

25  
24.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGON"**

**LA RECUPERACION EN FRIO EN SITIO Y EL USO  
DE MODIFICADORES DE ASFALTOS COMO  
ALTERNATIVAS DE REHABILITACION  
DE CAMINOS.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**P R E S E N T A N :**  
**PEDRO JUAREZ AGUILAR**  
**FRANCISCO REYES RUIZ**

**ASESOR: ING. JOSE PAULO MEJORADA MOTA**

**SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEX.**

**1997**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
D E D E C E 1 9 9 7

PEDRO JUAREZ AGUILAR  
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 2 de mayo del año en curso, presentada por Francisco Reyes Ruiz y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ PAULO MEJORADA MOTA pueda dirigirles el trabajo de Tesis denominado, "LA RECUPERACIÓN EN FRÍO EN SITIO Y EL USO DE MODIFICADORES DE ASFALTOS COMO ALTERNATIVAS DE REHABILITACION DE CAMINOS", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 14 de mayo de 1997  
EL DIRECTOR

  
M R T CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

  
c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil.  
c c p Asesor de Tesis.

  
CCMC/AIR/la.

**AGRADECIMIENTOS Y/O DEDICATORIAS**  
**PEDRO JUAREZ AGUILAR**

**A DIOS, POR QUE ADEMAS DE HABERME  
DADO LA VIDA, ME HA PERMITIDO  
CONTINUAR LUCHANDO AUN EN  
LOS MOMENTOS MAS DIFICILES.**

**A LA MEMORIA DE MI MADRE  
SOLEDAD AGUILAR MUÑOZ (†)  
POR SU AMOR Y CARÍO,  
EL CUAL GUARDO EN MI CORAZON  
COMO ALGO ENTRAÑABLE.**

**A MI PADRE CIPRIANO JUAREZ VARGAS,  
POR TODO EL APOYO MORAL Y ECONOMICO  
QUE ME BRINDO INCONDICIONALMENTE,  
SIEMPRE CON LA ILUSION DE VERME  
CONVERTIDO EN UN PROFESIONISTA.**

**A MI ESPOSA ROSA ROJAS SANCHEZ.**  
MI GRAN AMOR, LA COMPAÑERA DE MI VIDA  
QUE SIEMPRE HA CREIDO EN MI, CON LA PACIENCIA  
Y COMPRENSION QUE HAN SIGNIFICADO UN ESTIMULO  
MUY IMPORTANTE PARA CONTINUAR SUPERANDOME  
CADA DIA.

**A MIS HIJAS JESSICA DANIELA  
Y BRENDA LORENA**

A MIS PEQUEÑAS CON TODO MI AMOR, PARA  
QUE EL DIA DE MAÑANA, ESTE TRABAJO  
REPRESENTE PARA ELLAS UN MOTIVO  
DE SUPERACION.

**A MIS HERMANAS Y HERMANOS**  
POR EL AMOR QUE LES TENGO.  
GRACIAS POR TODO EL APOYO  
MORAL Y ECONOMICO QUE ME  
BRINDARON DURANTE TODA  
MI ETAPA ESTUDIANTIL.

**A TODOS MIS SOBRINOS (AS).**  
PARA QUE ESTE TRABAJO, SEA LA CHISPA  
QUE ENCIENDA EN SU MENTE LA LLAMA  
DEL DESEO, QUE LOS MOTIVE A CONTINUAR  
POR EL CAMINO DE LA SUPERACION.

**A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**  
QUE HAN ESTADO CONMIGO EN LAS BUENAS Y EN LAS MALAS.  
GRACIAS POR SUS PALABRAS DE ALIENTO, TAN NECESARIAS  
EN LOS MOMENTOS DIFICILES, YA QUE ME MOTIVARON  
A CONTINUAR POR ESTE CAMINO LLENO DE BACHES.

**AGRADECIMIENTOS Y/O DEDICATORIAS**  
**FRANCISCO REYES RUIZ.**

100  
100

**A LA MEMORIA DE MI PADRE (Q.E.P.D.).  
POR DARMELA VIDA.**

**A MI MADRE IZAURA.  
POR QUE EN SU SOLEDAD Y DESESPERACION  
TUVO LA ENTEREZA Y LA FUERZA PARA  
APOYARME SIEMPRE.**

**A MI ESPOSA DAHITA Y A MIS HIJOS  
LUIS FRANCISCO Y DIANA DAHITA.  
POR QUE CON SU AMOR Y COMPRENSION  
LOGRAN QUE DIA A DIA CONTINUE  
SUPERANDOME.**

**A MIS HERMANOS Y HERMANAS,  
MUY ESPECIALMENTE A JUAN Y SANDRA  
PORQUE SIEMPRE ESTUVIERON CONMIGO  
EN LOS MOMENTOS MAS DIFICILES PARA  
AYUDARME**

**A MIS TIOS Y TIAS,  
POR EL APOYO QUE RECIBI DE ELLOS, MUY  
ESPECIALMENTE A MI TIO ANDRES Y A MI TIA ESTHER  
POR QUE CON SUS PALABRAS DE ALIENTO  
ME AYUDARON A LEVANTARME CUANDO TROPECE.**

**A MIS PRIMOS Y A MIS AMIGOS  
POR QUE CUANDO LOS NECESITE  
SIEMPRE ME TENDIERON LA MANO  
PARA SEGUIR ADELANTE.**

## **AGRADECIMIENTOS COMUNES**

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.  
A LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON,  
POR HABERME DADO LA OPORTUNIDAD DE ESTUDIAR  
UNA CARRERA PROFESIONAL EN ESTA EPOCA TAN DIFICIL.**

**A TODOS MIS PROFESORES, QUE CON SU EJEMPLO  
Y DEDICACION INFLUYERON EN MI FORMACION  
ACADEMICA.**

**A MIS SINODALES:  
ING. PASCUAL GARCIA CUEVAS.  
ING. JOSE PAULO MEJORADA MOTA.  
M en I. DANIEL VELAZQUEZ VAZQUEZ.  
ING. GILBERTO GARCIA SANTAMARIA G.  
ING. JOSE MARIO AVALOS HERNANDEZ.**

**POR TODO EL APOYO RECIBIDO PARA LA  
REALIZACION DE ESTE TRABAJO.**

**MUY ESPECIALMENTE A MI DIRECTOR DE TESIS  
ING. JOSE PAULO MEJORADA MOTA.**

**A LOS INGENIEROS:**

**RODOLFO ZUECK RODRIGUEZ.  
Y SALVADOR MANILLA HERNANDEZ.**

**POR HABERME DADO SU CONFIANZA  
PARA MI DESENVOLVIMIENTO PROFESIONAL  
EN EL CAMPO DE TRABAJO, EL CUAL HA SIDO  
MUY UTIL PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.**

**LA RECUPERACION EN FRIO EN SITIO Y  
EL USO DE MODIFICADORES DE  
ASFALTOS COMO ALTERNATIVAS DE  
REHABILITACION DE CAMINOS.**

## **INDICE**

### **INTRODUCCION**

#### **CAPITULO N°1. HISTORIA DE LOS CAMINOS EN MEXICO**

1.1) Generalidades.	7
1.2) Los caminos Prehispanicos	7
1.3) Los caminos Virreynales	8
1.4) Los caminos en el México Independiente	9
1.5) Los caminos en el México Moderno	10
1.6) La red actual de Carreteras	11

#### **CAPITULO N° 2. SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS.**

2.1) Generalidades.	14
2.2) Objetivos derivados del diagnostico realizado a la red Carretera Nacional.	20
2.3) Estrategias instrumentadas en materia de infraestructura Carretera.	21
2.4) Lineas de accion para fortalecer la capacidad Institucional de los programas Carreteros.	22
2.5) Propuestas para mejorar la conservacion y modernizacion de la red Carretera.	23
2.6) Acciones para modernizar y ampliar la cobertura del sistema Carretero de altas especificaciones.	24
2.7) Requerimientos para la promocion de Inversion privada en proyectos de Infraestructura Carretera.	25
2.8) Propuestas para mejorar el aprovechamiento de las Autopistas de Cuota.	26
2.9) Instrumentacion de acciones en materia de descentralización.	26

### **CAPITULO N° 3. PERFILADO, RECUPERACION Y RECICLADO EN FRIO DE CAMINOS.**

3.1) Perfilado de Pavimentos.	31
3.1.1) Introducción.	31
3.1.2) Definición.	31
3.1.3) Metodo anterior.	32
3.1.4) Ventajas	33
3.1.5) Limitaciones del Perfilado.	34
3.2) La Recuperacion de profundidad total.	34
3.2.1) Introducción.	34
3.2.2) Definicion y Generalidades.	35
3.2.3) Planificacion del Trabajo.	36
3.2.4) Recuperacion de un Camino y factores que intervienen.	46
3.2.5) Cálculo de la producción	58
3.3) Reciclado en Frio en Sitio	59
3.3.1) Introducción.	59
3.3.2) Definicion.	60
3.3.3) Metodo de Reciclado en Frio en Sitio.	60
3.3.4) Ventajas del Reciclado en Frio en Sitio.	62

### **CAPITULO N° 4. UTILIZACION DE MODIFICADORES DE ASFALTOS COMO AGENTES AUXILIARES DE REHABILITACION**

4.1) Presentación.	65
4.2) Resina Gilsonita.	65
4.2.1) Definición y Propiedades.	65
4.2.2) Ventajas y Desventajas.	67
4.2.3) Efectos positivos de la Resina Gilsonita.	68
4.2.4) Estudios de Módulos Dinámicos.	71
4.2.5) Incorporación de la Gilsonita al Asfalto.	76
4.3) Polímeros.	78
4.3.1) Introducción.	78
4.3.2) Definición.	79

