.5	2.0	3.0	2.5	2.5	2.5
91+000	92+000	2.0	1.5	2.0	2.5	2.0	2.0

Construcontrol, S. A.		SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS DIRECCION TECNICA SUBDIRECCION DE PROYECTOS					
		C A L I F I C A C I O N A C T U A L					
ENTIDAD FEDERATIVA:		OBSERVADOR:					
CARRETERA: CHILPANCINGO - ACAPULCO		TRAMO: CHILPANCINGO-XALTIANGUIS					
SUBTRAMO: Del Km 82+000 al Km 92+000		ORIGEN: CHILPANCINGO, GRO.					
CUERPO UNICO	XXXXX	DERECHO	XXXXX	IZQUIERDO			
C A L I F I C A C I O N E S							
DE KILOMETRO	A KILOMETRO	O B S E R V A D O R N o.					PROMEDIO
		1	2	3	4	5	
82+000	83+000	2.5	2.0	2.0	3.0	2.5	2.4
83+000	83+450	2.0	1.5	2.0	2.5	2.0	2.0
83+450	84+000	3.0	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5
84+000	85+000	3.0	2.0	2.5	2.0	2.5	2.4
85+000	86+000	2.5	2.0	1.5	2.0	2.0	2.0
86+000	87+000	2.0	1.5	2.0	2.0	2.0	1.9
87+000	88+000	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	1.7
88+000	89+000	1.5	1.0	2.0	1.5	2.0	1.6
89+000	90+000	2.0	2.5	3.0	2.5	2.0	2.4
90+000	91+000	1.5	1.0	2.0	1.5	2.0	1.6
91+000	92+000	1.0	1.0	1.5	2.0	1.5	1.4

CAMINO CIBELPANCINGO - ACAPULCO
 TRAMO CIBELPANCINGO - XALTANGUEN
 SUBTRAMO DEL KM 82+000 A KM 92+000
 ORIGEN CIBELPANCINGO GRO

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
 SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS

DIRECCION TECNICA
 SUBDIRECCION DE PROYECTOS

CLASIFICACION GENERAL DEL TRAMO	EXCELENTE	5																				
	MUY BUENO	4																				
	BUENO	3																				
	REGULAR	2																				
	MALO	1																				
	MUY MALO	0																				
	INTRANSITABLE	0																				

CUERPO UNICO	CARRIL IZQUIERDO	TRAMO	DE	92+000	91+000	90+000	89+000	88+000	87+000	86+642	86+000	85+000	84+000	83+000	82+000
A				91+000	90+000	89+000	88+000	87+000	86+642	86+000	85+000	84+000	83+000	82+000	

ESCALA DE DAÑOS	OBSERVADOS	T O LONGITUDINAL I R TRANSVERSAL P I POLIEDRICA (7.5 cm APROX.) O E POLIEDRICA (15 cm APROX.) T EN FORMA DE MAPA (> 30 cm) D A MENOR QUE 0.3175 CM (1/8") E S MENOR QUE 0.635 CM (1/4") MAYOR QUE 0.635 CM (1/4")																				
			DESPRENDIMIENTO LOCAL DESPRENDIMIENTO GENERAL DEFORMACION TRANSV MARCADA DEFORMACION LONGITUDINAL ASENTAMIENTO SUBRASANTE BACHEO SUPERFICIAL BACHEO PROFUNDO RUGOSIDAD SUPERFICIAL																			
0 - NINGUNO																						
1 - MENOR																						
2 - MODERADO																						
3 - MAYOR																						
4 - SEVERO																						

OBSERVACIONES (DRENAJE)

CRECIMIENTO DE HERBA ENTRE CARPETA Y CUNETA

OBSERVACIONES

RELACION DE FOTOS DEL KM 82+000 AL KM 92+000
CIBILPANCINGO - XALTANGUIS

TRAMO KM	SENTIDO	CUERPO UNICO	TIPO DE DAÑO	MANIFESTACION	FOTO No.	CAUSAS
82+000	A Y B	X			1	VISTA PARCIAL DEL INICIO DEL SUBTRAMO, VISTA HACIA XALTANGUIS.
82+600	A	X	DESPRENDIMIENTO	BACHEO SUPERFICIAL	2	DESINTEGRACION LOCALIZADA, BAJO ESPESOR DE CARPETA
82+795	B	X	DEFORMACION	ASENTAMIENTO LONGITUDINAL	3	EXCESO DE CARGA, TRANSITO INTENSO
83+115	A	X	ROTURA	AGRIETAMIENTO PIEL DE COCODRILO	4	DEBILIDAD ESTRUCTURAL, FATIGA ENVEJECIMIENTO
83+126	A	X	DESPRENDIMIENTOS	DESINTEGRACION	5	ENVEJECIMIENTO Y FATIGA
83+563	A	X	VARIOS	ASOLVE DRENAJE SUPERFICIAL	6	FALTA DE OPORTUNIDAD DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
83+608	A Y B	X	DEFORMACIONES	ASENTAMIENTO LONGITUDINAL	7	EXCESO DE CARGA, SOLICITACIONES SUPERIORES A LAS DE DISEÑO, DRENAJE O SUBDRENAJE DEFICIENTE, CANALIZACION DEL TRANSITO
83+651	B	X	DESPRENDIMIENTOS	BACHEO SUPERFICIAL, GRIETAS - PIEL DE COCODRILO	8	DESINTEGRACION LOCALIZADA POR EL TRANSITO, DEBILIDAD DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, FATIGA, ENVEJECIMIENTO
83+728	B	X	DESPRENDIMIENTOS	DESPRENDIMIENTO DE SELLO	9	DOSIFICACION INADECUADA DEL LIGANTE, MALA ADHERENCIA EN CAPAS SUBYACENTES.
83+790	B	X	DESPRENDIMIENTOS	ASENTAMIENTO LONGITUDINAL	10	CANALIZACION DEL TRANSITO, PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION INADECUADOS, DRENAJE DEFICIENTE.
83+925	A	X	ROTURA	AGRIETAMIENTO PIEL DE COCODRILO	11	ENVEJECIMIENTO, FATIGA, DESINTEGRACION LOCALIZADA, CANALIZACION DEL TRANSITO
84+325	A	X	DEFORMACIONES	ASENTAMIENTO TRANSVERSAL	12	COMPACTACION INADECUADA, CARGAS EXCESIVAS O SUPERIORES A LAS DE DISEÑO
85+322	A Y B	X	DESPRENDIMIENTOS	IDENTACION	13	HUELLAS DE TRACTORES O EQUIPO PESADO DE CONSTRUCCION
85+366	A Y B	X	DEFORMACIONES	ESCALON ENTRE CARPETAS	14	TRABAJOS NO CONCLUIDOS YA QUE HAY DIFERENCIAS DE ESPESORES.

**RELACION DE FOTOS DEL KM 82+000 AL KM 92+000
CHILPANCINGO - XALTANGUIS**

TRAMO KM	SENTIDO	CUERPO UNICO	TIPO DE DANO	MANIFESTACION	FOTO No.	CAUSAS
88+207	II	X	DESPRENDIMIENTOS	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	15	FALTA DE AFINIDAD CON EL ASFALTO
88+420	B	X	VARIOS	EXPULSION DE FINOS	16	ACUMULACION DE AGUA LIBRE EN CAPAS SUBYACENTES, ACCION DEL TRANSITO PESADO.
88+465	A Y B	X	DEFORMACIONES	RUIDERA O CANALIZACION LONGITUDINAL.	17	CARPETA MAL COMPACTADA, BAJA ESTABILIDAD DE LA CARPETA.
89+380	II	X	DEFORMACIONES	RUIDERAS Y CANALIZACION LONGITUDINAL.	18	ASENTAMIENTO DE CARPETA MAL COMPACTADA, BAJA ESTABILIDAD DE LA CARPETA.
89+400	A Y B	X	ROTURA	AGRIETAMIENTO PIEL DE CUCO DRENO	19	ENVEJECIMIENTO, FATIGA, DESINTEGRACION LOCALIZADA, CANALIZACION DEL TRANSITO.
89+961	A Y B	X	VARIOS	TRABAJOS DE APLICACION DE SELLO	20	PROTECCION APARENTE A TODAS LAS FALLAS QUE SE ENCUENTRAN A TRAVES DEL SUPERFICIO.
89+980	A	X	ROTURA	GRIETAS PIEL DE CUCO DRENO, BACHES SUPERFICIALES	21	FATIGA, ENVEJECIMIENTO, FIN DE VIDA UTIL, DEBILIDAD DE LA ESTRUCTURA.
91+200	A Y B	X	DESPRENDIMIENTOS	BACHES SUPERFICIALES, DESPRENDIMIENTO DE CARPETA	22	DESINTEGRACION LOCALIZADA POR EL TRANSITO, DEBILIDAD DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, FATIGA Y ENVEJECIMIENTO.

TABLA PARA EL CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE
EJES SENCILLOS DE EQUIVALENTES 8.2 TONELADAS

CARRETERA : Chilpancingo - Atapulco		TRAMO: Del km 52-800 al km 92-000									
T.D.F.A. (1944) 2.825		COMPOSICION : A ₁ 40.0 A ₂ 15 B ₁ 16 C ₁ 10 C ₂ 4 T ₁ S ₁ 9 T ₁ S ₂ 4 T ₂ S ₁ T ₂ S ₂									
TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHICULOS EN AMBOS LADOS	Nº DE VEHICULOS EN EL CARRIL DE PROYECTO	COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO				NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS				
			Z=0 cms	Z=15 cms	Z=30 cms	Z=40 cms	Z=0 cms	Z=15 cms	Z=30 cms	Z=30 cms	
A ₂	1132	566	0.004	0.000	0.000	0.000	2.3	0.0	0.0	0.0	
A ₂	509	254.5	0.536	0.064	0.023	0.015	136.4	16.3	5.8	3.8	
B ₂	452	226	2.000	1.495	1.589	1.701	452	337.9	359.1	364.4	
C ₂	285	141.5	2.000	1.495	1.589	1.701	283	211.5	224.8	240.7	
C ₃	113	56.5	3.000	1.876	1.178	1.180	169.5	106.0	66.6	65.5	
T ₂ -S ₁	226	113	3.000	2.729	3.072	3.331	339.0	308.4	347.1	376.4	
T ₂ -S ₂	113	56.5	4.000	3.110	2.661	2.750	226.0	175.7	150.3	157.63	
TOTAL		1414.00	Término equivalente inicial =				1608.20	1155.80	1153.70	1228.43	

No de carriles en ambas direcciones	Coefficiente de distribución para el carril de proyecto (%)
2	50
4	40-50
6 o más	30-40

Const. de distribución por carril 0.50

Años de servicio, n = 15 Tasa de crecimiento anual, c = 6.0 %

Coefficiente de acumulación del tránsito, C = 8.49573

Tránsito acumulado' $\sum Ln_1 \cdot CT$, 1.36×10^7 $\sum Ln_2 \cdot CT$, 9.81×10^6

$(1+c)^n - 1$ $\sum Ln_3 \cdot CT$, 9.79×10^6 $\sum Ln_4 \cdot CT$, 1.04×10^7

C = 365

TABLA 1

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



3 00 m.

A2 Automóvil

Caminos A/R/C	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente dano bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+ Carga máxima	Vacio		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
	1*	1.0	0.8	2.0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
2*	1.0	0.8	2.0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	
3	2.0	1.6		0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	

* Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D.F., 1978

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

Fig E.1



390 m.

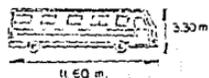
A' 2 Camión ligero, con capacidad de carga hasta de 3 ton

Camión	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente dano bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+ Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
					1*	2*	3	4	5	6	7	8
A, B, C	1*	1,7	1,3	4,6	0,268	0,003	0,000	0,000	0,268	0,001	0,000	0,000
	2*	3,8	1,2	4,6	0,268	0,061	0,023	0,015	0,268	0,001	0,000	0,000
	Σ	5,5	2,5		0,536	0,064	0,023	0,015	0,536	0,002	0,000	0,000

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D.F., 1978

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

Fig E-2



82 Autobús de dos ejes

Camión	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+ Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
V	1*	5.5	3.5	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.079	0.001	0.010
	2*	10.0	7.0	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.679	0.501	0.433
	Σ	15.5	10.5		2.000	1.890	2.457	2.939	2.000	0.757	0.502	0.433
II	1*	5.0	3.5	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.079	0.001	0.010
	2*	9.0	6.5	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.338	0.339	0.292
	Σ	14.0	10.0		2.000	1.495	1.589	1.701	2.000	0.617	0.360	0.302
C	1*	4.0	3.0	5.8	1.000	0.126	0.002	0.021	1.000	0.044	0.009	0.004
	2*	8.0	6.0	5.8	1.000	0.944	0.900	0.878	1.000	0.448	0.249	0.190
	Σ	12.0	9.0		2.000	1.010	0.902	0.899	2.000	0.492	0.258	0.194

* Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D.F. 1976.

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

Fig E.3



C2 Camión de dos ejes

	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+ Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
Camión A	1*	5.5	3.5	5.8	1.000	0.349	0.167	0.114	1.000	0.079	0.019	0.010
	2*	10.0	3.0	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.041	0.009	0.004
	Σ	15.5	6.5		2.000	1.890	2.457	2.939	2.000	0.123	0.028	0.014
Camión B	1*	5.0	3.0	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.044	0.009	0.004
	2*	9.0	3.0	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.044	0.009	0.004
	Σ	14.0	6.0		2.000	1.495	1.589	1.701	2.000	0.088	0.018	0.008
Camión C	1*	4.0	2.5	5.8	1.000	0.126	0.036	0.021	1.000	0.022	0.003	0.002
	2*	8.0	2.5	5.8	1.000	0.944	0.900	0.878	1.000	0.022	0.003	0.002
	Σ	12.0	5.0		2.000	1.070	0.936	0.899	2.000	0.044	0.006	0.004

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D.F., 1978.

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

Fig E.6



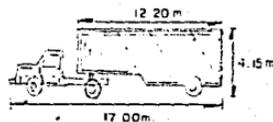
C3 Camión de tres ejes

Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente dano bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío				
	+ Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
Camión A	1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2*	18.0	4.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.028	0.003	0.002
	Σ	23.5	8.5		3.000	2.817	2.457	2.940	3.000	0.154	0.039	0.023
Camión B	1*	5.0	3.8	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.106	0.028	0.016
	2*	15.0	4.2	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.021	0.002	0.001
	Σ	20.0	8.0		3.000	1.876	1.178	1.160	3.000	0.127	0.030	0.017
Camión C	1*	4.0	3.5	5.4	0.666	0.107	0.034	0.021	0.666	0.068	0.018	0.010
	2*	14.0	4.0	5.4	1.333	1.083	0.722	0.735	1.333	0.015	0.002	0.001
	Σ	18.0	7.5		1.999	1.190	0.756	0.756	1.999	0.083	0.020	0.011

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D.F., 1978.