4.3.3) Propiedades Mejoradas de los Asfáltos Modificados con Polímeros.	79
4.3.4) Materiales Tradicionales.	80
4.3.5) Selección del Polímero.	81
4.3.6) Adición del Polímero al Asfalto.	83
4.3.7) Mezclado del Asfalto Modificado con Polímeros y el Material Pétreo	87
4.4) Hule Molido.	88
4.4.1) Definición.	89
4.4.2) Propiedades Típicas del Hule.	89
4.4.3) Incorporación del Hule Molido al Asfalto	91
4.4.4) Características del Asfalto Ahulado.	92
4.4.5) Procedimiento de Mezclado y Reacción del Asfalto Ahulado.	94
4.4.6) Equipo de Mezclado de Asfalto Ahulado y Agregado.	95
4.4.7) Aplicaciones del Asfalto Ahulado.	96

## **CAPITULO Nº 5. APLICACION A UN CASO REAL.**

5.1) Introducción.	107
5.2) Datos Generales.	107
5.3) Objetivo.	108
5.4) Especificaciones Generales de Construcción.	109
5.5) Especificaciones Particulares de Construcción.	109
5.5.1) Recuperación de Pavimento.	109
5.5.2) Estabilización con Cemento Portland.	110
5.5.3) Compactación de la Base Estabilizada.	110
5.5.4) Curado con Agua.	111
5.5.5) Riego de Liga.	111
5.5.6) Carpeta Asfáltica.	111
5.5.7) Mezcla Asfáltica.	112
5.5.8) Carpeta Asfáltica Delgada de Graduación Abierta.	113
5.5.9) Mezcla Asfáltica para Carpeta Open-Graded.	114
5.5.10) Hule molido de Neumáticos usados.	115
5.5.11) Asfalto Ahulado.	115
5.5.12) Transporte y Almacenamiento del Asfalto Ahulado.	116

5.5.13) Cemento Asfáltico AC-20.	117
5.5.14) Aditivo para Modificar el Cemento Asfáltico.	117
5.5.15) Procedimiento Constructivo de la Carpeta Open-Graded.	118
5.6) Cuantificación Geométrica de Volúmenes de Obra.	119
5.7) Presupuesto de los Trabajos.	122
CAPITULO N° 6. Conclusiones y Recomendaciones	126
APENDICE "A".	129
APENDICE "B".	150
APENDICE "C".	156
APENDICE "D".	169
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	

# **INTRODUCCION**

La importancia y evolución de las vías de comunicación, se ha incrementado en forma sustancial durante los últimos años, y ha sido constante y paralela al desarrollo local y regional de las comunidades asentadas en las zonas de influencia de las mismas, requiriéndose hoy en día de más y mejores Obras de Ingeniería Carretera, que brinden a los usuarios la seguridad y confianza para transitar por éstas importantes arterias.

No obstante lo anterior, y como resultado de la situación económica precaria de los últimos años, se ha descuidado la conservación permanente de las mismas, originando que los índices de servicio hayan disminuido considerablemente,é incluso, en algunos casos sea excesivamente deficiente.

Considerando el incremento en el Número y Péso de los Vehículos, registrado durante los últimos Años, lo cual ha ocasionado un deterioro acelerado en nuestras Carreteras; Con el apoyo de las Dependencias Gubernamentales encargadas de la Construcción, Administración, y Conservación de éstas importantes vías de comunicación, se están tratando de mejorar las condiciones de servicio mediante el uso de nuevas tecnologías de rehabilitación.

En virtud de que todos los Caminos se encuentran expuestos a la intemperie, son susceptibles de sufrir daños y deterioros provocados por la acción de los diversos agentes climatológicos, así como también por el efecto que producen las condiciones de de carga excesivas a las que es sometida la superficie de rodamiento y sus capas inferiores, por lo que, con el transcurso del tiempo, da inicio un proceso de degradación.

Uno de los agentes climatológicos más dañinos es el agua, la cual puede hacerse presente tanto superficialmente como por debajo de las capas inferiores, a través de rutas de filtración que se van formando sobre todo en las zonas de cortes y partes bajas de un tramo con pendiente longitudinal escasa, por lo que, durante las temporadas de lluvia, el agua que es captada tanto por la superficie de rodamiento, como por la zona adyacente, no es desalojada en su totalidad, ya que en la mayoría de los casos no se cuenta con un drenaje longitudinal eficiente por medio de subdrenes de captación laterales.

Ante la presencia de agua, además del envejecimiento normal de la superficie de rodamiento y los cambios de temperatura, da inicio la aparición de deformaciones tales como ondulaciones o corrugaciones, además de rodéras y asentamientos. También comienzan a surgir grietas longitudinales y transversales con características de mapéo y piel de Cocodrilo. Posteriormente aparecen las Calaveras y Baches, acompañados del desgranamiento de la Carpeta Asfáltica, por medio de la cual se filtra el agua a las capas inferiores, ocasionando la falla de toda la estructura.

Como puede apreciarse, el Problema es lo suficientemente crítico una vez que se ha llegado a los límites de daño máximo permisible para que se garantice el Transito seguro y eficaz de los usuarios, ya que entre más tiempo tarde en efectuarse la reparación del camino, apartir de la aparición de los Daños, Mayor será el costo de Conservación y Mayóres serán los daños Humanos y Materiales que se generen por ésta causa, ya que estadísticamente, una buena cantidad de los Accidentes de Carretera son ocasionados por las bájas condiciones del índice de servicio del Camino.

La Rehabilitación de Caminos mediante el procedimiento de Recuperación en Frío en Sitio, es hoy en día, una de las más eficientes, ya que permite la utilización y combinación de diferentes Materiales de Construcción, con objeto de garantizar la Estabilización de las capas superiores de un camino, las cuales generalmente, son las que se encuentran mas dañadas, permitiendo con ello la Restitución posterior de la carpeta asfáltica con la Confianza y Seguridad de que el periodo de vida después de la reparación será Mayor, comparativamente con otros procedimientos, además de representar Menores Costos de Conservación por parte de las Dependencias Gubernamentales responsables de éllo.

Actualmente no existe Bibliografía sobre este Tema, por lo que el Objetivo de ésta Tesis, -la cual fue Desarrollada a partir de una recopilación de escasa información, existente únicamente en Cursos y Seminarios de Actualización, además de las experiencias Personales, adquiridas durante nuestra Trayectoria Profesional en el Campo de Trabajo- es dar a conocer el Procedimiento Integral de Rehabilitación de

**Pavimentos, mediante la Recuperación en Frío en Sitio, y la utilización de Modificadores de Asfáltos, así como sus Técnicas de ejecución en Obra.**

En el Primer Capitulo, se presenta una reseña Historica de los Caminos en México, ya que para comprender la magnitud del Problema, es muy importante conocer cual ha sido su proceso evolutivo durante las diferentes etapas que han marcado el devenir economico, politico y social del país.

En el segundo capitulo, se plantea la situación actual de la red carretera nacional, así como las estrategias que se han instrumentado en materia de infraestructura tecnica y administrativa para fortalecer los programas de Conservacion, Ampliacion y Modernizacion en general de toda la red de Caminos.

El capitulo número tres plantea de una manera clara y sencilla, lo concerniente al Perfilado, Recuperación y Reciclado en Frío de caminos haciendo una comparativa de cada una de estas técnicas contra los métodos tradicionales, además, se describen los procedimientos y técnicas constructivas en campo, las ventajas y desventajas de cada procedimiento, el equipo necesario en cada caso y la conveniencia de su utilización, de acuerdo a la magnitud de los daños que presente un camino.

En el capitulo número cuatro, denominado "utilización de modificadores de Asfáltos como agentes auxiliares de rehabilitación", se describen las características de los principales modificadores que actualmente se están utilizando en México, como es el caso de la resina Gilsonita, los Polimeros y el Hule molido de Neumáticos, todos ellos, utilizados para mejorar las características físico-químicas y mecanicas de un Pavimento. Se presenta además una descripción de las técnicas de incorporación, equipo necesario y especificaciones que deben de cumplir los Asfáltos Modificados con éstos productos.

En el capítulo número cinco denominado "Aplicacion a un caso Real", se describe el Procedimiento Constructivo Real ejecutado en un Subtramo de la Autopista México-Veracruz, cuya Administración, Operación y Conservacion esta a cargo del Organismo Descentralizado CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS CONEXOS.

describiéndose paso a paso las diferentes etapas constructivas, y haciendo referencia a las especificaciones tanto generales como particulares para una rehabilitación integral de esta naturaleza, la cual contempla la utilización de cemento pórtland para estabilizar el producto de la recuperación, formando una nueva base, también se considera el uso de un polímero del tipo SBS para modificar el cemento asfáltico utilizado en la carpeta, y el empleo de hule molido de neumáticos como agente modificador del cemento asfáltico utilizado en una carpeta delgada de graduación abierta open-graded como superficie de rodamiento. En base a esto, se obtienen los volúmenes de obra por medio de una cuantificación geométrica para el análisis del costo por kilometro lineal de recuperación en carriles de circulación y nivelación del acotamiento, realizando para la integración del presupuesto, precios unitarios por unidad de obra terminada.

En el capítulo número seis, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

Por último, se presentan las referencias bibliográficas y en los anexos A,B,C. Se ubican las matrices de los análisis de costos horarios de maquinaria y equipo, básicos de costos, y precios unitarios respectivamente.

**CAPITULO 1**  
**HISTORIA DE LOS**  
**CAMINOS EN**  
**MEXICO**

## **1.1 GENERALIDADES.**

Es muy importante conocer cual ha sido el proceso de desarrollo y evolución de los caminos a lo largo de las diferentes etapas historicas que se han presentado en nuestro país, y cuales han sido los acontecimientos que han marcado una transición entre estos periodos , ya que de ello depende la comprensión real de la magnitud del problema en materia de los daños que actualmente se registran en buena parte de la red carretera nacional.

## **1.2 LOS CAMINOS PREHISPANICOS**

En la época rehispanica, Méxicas y Mayas construyeron caminos que les permitieron conquistar, dominar y comerciar en extensas zonas del territorio Americano.

A diferencia de Europa, los caminos en México no se relacionan con la aparición de la rueda, ya que las culturas Prehispanicas desconocian su aplicación mecánica y se carecía de bestias de tiro y carga; lo que no fue obstaculo para desarrollar una amplia red de caminos, calzadas, veredas y senderos.