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

Fig E.7



T2 - 51

Tractor de dos ejes con
semirremolque de un eje

Camión	Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente daño bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de daño vacío			
		+ Carga máxima	Vacio		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60
A	1*	5.5	3.2	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.057	0.012	0.006
	2*	10.0	3.4	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.071	0.016	0.009
	3**	10.0	3.4	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.071	0.016	0.009
	Σ	25.5	10.0		3.000	3.431	4.747	5.759	3.000	0.199	0.044	0.024
B	1*	5.0	3.0	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.044	0.009	0.004
	2*	9.0	3.0	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.044	0.009	0.004
	3**	9.0	3.0	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.044	0.009	0.004
	Σ	23.0	9.0		3.000	2.729	3.072	3.331	3.000	0.132	0.027	0.012

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización de/
Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la ley de
Vías Generales de Comunicación. SCT", México, D.F. 1978.

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

Fig E.9



Tractor de dos ejes con
semirremolque de dos ejes

T2 - S2

98

Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente dano bajo carga máxima				d _v = Coeficiente de dano vacío				
	+ Carga máxima	Vacio		z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	z = 0	z = 15	z = 30	z = 60	
Caminón A	1*	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
	2*	10.0	3.5	5.8	1.000	1.341	2.290	2.820	1.000	0.079	0.019	0.010
	3**	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001
	Σ	33.5	11.5		4.000	4.358	4.747	5.760	4.000	0.222	0.057	0.032
Caminón B	1*	5.0	3.4	5.8	1.000	0.261	0.106	0.071	1.000	0.071	0.016	0.009
	2*	9.0	3.4	5.8	1.000	1.234	1.483	1.630	1.000	0.071	0.016	0.009
	3**	15.0	3.7	5.8	2.000	1.615	1.072	1.089	2.000	0.012	0.001	0.001
	Σ	29.0	10.5		4.000	3.110	2.661	2.790	4.000	0.154	0.033	0.019

* Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D.F., 1976.

- * EJE SENCILLO
- ** EJE TANDEM
- *** EJE TRIPLE

Fig E.10

1.- Obtención del Valor Relativo de Soporte Crítico.

De los resultados de laboratorio obtuvimos los (VRS) en la capa de subrasante de los 20 sondeos, son los siguientes:

VRS = 18; 19; 28; 21; 26; 20; 19; 17; 8; 9; 15; 12; 12; 10; 11; 15; 18; 12; 9; 13.

Con estos datos obtenidos el VRS medio ($\overline{\text{VRS}}$)

$$\overline{\text{VRS}} = 15.60$$

Para poder diseñar la estructura o refuerzo necesario sobre la capa subrasante en Grava Equivalente (G.E.) mediante la siguiente expresión determinamos el VRS crítico ($\widehat{\text{VRS}}$)

$$\widehat{\text{VRS}} = \overline{\text{VRS}} (1 - 0.84V)$$

dónde:

$\overline{\text{VRS}}$ = Valor relativo de soporte medio

V = Coeficiente de variación del VRS en el campo.

1 y 0.84 = constantes

$$V = \frac{\text{Desviación Estandar del VRS}}{\text{Media del VRS}} = \frac{\sqrt{\quad}}{\bar{X}}$$

$$V = \frac{\sqrt{\quad}}{\bar{X}} = \frac{5.57}{15.60} = 0.357$$

Entonces:

$$\widehat{\text{VRS}} = 15.60 (1 - (0.84)(0.357))$$

$$\widehat{\text{VRS}} = 15.60 (0.700) = \underline{10.92}$$

Ya obtenidos los resultados de:

$$\widehat{VRS} = 10.92$$

Los Ejes Equivalentes acumulados como anteriormente se menciona, los cálculos se harían para la capa de subrasante equivalente a $Z=30$ por lo tanto el resultado es igual a 9.79×10^6 , obtenidos en la tabla anterior y de las Fig. E1,E2,E3,E6,E7,E9,E 10

Con estos dos datos entramos a la gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible, para este caso con un nivel de confianza ($Q_u = 0.9$) Fig. 9.2.1

Con lo cual obtenemos un refuerzo de 50 Cm. de G.F. arriba de la subrasante.

Estructura Existente



Para todas las capas de la estructura existente se toma un factor de grava equivalente igual a 1

Las capas nuevas dependiendo lo que se sugiera para su reforzamiento se usan los siguientes factores de grava equivalente.

Carpeta Asfáltica	= 2.0
Base Asfáltica	= 1.5
Base Estabilizada	= 1.3
Materiales Granulares	= 1.0

Estructura Existente.

Carpeta asfáltica	de	10 Cm. x 1.0	=	10.0 Cm.
Base Hidráulica		10 Cm. x 1.0	=	10.0 Cm.
Sub - Base		15 Cm. x 1.0	=	<u>15.0 Cm.</u>
				35.0 Cm. de G.E.

De acuerdo a los sondeos se determino que tanto la capa de sub-base como la base cumplen con las normas de la S.C.T., por lo cual no es necesario tocar estas capas para la nueva estructura, por lo tanto se sugiere de la siguiente manera:

Estructura Propuesta

50 Cms. G.E.		<u>Carpeta Asfáltica</u>	<u>1.12</u>	Cms.
		<u>Base estabilizada</u>	<u>0.13</u>	Cms.
		<u>Base</u>	<u>1.0</u>	Cms.
		<u>Sub - base</u>	<u>1.15</u>	Cms.
		<u>Subrasante</u>		

Fresado de 10 Cms. de carpeta existe para formar una base estabilizada con cemento portland con un 6 %

$$10 \text{ Cm.} \times 1.3 = 13 \text{ Cm. G.E.}$$

Construir una carpeta asfáltica de 6 Cms.

$$6 \text{ Cm.} \times 2.0 = 12 \text{ Cm. G.E.}$$

Método de Deflexiones o Del Asfalto

Por este método se requiere realizar mediciones con Viga -- Benkelman en este ejemplo se realizo a cada 20 Mts. mediciones en tramos homogéneos de 500 Mts., tanto para dirección Chilpancingo - Acapulco y Viceversa.

Se explicará la metodología para el cálculo de los datos obtenidos.

Columna 1.

-Es el Km. donde se realizarán las mediciones.

Columna 2.

Rodada ya sea exterior o interior donde se coloque la viga Benkelman.

Columna 3.

Temperatura tomada sobre la carpeta existente en el momento de estar realizando las mediciones.

Columna 4.

Lectura de entrada, tomada en el micrometro de Viga Benkelman.

Columna 5.

Lectura de salida se toma cuando el camión ya llego al siguiente punto donde se va a realizar la siguiente lectura.

Columna 6.

Es la diferencia de la lectura de entrada menos la lectura de salida.

Columna 7.

Es la multiplicación del resultado de la columna sexta por la relación de brazo que es $(r) = 2.0$

Columna 8.

Se obtiene multiplicando el resultado de la columna 7 por el factor de corrección por temperatura.

Con los datos de la columna 8, se calcula la media (\bar{x}) y la desviación estándar. (σ)

Estos son los datos obtenidos para este ejemplo:

$\bar{x} = 83.65; 92.46; 76.00; 84.19; 88.00; 92.15; 80.88; 98.76; \dots$
 $69.19; 83.69; 92.15; 79.15; 80.73; 86.07$

$$\bar{x} = 84.78$$

$\sigma = 27.57; 15.75; 16.72; 32.93; 32.41; 20.50; 34.48; 33.28; \dots$
 $33.44; 41.95; 20.50; 19.18; 23.43; 29.52$

$$\sigma = 27.26$$

$$\int c = (\bar{x} + 2 \sigma) c$$

$$\bar{x} = 84.78$$

$$\sigma = 27.26$$

$$c = 1.00$$

$$\int c = 84.78 + 2 (27.26) \quad c \ 1.0$$

$$\int c = 139.30 \text{ mm} \times 10^{-2} \text{ mm.}$$



ILUSTRACION DE VICA BENKELMAN

El siguiente cuadro presenta los resultados del análisis - del tránsito mediante el procedimiento del Instituto del Asfalto.

tipo de vehículos	No.de vehículos en el 1er.año (1) ***	factor de carga (2) **	factor de crecimiento (3) *	C E E (1x2x3) (4)
A'2 camión ligero - con cap.de carga - 3 ton., 2 ejes, 4 llantas.	92892.5	0.02	23.28	43250.75
2 ejes - 6 llantas (C2 y B2)	134137.5	0.21	23.28	655771.41
3 ejes o más (C3)	20622.5	0.73	23.28	350467.01
T2-S1 tractor de dos ejes con semirremolque de un eje	41245.0	0.48	23.28	460888.12
T2-S2 tractor de dos ejes con semirremolque de 2 ejes	20622.5	0.73	23.28	350467.01
			T O T A L:	1'860844.30

Dónde:

Número de vehículos en el primer año, se obtiene multiplicando - el numero de vehículos de cada tipo por el apropiado coeficiente de distribución por un año.

Factor de carga se obtiene de la Fig. No. 5.3.3

Factor de crecimiento de la Fig. No. 5.3.2

Para obtener el tránsito remanente (CEER) en ejes equivalentes se utilizaran la curva de diseño de la fig. 9.3.1, considerando el - valor de la deflexión de rebote de diseño (DRD) CEER = 160,000

Para obtener el número de repeticiones de carga de eje equivalente (CEEed) se multiplicará el número de vehículos de cada --- tipo por el factor de carga que corresponda según la fig. 5.3.3

Tipo de vehículo	No. de vehículos (1)	Factor de carga (2)	CEEed (1 x 2)
A'2	92892.5	0.02	1857.85
C2, B2	134137.5	0.21	28168.87
C3	20622.5	0.73	15054.42
T2-S1	41245.0	0.48	41245.48
T2-S2	20622.5	0.73	<u>15054.42</u>
T O T A L:			101381.04

$$CEEed = 101381.04$$

De donde determinamos:

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{CEEr}{CEEed} = \frac{160,000}{101,381}$$

$$\text{Factor de Crecimiento} = \underline{1.58} /$$

Tasa de Crecimiento de Tránsito 6 % anual

Número de años estimados antes de requerirse sobrecarpeta = 1.5

Diseño de Sobrecarpeta por Deflexiones

- 1.- Obtener deflexión característica .

$$f_c = 1.39 \text{ mm.}$$

- 2.- Estimar el tránsito de diseño ó el número de repeticiones - de carga de eje equivalente (CEEd)

$$CEE = 1860$$

- 3.- Entrar a la gráfica de diseño de la Fig.9.3.2 con la deflexión característica subir verticalmente hasta la curva que represente el CEEd, continuar horizontalmente hasta la escala Espesor de sobrecarpeta y leer el espesor requerido.

$$f_c = 1.39 \text{ mm.}$$

$$CEE = 1'860'840$$

$$\therefore \text{Espesor de carpeta} = 70 \text{ mm.}$$

XI. ANALISIS DE COSTOS
(PRECIOS UNITARIOS)

INTEGRACION DEL SALARIO REAL

DIAS NO LABORABLES EN EL AÑO

A)	Domingos	52.0000	
B)	Días Festivos	8.0000	
C)	Vacaciones	6.0000	
D)	Enfermedad	3.0000	
E)	Condiciones Climatológicas	15.0000	
F)	Por Tradición	<u>4.0000</u>	
	Subtotal	88.0000	88.0000 Días

Días Laborados en el año calendario = 365.2500 Días - 88.0000 Días = 277.2500 Días

DIAS PAGADOS AL AÑO

A)	Días Calendario	365.0000	
B)	Aguinaldo	15.0000	
C)	Prima Vacacional	<u>1.5000</u>	
	Subtotal	381.5000	Días

R E S U M E N

A) PARA EL SALARIO MINIMO

Días pagados por Ley	381.5000
Cotizado al I.M.S.S.	<u>89.5571</u>
	471.0571

B) PARA EL SALARIO MAYORES AL MINIMO

Días pagados por Ley	381.5000
Cotizado al I.M.S.S.	<u>72.3896</u>
	453.8896

A)	SOBRE REMUNERACIONES PAGADAS	1%			
	381.50 DIAS	1.0000 %	=	3.8150 DIAS	
B)	SOBRE NOMINA	2%			
	381.50 DIAS	2.0000 %	=	7.6300 DIAS	
C)	PARA EDUCACION	1%			
	381.50 DIAS	1.0000 %	=	3.8150 DIAS	
D)	PARA SEGURO DE RETIRO S.A.R.	2%			
	381.50 DIAS	1.0000 %	=	3.8150 DIAS	
E)	PARA IMPUESTO ESTATAL	2%			
	381.50 DIAS	1.0000 %	=	3.8150 DIAS	
F)	PARA INFONAVIT	5%			
	381.50 DIAS	5.0000 %	=	<u>19.0750</u> DIAS	
				41.9650 DIAS	

A) TOTAL DE DIAS PAGADOS	PARA EL MINIMO	PARA MAYORES AL MINIMO
DIAS PAGADOS AL AÑO	471.0571 DIAS	453.8896 DIAS
IMPUESTOS POR PERCEPCIONES	<u>41.9650</u> DIAS	<u>41.9650</u> DIAS
	<u>513.0221</u> DIAS	<u>495.8546</u> DIAS

B) FACTOR PARA PAGO DE SALARIO REAL

$$\text{F.S.R.} = \frac{\text{DIAS PAGADOS}}{\text{DIAS LABORADOS}}$$

a) PARA SALARIO MINIMO

$$\text{F.S.R.} = \frac{513.0221 \text{ DIAS}}{227.25 \text{ DIAS}} = 1.8504$$

b) PARA MAYORES QUE EL MINIMO

$$\text{F.S.R.} = \frac{495.8546 \text{ DIAS}}{277.25 \text{ DIAS}} = 1.7885$$

SALARIOS DE PERSONAL

Descripción	Unid.	Salario Base	F.S.R.	Salario Real
Ayudante de Operador de Equipo	Jor.	38.00	1.7885	67.96
Operador de Camión	Jor.	48.00	1.7885	85.85
Operador de Pipa	Jor.	48.00	1.7885	85.85
Operador de Petrolizadora	Jor.	55.00	1.7885	98.37
Operador de Compactador	Jor.	54.00	1.7885	96.58
Operador de Cargador	Jor.	75.00	1.7885	134.14
Operador de Equipo Menor	Jor.	38.00	1.7885	67.96
Operador de Motoconformadora	Jor.	82.60	1.7885	147.73
Operador de Pavimentadora	Jor.	69.00	1.7885	123.40
Operador de Tractor	Jor.	88.46	1.7885	158.21
Ayudante de Equipo	Jor.	39.12	1.7885	69.96