En la zona dominada por los Mayas, caracterizada por la presencia de terrenos pantanosos, muchos caminos mantuvieron su trazo recto y se tendieron por encima de lagos, esteros y pantanos, ocasionando el asombro de los conquistadores. En esta región se hicieron las calzadas utilizando la piedra blanca del lugar lo que dio origen a su nombre o camino blanco.

En la zona central, los caminos construidos por los Aztecas, se empleaban frecuentemente para el envío de mensajes; En los principales, se colocaban torres donde pernoctaban los indigenas que actuaban como correos, cada correo comunicaba verbalmente el mensaje o entregaba pictogramas con la noticia.

El imperio Azteca en México, se extendió de la costa del Golfo hasta la costa del Pacífico por rutas trazadas por los indigenas.

Los conquistadores Españoles quedaron impresionados con las cuatro calzadas de tierra firme en el valle de Anahuac que cruzaban de Tlatelolco a Ixtapalapa y del reino de Tacuba al de Texcoco. Los caminos de los Méxicas fueron descritos por los conquistadores como recios, angostos y empinados.

Las regiones Mayas de Cobá y Uxmal, fueron centros de donde irradiaba una serie de caminos que comunicaban amplias zonas. Cobá estaba enlazada con el otro centro importante de la Península de Yucatán-Chichénitzá, por un camino de cien kilómetros con una anchura de nueve metros y medio.

Los Purépechas contaron igualmente con una red caminera bastante desarrollada, cuyo centro principal fué Tzintzuntán.

### **1.3 LOS CAMINOS VIRREYNALES**

El camino indígena se transforma en camino Virreynal al consumarse la conquista.

Durante la conquista y posteriormente la dominación, los Españoles aprovecharon muchas de éstas veredas para ser transportados por los indígenas hacia sus destinos, resultando obligatorio para los "tamemes" sin recibir pago alguno, además de ser tratados como bestias.

Ante ésta situación, Fray Bartolome de las Casas señalado como "el Padre de los indios", se preocupó por que éstos tuvieran un mejor trato además de que no se les obligara a cargar contra su voluntad y sin pagarles por aquel trabajo, haciéndole saber al Rey de España los sufrimientos que pasaban aquellos indios, por lo cual se promulgaron leyes en España para defenderlos de aquella tiranía, ya que en México no se hacía caso a sus peticiones.

Junto con los conquistadores llegaron a México las bestias de carga, modificando en forma sustancial al transporte, ya que se empezaron a hacer las Carretas y los Carros y Coches tirados por mulas o caballos.

Esto, obligó a modificar las características físicas de los caminos primitivos. Se mejoraron las rútas, se suavizaron las pendientes y se amplió el ancho de la superficie de rodamiento.

A tal grado se desarrolló esta actividad, que en el siglo XVII la importancia de los caminos no se medía por sus características sino por su tamaño y número de las "recuas" que los recorrían. Un buen camino era aquel que soportaba "recuas hasta de cien mulas".

En 1522, Hernán Cortés ordenó la construcción de camino México-Veracruz, convirtiéndose la primera brecha en camino. En el mandato del Virrey Antonio de Mendoza se construyeron los caminos para unir a México con Acapulco, Oaxaca, Tehuantepec y Huatuleo; México con Michoacán, Colima, Jalisco y Pánuco; México con las zonas mineras de Taxco y Sultepec; México con Zacatécas y Durango. Sus sucesores abrieron dos nuevas rútas directas a Puebla con ramales que llegaban al Valle de Atlixco e Izucar; se construyeron también rútas hasta Otumba, Apan, Tepetlaozotc y Calpulalpan.

Al final del Virreynato, se contaba en México con Siete mil Kilómetros de "Caminos Reales", por los cuales se podía transitar en carretas.

#### **1.4 LOS CAMINOS EN EL MEXICO INDEPENDIENTE**

Las prolongadas luchas por la independencia dañaron los caminos en forma considerable y se sumaron al abandono que venían sufriendo desde principios de siglo.

Desde fines de 1810 fué imposible para los soldados realistas llegar al puerto de Acapulco; Los caminos de tierra adentro fueron cortados y quedaron aislados Guanajuato, San Luis Potosí, Jalisco y toda la Nueva Galicia, hoy Jalisco.

La inestabilidad política y la falta de recursos públicos impidió que una vez consumada la independencia se mejorara la red de caminos

existente, cuya construcción y conservación quedo a cargo de la Secretaría de Estado y Despacho de Relaciones Exteriores e Interiores, creada el 8 de Noviembre de 1821.

El primer esfuerzo formal para implementar un programa de construcción y conservación de caminos se hizo en 1842 cuando se creo un cuerpo civil de ingeniería de caminos, puentes y calzadas que no tuvo acción practica, ya que en 1846 fue sustituida por la Dirección General de colonización e Industria, misma que sería sustituida nuevamente por la Secretaría de fomento ,con iguales resultados.

La construcción de caminos tuvo que enfrentar a la resistencia de los dueños de ciertas propiedades.al establecerse el impuesto de peaje, los comerciantes elevaron el precio de sus productos y ante el descuento popular, Benito Juárez tuvo que suprimirlo en 1862.

En 1901 se termino de construir el camino de Paso de Porras a San Marcos en Aguascalientes y en 1902 se firmaron contratos para la construcción de los caminos de Chapa de Corzo a la frontera con Guatemala y de Mazatlán a Culiacán y se inició el puente sobre el río Grijalva en el paso de Chiapas , obras que terminaron en 1909.

Más no todo fué facil; cuando se tuvieron las primeras experiencias del automovilismo en México, alla por 1905, eran muy cortos los recorridos que los vehiculos podian emprender por la falta de caminos apropiados ya que las condiciones de servicio eran muy deficientes , circunscribiendose casi en la generalidad de los casos, al transito por las calles de las ciudades.

## **1.5 LOS CAMINOS DEL MEXICO MODERNO**

En 1917 Venustiano Carranza creó la Dirección General de Caminos y Puentes , dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

Un año después quedó lista la carta general de caminos que sirvió de apoyo a los proyectos de apertura , modificación , localización y reparación de carreteras.

El 6 de abril de 1925 el Presidente Plutarco Elías Calles creó la Comisión Nacional de Caminos, que recibió facultades para administrar y ampliar los impuestos recaudados sobre ventas de gasolina y sobre tabacos labrados.

A partir de 1928 la Comisión Nacional de Caminos asumió la responsabilidad técnica de la ejecución y desde entonces las carreteras y caminos de México han sido proyectados, construidos y conservados por Ingenieros y Empresas Mexicanas.

En 1932, La Comisión Nacional de Caminos paso a depender de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, con el nombre de Dirección de caminos hasta 1958.

## **1.6 LA RED ACTUAL DE CARRETERAS**

El gobierno trazo entonces un programa de caminos vecinales, cuyo fin era transformar parte de los 330 mil kilometros de bréchas existentes en caminos transitables todo el tiempo, bajo la coordinacion de la Secretaria de Aasentamientos Humanos y Obras publicas.

Asi mismo, se intentaba reducir el desempleo en las zonas rurales , utilizando en estos trabajos la mano de obra campesina. Este programa permitio a la red carretera de México crecer en una decada aproximadamente 60 mil kilómetros.

Durante los últimos años la construcción de caminos por parte del Gobierno Federal se ha reducido notablemente debido a la crisis financiera de los últimos años dando prioridad a la conservación, ampliación y adecuación geométrica tanto de la red federal, como de los caminos de cuota, con escases de recursos, bajo la coordinacion de la Direccion General de Conservación , Direccion General de Servicios Técnicos de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, así como también de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.

A partir del sexenio del Presidente Carlos Salinas de Gortári, se dieron cambios sustanciales relativos al otorgamiento de concesiones a Empresas particulares para la construcción de autopistas de cuota de altas especificaciones (las llamadas concesionadas), sin embargo, la crisis financiera por la que atraviesa el país, ha provocado la postergación de grandes inversiones que se tenían previstas, e inclusive se habla de que el gobierno federal pagara a los particulares el monto de las inversiones que se realizaron, con objeto de que sea él, el que se haga cargo de su administración y conservación.

Esta situación, al parecer, será la constante de los próximos años y ha obligado a los órganos correspondientes al otorgamiento de contratos de obra de bajo costo, ya que ante la competencia y la amenaza de quiebra de muchas empresas, éstas reducen sus costos al máximo con la consiguiente necesidad de la utilización de técnicos contratados a bajo costo para poder financiar éste tipo de obras, sobre todo, tomando en cuenta que la inflación afecta fundamentalmente los presupuestos para inversiones de largo plazo, como es el caso de gran parte de este tipo de obras.

**CAPITULO 2**  
**SITUACION ACTUAL**  
**Y PERSPECTIVAS**

---

## **2.1 GENERALIDADES.**

El Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes, se enmarca en los postulados y objetivos contenidos en el Plan Nacional de Desarrollo, que recoge las aspiraciones y demandas de la sociedad, en la búsqueda de un crecimiento económico vigoroso, sostenido y sustentable.

Como parte del sistema nacional de planeación, en el sector comunicaciones y transportes se realizó una amplia consulta que derivó en la elaboración de un diagnóstico sobre la realidad prevaleciente en el propio sector.

Gracias a esta importante consulta, en la que investigadores, académicos, prestadores de servicios, asociaciones, trabajadores, empresarios, cámaras y sindicatos, así como servidores públicos y la población en general expresaron sus opiniones, hoy se tienen objetivos claros, estrategias y acciones que habrán de seguirse para alcanzarlos.

El Plan Nacional de Desarrollo plantea, como condición esencial para que nuestro país logre un crecimiento económico sano y sostenido, que la infraestructura básica y los servicios de comunicaciones y transportes sean adecuados, modernos y suficientes, a fin de que contribuyan a incrementar la competitividad y la productividad de la economía, el impulso al desarrollo regional y mejorar la calidad de vida de la población.

El Plan reconoce, que no obstante el enorme esfuerzo realizado por varias generaciones de mexicanos, aún existen múltiples retos a enfrentar en la ampliación y modernización de la infraestructura, y en la prestación de los servicios de comunicaciones y transportes.

El Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes tiene como propósito establecer los objetivos, orientar las estrategias y precisar las acciones que habrán de seguirse, con el fin de que la infraestructura y los servicios en el sector sean adecuados, modernos y suficientes.