COSTO HORA - MAQUINA

CONSTRUCTORA :		Maquina	Motocombustor	Hoja No			
OBRA :		Modelo	1241	Calculo			
		Datos Adic		Reviso			
				Fecha			
DATOS GENERALES.							
V. Adquisición	525 376.69	Vida economica (Ve)	10 000				
Mínimo Valor de Bases	0.00	Horas por año (Ha)	2 000				
Valor inicial (Va)	525 376.69	Motor	0.75				
Valor de rescate (Vr) 15.00	78 806.50	Potencia operacion	150.00				
Tasa de interes (i) 25.00	25.00%	Coefficiente almacenaje (K)	0.0000				
Prima de seguros (s) 3.00	3.00%	Factor mantenimiento (Q)	0.6000				
I.- CARGOS FIJOS.							
				H ACTIVA			
				H INACTIVA			
a) Depreciacion	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{525\,376.69 - 78\,806.50}{10000} = 44.66$			15%	6.70		
b) Inversion	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{525\,376.69 + 78\,806.50}{2 \times 2\,000} = 37.76$			100%	37.76		
c) Seguros	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{525\,376.69 + 78\,806.50}{2 \times 2\,000} = 4.53$			100%	4.53		
d) Almacenaje	$A = KD = 0.0000 \times 44.66 = 0.00$			0%	0.00		
e) Mantenimiento	$M = QD = 0.6000 \times 44.66 = 26.79$			0%	0.00		
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA				NS	113.74		
II.- CONSUMOS.							
a) Combustible							
Diesel	$E = 0.1495$	\times	150.00 HP op	\times	1.36 lit / h = 30.49	5%	1.52
Gasolina	$L = 0.2271$	\times	0.00 HP op	\times	1.79 lit / h = 0.00	5%	0.00
b) Otras fuentes de energia							
c) Lubricantes de motor:							
Capacidad Carter	$C = 30.0$ litros						
Cambios aceite	$T = 100$ horas						
$Ca = \frac{C}{T} = 0.0030$	\times	150.00 hp	$=$	0.75 lit/hr			
$L = 0.75$	\times	0.00 hr	$=$	6.00		5%	0.30
d) Lubricantes maquina							
Transmission	0.15						
Mandos Finales	0.15						
Grasa	0.17			0.47		5%	0.02
$N = \frac{Vn \text{ (Valor Litantos)}}{Hv \text{ (Vida Economica)}} = \frac{7\,036.00}{2\,000.00} = 3.52$						15%	0.53
SUMA CONSUMOS POR HORA				NS	40.48		2.376
III.- OPERACION							
Salario integrado por turno	$So = 8$	147.73	Momtop - D Operador "D"	$= 6.00$ horas			
Horas por turno H=		\times	0.75 (Factor de rend)	$=$			
Operacion :	$Co = \frac{So}{H} = \frac{147.73}{6.00} = 24.62$						
SUMA OPERACION POR HORA				NS	24.62	100%	24.62
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA (HMD)				NS	178.84		75.99

CONSTRUCTORA : _____ OBRA : _____	Maquina <u>Camión puma</u> Modelo <u>1992</u> Datos Adic: _____	Hoja No _____ Cálculo _____ Revisó _____ Fecha _____
DATOS GENERALES.		
V. Adquisición 182 000,00 Menos Valor de Resaca 6 251,31 Valor inicial (Va) 175 689,32 Valor de rescate (Vr) 15 000 Tasa de intereses (i) 25,00% Prima de seguros (s) 3,00%	Vida económica (Ve) 10 000 Horas por año (Ha) 2 000 Motor _____ Factor operación 0,75 Potencia operación 150 00 Coeficiente almacenaje (K) 0 0000 Factor mantenimiento (Q) 0 0000	
I.- CARGOS FIJOS.		
	ACTIVA	INACTIVA
a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{175 689,32 - 27 306,69}{10 000} = 14,84$	15% 2,23
b) Inversión	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{175 689,32 + 27 306,69}{2 \times 2 000} = 0,2500$	12,69 100% 12,69
c) Seguros	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{175 689,32 + 27 306,69}{2 \times 2 000} = 0,0300$	1,52 100% 1,52
d) Almacenaje	A = KD = 0,0000 x 14,84 = 0,00	0% 0,00
e) Mantenimiento	T = QD = 0,6000 x 14,84 = 8,90	0% 0,00
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		N\$ 37,65 16,44
II.- CONSUMOS.		
a) Combustible		
Diesel	E = 0,1495 x 150,00 HP op x 1,36 lit = 30,50	5% 1,52
Gasolina	E = 0,2271 x 0,00 HP op x 1,79 lit = 0,00	5% 0,00
b) Otras fuentes de energía		0,00
c) Lubricantes de motor		
Capacidad Carter	C = 10,0 litros	
Cambios aceite	t = 100 horas	
Ca = C / T = 0,0010	150,00 hp = 0,55 lit/hr	
L = Ca x t = 0,55	8,00 hr = 4,40	5% 0,22
d) Lubricantes máquina		
Transmission	0,15	
Atornillos Finales	0,15	
Grasa	0,17	0,47
	5% 0,02	
	$N = \frac{Vn (Valor Llantas)}{Hv (Vida Económica)} = \frac{6 351,31}{2 000,00} = 3,18$	15% 0,48
SUMA CONSUMOS POR HORA		N\$ 38,54 2,245
III.- OPERACION		
Operador de camión de carga	85,85	
Ayudante de equipo	87,96	
Salario integrado por turno	153,81	Mómm-D Operador "D"
Horas por turno "H"	x	0,75 (Factor de rend) = 6,00 horas
Operación	Co = $\frac{So}{H} = \frac{153,81}{6,00} = 25,64$	
SUMA OPERACION POR HORA		N\$ 25,64 100% 25,64
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)		N\$ 102,13 44,32

CONSTRUCTORA :		Maquina	Computador	Hoja No
OBRA :		Modelo	C/A-75	Calculo
		Datos Adc		Reviso
				Fecha
DATOS GENERALES.				
V. Adquisición	256 547,20	Vida económica (Ve)	10 000	
Menos valor de libros	2 610,30	Horas por año (Ha)	2 000	
Valor neto (Vn)	253 936,90	Multa	0,75	
Valor de rescate (Vr) 15 00	38 482,08	Potencia operación	110 00	
Tasa de intereses (i) 25 00%	25 00%	Coefficiente amortización (K)	0 0000	
Prima de seguros (s) 3 00	3 00%	Factor mantenimiento (Q)	0 6000	
		I ACTIVA		II INACTIVA
I.- CARGOS FIJOS.				
a) Depreciación	$D = \frac{Vn - Vr}{Ve}$	$= \frac{253 936,90 - 38 482,08}{10000}$	$= 21,55$	15% 3,23
b) Inversión	$I = \frac{Vn + Vr}{2 Ha}$	$= \frac{(253 936,90 + 38 482,08)}{2 \times 2 000}$	$= 18,28$	100% 18,28
c) Seguros	$S = \frac{Vn + Vr}{2 Ha}$	$= \frac{(253 936,90 + 38 482,08)}{2 \times 2 000}$	$= 0,0300$	2,19 100% 2,19
d) Almacenaje	$A = KD$	$= 0,6000 \times 21,55$	$= 0,00$	0% 0,00
e) Mantenimiento	$T = QD$	$= 0,6000 \times 21,55$	$= 12,93$	0% 0,00
		SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		N\$ 54,84 23,70
II.- CONSUMOS.				
a) Combustible				
Diesel	$E = 0,1495$	\times	110 00 HP op	$\times 1,38$ lit = 22,36 5% 1,12
Gasolina	$E = 0,2271$	\times	0 00 HP op	$\times 1,79$ lit = 0,00 5% 0,00
b) Otras fuentes de energía				
c) Lubricantes de motor				
Capacidad Carter	$C = 25,0$ litros			
Cambios aceite	$I = 100$ horas			
Cu =	$C / I = 0,0030$	\times	110 00 hp	$= 0,5800$ lit/hr
L =	0,5800	\times	8,00 hr	$= 4,64$ 5% 0,23
d) Lubricantes maquina				
Transmisión	0,00			
Mandos Finales	0,15			
Grasa	0,17			$= 0,32$ 5% 0,07
	Vn (Valor Llantas)	$= 2 610,30$		
	Hv (Vida Económica)	$= 2 000,00$	$= 1,31$	15% 0,20
		SUMA CONSUMOS POR HORA		N\$ 28,62 1,562
III.- OPERACION				
Salario integrado por turno	$So = 96,58$		Momtop-D Operador "D"	
Horas por turno H =	8	\times	0,75 (Factor de rend)	$= 6,00$ horas
Operación	$Co = \frac{So}{H}$	$= \frac{96,58}{8}$	$= 16,10$	
		SUMA OPERACION POR HORA		N\$ 16,10 100% 16,10
COSTO DIRECTO		HORA-MAQUINA (HMD)		N\$ 99,66 41,36

CONSTRUCTORA :		Maquina <u>Tractor Agrícola</u>	Hoja No _____
		Modelo <u>F-600</u>	Calculo _____
OBRA :		Datos Adc _____	Reviso _____
			Fecha _____
DATOS GENERALES.			
V. Adquisición	50 110 33	Vida económica (Ve)	10 000
Menor valor de Resaca	721,77	Horas por año (Ha)	2 000
Valor inicial (Va)	49 388,56	Motor	
Valor de rescate (Vr)	7 516,55	Factor operación	0,75
Tasa de intereses (i)	25,00%	Potencia operación	75,00
Prima de seguros (s)	3,00%	Doublimente almacenaje (K)	0,0000
		Factor mantenimiento (Q)	0,6000
I. CARGOS FIJOS.		H ACTIVA	H INACTIVA
a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{49 388,56 - 7 516,55}{10000} = 4,19$	15% 0,63
b) Inversión	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	$\frac{49 388,56 + 7 516,55}{2 \times 2 000} = 3,56$	100% 3,56
c) Seguros	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	$\frac{49 388,56 + 7 516,55}{2 \times 2 000} = 0,43$	100% 0,43
d) Almacenaje	A = KD	0,0000 x 4,19 = 0,00	0% 0,00
e) Mantenimiento	T = QD	0,6000 x 4,19 = 2,51	0% 0,00
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		N\$ 10,68	4,61
II. CONSUMOS.			
a) Combustible			
Diesel	E = 0,1495	x 75,00 HP op = 1,36	lit = 15,24 5% 0,76
Gasolina	E = 0,2271	x 0,00 HP op = 1,70	lit = 0,00 5% 0,00
b) Otras fuentes de energía			
c) Lubricantes de motor			
Capacidad Carter	C = 6,0 litros		
Cambios aceite	I = 100 horas		
Ca = C / I = 0,0030	x 75,00 hp = 0,285	lit/hr	
d) Lubricantes maquina	L = 0,285	x 8,00 hr = 2,28	5% 0,11
Transmision	0,15		
Mandos Finales	0,15		
Grasa	0,17	= 0,47	5% 0,02
$N = \frac{Vn \text{ (Valor Lentas)}}{Hr \text{ (Vida Economica)}}$	$\frac{721,77}{2 000,00} = 0,36$		15% 0,65
SUMA CONSUMOS POR HORA		N\$ 18,35	0,954
III. OPERACION			
Salario integrado por turno	So = 67,96	Multiplicar por Operador "D"	
Horas por turno	H = 6	0,75 (Factor de rend.) = 6,00	horas
Operación:	Co = 67,96	= 11,33	
SUMA OPERACION POR HORA		N\$ 11,33	100% 11,33
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)		N\$ 40,36	16,89

CONSTRUCCION : _____ OBRA : _____	Máquina <u>Barredora Mecanica</u> Modelo <u>MTM 614T</u> Datos Adic. _____	Hora No _____ Calculo _____ Metodo _____ Fecha _____
DATOS GENERALES.		
V. Adquisición: 9 354.02 Menor valor de Bantax: 246.56 Valor inicial (Va): 9 107.06 Valor de rescate (Vr) 15.00: 1 403.10 Tasa de intereses (i) 25.00% Prima de seguros (s) 3.00%		Vida económica (Ve) 10 000 Horas por año (Ha) 2 000 Motor _____ Factor operación 0.75 Potencia operación 0.00 Coeficiente atenuación (K) 0.0000 Factor mantenimiento (Q) 0.6000
I.- CARGOS FIJOS.		
	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{9\ 107.06 - 1\ 403.10}{10\ 000} = 0.77$	H ACTIVA H INACTIVA
a) Depreciación		15% 0.12
	$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} = \left(\frac{9\ 107.06 + 1\ 403.10}{2 \times 2\ 000} \right) = 0.2500$	0.66 100% 0.66
b) Inversión		
	$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} = \left(\frac{9\ 107.06 + 1\ 403.10}{2 \times 2\ 000} \right) = 0.0300$	0.08 100% 0.08
c) Seguros		
d) Almacenaje	A = KD = 0.0000 X 0.77 = 0.00	0% 0.00
e) Mantenimiento	T = OD = 0.6000 X 0.77 = 0.46	0% 0.00
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		N\$ 1.97 0.85
II.- CONSUMOS.		
a) Combustible Diesel E = 0.1495 X 0.00 HP op X 1.38 ni = 0.00 5% 0.00 Gasolina E = 0.2271 X 0.00 HP op X 1.79 ni = 0.00 5% 0.00		
b) Otras fuentes de energía		
c) Lubricantes de motor:		
Capacidad cárter c = 0.0 litros		
Cambios aceite ts = 0.0 horas		
Cu = C / T = 0.0030 X 0.00 hp = 0.00 lt/hr		
L = 0 lt/hr X 8.00 hr = 0.00		5% 0.00
d) Lubricantes maquina		
Transmisión 0.00		
Mandos Finales 0.00		
Grasa 0.30		0.3 5% 0.02
H = $\frac{Vn \text{ (Valor Lintax)}}{Hv \text{ (Vida Economica)}}$ = $\frac{246.56}{2\ 000.00}$ = 0.12		15% 0.02
SUMA CONSUMOS POR HORA		N\$ 0.42 0.034
III.- OPERACION		
Salario integrado por turno So = 0.00 Horas por turno H = X 0.75 (Factor de rend) = 6.00 horas		
Operación: Co = $\frac{So}{H} = \frac{0.00}{6.00} = 0.00$		0.00
SUMA OPERACION POR HORA		N\$ 0.00 100% 0.00
COSTO DIRECTO - HORA-MAQUINA (HMD)		N\$ 2.39 0.88

CONSTRUCTORA :		Máquina _____ Modelo _____ Datos Adic. _____	Caracter de máquina _____ Tipo _____	Hoja No _____ Calculo _____ Reviso _____ Fecha _____
OBRA :				
DATOS GENERALES.				
V. Adquisición	138 213,88	Vida económica (Ve)	10 000	
Máximo valor de flujos	6 351,31	Horas por año (Ha)	2 000	
Valor actual (Va)	131 862,57	Motor		
Valor de rescate (Vr)	20 732,08	Factor operación	0,75	
Tasa de intereses (i)	25,00%	Potencia operación	150,00	
Prima de seguros (s)	3,00%	Coefficiente almacenaje (K)	0,0000	
		Factor mantenimiento (C)	0,6000	
I.- CARGOS FIJOS.				
II ACTIVA II INACTIVA				
a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{131\ 862,57 - 20\ 732,08}{10000} = 11,11$		11,11	15% 1,67
b) Inversión	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{131\ 862,57 + 20\ 732,08}{2 \times 2\ 000} = 9,54$		9,54	100% 9,54
c) Seguros	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{131\ 862,57 + 20\ 732,08}{2 \times 2\ 000} = 0,0300$		1,14	100% 1,14
d) Almacenaje	$A = KD = 0,0000 \times 11,11 = 0,00$		0,00	0% 0,00
e) Mantenimiento	$T = CD = 0,6000 \times 11,11 = 0,67$		0,67	0% 0,00
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			N\$ 28,46	12,35
II.- CONSUMOS.				
a) Combustible				
Desul :	$E = 0,1495 \times 150,00 \text{ HP op} = 22,43$		1,36	11% 0,00
Gasolina :	$E = 0,2271 \times 0,00 \text{ HP op} = 0,00$		1,79	15% 0,00
b) Otras fuentes de energía				
c) Lubricantes de motor :				
Capacidad cárter :	$c = 9,0 \text{ litros}$			
Cambios aceite :	$I = 100 \text{ horas}$			
$Ca = \frac{C}{I} = \frac{0,0030}{100} = 0,0030$		$150,00 \text{ hp} = 0,54 \text{ lit/hr}$		
$L = \frac{Ca}{I} = \frac{0,0030}{100} = 0,0030$		$8,00 \text{ lr} = 4,32$		5% 0,22
d) Lubricantes maquinaria :				
Transmisión	0,15			
Mandos Finales	0,15			
Grasa	0,17		0,47	5% 0,02
$II = \frac{Vn (\text{Valor Líquido})}{Hv (\text{Vida Económica})} = \frac{6\ 351,31}{2\ 000,00} = 3,18$			3,18	15% 0,46
SUMA CONSUMOS POR HORA			N\$ 38,45	2,240
III.- OPERACION				
Operador de camión de carga	85,85			
Ayudante de equipo	67,96			
Salario integrado por turno	153,81	Normas - D Operador "D"		
Horas por turno (H)	8	0,75 (Factor de tend.)	6,00 horas	
Operación :	$Co = \frac{So}{H} = \frac{153,81}{8} = 19,23$			
			25,64	
SUMA OPERACION POR HORA			N\$ 25,64	100% 25,64
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMO)			N\$ 92,55	40,22

CONSTRUCTORA :		Maquina	El ventilador	Hora No
_____		Modelo	Nº	Catulo
OBRA : _____		Datos Adic		Revol
				Fecha
DATOS GENERALES.				
V. Adquisición:	897 258,56	Valor económica (Ve)	10 000	
Mayor valor de llaves	0,00	Horas por año (Ha)	2 000	
Valor anual (Va)	897 258,56	Motor	0,75	
Valor de rescate (Vr) 15,00	134 588,78	Potencia operación	215,00	
Tasa de intereses (i) 25,00%	25,00%	Coefficiente almacenamiento (K)	0,0000	
Prima de seguros (s) 3,00%	3,00%	Factor mantenimiento (Q)	0,5000	
I.- CARGOS FIJOS.				
		II ACTIVA		II INACTIVA
a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ha} = \frac{897 258,56 - 134 588,78}{2 000} = 76,27$	15%	11,44	
b) Inversión	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \left(\frac{897 258,56 + 134 588,78}{2 \times 2 000} \right) 0,2500 = 64,49$	100%	64,49	
c) Seguros	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \left(\frac{897 258,56 + 134 588,78}{2 \times 2 000} \right) 0,0300 = 7,74$	100%	7,74	
d) Almacenaje	$A = KD = 0,0000 \times 76,27 = 0,00$	0%	0,00	
e) Mantenimiento	$I = QD = 0,6000 \times 76,27 = 45,76$	0%	0,00	
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		N\$ 194,26		83,67
II.- CONSUMOS.				
a) Combustible				
Diesel	$E = 0,1495 \times 215,00 \text{ HP op} \times 1,36 \text{ lit} = 43,70$	5%	2,16	
Gasolina	$E = 0,2271 \times 0,00 \text{ HP op} \times 1,79 \text{ lit} = 0,00$	5%	0,00	
b) Otras fuentes de energía				
c) Lubricantes de motor				
Capacidad cartón	$C = 30,0 \text{ litros}$			
Cambios aceite	$t = 100 \text{ horas}$			
Ca =	$C/t = 0,30 \text{ lit/hr} \times 215,00 \text{ Hp} = 64,50 \text{ lit/hr}$			
L =	$0,945 \text{ lit/hr} \times 8,00 \text{ hr} = 7,56$	5%	0,38	
d) Lubricantes maquina				
Transmission	0,15			
Mandos Finales	0,15			
Grasa	0,17			
	$Vn (\text{Valor Llantas}) = 0,00$			
$N = \frac{Vn (\text{Valor Llantas})}{Hv (\text{Vida Economica})} = \frac{0,00}{2 000,00} = 0,00$		15%	0,00	
SUMA CONSUMOS POR HORA		N\$ 51,73		2,586
III.- OPERACION				
Salario integrado por turno	$So = 8 \times 96,58 = 772,64$	Monnop-D Operador "D"		
Horas por turno (H)	8	0,75 (Factor de rend)	6,00 horas	
Operacion	$Co = \frac{So}{H} = \frac{96,58}{8} = 12,07$			
SUMA OPERACION POR HORA		N\$ 16,10		100%
SUMA OPERACION POR HORA		N\$ 16,10		100%
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)		N\$ 262,06		102,35

CONSTRUCTORA :		Maquina _____ (compactador neumático)	Hoja No _____
OBRA :		Modelo _____	Cálculo _____
		Datos Adc _____	Reverso _____
			Fecha _____
DATOS GENERALES.			
Y Adquisición	254 680,30	Vida económica (Ve)	15 000
Máx. valor de liquidación	2 610,30	Horas por año (Ha)	2 000
Valor inicial (Vi)	252 070,00	Motor	
Valor de rescate (Vr)	38 202,05	Factor operación	0,75
Tasa de intereses (i)	25,00%	Polencia operación	130 000
Prima de seguros (s)	3,00%	Coefficiente almacenaje (K)	0,0000
		Factor mantenimiento (Q)	0,6000
		H ACTIVA	H INACTIVA
I.- CARGOS FIJOS.			
a) Depreciación	$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$	$= \frac{252\ 070,00 - 38\ 202,05}{15000}$	$= 14,26$
b) Inversión	$I = \frac{V_a + V_r}{2 Ha}$	$= \frac{252\ 070,00 + 38\ 202,05}{2 \times 2\ 000}$	$= 0,2500$
c) Seguros	$S = \frac{V_a + V_r}{2 Ha}$	$= \frac{252\ 070,00 + 38\ 202,05}{2 \times 2\ 000}$	$= 0,0300$
d) Almacénaje	A = KI	$= 0,0000 \times 14,26$	$= 0,00$
e) Mantenimiento	T = QD	$= 0,6000 \times 14,26$	$= 8,55$
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		N\$	43,13
II.- CONSUMOS.			
a) Combustible			
Diesel	E = 0,1495	130,00 HP op	1,36 /lit = 26,42
Gasolina	E = 0,2271	0,00 HP op	1,70 /lit = 0,00
b) Otras fuentes de energía			
c) Lubricantes de motor			
Capacidad Carter	c = 22,0 litros		
Cambios aceite	t = 100 horas		
Ca =	C / t =	0,0022	130,00 hp = 0,61 lit/hr
L =		0,61	8,00 hr = 4,88
d) Lubricantes maquina			
Transmisión		0,00	
Mandos Finales		0,00	
Grasa		0,17	0,17
H =	$\frac{V_n \text{ (Valor Límites)}}{H_v \text{ (Vida Económica)}}$	$= \frac{2\ 610,30}{2\ 000,00}$	$= 1,31$
SUMA CONSUMOS POR HORA		N\$	32,78
III.- OPERACION			
Salaro integrado por turno	So =	134,14	Momtop - D Operador "D"
Horas por turno	H =	6	0,75 (Factor de rend) = 6,00 horas
Operación	Co =	$\frac{So}{H} = \frac{134,14}{6}$	= 22,36
SUMA OPERACION POR HORA		N\$	22,36
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)		N\$	88,27
			48,56

CONSTRUCCION :	Maquina <u> Cargador frontal </u>	Hoja No <u> </u>	
	Modulo <u> </u>	Calculo <u> </u>	
OBRA :	Datos Adc. <u> </u>	Reviso <u> </u>	
		Fecha <u> </u>	
DATOS GENERALES.			
V. Adquisición	605 472 00	Vala económica (Ve)	10 000
Menor Valor de Rescate	0 00	Horas por año (H/a)	2 000
Valor inicial (Va)	605 472 00	Motor	
Valor de rescate (Vr)	90 820 80	Factor operación	0 75
Tasa de intereses (i)	25,00%	Potencia operación	140 00
Prima de seguros (s)	3 00%	Coefficiente almacenamiento (K)	0 0000
		Factor mantenimiento (Q)	0 0000
		II ACTIVA	II INACTIVA
a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{605\,472\,00 - 90\,820\,80}{10\,000} = 51,47$		15% 7,72
b) Inversión	$I = \frac{Va + Vr}{2 H/a} = \left(\frac{605\,472,00 + 90\,820,80}{2 \times 2\,000} \right) = 0,2500$		43,52 100% 43,52
c) Seguros	$S = \frac{Va + Vr}{2 H/a} = \left(\frac{605\,472,00 + 90\,820,80}{2 \times 2\,000} \right) = 0,0300$		5,22 100% 5,22
d) Almacenaje	$A = KD = 0,0000 \times 51,47 = 0,00$		0% 0,00
e) Mantenimiento	$M = QD = 0,0000 \times 51,47 = 0,00$		0% 0,00
SUMA CARGOS FIJOS POR HOJA		N\$ 131,08	56,48
II.- CONSUMOS.			
a) Combustible			
Diesel	$E = 0,1495$	\times 140,00 HP op	\times 1,36 H/a = 26,46 5% 1,42
Gasolina	$E = 0,2271$	\times 0,00 HP op	\times 1,79 H/a = 0,00 5% 0,00
b) Otras fuentes de energía			
c) Lubricantes de motor			
Capacidad Carter	$C = 24,0$ litros		
Cambios aceite	$I = 100$ horas		
Ca =	$C / T = \frac{0,0030}{0,66}$ lit/hr	\times 140,00 hp	$= 0,66$ lit/hr
d) Lubricantes maquina			
Transmision	0,00		
Mandos Finales	0,00		
Grasa	0,17		$= 0,17$ 5% 0,01
	$Vn (Valor Llantas) = 0,00$		
$N = \frac{Vn (Valor Llantas)}{Hv (Vala Económica)} = \frac{0,00}{2\,000,00} = 0,00$			15% 0,00
SUMA CONSUMOS POR HORA		N\$ 31,27	1,562
III.- OPERACION			
Salario asignado por turno	$So = 134,14$	Mommpo-D Operador "D"	
Horas por turno H =	8	\times 0,75 (Factor de rend.)	$= 6,00$ horas
Operación:	$Co = \frac{So}{H} = \frac{134,14}{8} = 16,77$		
		\times 6,00	$= 22,36$
SUMA OPERACION POR HORA		N\$ 22,36	100% 22,36
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)		N\$ 184,71	80,38

CONSTRUCTORA :		Maquina <u>Petrolbradita</u>	Hoja No
OBRA :		Modelo	Calculo
		Datos Adic:	Reviso
			Fecha
DATOS GENERALES.			
V. Adquisición	221 367,83	Vida económica (Ve)	10 000
Mínimo Valor de Rescate	8 351,31	Horas por año (H _a)	2 000
Valor rescate (Vr) 15 00	33 205,17	Motor	
Tasa de intereses (i) 25 00%	25,00%	Factor operación	0,75
Prima de seguros (s) 3 00	3,00%	Potencia operación	150,00
		Coefficiente almacenamiento (K)	0,0000
		Factor mantenimiento (Q)	0,0000
		H ACTIVA	II INACTIVA
a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{215 016,52}{10000} = 21,50$	$\frac{33 205,17}{10000} = 3,32$	18,18 15% 2,73
b) Inversión	$I = \frac{Va + Vr}{2 H_a} i = \left(\frac{215 016,52 + 33 205,17}{2} \right) 0,2500 = 15,51$	$\frac{2 000}{2} = 1 000$	100% 15,51
c) Seguros	$S = \frac{Va + Vr}{2 H_a} s = \left(\frac{215 016,52 + 33 205,17}{2} \right) 0,0300 = 1,88$	$\frac{2 000}{2} = 1 000$	100% 1,88
d) Abitacoyaje	A = KD = 8 0000 X 21,50 = 0,00	K = 0,0000 X 3,32 = 0,00	0% 0,00
e) Mantenimiento	M = QD = 0,6000 X 21,50 = 0,00	Q = 0,6000 X 3,32 = 0,00	0% 0,00
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		N\$ 46,47	20,10
II.- CONSUMOS.			
a) Combustible	Diesel: E = 0,1495 X 150,00 HP op X 1,36 lit = 30,50		5% 1,52
	Gasolina: E = 0,2271 X 0,00 HP op X 1,79 lit = 0,00		5% 0,00
b) Otras fuentes de energía			0,00
c) Lubricantes de motor	Capacidad cárter: c = 10,0 litros		
	Cambios aceite: f = 100 horas		
	Ca = C / f = 0,0330 X 150,00 hp = 0,55 lit/hr		5% 0,22
	L = 0,55 lit/hr X 8,00 hr = 4,40		
d) Lubricantes maquina:	Transmisión: 0,15		5% 0,02
	Mandos Finales: 0,15		
	Grasa: 0,17		5% 0,02
	Vn (Valor Llantas) = 6 351,31		
H = $\frac{Vn}{Hv (Vida Economica)}$	$\frac{6 351,31}{2 000,00} = 3,18$		15% 0,48
SUMA CONSUMOS POR HORA		N\$ 38,54	2,245
III.- OPERACION			
Operador de camión de carga	85,85		
Ayudante de equipo	87,96		
Salario integrado por turno	So = 153,81	Momtop - D Operador "D"	
Horas por turno H*	8	0,75 (Factor de rend.)	6,00 horas
	Co = $\frac{So}{H} = \frac{153,81}{8} = 19,23$		
Operación:	Co = 19,23		25,64
	H = 6,00		
SUMA OPERACION POR HORA		N\$ 25,64	100% 25,64
COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA (HMD)		N\$ 110,54	47,98