Bajo esta perspectiva, los objetivos fundamentales que se persiguen son:

- **Conservar, modernizar y ampliar la infraestructura del transporte y las comunicaciones, a fin de impulsar el crecimiento económico; la integración regional; y el desarrollo social.**
- **Mejorar la calidad, acceso, eficiencia y cobertura de los servicios de transporte y comunicaciones, con el propósito de apoyar la competitividad y productividad de la economía.**
- **Contar con la infraestructura y los servicios de transporte y comunicaciones, con niveles de seguridad suficientes que permitan el tránsito de personas y bienes, a través de las vías generales de comunicación, con tranquilidad y confianza.**

Estos objetivos suponen la ejecución de una serie de lineamientos estratégicos.

Así se fortalecerá el proceso de planeación integral del sector comunicaciones y transportes, bajo una visión de mediano y largo plazos.

También se adecuará el marco jurídico que rige al Sector, con el propósito de fortalecer la función rectora, normativa y promotora de la SCT.

Se estimulará la participación de la iniciativa privada en el desarrollo de la infraestructura, y se fomentará la competencia en la prestación de los servicios.

Además se otorgará prioridad en la asignación de los recursos presupuestales, a la terminación de proyectos en proceso y a la realización de nuevas obras que satisfagan criterios de rentabilidad social y económica, y que comuniquen a los principales centros de producción y consumo del país.

Asimismo se impulsarán, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, los programas de descentralización de funciones, responsabilidades y recursos del sector.

Se integrarán los diferentes modos de transporte en un sistema multimodal, que vincule de manera eficiente a los centros de producción con sus mercados.

Para prevenir accidentes y reducir el número de ilícitos en las vías generales de comunicación, se actualizará el marco regulatorio, se mejorará la infraestructura y la vigilancia, y se instrumentarán programas y campañas que permitan generar una cultura de la seguridad en el transporte.

Finalmente, se consolidará la transformación organizacional y administrativa del Sector, para hacerlo más eficiente y apoyar así el cambio estructural.

En los albores del nuevo milenio, las necesidades de la sociedad y de la economía en nuestro país, estarán en mayor medida referidas o asociadas a las distintas modalidades de las comunicaciones y el transporte, particularmente a las carreteras.

Las carreteras constituyen el principal medio de desplazamiento de personas y bienes y son, al mismo tiempo, un instrumento primordial para la integración social, económica y cultural de la nación.

Con una extensión de 303,262 kilómetros, las carreteras enlazan a las capitales de los estados; cabeceras municipales; zonas urbanas y rurales; puertos; fronteras y aeropuertos, así como a los principales centros de producción y consumo. La mayor parte de flujo terrestre de pasajeros y carga circula por ese sistema, que atiende el 98.5 por ciento del movimiento doméstico de pasajeros y más del 85 por ciento del de carga terrestre.

La **red federal** de carreteras está constituida por 24,928 kilómetros de caminos libres y 5,683 kilómetros de autopistas de cuota. El 98.7 por ciento de ella se encuentra pavimentada.

Dentro de esta red se han identificado 10 ejes troncales que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria, así como las más importantes localidades urbanas y centros turísticos a lo

largo y ancho del país. En estos ejes, existen tramos con volúmenes diarios de tránsito que oscilan entre 2 mil y 30 mil vehículos.

PRINCIPALES EJES TRONCALES	
1	México - Guadalajara - Tepic - Mazatlán - Guaymas - Hermosillo - Nogales, con ramales a Lázaro Cárdenas y Tijuana
2	México - Querétaro - San Luis Potosí - Saltillo - Monterrey - Nuevo Laredo, con ramales a Reynosa y Piedras Negras
3	Querétaro - Tlaxiaco - León - Lagos de Moreno - Aguascalientes - Zacatecas - Torreon - Chihuahua - Ciudad Juárez
4	Acapulco - Cuernavaca - México - Pachuca - Tuxpan - Tampico - Matamoros
5	México - Puebla - Coahuila - Campeche - Mérida - Cancun - Chetumal, con ramales a Oaxaca y Chiapas
6	Mazatlán - Durango - Torreon - Saltillo - Monterrey - Reynosa - Matamoros
7	Mazatlán - Guadalajara - Lagos de Moreno - San Luis Potosí - Tampico
8	Acapulco - Cuernavaca - Puebla - Veracruz
9	Veracruz - Tampico - Monterrey
10	Tijuana - Santa Rosalía - La Paz - Cabo San Lucas (Transpeninsular)



Fuente: SCT Subsecretaría de Infraestructura

Por su parte, la infraestructura estatal consta de 56,054 kilómetros libres y 605 de cuota. Del total, el 78.5 por ciento está pavimentado.

Además, el sistema nacional de carreteras cuenta con 147,456 kilómetros de caminos rurales, de los que alrededor del 50 por ciento son atendidos por la SCT.

En el siguiente cuadro se presentan los tramos que, a lo largo de los diez ejes troncales del sistema, requieren en mayor medida ser modernizados.

EJES TRONCALES Y TRAMOS POR MODERNIZAR				
Eje	Longitud en Kilómetros			Tramos por modernizar
	Total	Modernizada	Faltante	
México-Guadalajara - Tepic - Mazatlán - Guasmas - Hermosillo - Nogales - con tamales a Lazaro Cárdenas - y Tijuana	1,046	1,976	1,060	Entronque San Blas-Villa Unión (227 km) San Luis - Rio Colorado-Sonoyta (200 km) Santa Ana-Caborca-Sonoyta (254 km) La Rumberosa-Iecate (84 km) Patzcuaro-Tzucupán (56 km) Tzucupán-Lazaro Cárdenas (269 km)
México-Queretaro - San Luis - Potosi - Saltillo - Monterrey - Nuevo Laredo - con tamales a Reynosa y Piedras Negras	1,816	1,094	722	San Luis - Potosi-Puerto México (393 km) Saltillo-Castanos (170 km) Monclova-Sabinas (90 km) Agua Prieta-Allende (55 km) Allende-Nava (14 km)
Queretaro - Irapuato - León - Lagos de Moreno - Aguascalientes - Zacatecas - Torreón - Chihuahua - Cd Juárez.	1,610	1,293	317	Aguascalientes-Zacatecas (111 km) Luz - Ramón López Velarde-Cuencame (206 km)
Acapulco - Cuernavaca-	1,044	202	842	Piramides-Ihuatlan (185 km) Tuxpan-Lampes (197 km)

México-Tuxpan - Tampico- Matamoros <sup>1</sup>				Tres Marias-Estacion Mamel (47 km) Est. Mamel-Soto La Marina (148 km) Soto La Marina-Matamoros (269 km)
México - Puebla - Coahuacuilco - Campeche - Merida - Cancun - Chetumal - con ramales a Oaxaca y Chiapas	2,806	1,607	1,199	Agu Dulce-Cardenas (82 km) Villahermosa-Cd. del Carmen (168 km) Cd. del Carmen-Champotón (147 km) Campeche-Merida (192 km) Cardenas - P. Nezahualcoyotl (132 km) Ocozacaula-Las Cruces (67 km) Las Cruces-Arrapa (47 km) Cancun-Chetumal (179 km)
Mazatlan - Durango - Torreón - Saltillo - Monterrey - Reynosa - Matamoros <sup>1</sup>	753	388	365	Mazatlan-Durango (294 km) Reynosa-Matamoros (71 km)
Minamitlán - Oz. Jalisco - Lagos de Moreno - San Luis Potosí - Tampico <sup>1</sup>	908	381	527	Lagos de Moreno-San Luis Potosí (150 km) San Luis Potosí Cd. Valles (259 km) Cd. Valles-Lampico (138 km)
Acapulco - Cuernavaca-Puebla - Veracruz <sup>1</sup>	446	344	102	Atlixco-Alpuxeca (102 km)
Veracruz - Tampico - Monterrey <sup>1</sup>	737	192	545	Cardel-Nautla (122 km) Nautla-Poza Rica (97 km) Est. Mamel-Cd. Victoria (162 km) Cd. Victoria-Linares (164 km)
Transpeninsular de Baja California	1,738	200	1,538	R. Sánchez-Taboada-Gro. Negro (592 km) Comerio Negro-La Paz (770 km) La Paz-Linorque- Aeropuerto San José del Cabo (176 km)
<b>TOTAL</b>	<b>14,894</b>	<b>7,677</b>	<b>7,217</b>	

Fuente: SFI Dirección General de Servicios Técnicos.  
Las longitudes no toman en cuenta tramos que comparten con otros ejes.

De los 7,217 kilómetros pendientes de modernizar dentro de los ejes troncales, hay alrededor de 3 mil kilómetros a los que debe darse atención preferente en razón de sus actuales condiciones de servicio y de su utilización creciente, prevista para el corto plazo. De igual manera, existen tramos que, a pesar de no pertenecer a los ejes troncales, también requieren de acciones de modernización en el futuro cercano.

La red de **autopistas de cuota**, conformada por las que opera Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (Capufe) y las concesionadas, tiene una extensión total de 5,683 kilómetros, de los cuales 867 son de dos carriles; 4,795 de cuatro; y 21 de seis o más carriles de circulación.

Durante los últimos años, se avanzó sustancialmente en la integración de esta red mediante concesiones en que se cuenta con una importante participación del sector privado.

Las autopistas de cuota representan en la actualidad un elemento fundamental para el transporte y la comunicación nacional. Sus trazos, características geométricas y condiciones de servicio ofrecen al usuario grandes ventajas en tiempos de recorrido, seguridad y costo.

Los 147,456 kilómetros de **caminos rurales** constituyen un activo de gran importancia regional y local, ya que a través de ellos es posible la comunicación permanente entre los centros de población y producción en el medio rural; el acceso de amplios grupos de la población campesina a servicios básicos de salud y educación; así como a mayores oportunidades de empleo y desarrollo en general.

En virtud de la difícil situación económica por la que atravesó el país en 1995, y como parte de un programa integral impulsado por el Ejecutivo Federal y más tarde recogido en la Alianza para la Recuperación Económica, se puso en marcha el Programa Especial de Conservación de Caminos Rurales con Uso Intensivo de Mano de Obra que, con una inversión de más de 300 millones de pesos, permitió atender 58,562 kilómetros de caminos.