CONSTRUCTORA :		Maquina Pavimentadora	Hoja No
OBRA :		Modelo HIR-270II	Calculo
		Datos ALC	Reviso
			Fecha
DATOS GENERALES.			
V. Adquisición	822 030 00	Valor económico (Ve)	10 000
Alcance valor de Usadas	2 301 60	Horas por año (Ha)	2 000
Valor inicial (Va)	819 728 40	Motor	
Valor de rescate (Vr) 15 00	123 304 50	Factor operación	0,75
Tasa de intereses (i) 25 00%	25 00%	Potencia operación	142 00
Prima de seguros (s) 3 00%	3 00%	Coefficiente almacenaje (K)	0 0000
		Factor mantenimiento (Q)	0 0000
I. CARGOS FIJOS.			
a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{819 728 40 - 123 304 50}{10000} = 69 64$		15% 10,45
b) Inversión	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{819 728 40 + 123 304 50}{2 \times 2000} = 250,00$		58,94 100% 58 94
c) Seguros	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \cdot s = \frac{819 728 40 + 123 304 50}{2 \times 2000} \cdot 0 0300 = 7,07$		7,07 100% 7,07
d) Almacenaje	$A = KD = 0 0000 \times 69 64 = 0 00$		0% 0,00
e) Mantenimiento	$T = QD = 0 0000 \times 69 64 = 0 00$		0% 0,00
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA		N\$ 177,44	76 46
II. CONSUMOS.			
a) Combustible			
Diesel	$E = 0 1455 \times 142 00 \text{ HP op} \times 1,36 \text{ lit} = 28 87$		5% 1,44
Gasolina	$E = 0 2271 \times 0 00 \text{ HP op} \times 1,79 \text{ lit} = 0 00$		5% 0,00
b) Otras fuentes de energía			
c) Lubricantes de motor			
Capacidad cartón	$C = 5 0 \text{ litros}$		
Cambios aceite	$I = 100 \text{ horas}$		
	$Ca = \frac{C}{I} = \frac{0 0030}{100} = 0 0030 \times 142 00 \text{ hp} = 0 476 \text{ lit/hr}$		
	$L = 0 476 \text{ lit/hr} \times 8 00 \text{ hr} = 3 81$		5% 0,19
d) Lubricantes maquina			
Transmisión	0,15		
Mandos Fieles	0,15		
Grasa	0,17		
	$Li = 0 15 + 0 15 + 0 17 = 0 47$		5% 0,02
	$N = \frac{Vr (\text{Valor Líquido})}{Hr (\text{Vida Económica})} = \frac{2 301 60}{2 000 00} = 1,15$		15% 0,17
SUMA CONSUMOS POR HORA		N\$ 34,30	1 830
III. OPERACION			
Operador de pavimentadora	123 40		
Ayudante de equipo	69 36		
Salario integrado por turno	$So = 193 36$	Monop. - D Operador "D"	
Horas por turno Hr	8	0,75 (Factor de rend.)	6,00 horas
Operación	$Co = \frac{So}{H} = \frac{193 36}{8} = 24 17$		
	$Co = 24 17 \times 0 75 = 18 13$		
	$Co = 18 13 \times 6 00 = 108 78$		
SUMA OPERACION POR HORA		N\$ 32,23	100% 32,23
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA (HMD)		N\$ 243 97	110 52

PRECIOS UNITARIOS

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: SEÑALES RESTRICTIVAS CON DIMENSIONES DE TABLERO DE 71x71
(P.U.O.T.) UNI:PZA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
SEÑAL DE 71 x 71	PZA	1.000000	145.20	145.20
TOTAL MATERIALES				145.20
MANO DE OBRA				
ALEAÑIL	JOR	0.083333	80.64	6.72
PEON	JOR	0.083333	40.32	3.86
CABO	JOR	0.083333	94.07	0.78
TOTAL MANO DE OBRA				10.86
BASICOS				
ACARREO LOCAL	%	0.025000	248.32	6.21
CONCRETO CON				
REVOLVEDORA				
F'c=150	M3	0.009000	219.78	1.98
TOTAL BASICOS				8.19
COSTO DIRECTO:				164.25
Indirectos 21.09%:				34.64
Subtotal:				198.89
Financiamiento 2.10%:				4.18
Subtotal:				203.07
Utilidad 10%:				20.31
Precio Unitario:				223.38

128

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: SEÑALES PREVENTIVAS CON DIMENSIONES DE TABLERO DE 71x71 cm.
(P.U.O.T.) UNI:PZA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
SEÑAL DE 71 x 71	PZA	1.000000	132.00	132.00
TOTAL MATERIALES				132.00
MANO DE OBRA				
ALBAÑIL	JOR	0.066667	80.64	5.38
PEON	JOR	0.066667	40.32	2.69
CABO	JOR	0.006667	94.07	0.63
TOTAL MANO DE OBRA				6.70
129 EQUIPO Y HERRAMIENTA				
CARGO DE HERRAMIENTA	%	8.700000	0.03	0.26
TOTAL Y EQUIPO DE HERRAMIENTA				0.26
BASICOS				
ACARREO LOCAL	%	0.012500	248.32	3.10
CONCRETO CON				
REVOLVEDORA				
F'c=150	M3	0.009000	219.78	1.98
TOTAL BASICOS				5.08
COSTO DIRECTO:				146.04
Indirectos 21.0%:				30.60
Subtotal:				176.84
Financiamiento 2.10%:				3.71
Subtotal:				180.55
Utilidad 10%:				18.06
Precio Unitario:				198.61

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: SEÑALES INFORMATIVAS DE RECOMENDACION CON DIMENSIONES DE
TABLERO DE 178x71 cms.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	UNI:PZA IMPORTE
SEÑAL DE 71 x 178	PZA	1.000000	396.00	396.00
TOTAL MATERIALES				396.00
MANO DE OBRA				
ALBAÑIL	JOR	0.166667	80.64	13.44
PEON	JOR	0.166667	40.32	6.72
CABO	JOR	0.006667	94.07	1.57
TOTAL MANO DE OBRA				21.73
EQUIPO Y HERRAMIENTA				
CARGO DE HERRAMIENTA	%	21.730000	0.65	0.65
TOTAL Y EQUIPO DE HERRAMIENTA				0.65
BASICOS				
ACARREO LOCAL	%	0.033333	248.32	8.28
CONCRETO CON REVOLVEDORA F'c=150	M3	0.018000	219.78	3.96
TOTAL BASICOS				12.24
COSTO DIRECTO:				430.62
Indirectos 21.09%:				90.82
Subtotal:				521.44
Financiamiento 2.10%:				10.95
Subtotal:				532.39
Utilidad 10%:				53.24
Precio Unitario:				585.63

130

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: SEÑAL INFORMATIVA DE RECOMENDACIONES CON UN TRELERO DE 71x239
(P.U.O.T.) UNI:PZA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
SEÑAL INFORM. DE DESTINO CON TA- BLERO DE 71x239	PZA	1.0000	441.84	441.84
			COSTO DIRECTO:	441.84
			Indirectos 21.09%:	93.18
			Subtotal:	535.02
			Financiamiento 2.10%:	11.24
			Subtotal:	546.26
			Utilidad 10%:	54.63
			Precio Unitario:	600.89

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: SEÑAL INFORMATIVA DE DESTINO 76x122
(P.U.O.T.) UNI:PZA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
SEÑAL INFORM. DE DESTINO	PZA	1.0000	731.47	731.47
			COSTO DIRECTO:	731.47
			Indirectos 21.09%:	154.27
			Subtotal:	885.74
			Financiamiento 2.10%:	18.60
			Subtotal:	904.34
			Utilidad 16%:	90.43
			Precio Unitario:	994.77

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: OPERACION DE CONSTRUCCION DE CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO ELABORADA EN PLANTA CON MATERIAL PETREO DE TAMAÑO MAXIMO DE 19 mm Y CEMENTO ASFALTICO No. 5 EN UN ESPESOR DE 10 cm COMPACTADA AL 100% DE SU P.V.S.M. INCLUYE SUMINISTRO Y ACARREO.
(P.U.O.T.)

UNIDAD:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
CONCRETO ASFALTICO DE T. M. A. 1" TENDIDO Y COMPACTADO DE BASE ASFALTICA.	M3	1.000000	82.48	82.48
BARRIDO DE LA SUPERFICIE.	HA	10.000000	0.20	2.00
SUBTOTAL PRELIMINARES				128.58
ACARREO DE CONCRETO ASFALTICO.	M3-KM	70.000000	0.60	42.00
SUBTOTAL MATERIALES:				42.00
COSTO DIRECTO:				148.38
Indirectos 21.09%:				35.98
Subtotal:				206.56
Financiamiento 2.10%:				4.34
Subtotal:				210.90
Utilidad 10%:				21.09
Precio Unitario:				231.99

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: RIEGO DE SELLO PREMEZCLADO
(P.U.O.T.) UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE

MATERIALES				
AGUA	M3	0.084840	5.00	0.42
EMULSION CATIONICA	LT	56.560000	0.42	23.76
MATERIAL PETREC 3A	M3	1.030000	33.32	34.32
FLETE PRODUCTO ASF.	LT	56.560000	0.13	7.35
TOTAL MATERIALES				65.85

EQUIPO				
CAMION VOLTEO	HR	0.050000	65.04	3.25
PLANCHA VIBRATORIA	HR	0.100000	84.86	8.47
COMPACTADOR NEUMATICO	HR	0.100000	71.05	7.11
MOTOCONFORMADORA	HR	0.033333	105.91	3.53
CAMION PIPA 8000 LTS.	HR	0.062500	71.58	4.47
CARGADOR FRONTAL	HR	0.016667	105.82	1.76
PETROLIZADORA	HR	0.016667	128.37	2.14
TOTAL EQUIPO				30.73

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: RIEGO DE SELLO PREMEZCLADO
(P.U.O.T.)

UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
ACARREO DE MATERIAL PETREO 3A	M3KM	70.00000	0.60	42.00
TOTAL ACARREOS				42.00
COSTO DIRECTO:				138.56
Indirectos 21.09%:				29.23
Subtotal:				167.81
Financiamiento 2.10%:				3.52
Subtotal:				171.33
Utilidad 10%:				17.13
Precio Unitario:				188.46

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: OPERACION DE CONSTRUCCION DE BASE ESTABILIZADA CON EMULSION ASFALTICA
 EN UN ESPESOR DE 10 cm COMPACTADA AL 100% DE SU P.V.S.M.
 INCLUYE SUMINISTRO Y ACARREO. (P.U.O.T.) UNIDAD:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
CONCRETO ASFALTICO DE T. M. A. 1"	M3	1.000000	79.89	79.89
TENDIDO Y COMPACTADO DE BASE ASFALTICA.	M3	1.000000	54.42	54.42
SUBTOTAL PRELIMINARES				134.31
ACARREO DE CONCRETO ASFALTICO.	M3-KM	70.000000	0.60	42.00
SUBTOTAL MATERIALES:				42.00
COSTO DIRECTO:				176.31
Indirectos 21.09%:				37.18
Subtotal:				213.49
Financiamiento 2.10%:				4.48
Subtotal:				217.97
Utilidad 10%:				21.80
Precio Unitario:				239.77

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: CEMENTO ASFALTICO No.6 PARA CARPETA
 INCLUYE SUMINISTRO, FLETE Y MANEJO.
 (P.U.O.T) UNIDAD: KG.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE
SUMINISTRO DE CEMENTO				
ASFALTICO No. 6	KG	1.050000	0.34	0.36
ALMACENAMIENTO, CALEN-				
TAMIENTO Y BOMBEO.	KG	1.050000	0.04	0.04
COSTO DIRECTO:				0.40
Indirectos 21.09:				0.08
Subtotal:				0.48
Financiamiento 2.10:				0.01
Subtotal:				0.49
Utilidad 10%:				0.05
PRECIO UNITARIO:				0.54

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: FRESADO REMOCION Y ACAMELLONAMIENTO DE LOS MATERIALES
DE LA CARPETA EXISTENTE ESPESOR DE 5 CM.
(P.U.O.T.) UNIDAD:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE

C O S T O S H O R A R I O S				
MOTOCONFORMADORA CATERPILLAR, MOD. 120G, SOBRE NEUMATICOS, MOTOR DIESEL DE 125 H. P.	HR	0.01900	161.33	3.07
MOTOCONFORMADORA CATERPILLAR, MOD. 120G, SOBRE NEUMATICOS, MOTOR DIESEL DE 125 H. P.	HR	0.03460	161.33	5.58
			COSTO DIRECTO:	8.65
			Indirecto 21.09%:	1.82
			Subtotal:	10.47
			Financiamiento 2.10%:	0.22
			Subtotal:	10.69
			Utilidad 10%:	1.07
			PRECIO UNITARIO:	11.76

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: DESPALME EN CORTES Y EN DESPLANTE DE TERRAPLENES
(P.U.O.T.) UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
CUADRILLA TIPO I	JOR	0.000816	534.05	0.44
SUBTOTAL PREELIMINARES				0.44
TRACTOR CATEPILLAR D-8	HR	0.005714	338.79	1.94
SUBTOTAL EQUIPO				1.94
COSTO DIRECTO:				2.38
Indirectos 21.09%:				0.50
Subtotal:				2.88
Financiamiento 2.10%:				0.06
Subtotal:				2.94
Utilidad 10%:				0.29
Precio Unitario:				3.23

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: EXCAVACION EN AMPLIACION DE CORTES
(P.U.O.T.) UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
EXCAVACION EN MATERIAL "A"	M3	0.000000	3.92	0.00
EXCAVACION EN MATERIAL "B"	M3	1.000000	8.86	8.86
EXCAVACION EN MATERIAL "C"	M3	0.000000	55.32	0.00
SUBTOTAL PREELIMINARES				8.86
COSTO DIRECTO:				8.86
Indirectos 21.09%:				1.87
Subtotal:				10.73
Financiamiento 2.10%:				0.23
Subtotal:				10.96
Utilidad 10%:				1.10
Precio Unitario:				12.26

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: EXCAVACION EN PRESTAMO DE BANCO, INCLUYE EXTRACCION, CARGA Y REGALIAS
(P.U.O.T.) UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
REGALIAS DE BANCO	M3	1.365000	11.00	15.02

COSTO DIRECTO:				15.02
Indirectos 21.09%:				3.17

Subtotal:				18.19
Financiamiento 2.10%:				0.38

Subtotal:				18.57
Utilidad 10%:				1.86

Precio Unitario:				20.43

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: DEFORMACION DE TERRAPLEN EN AMPLIACION DE CORONA CON SUS CUNAS DE SOBREALCHO, SOBRE TERRAPLEN EXISTENTE, COMPACTADO AL 90% DE SU (P.V.O.T.)..
(P.U.O.T.)

UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
AGUA PARA COMPACTACIONES Y CONCRETOS	M3	0.200000	17.59	3.52
SUBTOTAL PREELIMINARES				3.52
PEAJE	M3	1.000	6.43	6.43
SUBTOTAL MATERIALES				6.43
COSTO DIRECTO:				13.08
Indirectos 21.09%:				2.76
Subtotal:				15.84
Financiamiento 2.10%:				0.33
Subtotal:				16.17
Utilidad 10%:				1.62
Precio Unitario:				17.69

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: DEFORMACION DE CAPA SUB-RASANTE EN AMPLIACION DE CORONA CON SUS CUNAS DE SOBRE ANCHO, TERRAPLEN EXISTENTE COMPACTADA AL 100% DE SU P.V.S.M. (P.U.O.T.) UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
AGUA PARA COMPACTACIONES Y CONCRETOS	M3	0.200000	17.59	3.32

				SUBTOTAL PREEELIMINARES 8.86
PEAJE	M3	1.000	6.43	6.43

				SUBTOTAL MATERIALES 6.43
MOTOCONFORMADORA CATEPILLAR 120-E	HR	0.016667	167.64	2.61
COMPACTADOR VIBRATORIO CA-25	HR	0.020000	109.49	2.19

				SUBTOTAL EQUIPO 4.80
				COSTO DIRECTO: 14.75
				Indirectos 21.09%: 3.11

				Subtotal: 17.86
				Financiamiento 2.16%: 0.38

				Subtotal: 18.24
				Utilidad 10%: 1.82

				Precio Unitario: 20.06

143

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: CONSTRUCCION DE SUB - BASE HIDRAULICA CON MATERIAL PETREO DE TAMAÑO MAXIMO DE 76 MM. COMPACTADO AL 100% DE SU P.V.S.M. EN UN ESPESOR DE 15 CM. COMPACTOS (P.U.O.T.) UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
AGUA PARA COMPACTACIONES Y CONCRETOS	M3	0.200000	17.59	3.52
SUBTOTAL PREELIMINARES				3.52
MATERIAL DE SUB-BASE	M3	1.365000	28.90	39.45
PEAJE	M3	1.000	6.43	6.43
SUBTOTAL MATERIALES				45.88
MOTOCONFORMADORA CATEPI-LLAR 120-B	HR	0.033333	156.64	5.22
COMPACTADOR VIBRATORIO CA-25	HR	0.016667	109.49	1.82
SUBTOTAL EQUIPO				7.04
COSTO DIRECTO:				56.44
Indirectos 21.09%:				11.90
Subtotal:				68.34
Financiamiento 2.10%:				1.44
Subtotal:				69.78
Utilidad 10%:				6.98
Precio Unitario:				76.76

144

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: CONSTRUCCION DE BASE HIDRAULICA CON MATERIAL PETREO DE TAMAÑO MAXIMO DE 50 MM. COMPACTADA AL 100% EN UN ESPESOR DE 15 CM. COMPACTOS.
(P.U.O.T.) UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
AGUA PARA COMPACTACIONES Y CONCRETOS	M3	0.200000	17.59	3.52
			SUBTOTAL PREELIMINARES	3.52
MATERIAL DE SUB-BASE	M3	1.365000	28.90	39.45
PEAJE	M3	1.000	6.43	6.43
			SUBTOTAL MATERIALES	45.88
MOTOCONFORMADORA CATEPI-LLAR 120-B	HR	0.033333	156.64	5.22
COMPACTADOR VIBRATORIO CA-25	HR	0.016667	109.49	1.82
			SUBTOTAL EQUIPO	7.04
			COSTO DIRECTO:	56.44
			Indirectos 21.09%:	11.90
			Subtotal:	68.34
			Financiamiento 2.10%:	1.44
			Subtotal:	69.78
			Utilidad 10%:	6.98
			Precio Unitario:	76.76

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: COMPACTACION DE LA CAPA SUBYACENTE DESCUBIERTA COMPACTADA AL NOVENTA Y CINCO POR CIENTO 95% CON UN ESPESOR DE 15 CM P.U.O.T.
(P.U.O.T.) UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
CAMION PIPA FAMSA, 8000 LITROS, 122.8 H.P. MOTOR GASOLINA 6 LLANTAS	HR	0.1190	106.10	1.25
RODILLO VIBRATORIO LISO, MOD. CA - 25 DYNAPAC 10.5 TONS MOTOR DIESEL 125 H.P.	HR	0.3720	86.25	3.21
				----- 4.46
			COSTO DIRECTO:	4.46
			Indirectos 21.05%:	0.94

			Subtotal:	5.40
			Financiamiento 2.10%:	0.11

			Subtotal:	5.51
			Utilidad 10%:	0.55

			Precio Unitario:	6.06

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: BARRIDO DE LAS SUPERFICIES POR TRATAR
(P.U.O.T.) UNIDAD: HA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE

C O S T O S H O R A R I O S				
TRACTOR AGRICOLA MCA JOHN				
DEERE, MODELO 2555				
MOTOR DIESEL 72 H.P.	HR	4.96900	66.95	332.70
BARREDORA DE JALON				
(FABRICACION MANUAL)	HR	4.96750	13.59	67.53

		COSTO DIRECTO:		400.23
		Indirectos 21.09%:		84.41

		Subtotal:		484.41
		Financiamiento 2.10%:		10.17

		Subtotal:		494.58
		Utilidad 10%:		49.46

		PRECIO UNITARIO:		544.04

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: RIEGO DE LIGA CON PRODUCTO ASFALTICO FR-3, A RAZON DE 0.5 Lt/M2
(P.U.O.T.) UNIDAD: LT

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE
SUMINISTRO	LT	1.050000	0.39	0.41
ALMACENAMIENTO	LT	1.050000	0.03	0.03
RIEGO DE LIGA	LT	1.050000	0.10	0.11
COSTO DIRECTO:				0.55
Indirectos 21.09%:				0.12
Subtotal:				0.67
Financiamiento 2.10%:				0.01
Subtotal:				0.68
Utilidad 10%:				0.07
PRECIO UNITARIO:				0.75

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: LIMPIEZA Y DESAZOLVE DE CUNETAS Y ALCANTARILLAS.
(P.U.O.T.) UNIDAD:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE
CUDRILLA TIPO 1	JOR	0.20000	534.05	106.81
			COSTO DIRECTO:	106.81
			Indirectos 21.09%:	23.53
			Subtotal:	129.34
			Financiamiento 2.10%:	2.72
			Subtotal:	132.06
			Utilidad 10%:	13.21
			PRECIO UNITARIO:	145.27

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO F'c = 250 kg/m2
(P.U.O.T.) UNIDAD:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO UNIT.	CANTIDAD	IMPORTE

BASICO FABRICA, CONCRETO F'c = 250 kg/cm2.	M3	261.78	1.000000	261.78
BASICO SUM. Y HABILITA. CIMBRA DE CONTACTO	M2	34.17	1.200000	41.00
BASICO SUMINIS. Y HABILITA. DE OBRA FALSA.	M2	46.96	0.800000	37.57
			SUBTOTAL:	340.35

M A T E R I A L E S				
CURACRETO.	LTO.	3.70	1.500000	5.55
			SUBTOTAL:	5.55

MANO DE OBRA				
CASO.	JORN	98.66	0.600000	59.20
OFICIAL ALBAÑIL.	JORN	66.73	1.000000	66.73
PEON.	JORN	44.40	5.000000	222.00
			SUBTOTAL:	347.93
RENDIMIENTO 40.00000		CARGO POR MANO DE OBRA:		8.70
MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA				
VIBRADOR PARA CONCRETO.	HR	9.43	8.000000	75.44
HERRAMIENTA MENOR.	%MO	347.93	0.030000	10.44
			SUBTOTAL:	85.88
RENDIMIENTO 40.00000		CARGO POR EQUIPO Y HERRAMIENTA		2.15

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO F'c = 250 kg/m2
 UNIDAD:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO UNIT.	CANTIDAD	IMPORTE

		COSTO DIRECTO:		356.75
		Indirectos 21.09%:		75.24
		Subtotal:		431.99
		Financiamiento 2.10%:		9.07
		Subtotal:		441.06
		Utilidad 10%:		44.11
		PRECIO UNITARIO:		485.17

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: ACARREOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTOS
(P.U.O.T.)
UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
TARIFA PRIMER KILOMETRO	M3	1.300000	0.84	1.09
COSTO UNITARIO:				1.09
Indirectos 21.09%:				0.23
Subtotal:				1.32
Financiamiento 2.10%:				0.03
Subtotal:				1.35
Utilidad 10%:				0.14
Precio Unitario:				1.49

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO
 A RAZON DE 0.5 Lt/M20. (P.U.O.T.) UNIDAD: LT

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	IMPORTE
SUMINISTRO	LT	1.050000	0.39	0.41
ALMACENAMIENTO	LT	1.050000	0.03	0.03
RIEGO DE LIGA	LT	1.050000	0.10	0.11
COSTO DIRECTO:				0.55
Indirectos 21.09%:				0.12
Subtotal:				0.67
Financiamiento 2.10%:				0.01
Subtotal:				0.68
Utilidad 10%:				0.07
PRECIO UNITARIO:				0.75

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DESCRIPCION: OPERACION DE CONSTRUCCION DE BASE ASFALTICA CON MATERIAL PETREO DE TAMAÑO MAXIMO DE 25 mm (1") Y CEMENTO ASFALTICO No.6 EN SU ESPESOR DE 10 cm CAMPACTADA AL 95% DE SU PESO VOLUMETRICO MARSHALL. INCLUYE SUMINISTRO Y ACARREO. (P.U.O.T.) UNI:M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNI.	IMPORTE
CEMENTO ASFALTICO DE T. M. A. 1" TENDIDO Y COMPACTADO DE BASE ASFALTICA.	M3	1.000000	79.89	79.89
BARRIDO DE LA SUPERFICIE.	M3	10.000000	0.20	2.00
SUBTOTAL PREELIMINARES				136.31
ACARREO DE CONCRETO ASFALTICO.	TKM	700	0.60	44.00
SUBTOTAL MATERIALES:				44.00
COSTO DIRECTO:				176.31
Indirectos 21.09%:				37.23
Subtotal:				213.49
Financiamiento 2.10%:				4.48
Subtotal:				217.97
Utilidad 10%:				21.80
Precio Unitario:				239.77

XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12. RECOMENDACIONES GENERALES

Como parte final del estudio, en este capítulo deben hacerse las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la información recopilada, producto de inspecciones, análisis, exploraciones, pruebas y mediciones; las recomendaciones deben contemplar soluciones prácticas, sin menoscabo de la calidad, resistencia, comportamiento y durabilidad esperados en la nueva etapa de diseño. Es necesario mencionar los siguientes aspectos.

12.1 Estructura del Pavimento

Con base en la información obtenida se deben definir -- los tramos que sólo requieren trabajos de conservación -- normal, los tramos por rehabilitar y los tramos por reconstruir; en el primer caso, deberá prestarse especial atención a los daños observados en la superficie de rodamiento, pues de ellos dependerá el trabajo por realizar, que puede ser un riego de sello antiderrapante acompañado de un bacheo previo o bacheo profundo generalizado; si existen deformaciones, se recomendarán capas de renivelación para dejar en buen estado la superficie de rodamiento.

Cuando el estudio determine que se requiere espesor de refuerzo o sobrecarpeta deben analizarse factores como: naturaleza de los agregados pétreos disponibles, factores de equivalencia para mezclas en el lugar, en caso de no contar con planta dosificadora, uso de membranas o geotextiles en previsión de grietas por reflexión o alternativas concernientes a la construcción del refuerzo por etapas, a fin de optimizar los programas de inversión.

En el caso de que el espesor de refuerzo se considere -- exagerado, debe optarse por recomendar una reconstrucción del tramo en cuestión, empleando un criterio similar al -- del proyecto de un pavimento nuevo, aunque en este caso -- deben estudiarse alternativas que eviten el desperdicio -- de la estructura existente, para lo cual se optará por -- espesores hidráulicos mayores o el empleo de bases trata-

das, elección que depende de la disponibilidad de materiales, acarreos, volúmenes aprovechables, etc., así como de los estudios económicos que permitan elegir la alternativa más adecuada.

12.2 Drenaje y Subdrenaje

Todos los trabajos que se mencionan anteriormente serían prácticamente inútiles si antes de efectuarlos no se han resuelto los problemas que plantea el drenaje y el subdrenaje de la carretera evaluada.

Por esta razón, deben proponerse las soluciones pertinentes, señalando específicamente las obras por realizar.

12.3 Materiales

El estudio de los materiales existentes en la zona, así como los que son factibles de emplearse como producto de bancos, se resumirá mencionando su calidad y los tratamientos o mezclas más adecuadas para su utilización.

12.4 Normatividad

Los procedimientos constructivos recomendados, así como los materiales empleados, deben cumplir con las Normas de Construcción vigentes en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y si es necesario deben formularse especificaciones complementarias, aplicables al tramo por reparar, cuando presente características no contempladas en las Normas vigentes.

B I B L I O G R A F I A

Datos Viales 1990

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Subsecretaría de Infraestructura.
Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones.
Lic. Andres Caso Lombardo.
Secretario.
Ing. Victor M. Mahbub Matta.
Subsecretario de Infraestructura.

La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Carreteras, Ferro carriles y Aeropistas.

Volumen 2
Alfonso Rico y Hermlilio del Castillo.
Editorial Limusa.

Instructivo para Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras.

Santiago Couro.
Roberto Magallanes.
Guillermo Prado.
Con caracter preliminar, este trabajo se publico en 1960,
Investigador, Insituto de Ingeniería, U.N.A.M.
Basado en investigaciones realizadas para Secretaría de Asenta-
mientos Humanos y Obras Públicas.
Series del Instituto de Ingeniería No. 444
Noviembre 1981

Catálogo de Deterioros en Pavimentos Flexibles de Carreteras - Mexicanas.

Instituto Mexicano del Transporte.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Publicación Técnica No. 21
Queretaro, Qro. 1991

A P E N D I C E I.

MEDICION DEL REBOTE ELASTICO Y CALCULO DE LA DEFLEXION CARACTERISTICA

A) Levantamiento de Deflexiones

La magnitud de la deflexión en un pavimento es un indicador de su capacidad para soportar cargas debidas al tránsito.

Existen correlaciones entre carga por rueda, deflexión -- por rebote del pavimento y repeticiones de carga, que permiten evaluar la capacidad estructural y el refuerzo necesario.

Para dicha evaluación deben realizarse mediciones de deflexión y analizarse el tránsito.