## **2.2 OBJETIVOS DERIVADOS DEL DIAGNOSTICO REALIZADO A LA RED CARRETERA NACIONAL.**

- Conservar y reconstruir las carreteras libres para abatir los costos de transporte, elevar la seguridad y la calidad del servicio, así como para prolongar la vida útil del patrimonio vial federal.

- Modernizar y ampliar la red federal, a fin de extender la cobertura de las carreteras de altas especificaciones, mejorar los accesos a ciudades, aeropuertos, puertos y fronteras, para propiciar la interconexión eficiente con otros modos de transporte; y facilitar la continuidad de la circulación vial a lo largo de la misma.
- Impulsar y apoyar la conservación, reconstrucción y ampliación de los caminos rurales para coadyuvar al desarrollo económico y social de las pequeñas comunidades, facilitar su acceso a los servicios de salud y educación, generar empleos e inducir el intercambio de productos y servicios.

En el cumplimiento de estos objetivos, habrán de adoptarse las medidas que aseguren la preservación del equilibrio ecológico y la protección del medio ambiente.

### **2.3 ESTRATEGIAS INSTRUMENTADAS EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA.**

- Reforzar los mecanismos de planeación para asegurar un uso eficiente de los recursos, actualizar la tecnología y desarrollar proyectos que cumplan las expectativas de los usuarios.
- Concentrar las acciones de conservación, reconstrucción, modernización y ampliación de carreteras en los tramos que presenten los mayores índices de utilización y en los que se observen condiciones de seguridad menos favorables.
- Dar prioridad a la integración de los 10 principales ejes troncales de la red carretera, ya sea a través de obras concesionadas o mediante la modernización de tramos con recursos fiscales.
- Desarrollar nuevas fórmulas para el financiamiento de la infraestructura carretera, tanto con participación privada como pública.
- Mejorar el aprovechamiento de las autopistas de cuota y ofrecer una más amplia gama de servicios a los usuarios.

- Descentralizar la construcción y conservación de los caminos rurales y de la conservación de las carreteras federales que cumplen una función regional, mediante mecanismos concertados con los gobiernos de las entidades federativas.

#### **2.4 LÍNEAS DE ACCIÓN PARA FORTALECER LA CAPACIDAD INSTITUCIONAL DE LOS PROGRAMAS CARRETEROS:**

- Hacer más eficientes los procesos de planeación para conservar, reconstruir, modernizar y ampliar las carreteras a cargo de la SCT, con el fin de asegurar el uso adecuado y oportuno de los recursos destinados a estas tareas.
- Mejorar la elaboración de proyectos ejecutivos y perfeccionar los mecanismos para la liberación de los derechos de vía, con objeto de reducir el riesgo de que se incrementen los costos de las obras.
- Desarrollar estudios de impacto ambiental para mitigar y controlar los efectos de los proyectos carreteros sobre el entorno natural.
- Actualizar las normas técnicas relacionadas con carreteras en sus aspectos de proyecto, construcción y conservación, con el fin de lograr un aumento en la calidad de las obras, así como una mayor eficiencia en los procedimientos de contratación y administración.
- Fortalecer la capacidad de la SCT para dar seguimiento al programa de autopistas concesionadas, incluyendo sus aspectos tarifarios, financieros, de conservación y de operación.
- Modernizar los sistemas de obtención, procesamiento y análisis de datos estadísticos para apoyar la toma de decisiones.

## **2.5 PROPUESTAS PARA MEJORAR LA CONSERVACION Y MODERNIZACION DE LA RED CARRETERA**

- *Establecer e instrumentar una estrategia integral y multianual para conservar la red federal, con el propósito de reducir la proporción de caminos en mal estado hacia el año 2000.*
- *Mejorar las condiciones geométricas de las carreteras y, en especial, disminuir puntos conflictivos tales como secciones angostas; falta de acotamientos; pendientes pronunciadas; y curvas cerradas, con el fin de incrementar los niveles de seguridad.*
- *Establecer e instrumentar mecanismos que permitan el uso apropiado del derecho de vía, y propiciar el desarrollo de instalaciones conexas que brinden un mejor servicio a los usuarios.*
- *Sistematizar la inspección oportuna de los puentes de la red federal y programar acciones preventivas que eviten su deterioro; así como ampliar puentes angostos y sustituir vados.*
- *Adecuar la programación de los recursos destinados a conservación y reconstrucción, a fin de que se apliquen antes de la época de lluvias, y así maximizar su aprovechamiento.*
- *Construir carriles de ascenso en tramos de topografía difícil, que muestren elevados volúmenes de tránsito.*
- *Reducir el número de cruces peligrosos; mejorar el señalamiento vertical y horizontal; y actualizar la nomenclatura del sistema carretero en general.*
- *Revisar la señalización carretera, a efecto de homogeneizar los sistemas conforme a lo acordado en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte.*
- *Diseñar e instrumentar mejores métodos de evaluación y seguimiento en materia de conservación.*
- *Instrumentar sistemas de trabajo que permitan una respuesta eficiente y oportuna, ante emergencias producidas por fenómenos naturales.*

- Mejorar el entorno ecológico de los caminos a través de programas de reforestación.

Actualmente se llevan a cabo trabajos de esta naturaleza por parte de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, tales como, la ampliación a terceros carriles en las autopistas México-Cuernavaca, México-Puebla, México-Querétaro y actualmente se encuentra en proceso de ejecución el Programa de Rehabilitación de Autopistas dentro del Programa Multianual de Conservación, el cual se encuentra en observación y podrá ser implementado en las demás dependencias del sector que ejecutan obras de este tipo dependiendo de los resultados que se obtengan.

#### **2.6 ACCIONES PARA MODERNIZAR Y AMPLIAR LA COBERTURA DEL SISTEMA CARRETERO DE ALTAS ESPECIFICACIONES:**

- Evaluar las condiciones operativas actuales y futuras de los diez principales ejes troncales, e identificar los proyectos que permitan avanzar en su modernización.
- Formular los esquemas de financiamiento más apropiados para la ejecución de cada obra.
- Dar continuidad a la circulación de largo itinerario mediante la construcción de libramientos y accesos eficientes, cuando los volúmenes de tránsito así lo justifiquen.
- Promover, con entidades y empresas de la industria del transporte, el desarrollo de proyectos que propicien una mejor articulación intermodal de la infraestructura carretera.
- Acordar, con autoridades estatales, el desarrollo de proyectos que atiendan necesidades nacionales y regionales a la vez.
- Analizar la conveniencia y oportunidad de impulsar, conjuntamente con las autoridades de los países vecinos, nuevos proyectos de puentes y cruces fronterizos.

**Apoyar el desarrollo de zonas turísticas mediante la realización de proyectos de vialidad y mejoramiento de accesos.**

## **2.7 REQUERIMIENTOS PARA LA PROMOCIÓN DE INVERSIÓN PRIVADA EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA:**

- Fomentar una mayor participación de los particulares en la conservación de carreteras, a través de programas de contratación multianual y de la reestructuración de los sistemas de conservación establecidos.
- Fortalecer la función concesionaria de la SCT a través de estudios de aforo; proyectos ejecutivos completos; liberación anticipada del derecho de vía; y niveles tarifarios acordes con la capacidad de pago de los usuarios.
- Otorgar concesiones en términos que establezcan condiciones para concursar con base en la reducción de los costos de las obras; el ofrecimiento de tarifas más bajas; plazo fijo predeterminado; y, en su caso, la mínima participación de recursos fiscales.
- Diseñar e implantar nuevas fórmulas que promuevan la participación privada en la operación, conservación y prestación de servicios conexos en autopistas de cuota.
- Consolidar, en coordinación con las autoridades financieras y los concesionarios, la reestructuración de las autopistas concesionadas con problemas financieros.
- Impulsar proyectos de financiamiento con el apoyo del Fondo de Inversión de Infraestructura (Finfra), para hacerlos atractivos a la inversión privada.
- Explorar esquemas para dar revolvencia a los activos públicos, a través de bursatilizaciones que generen recursos para atender proyectos de alta rentabilidad económica y social.
- Aplicar esquemas financieros de tipo “construir-arrendar-transferir” (BLT); “construir-poseer-operar” (BOO); “construir-operar-transferir” (BOT); a través del pago de rentas periódicas y con objeto de evitar aportaciones importantes de recursos fiscales durante la etapa de construcción.

- Fortalecer el papel promotor del Gobierno Federal par atraer recursos destinados al desarrollo de la infraestructura carretera.

## **2.8 PROPUESTAS PARA MEJORAR EL APROVECHAMIENTO DE LAS AUTOPISTAS DE CUOTA:**

- Elevar la calidad del servicio al usuario y la seguridad de las autopistas.
- Introducir sistemas electrónicos de cobro y otros servicios de valor agregado para modernizar su operación.
- Promover esquemas tarifarios, de comercialización y operación que, con apoyo en modernas tecnologías, contribuyan al pleno aprovechamiento de las autopistas.

## **2.9 INSTRUMENTACION DE ACCIONES EN MATERIA DE DESCENTRALIZACION:**

- Convenir con los gobiernos de los estados y municipios la transferencia de las funciones y responsabilidades, así como de los recursos humanos, materiales y presupuestales que actualmente maneja la SCT para la conservación y, en su caso, construcción de las redes objeto de descentralización.
- Establecer mecanismos de capacitación, transferencia tecnológica, y apoyo financiero y organizacional, que fortalezcan la gestión técnica de la SCT y contribuyan a incrementar la capacidad de los gobiernos locales.
- Procurar la homogeneización de las normas y especificaciones técnicas en materia de carreteras.
- Reforzar los programas especiales para la conservación de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra local.

Transferir a los municipios los tramos carreteros con grandes volúmenes de tránsito, ubicados en las inmediaciones de zonas urbanas.