Existen varios aparatos que permiten obtener mediciones de deflexión del tipo no destructivo, mediante la simulación de la respuesta a la carga impuesta por ruedas en movimiento.

Los conceptos disponibles incluyen la medición de deflexiones estáticas utilizando cargas a escala natural y la medición de deflexiones dinámicas utilizando cargas repetitivas o cargas por impacto.

Debido a la amplia utilización de la viga Benkelman para medir deflexiones en carreteras, el procedimiento que se describe a continuación se basa en la medición del rebote elástico utilizando este aparato.

Los detalles sobre el uso de la viga Benkelman se dan en seguida.

B) Descripción del equipo y su Uso

1.- Viga Benkelman con dimensiones (ver Fig.^A.2.2)

Longitud del brazo desde el pivote hasta el palpador 2.438 m \pm 0.5 mm
(8.0 pies \pm 0.02 pulg)

Longitud del brazo desde el pivote hasta el micrómetro 1.219 m \pm 0.5 mm
(4.0 pies \pm 0.02 pulg)

Distancia desde el pivote a las patas delanteras 25.4 Cm (10 pulg.)

Distancia del pivote a la pata trasera 1.664 m (5 pies -5 1/2 pulg)

Pintar de blanco o aluminio para reducir los efectos por temperatura.

2.- Un camión sencillo con una carga de 18,000 lbs. (8.2 ton.) distribuida equitativamente sobre el eje trasero provisto con dos juegos de ruedas dobles. El espacio libre entre las dos ruedas de cada arreglo será como mínimo 5 Cm. (2 pulg.). Las llantas serán de dimensiones 10.00 x 20, 12 capas, infladas a una presión de 80 psi (5.6 Kg/Cm²).

3.- Medidor de presión de llantas.

4.- Un medidor superficial de temperatura para trabajo rudo.

El palpador de la viga Benkelman se coloca sobre la superficie del pavimento entre las ruedas dobles del eje sencillo trasero de un camión cargado. El brazo de la viga (de 3.7 m de longitud) pivotea en un punto situado a 2.4 m. del palpador, cuando el camión se desplaza hacia adelante a velocidad de " Creep " y la deflexión de rebote definida como la recuperación vertical de la superficie, luego de remover la carga impuesta por las ruedas del camión, se registra en un micrómetro.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICION DE DEFLEXIONES

C) Prueba de deflexión de rebote con viga Benkelman

El procedimiento que se describe es para determinar la deflexión estática de rebote en un punto, en estructuras de pavimento asfáltico y estandarizando la carga por eje, tamaño de llantas, espaciamiento entre ruedas y presión de inflado.

Procedimiento

- 1.- El punto de medición será localizado y marcada la superficie del pavimento (usualmente la rodada externa del carril). Los puntos se localizarán a 0.6 m. de la orilla del pavimento si el carril tiene menos de 3.35 m. de ancho ó a 0.9 m. de la orilla del pavimento si el carril tiene 3.35 m. de ancho o más.
- 2.- Centrar un arreglo de llantas dobles sobre el punto marcado, con una tolerancia máxima de \pm 7.5 Cms.
- 3.- Colocar el palpador de la viga al centro del arreglo de llantas.
- 4.- Quitar el seguro de la viga y ajustar las patas para permitir una carrera del micrómetro de aproximadamente 13 mm. (0.5 pulg.)
- 5.- Hacer funcionar el vibrador, apagarlo y registrar la lectura inicial del micrómetro.
- 6.- Inmediatamente después de registrar la lectura inicial mover lentamente el camión hacia adelante hasta una distancia de 9 m. como mínimo.
- 7.- Cuando la aguja del micrómetro se detenga, registrar la lectura final.

- 8.- Medir la temperatura superficial del pavimento de la siguiente manera:
 - a) En un punto a menos de 25 Cms. de la orilla del pavimento hacer un pequeño agujero en el pavimento de aproximadamente 1/8 pulg. (3 mm.) de diámetro por 1/4 pulg. (6 mm) de profundidad.
 - b) llenar el agujero con agua o con aceite e insertar la pata del termómetro dentro del agua o aceite.
 - c) Leer la temperatura y registrar también la temperatura del aire.
- 9.- Verificar la presión de inflado de las llantas una vez por día y corregir a 80 psi, de ser necesario.
- 10.- Determinar el espesor total de las capas asfálticas (con aproximación de \pm 1 pulg.), ya sea recurriendo a registros de construcción por extracción de corazones o a través de una pequeña cala en la orilla del pavimento, determinando además el tipo y condición general de las capas inferiores (por ejemplo, "material de base granular con apreciable cantidad de finos, saturado ", etc.)

Calculos

Restar la lectura final del micrómetro de la inicial y registrar. La deflexión total de rebote es dos veces el movimiento de la aguja del micrómetro durante la prueba -- (para viga con relación de brazo igual a 2).

Reporte

El reporte debe incluir lo siguiente:

- 1.- localización de la prueba.
- 2.- Deflexión total de rebote.
- 3.- Temperatura superficial del pavimento.
- 4.- Temperatura del aire.
- 5.- Espesor total de capas asfálticas.

D) Deflexión representativa de rebote

Deflexión característica. Este valor es el promedio - de las deflexiones individuales corregidas por temperatura más dos veces la desviación estándar, que de ser necesario se ajusta multiplicándolo por un factor de período crítico. El valor resultante equivale aproximadamente al 97 % de las deflexiones medidas.

El cálculo se realiza como sigue:

$$\text{Deflexión característica } S_c = (\bar{X} + 2 \sqrt{V}) \times C$$

Donde:

\bar{X} = promedio de los valores individuales corregidos por temperatura -
= $\sum Xi \cdot Fi / n$

\sqrt{V} = Desviación estándar.

Fi = Factor de corrección por temperatura para las deflexiones individuales.

C = Factor de ajuste por período crítico.

Xi = Valores de las deflexiones individuales.

n = Número de valores individuales de deflexión.

La desviación estándar se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sqrt{V} = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}$$

Donde:

X = Valores individuales corregidos por temperatura.

\bar{X} = Promedio de los valores individuales corregidos.

n = Número de valores individuales.

E) Factores de Ajuste

El valor de las deflexiones de un pavimento puede variar de hora en hora, de día a día, de la época de lluvias a la de estiaje en un año o de un año a otro durante la misma época. Debido a la pérdida de resistencia de los suelos - cuando éstos se saturan durante los períodos de precipitación pluvial intensa, las deflexiones medidas resultan máximas durante dichos períodos. En ausencia de información de tipo experimental que permita definir el factor de ajuste por período crítico, las mediciones de deflexión realizadas en cualquier época del año deberán ajustarse empleando el juicio ingenieril, de tal suerte que un factor $C=1$ - corresponderá al período considerado crítico (mayor pérdida de resistencia por saturación de los materiales) y un factor C mayor de 1 a las mediciones realizadas fuera del período crítico, cuando la resistencia de los suelos aumenta y por lo tanto las deflexiones medidas son menores -- (se estima que en época de estiaje el factor por período crítico podría ser del orden de 1.5).

El procedimiento para determinar la temperatura media de las carpetas asfálticas se describe en párrafos siguientes.

La figura A.2.1 nos indica el factor de ajuste por temperatura (F) para varios espesores de bases granulares --- bajo la carpeta (un espesor nulo significa un pavimento - de capas asfálticas colocadas directamente sobre la subrasante).

Ejemplo:

Calcular el valor de la deflexión característica de un subtramo de carretera con una carpeta asfáltica de 10 Cms. de espesor cuya temperatura media es $25^{\circ} C$ y se encuentra sobre un espesor de 50 Cm. de base granular. El factor de ajuste por temperatura resulta igual a 0.95. Las mediciones de deflexión se realizarán en el mes de julio, por lo que el factor por período crítico se considera igual a 1.

Los valores individuales de deflexión con viga Benkelman son:

n	Xi (pulg)	Fi	Xi.Fi=Xc	Xc ²
1	0.036	0.95	0.034	0.001156
2	0.040	0.95	0.038	0.001444
3	0.052	0.95	0.049	0.002401
4	0.044	0.95	0.042	0.001764
5	0.044	0.95	0.042	0.001764
6	0.036	0.95	0.034	0.001156
7	0.060	0.95	0.057	0.003249
8	0.044	0.95	0.042	0.001764
9	0.036	0.95	0.034	0.001156
10	0.036	0.95	0.034	0.001156

n = 10

$\sum = 0.406$; $\sum = 0.017010$

El valor medio de las deflexiones corregidas por temperatura es:

$$\bar{x} = \frac{0.406}{10} = 0.0406$$

La desviación estándar:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \bar{x}^2 \cdot n}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0.017010 - 0.0406 \times 0.406}{10 - 1}} = 0.007642$$

Finalmente, la deflexión característica (s_c):

$$s_c = (\bar{x} + 2s) \times 1 = (0.0406 + 2 \times 0.007642) \times 1.0 = 0.056 \text{ pulg.}$$

F) Estimación de la temperatura media del pavimento

La temperatura media del pavimento es un promedio de las temperaturas superficial, de la mitad del espesor y del fondo de las capas asfálticas, aunque dichas capas se hayan colocado en diferentes épocas.

La temperatura media del pavimento se utiliza para encontrar un factor de ajuste por temperatura requerido en la corrección de los valores individuales de las deflexiones a la temperatura estándar de 21° C.

La estimación de la temperatura media del pavimento requiere la siguiente información.

- 1.- Localización del sitio de la prueba, para indicar la estación meteorológica que pueda proporcionar datos de temperatura promedio del aire.
- 2.- Fecha de la prueba, para indicar las fechas en que las temperaturas del aire requieren investigarse.
- 3.- Temperatura máxima y mínima del aire, para cada uno de los cinco días inmediatamente anteriores a la fecha de realización de las mediciones de deflexión.
- 4.- Temperatura superficial del pavimento, obtenida durante la medición de las deflexiones.
- 5.- Espesor total de las capas asfálticas, para seleccionar la curva correspondiente de la gráfica de temperaturas del pavimento.

Toda la información de la lista, excepto la del concepto 3, se obtiene durante la realización de las pruebas de deflexión.

La historia de las temperaturas del aire, de los 5 días anteriores a las mediciones, puede obtenerse por alguno de los procedimientos siguientes.

- a) Con un termómetro registrar temperaturas máximas y mínimas en el sitio.

- b) Obtener información de temperaturas máximas y mínimas de la estación meteorológica más cercana que presente las condiciones del sitio de las pruebas.

Con la información de temperaturas máximas y mínimas de los 5 días precedentes, debe obtenerse el promedio de los 10 valores de temperatura.

Este promedio, junto con la temperatura superficial del pavimento, se utiliza para estimar la temperatura a cualquier profundidad del pavimento, utilizando la gráfica de la figura A.2.3.

La información gráfica de la figura A.2.3 condensa brevemente una relación experimental entre temperatura superficial, historia de la temperatura del aire y temperatura del aire y temperatura del pavimento a cualquier profundidad.

La temperatura media del pavimento se obtiene como sigue

- a) Determinar la profundidad del pavimento correspondiente a la mitad del espesor de las capas asfálticas.
- b) Entrar a la figura A.2.3 por la escala horizontal con la suma del promedio de las temperaturas máximas y mínimas de los 5 días precedentes y la de la temperatura superficial.

Moverse verticalmente hasta intersectar las líneas de profundidad.

Extender horizontalmente líneas que representan el fondo y la profundidad media de las capas asfálticas para encontrar en la escala vertical las temperaturas correspondientes a dichas profundidades. Interpolarse si es necesario.

- c) La temperatura media del pavimento es el promedio de las temperaturas superficial, de mitad de la profundidad y del fondo de las capas asfálticas.

Ejemplo:

Pavimento con una carpeta asfáltica de 10 Cm. de espesor - la temperatura superficial es 20° C. La temperatura del aire promedio de los últimos 5 días es 30° C.

La temperatura superficial ajustada es $20 + 30 = 50^{\circ} \text{ C.}$

Encontrar la temperatura media prevista del pavimento.

- 1.- Temperatura superficial = 20° C.
- 2.- Temperatura a la profundidad de 5 Cm. = 30° C. (de Fig. A 2.3)
- 3.- Temperatura a la profundidad de 10 Cm. = 27° C. (misma Fig.)
- 4.- Temperatura media = $\frac{20 + 30 + 27}{3} = 25.7^{\circ} \text{ C}$

(utilizar esta temperatura para encontrar el factor de corrección F en la figura A.2.1).

Construcontrol, S. A.		SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS DIRECCION TECNICA SUBDIRECCION DE PROYECTOS					
		C A L I F I C A C I O N A C T U A L					
ENTIDAD FEDERATIVA:		OBSERVADOR:					
CARRETERA:		TRAMO:					
SUBTRAMO:		ORIGEN:					
CUERPO UNICO	XXXX	DERECHO	XXXX	I/GUERRA			
C A L I F I C A C I O N E S							
DE KILOMETRO	A KILOMETRO	O B S E R V A D O R					PROMEDIO
		1	2	3	4	5	

Fig. 3.1

CAMINO _____ TRAMO _____ SUBTRAMO _____ ORIGEN: _____ _____		SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE CARRETERAS DIRECCION TECNICA SUBDIRECCION DE PROYECTOS	
CLASIFICACION GENERAL DEL TRAMO	EXCELENTE MUY BUENO BUENO REGULAR MALO MUY MALO INTRANSITABLE	5 4 3 2 1 0	
CUERPO UNICO	CARRIL DERECHO	TRAMO	DE A
ESCALA DE DAÑOS OBSERVADOS <input type="checkbox"/> 0 - NINGUNO <input type="checkbox"/> 1 - MENOR <input type="checkbox"/> 2 - MODERADO <input type="checkbox"/> 3 - MAYOR <input type="checkbox"/> 4 - SEVERO	T LONGITUDINAL R TRANSVERSAL P POLIEDRICA ($r < 5$ cm APROX.) O POLIEDRICA ($15 < r < 30$ cm) T EN FORMA DE MAPA ($r > 30$ cm) D A MENOR QUE 0.3175 CM (1.18") E A MENOR QUE 0.635 CM (1.4") S MAYOR QUE 0.635 CM (1.4")	DESPINDIMIENTO LOCAL DESPINDIMIENTO GENERAL DEFORMACION TRANSV. MARCADA DEFORMACION LONGITUDINAL ASENTAMIENTO SUBRASANTE BACHEO SUPERFICIAL BACHEO PROFUNDO RUGOSIDAD SUPERFICIAL	
OBSERVACIONES (DRENAJE) _____ _____ _____ _____			
OBSERVACIONES: _____ _____ _____			

170

Fig. 3.2

TABLA PARA EL CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE EJES SENCILLOS DE EQUIVALENTES 8.2 TONELADAS

CARRERA: I.D.P.A. ()		IRANK*								
COMPOSICION: A ₁ A ₂ B ₁ C ₁ C ₂ T _{1-S₁} T _{1-S₂} T _{1-S₃}										
TIPO DE VEHICULO	N° DE VEHICULOS EN AMBOS LADOS	N° DE VEHICULOS EN EL CARRIL DE PROYECTO	COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO				NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS			
			7-0 cms	7-15 cms	7-30 cms	7-60 cms	7-0 cms	7-15 cms	7-30 cms	7-60 cms
A ₂			0.004	0.000	0.000	0.000				
A ₂			0.536	0.064	0.022	0.015				
B ₂			2.000	1.890	2.457	2.929				
C ₂			2.000	1.890	2.457	2.929				
C ₃			3.000	2.817	2.457	2.840				
T _{2-S₁}			3.000	2.431	4.747	5.755				
T _{2-S₂}			4.000	4.356	4.747	5.760				
T _{2-S₃}			5.000	5.222	4.747	5.761				
T _{2-S₃}			6.000	5.239	4.746	5.756				
TOTAL			Σ I ₁ I ₂ I ₃ I ₄ I ₅ I ₆ I ₇ I ₈ I ₉ I ₁₀				Tramite equivalente anual =			

No de carriles en ambas direcciones	Coefficiente de distribución para el carril de proyecto (C ₁)
2	50
4	60-50
6 o mas	50-40

Cont. de distribución por carril _____

C = MS _____

Años de servicio, n = _____

Tasa de crecimiento anual, r = _____ %

Coefficiente de acumulación del transito, C = _____

Tramite acumulado Σ I₁ * C₁ _____

Σ I₂ * C₂ _____

(1+r)ⁿ - 1 Σ I₃ * C₃ _____

Σ I₄ * C₄ _____

TABLA PARA EL CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE
EJES SENCILLOS DE EQUIVALENTES 8.2 TONELADAS

CARRERA: ID.PA. (19%)		TRAYO																
A.200		COMPOSICION A:				B.1	A.1	B.2	F:	C.1	B.0*	C:	B.2	T.2%	T.2%	T.2%	B.0*	T.2%
TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHICULOS EN AMBOS LADOS	Nº DE VEHICULOS EN EL CARRIL DE PRODUCTO	COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO				NUMERO DE EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS											
			Z=0 cms	Z=15 cms	Z=30 cms	Z=60 cms	Z=0 cms	Z=15 cms	Z=30 cms	Z=60 cms								
A ₁	3000	1200	0.204	0.500	0.200	0.000	7	0	0	0								
A ₂	900	432	0.536	0.304	0.223	0.011	232	28	10	7								
B ₂	1040	468	2.000	1.830	2.45*	2.935	936	865	1150	1376								
C ₂	720	324	2.000	1.850	2.45*	2.939	644	612	796	962								
C ₃	960	432	3.000	2.81*	2.487	2.940	1296	1217	1561	1270								
T ₂ -S ₁	-	-	3.000	3.431	4.747	5.769	-	-	-	-								
T ₂ -S ₂	-	-	4.000	4.358	4.747	5.762	-	-	-	-								
T ₃ -S ₂	720	324	5.000	5.295	4.747	5.751	1620	1712	1538	1867								
T ₃ -S ₁	-	-	6.000	5.239	4.746	5.758	-	-	-	-								
TOTAL			3600	1711	1711*	1711*	4739	4454	4555	5472								

No de carriles en ambas direcciones	Coefficiente de distribucion para el carril de producto f ₂
2	50
4	40-50
6 o mas	30-40

Coef. de distribucion por carril 0.45

C = 3.5

Años de servicio, n = 15 Tasa de crecimiento anual, r = 5 %

Coefficiente de acumulacion del transito, C = 7.876.25

Transito acumulado: $\Sigma L_n \cdot C^T$, 37.3 x 10⁶

$\Sigma L_n \cdot C^T$, 35.1 x 10⁶

$\Sigma L_n \cdot C^T$, 35.9 x 10⁶

$\Sigma L_n \cdot C^T$, 43.1 x 10⁶

FIG. 5.2

**PORCENTAJE DEL TRANSITO TOTAL EN EL
CARRIL DE DISEÑO. INSTITUTO DEL ASFALTO.**

Número de carriles (en las dos direcciones).	Por ciento del tránsito total en el carril de diseño
2	50
4	45 (35- 48) *
6 ó más	40 (25- 48) *

* Intervalo probable.

FIG. 5.3.1

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL, PORCIENTO (r)								
Periodo de diseño Años (n)	Crecimiento nulo	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.73	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.13	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	20.0	14.88	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	23.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.73	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.76	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

$(1+r)^n - 1$ tasa

* Factor = $\frac{(1+r)^n - 1}{r}$, donde r = $\frac{\text{tasa}}{100}$, diferente de cero

Si la tasa anual es cero, Factor de crecimiento = Período de diseño

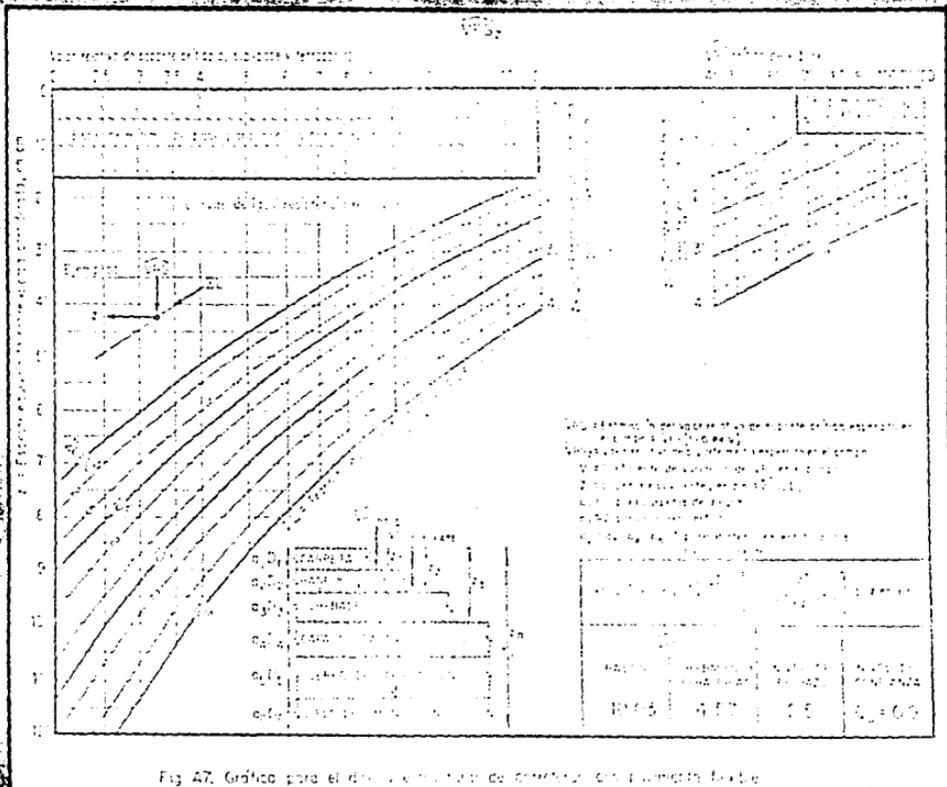
FIG. 5.3.2

Fig. 5.3.3 FACTORES DE CARGA POR TIPO DE VEHICULO PARA CARRETAS URBANAS E INTER-URBANAS INSTITUTO DE ASFALTO.

Tipo de vehículo	Factores de carga	
	(promedio)	(Intervalo)
Camiones de unidad sencilla		
2 ejes 4 llantas (panel, pick up)	0.02	0.01 - 0.07
2 ejes 6 llantas (incluye autobús de 2 ejes)	0.21	0.15 - 0.32
3 ejes ó más (incluye autobuses de más de 2 ejes)	0.73	0.29 - 1.59
Tractores con semirremolque		
3 ejes	0.48	0.33 - 0.78
4 ejes	0.73	0.43 - 1.32
5 ejes ó más	0.95	0.63 - 1.53

ESPEORES DE LAS DIFERENTES CAPAS Y CALIDAD DE LOS MATERIALES QUE LOS INTEGRAN												
CAPAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.000												
1.001												
1.002												
1.003												
1.004												
1.005												
1.006												
1.007												
1.008												
1.009												
1.010												
1.011												
1.012												
1.013												
1.014												
1.015												
1.016												
1.017												
1.018												
1.019												
1.020												
1.021												
1.022												
1.023												
1.024												
1.025												
1.026												
1.027												
1.028												
1.029												
1.030												
1.031												
1.032												
1.033												
1.034												
1.035												
1.036												
1.037												
1.038												
1.039												
1.040												
1.041												
1.042												
1.043												
1.044												
1.045												
1.046												
1.047												
1.048												
1.049												
1.050												
1.051												
1.052												
1.053												
1.054												
1.055												
1.056												
1.057												
1.058												
1.059												
1.060												
1.061												
1.062												
1.063												
1.064												
1.065												
1.066												
1.067												
1.068												
1.069												
1.070												
1.071												
1.072												
1.073												
1.074												
1.075												
1.076												
1.077												
1.078												
1.079												
1.080												
1.081												
1.082												
1.083												
1.084												
1.085												
1.086												
1.087												
1.088												
1.089												
1.090												
1.091												
1.092												
1.093												
1.094												
1.095												
1.096												
1.097												
1.098												
1.099												
1.100												

Fig. R.5



FALLA DE ORIGEN

FIG. 47

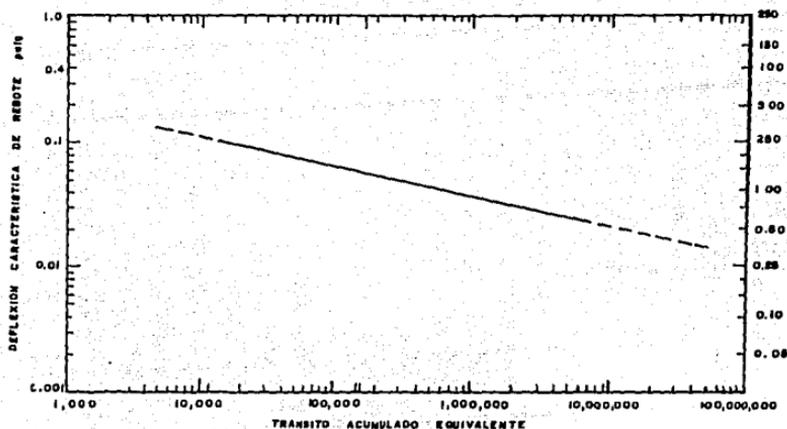


Fig. 9.3.1 GRÁFICA PARA ESTIMAR LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL REMANENTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES (CARTA DE LA DEFLACION DE REBOTE DE DISEÑO)

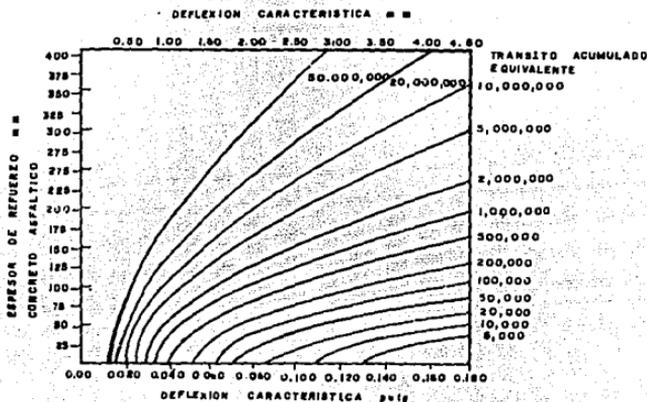


Fig. 9.3.2 ESPESOR DE REFUERZO REQUERIDO PARA REDUCIR LAS DEFLACIONES MEDIAS A LA DEFLACION DE DISEÑO

ESPESOR DE MATERIALES DE BASE NO TRATADOS

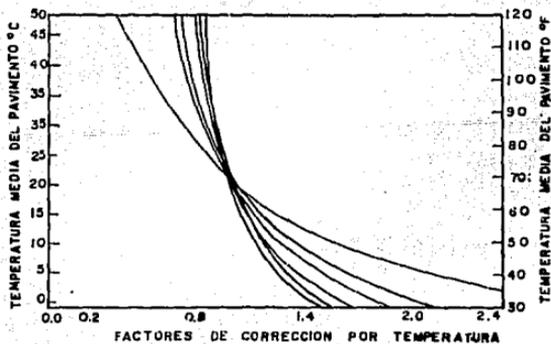
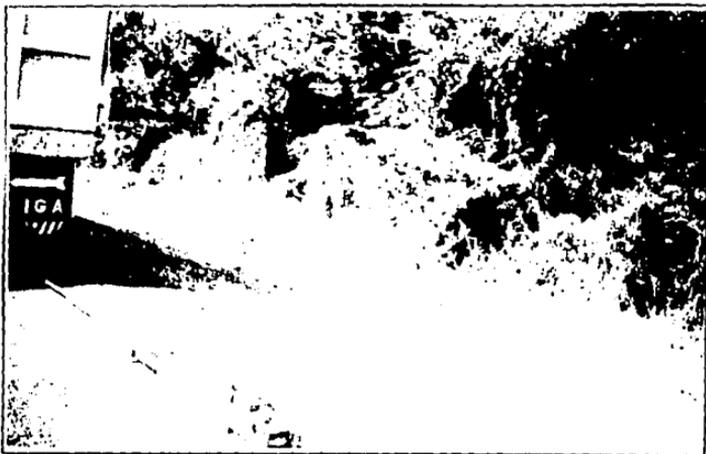
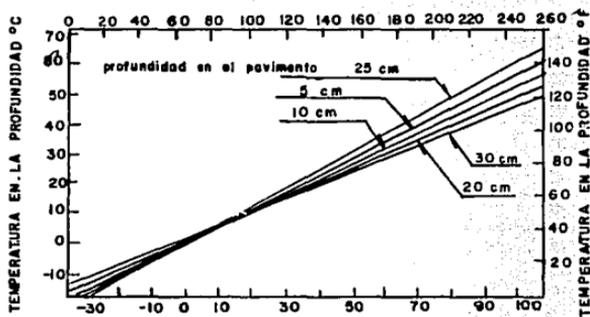


Fig A.2.1 FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA PARA DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN, EN FUNCION DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL PAVIMENTO Y DEL ESPESOR DE BASE Y SUBBASE HIDRAULICA



VIGA BENKELMAN
Fig. A 2.2

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MAS TEMPERATURA
 MEDIA DEL AIRE DE LOS ULTIMOS CINCO DIAS °F



TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MAS TEMPERATURA MEDIA
 DEL AIRE DE LOS ULTIMOS CINCO DIAS °C

Fig. A.2.3 PREDICION DE LAS TEMPERATURAS DEL PAVIMENTO