Es así que el proceso de descentralización del Sector Comunicaciones y Transportes tiene como objetivos fortalecer la capacidad institucional y los recursos públicos en los órdenes de gobierno más cercanos a la vida cotidiana de las comunidades; además de articular armónicamente acciones y programas para mejorar la prestación de servicios, satisfacer necesidades sociales, aprovechar en forma óptima la infraestructura contribuir a la integración nacional, y fortalecer las funciones normativa, reguladora y promotora de la SCT.

Con el fin de establecer las bases para llevar a cabo el programa de descentralización de funciones, responsabilidades y recursos hacia los gobiernos estatales y sus municipios, la SCT ha celebrado un Acuerdo de Coordinación General con prácticamente todas las entidades federativas. En éste, se establece que la SCT y los gobiernos estatales conjuntarán esfuerzos y recursos con objeto de articular acciones en apoyo al federalismo y al desarrollo regional.

En materia de construcción, conservación y modernización de los caminos rurales y carreteras alimentadoras se han firmado convenios específicos con más de la mitad de las entidades federativas para transferir recursos por 200 millones de pesos, así como las atribuciones que correspondían a la Federación.

Dentro del Programa Especial de Conservación de Caminos Rurales con Uso Intensivo de Mano de Obra, durante el primer semestre del año el gobierno federal aportó 202 millones de pesos a las 31 entidades federativas y a partir de julio transfirió la responsabilidad de ejecutar este programa a más de la mitad de los gobiernos locales, mediante la suscripción de convenios de coordinación específicos, por medio de los cuales los estados ejercen directamente otros 148 millones de pesos, lo que suma la totalidad de los recursos de este Programa.

Para el mantenimiento y conservación del orden de 20 mil kilómetros de carreteras que conforman la red federal en proceso de descentralización, a partir del segundo semestre de 1996 dio inicio la transferencia de recursos presupuestales hacia los gobiernos de los estados.

Adicionalmente, y en razón al avance de los procesos de urbanización de las zonas aledañas a los municipios, se ha continuado con la transferencia de aquellos tramos carreteros de jurisdicción federal inmersos en las poblaciones, a efecto de que sean las propias autoridades municipales quienes proporcionen su conservación, mantenimiento y vigilancia. A la Fecha, se han entregado 140 tramos a 90 municipios, con una longitud total de 1,050 kilómetros.

Los objetivos, estrategias y líneas de acción antes descritos permitirán una adecuada protección del patrimonio vial con que cuenta el país e incrementarán el aprovechamiento de la infraestructura existente, generarán empleos, harán llegar los beneficios del transporte carretero a un mayor número de habitantes, y elevarán los niveles de seguridad de los usuarios. Todo ello se traducirá en la reducción de los costos del transporte, contribuirá a incrementar la productividad y competitividad de los demás sectores de la economía, y facilitará la comunicación y acceso de las comunidades más aisladas y dispersas al proceso de integración nacional.

A fines del siglo, las necesidades de la sociedad y de la economía estarán referidas o asociadas a las distintas modalidades de transporte y comunicaciones, y los servicios deberán satisfacer las demandas de mayor calidad, diversidad, competencia y acceso. La magnitud del reto que implica conservar, modernizar y ampliar la infraestructura en el Sector precisará del concurso de los sectores público y privado.

La eficiencia en el transporte estará, a su vez, condicionada a la existencia de niveles de seguridad que disminuyan, sustancialmente, los accidentes en sus distintas manifestaciones. Asimismo, la seguridad en las vías generales de comunicación deberá reflejarse en la menor incidencia de hechos ilícitos que vulneran la integridad física y patrimonial de las personas.

Es pues así como las necesidades de contar con una red de caminos más eficiente y en las mejores condiciones de servicio ha obligado a los órganos correspondientes a la búsqueda de nuevas tecnologías de conservación, mantenimiento y rehabilitación que garanticen tanto técnica como económicamente la viabilidad de las inversiones que se realizan para

tal efecto y poder así de esta forma hacer realidad los objetivos del Programa de Comunicaciones y Transportes.

**CAPITULO 3**  
**PERFILADO,**  
**RECUPERACION**  
**Y RECICLADO EN**  
**FRIO DE**  
**CAMINOS**

---

### **3.1.- PERILADO DE PAVIMENTOS.**

#### **3.1.1.- Introducción.**

El sistema de carreteras de nuestro País es esencial para el desarrollo de su economía. El volumen de tráfico ha aumentado enormemente durante la última década desgastando las carreteras más rápido de lo que han podido rehabilitarse o reemplazarse. Los costos de las nuevas carreteras están causando que la industria busque nuevos acercamientos a la reconstrucción de los caminos existentes. Ya que más del 95% de nuestras carreteras son de asfalto, se ha puesto mayor énfasis en los métodos de reciclado de superficies bituminosas, desde las de bajo tránsito y carreteras secundarias, hasta las autopistas.

Esta presentación abarcará las técnicas actuales para la rehabilitación de caminos como son el perfilado, la recuperación de profundidad total y el reciclado en frío en sitio así como las máquinas actuales que permiten que estos procesos se desarrollen rápida, eficiente y económicamente.

#### **3.1.2.- Definición.**

**El perfilado se define como la remoción de un espesor determinado de pavimento, eliminando sus defectos y logrando un nuevo nivel y pendiente para la colocación posterior de otra superficie de rodamiento.** Aunque el perfilado tradicional se realiza sobre asfalto, las máquinas actuales permiten realizarlo inclusive en concreto hidráulico.

El perfilado se utiliza para restaurar pavimentos que han sufrido deterioro en su porción mas superficial, teniéndose una parte de la carpeta, la base y sub-base en buen estado.

Otra de las aplicaciones importantes del perfilado está en la recuperación de profundidad total. En muchas carreteras de nuestro país, al presentarse la necesidad por primera vez de rehabilitarse, se procedió al tendido de una nueva capa de carpeta asfáltica directamente sobre la que se

encontraba dañada, sin rehabilitar las capas inferiores. Los mantenimientos posteriores consistieron en el mismo procedimiento. Cada vez, la carpeta nueva reflejaba rápidamente las deformaciones y grietas de la capa anterior. Al decidirse a emplear un método como la recuperación de profundidad total para rehabilitar la base de la cual hablaremos más adelante, se encuentra que existen espesores de carpeta asfáltica muy superiores a la capacidad de las recuperadoras. Es necesario perfilar varias capas hasta llegar a un espesor tal que permita el uso de la recuperadora.

Las máquinas perfiladoras cortan generalmente hacia arriba y el tambor cortador es en todo momento enfriado mediante la aspersión de agua para garantizar la vida de las puntas. Estas, que existen en un sin número de diseños, se construyen con cabezas de carburo de tungsteno y se montan sobre "portapuntas intercambiables" alojados en los bordes de las envolventes del tambor. Las envolventes empujan el material hacia el centro de manera que pueda ser recolectado por el sistema de transportadores de descarga.

Actualmente existen en el mercado un buen número de fabricantes de estos equipos que se ajustan a las necesidades de cada caso en particular, podemos mencionar entre otros a CATERPILLAR, CMI CORPORATION y BITELLI. ( En el Apéndice "D" se presenta un cuadro comparativo de diferentes modelos de perfiladoras de la marca CMI )

### **3.1.3.- Método Anterior.**

Cuando se pretendía lograr el mismo efecto de la perfilación que conocemos hoy en día, se procedía al "ripéo" o escarificación de la superficie con equipo convencional como tractor y motoconformadora con una exactitud en el espesor de corte muy deficiente. Se levantaba el material mediante un cargador y se transportaba al lugar de desecho. En otros países era común su transporte a una planta de trituración y clasificación, para reciclarse en una pequeña proporción en caliente junto con concreto asfáltico nuevo en una planta. El tendido de la nueva superficie se hacía después en ambos casos por métodos convencionales.

Con los equipos actuales, el corte que se realiza en húmedo, la molienda y carga de los camiones, se realizan con la misma máquina en

una sola operación mediante las bandas transportadoras y solo queda el transporte al lugar de desecho cuando el material ya no se va a utilizar, del reciclado en caliente mediante la utilización de emulsión asfáltica, o del reciclado en frío utilizando cal o cemento portland para estabilizar y tenderse nuevamente. posteriormente se realiza el tendido de la superficie nueva de desgaste por los métodos tradicionales.

Este tipo de trabajo se realiza generalmente con máquinas llamadas "fresadora" o "gallina".

### **3.1.4.- Ventajas.**

Entre las ventajas más importantes del perfilado se encuentran:

- El prevenir el reflejo de las grietas y fallas que provocaría el tendido sobre la carpeta existente.
- El poder retirar en una sola pasada espesores muy grandes (hasta 40 cm. de espesor de carpeta de 4.9 m. de ancho), con la posibilidad de reducirse hasta anchos muy pequeños dependiendo de la necesidad y equipo utilizado.
- Precisión de hasta 3 mm en el espesor de la capa cortada, lo que se traduce en ahorros substanciales en el material a tenderse encima ya que se coloca solo el material necesario para darle el nivel requerido.
- Posibilidad de corregir el perfil con la precisión mencionada para mejorar el bombeo o el peralte en las curvas del camino.
- La durabilidad de la carretera rehabilitada será mayor que cuando se tiende una capa nueva sobre las dañadas ya que se parte de las secciones sanas de la estructura.
- Se recupera la altura libre original de diseño en los puentes, evitando la disminución de los galibos, ya que esto representa un verdadero peligro para los usuarios del camino.

- Se disminuye el sobre peso en los puentes causado por el reencarpetao, ya que unicamente se coloca el mismo espesor de carpeta que se retiro.

### **3.1.5.- Limitaciones del Perfilado.**

Entre las limitaciones del perfilado se encuentran su capacidad para cortar solo espesores pequeños de concreto hidráulico y su control limitado de la granulometría del producto cuando se requiere de reciclar el material retirado en planta de asfalto (reciclado en caliente). Los equipos que se utilizan para el reciclado en frío, en el que también se requiere de este control, aunque parten de una Perfiladora estándar, se equipan con opciones para este efecto que son la mayoría de las veces incompatibles con el solo perfilado.

## **3.2.- LA RECUPERACION DE PROFUNDIDAD TOTAL.**

### **3.2.1.- Introducción.**

La recuperación de profundidad total es un proceso que ofrece ventajas económicas y alternativas de diseño en la restauración de pavimentos.

Este proceso gira alrededor de la habilidad para pulverizar y mezclar la estructura deteriorada del pavimento hasta una granulometría máxima especificada, la cual, generalmente depende de la velocidad de la máquina y del tiempo de permanencia del rotor en el área de contacto, incorporando ese material al diseño de la estructura del camino restaurado. La recuperación de profundidad total ofrece diversas alternativas "in situ" para el diseñador, para crear la sección de camino deseada.

### 3.2.2.- Definición y generalidades.

Definida de modo general, la **recuperación de caminos es un procedimiento que pulveriza y mezcla en el mismo lugar la estructura de un pavimento existente con una cierta cantidad del material natural subyacente para formar una nueva base mejorada.** Hay varias palabras o frases claves en la definición, las que explican por qué la recuperación de caminos constituye una tecnología de reconstrucción y de conservación de caminos siempre en avance. Ahora subrayaremos y ampliaremos los conceptos claves:

La recuperación de caminos es un procedimiento que pulveriza y mezcla en el mismo lugar la estructura de un pavimento *existente* con una cierta cantidad del *material subyacente* para formar una *base de alta calidad.*

Es decir, se vuelve a usar la estructura del pavimento *existente.* Uno de los mejores aspectos de la recuperación de caminos es que cuesta menos que la reconstrucción tradicional o método de sobrecapas. Gran parte de los ahorros de costos proviene de reutilizar los materiales del pavimento existente. Estos pueden ser una mezcla caliente de concreto asfáltico, gravilla y asfalto (reciclado en caliente) para formar una base asfáltica; una mezcla en frío (reciclado en frío) con cal o cemento portland para formar una base rigidizada o sencillamente grava. Cualquiera que sea el material, sin duda ya ha sido pagado. Cuando se ha tratado el material, se vuelve a usar el producto como agregado de la nueva base mejorada. Esto redundará en grandes ahorros económicos, ya que elimina la necesidad de los costos por concepto de los acarreos por el retiro del material fresado y el traslado de nuevo material.

El trabajo se realiza en el mismo lugar. Antes, reconstruir totalmente la superficie de un camino consistía en desgarrar el camino, cargar el material en camiones, transportarlo a una trituradora, devolver el material al camino y esparcirlo. Ahora, una máquina como la Recuperadora de Caminos CATERPILLAR RR-250 o la CMI RS-500 realiza todas esas funciones en la obra en una sola pasada. La máquina, autopropulsada, tiene un rotor o tambor de púas con puntas de carburo de tungsteno. El trabajo se realiza rápidamente, con equipo mínimo y pocas

tungsteno. El trabajo se realiza rápidamente, con equipo mínimo y pocas interrupciones del flujo normal del tránsito, ya que este es desviado al carril contiguo. ( En el Apéndice "D" se presenta un cuadro comparativo de diferentes modelos de recuperadoras de la marca CMI )

*El material subyacente de la base se mezcla con los del pavimento pulverizado. La penetración y el corte de la base atravesando el pavimento es una de las características que definen la recuperación de caminos. La mezcla del concreto asfáltico tratado con la base es lo que distingue la recuperación de caminos frente al perfilado.*

Se crea una *base de alta calidad*. La recuperación de caminos está concebida para producir una base homogénea y mejorada. Este procedimiento le da al proyectista la oportunidad de mejorar la capacidad de soporte de carga agregando aditivos líquidos, cal, cemento portland o más agregado virgen. Una base estable aumenta la longevidad de un camino y permite más flexibilidad al escoger el tipo y el grueso de la superficie de rodamiento.

### **3.2.3.- Planificación del Trabajo.**

Antes de comenzar un proyecto de recuperación, se deben considerar varios factores. Los dos más importantes son:

- 1.- los resultados finales deseados y
- 2.- la construcción y configuración de la estructura total de la plataforma existente

Estos dos factores determinan otros requisitos del proyecto como:

- aglomerante adicional (aditivos líquidos)
- agregados vírgenes necesarios
- uso de estabilizadores de suelos (cal o cemento portland)
- necesidades de equipos

### ***Resultado final buscado.***

Entre los pasos usuales en el diseño de un camino está evaluar las condiciones existentes para determinar la causa de la falla del pavimento y decidir los requisitos de la obra como parte del proceso de planificación de la recuperación. Como la recuperación permite al ingeniero construir una nueva estructura desde la base, puede especificar los materiales y técnicas que le aseguren el logro de los resultados finales que él busca de acuerdo al diseño de la estructura del pavimento nuevo.

Primero, entre todos los resultados que busca, es una carretera lo suficientemente sólida que resista el volumen de tráfico y de cargas de ejes que se esperan, debiendo considerar un crecimiento a futuro.

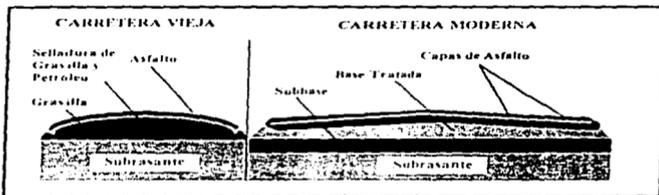
Al construir una base estable, se mejora la característica de soporte de cargas de la nueva estructura. Y la nueva superficie no será objeto de depresiones o cuarteaduras reflejas por tener debajo una sección deteriorada. Asimismo, una base bien construida permite el escurrimiento del agua de la estructura del pavimento de modo que la superficie dura más.

Todo esto se logra mediante la realización previa de un proyecto de rasantes que permita ir corrigiendo las pendientes longitudinales y transversales.

La recuperación de caminos permite al ingeniero dar nueva forma a la plataforma si es necesario. Los caminos de superficie curva se pueden convertir en abovedado a dos aguas. Se puede cambiar la anchura del camino. Y se pueden crear o mejorar los acotamientos.

### ***La Estructura de la Carretera Vieja.***

La estructura total de la carretera consta de todas las capas construidas sobre la subrasante. La estructura de una calle o camino modernos bien construidos, consta probablemente de capas múltiples de mezcla de asfalto caliente sobre una base de buena calidad y una subbase de agregados bien graduados. El camino tiene el perfil preciso y es lo suficientemente ancho, con acotamientos o banquetas adecuadas según se trate.



COMPARATIVO DE LA ESTRUCTURA ASFÉLICA Y DEL AL DE UN CAMINO

La mayoría de los caminos y calles secundarios de más antigüedad no están tan bien construidos. Por eso se deterioran cuando se someten a tráfico y cargas mayores. Una estructura de plataforma vieja típica puede estar compuesta de una base mal graduada y sin tratar; una delgada capa de selladura de cascajo y petróleo; o una capa de mezcla caliente con parches de mezcla fría. El camino tiene probablemente superficie curva, con abundancia de surcos y un ancho de menos de 6.1 m.

Esta es la clase de caminos que se pueden convertir en un material de base de buena calidad mediante la recuperación, pero es extremadamente importante conocer la constitución y el diseño de la estructura total. Estos factores influyen cada paso del proceso de recuperación. Por lo tanto, es vital que la dependencia gubernamental o el contratista obtengan testigos de la estructura de la carretera mientras dure la construcción de la obra. Si todavía existen planos de la estructura, éstos deben ser también objeto de estudio.

El plano puede revelar:

A) objetos que yacen debajo de la superficie.

Los testigos pueden revelar:

B) el grosor de la estructura total o parcial

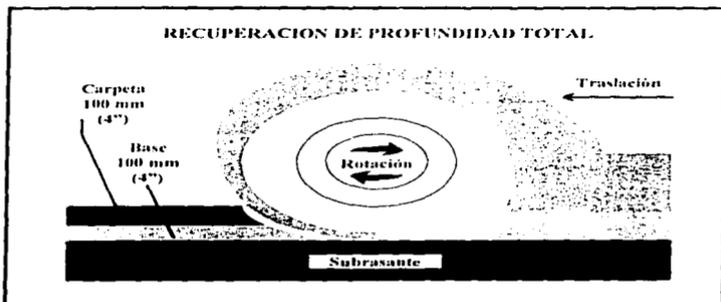
C) el contenido de asfalto residual

D) los agregados existentes

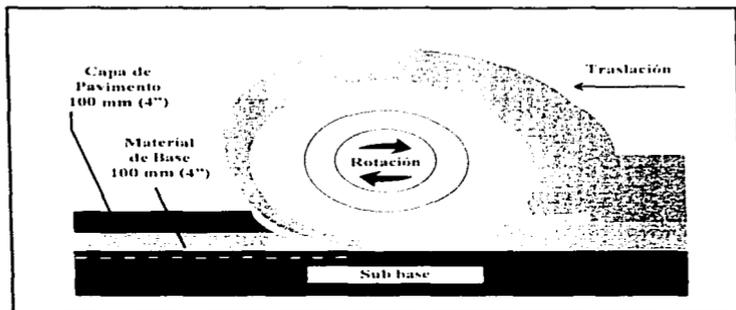
**A. Objetos que yacen debajo de la superficie.** Si se conoce la ubicación de los objetos enterrados, como rieles de ferrocarril o de tranvías, es más fácil la ejecución de la obra, con costos más bajos de mantenimiento de máquinas y de reparación. Si mientras se trabaja con la máquina se encuentran obstrucciones sólidas enterradas, es muy probable que las puntas o los portapuntas se desprendan del tambor de corte en el mejor de los casos, ya que en otros, la máquina puede sufrir daños mas severos que obliguen a la suspensión de los trabajos durante el período que tarda la reparación, lo cual se traduce en pérdidas para el contratista , ya que el tren de equipo y personal utilizados tambien se tiene que parar .

Aun si hay disponibles planos detallados, es buena idea comprobar con un detector de metales la obra en toda su extensión. Donde haya objetos enterrados, hay que extraerlos. Un buen método es hacerlo un día antes de usar la recuperadora de caminos. Esto reducirá al mínimo la interrupción del tráfico causado por la excavación y ahorrará las costosas reparaciones del tambor de corte.

**B. Grosor de la Estructura Total.** Es necesario sacar testigos del pavimento para determinar el número de capas que lo integran y el grosor de la estructura total. Para ello se emplea una extractora de corazones.



La recuperación a profundidad total significa trabajar la estructura completa a profundidad total. La ilustración anterior muestra la estructura total (carpeta y capa de base) de un camino antiguo de 203 mm (8"). Si se especifica recuperación a profundidad total, el rotor del recuperador se debe graduar a una profundidad de 203 mm (8"). Si el resultado final que se persigue es diferente, el proyectista puede especificar una profundidad de corte mayor o menor, entrando aún en la subbase.



ESPESOR DE CORTE QUE INCLUISE SE REALIZA EN PARTE DE LA CAPA DE SUBBASE

El espesor de la capa de carpeta influye en la profundidad total del corte. En recuperación, el cortador debe fijarse de forma que penetre por lo menos 25 mm (1") por debajo de la carpeta. Y se obtienen índices de producción mejores aún y vida útil más larga de la máquina si la penetración por debajo del nivel de carpeta es igual al grosor de la carpeta, en los casos en que ésta no excede de los 20cm, como máximo, ya que la profundidad máxima de corte especificada de estas máquinas es de 406 mm (16").

Por ejemplo, si la carpeta tiene 102 mm (4") de grosor, la profundidad ideal de corte debe ser cerca de 204 mm (8"). (Ver ilustración

superior.) Cortando desde abajo la superficie de carpeta, se reduce el desgaste de las púas. Mientras más agudo el ángulo de corte, más corto es el recorrido de contacto del diente o punta del cortador.

Puede que no sea siempre posible trabajar a la profundidad ideal en términos de producción y vida útil de la máquina. A la postre, **siempre es el resultado final buscado el que dicta la profundidad de corte.**

**C. Contenido de Asfalto Residual.** El cemento asfáltico actúa como aglomerante del material de base. El proyectista especifica un porcentaje de aglomerante para la base a crear.

Los corazones extraídos son objeto de ensayos de laboratorio y muestran el porcentaje de cemento asfáltico que queda en la estructura del pavimento. La cantidad de cemento asfáltico residual le dice al laboratorista cuanto aglomerante adicional necesita para lograr el porcentaje especificado.

**D. Agregados Existentes.** Los corazones también proveen información sobre los agregados en una estructura total. El proyectista está interesado en el tipo de agregados, graduación, dureza y condición. El agregado presente en la estructura determina si se necesitan agregados adicionales.

### ***Aditivos Líquidos.***

A veces se especifican aditivos líquidos para ayudar a aumentar las propiedades mecánicas de la nueva base. Los aditivos líquidos usados generalmente son emulsiones asfálticas o asfalto "Cutback" (fluidificado).

**Cemento Asfáltico.** La adición de cemento asfáltico (CA) en cualquier forma mejora de dos maneras el material de la base. Primero, añade cohesión y aumenta la capacidad de soporte o estabilidad de la mezcla. Segundo, rejuvenece y suaviza el cemento asfáltico en la estructura del pavimento existente.

Usualmente, el cemento asfáltico se mezcla con el material recuperado como una emulsión asfáltica. Las emulsiones asfálticas son mezclas de cemento asfáltico, agua y un agente emulsificador. La mezcla del cemento asfáltico con un agente dispersor como el agua rebaja la viscosidad y facilita su aplicación con el sistema de aditivos líquidos de la máquina.

Después de mezclar el material de base y el asfalto emulsificado, la emulsión se fractura separando el agua del cemento asfáltico. Durante la compactación, se expela el agua fuera de la base o se evapora durante el período de fraguado. Al estar el cemento asfáltico libre de agua, aumenta su viscosidad. Esto aumenta la cohesividad del material de base y la capacidad de soporte de carga.

Similar a una base tratada con asfalto, la base tratada con emulsiones tiene una capacidad estructural que compensa cualquier reducción del grosor de la capa superficial, o que permite la aplicación de una superficie de gravilla u otro tratamiento de superficie menos costoso.

Los asfaltos "Cutback" o fluidificados son mezclas de cemento asfáltico y un destilado más liviano de petróleo tal como el combustible diésel, el querosén o la nafta. Estos destilados se evaporan de la base durante el período de fraguado y aumenta la viscosidad del cemento asfáltico como se describió anteriormente. Según el tipo de destilado, hay asfaltos fluidificados de fraguado rápido, fraguado medio y fraguado lento. Los asfaltos "Cutback" fluidificados son cada vez menos populares porque las sustancias volátiles que los componen se escapan a la atmósfera, tal es el caso de los hidrocarburos gaseosos.

#### *Agregados Virgenes.*

A veces, los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados al producto de la recuperación de la estructura existente, muestra que se deben añadir agregados virgenes para mejorar las propiedades mecánicas del camino. La grava procedente de los ríos, la roca de voladura o la piedra caliza son típicos materiales de agregados virgenes usados para mejorar las

estructuras, el tamaño adecuado sera el que determine el laboratorio para que quede dentro de especificaciones.

Los agregados virgenes se pueden añadir de diversas maneras. Una es colocar el material sobre el camino todavia sin alterar frente a la máquina de recuperación. La máquina de recuperación pulveriza después la estructura de la plataforma y la mezcla con los agregados virgenes en una pasada, o primero se puede recuperar la plataforma y después se esparcen los agregados para mezclarse con el material elaborado mediante una segunda pasada. esparcir los agregados virgenes después de la pulverización inicial facilita obtener un material de base completamente mezclado.

#### *Otros Aditivos.*

El propósito de la recuperación de caminos es proveer una base mejorada. La mayoría de las veces se puede crear una base que cumpla con las normas del diseño, pulverizando y mezclando la estructura actual de la plataforma del camino y añadiendo frecuentemente aglomerante para mejorar mecánicamente el material. Sin embargo, a veces se mezcla con la estructura el suelo sin tratar de la subrasante. Entonces es posible que se requiera la estabilización del suelo junto con el proceso de recuperación para mejorar las propiedades químicas de la nueva base.

La estabilización de suelos varía alrededor del mundo. Lo que es un proceso bien conocido en un área puede que se desconozca en otra. Obviamente, la disponibilidad y el precio de los materiales tienen gran influencia en las técnicas de estabilización. Después, están la experiencia y el adiestramiento del ingeniero de diseño.

No hay reglas estrictas respecto a la estabilización de suelos. El tipo, la cantidad y el método de aplicación recomendado se pueden determinar por la experiencia del ingeniero proyectista y de los resultados esperados.

La opción del agente de estabilización de suelos depende de varios factores: de la construcción de la estructura existente, de la constitución del suelo de la subrasante o suelo nativo y de lo que el ingeniero está tratando

de lograr. Hay disponibles varios agentes estabilizadores. Los más comúnmente usados son:

- A. Cal
- B. Cemento Portland
- C. Cloruro de Calcio

**A. Estabilización con Cal.** La estabilización con cal es una manera comprobada de mejorar las bases que tienen por lo menos un 10% de arcilla magra. Esto sucede aun con las bases que tienen una naturaleza predominantemente granulosa.

El efecto de la cal en los suelos magros tiene muchas ventajas. Sus efectos se ven en un aumento de las fuerzas de tracción y de compresión, en la reducción de las características de contracción y expansión y en la resistencia a la penetración del agua. Pero la ventaja principal es la reducción en el Índice de Plasticidad de la Base (IP).

**B. Cemento Portland.** Se pueden obtener grandes aumentos en la resistencia a la compresión cuando se crean bases tratadas con cemento Portland. Cuando se combinan el cemento, el suelo y el agua, se forma inmediatamente una adherencia cementosa entre las partículas del suelo. Esta mezcla sigue ganando fortaleza durante largo tiempo. Bases tratadas con cemento que han sido comprobadas después de un número de años continúan mostrando aumentos considerables en resistencia a la compresión. La estabilización del cemento es óptima cuando la base o la subbase son de naturaleza granulosa con un bajo IP (índice de plasticidad).

**C. Cloruro de Calcio.** El cloruro de calcio líquido es un aditivo popular en áreas donde el ciclo de congelación y deshielo puede causar desgranamientos de la base. El cloruro de calcio baja el punto de congelación de los materiales recuperados de la base. Y también ayuda a aumentar la capacidad de soporte de carga de la base.

El cloruro de calcio líquido se aplica a través de la plataforma de un camión distribuidor después de la primera pasada de recuperación. Se especifica siempre una segunda pasada con una máquina de recuperación para asegurar una mezcla completa. Después que se conforma y compacta

la nueva base, se le puede dar una segunda aplicación de cloruro de calcio líquido para sellar la superficie.

### ***Necesidades de Equipo.***

Otras de las ventajas de la recuperación de caminos es que no necesita grandes inversiones en equipo. Es más, algunas de las dependencias gubernamentales y muchos contratistas ya tienen casi todo lo que se necesita que es lo siguiente:

1. El centro de todo el proceso es la **máquina de recuperación**. Idealmente, se elige una máquina con rotor de 2.44 m. de ancho y un rotor montado en el medio de la máquina. El rotor de 2.44 m. permite una recuperación de un camino de 7.3 m de ancho en tres pasadas. Las máquinas con rotores más angostos retardan considerablemente el procedimiento. Además, si se tiene el rotor en el medio de la máquina se provee una mejor distribución del peso y del equilibrio para que el cortador se mantenga firme en el corte, sin sacudidas.

2. Después que la máquina de recuperadora efectúa sus pasadas, se necesita una **motoconformadora** para dar forma a la nueva base e ir corrigiendo las pendientes tanto longitudinal como transversal, de acuerdo al proyecto de rasantes. A veces, la motoconformadora se puede usar también para airear la mezcla. O puede hacer también trabajo de escarificación delante de la máquina de recuperación.

3. Se necesita un **compactador** o más. Como en cualquier otro trabajo, el tamaño y número del equipo de compactación depende de las especificaciones y de las necesidades de producción. Las características de la base determinan si se debe escoger un compactador de rodillo liso o de rodillo de pisones, o ambos tipos. Los modelos de rodillo liso son más comunes debido a que el material tiende a ser más granuloso y cohesivo. En trabajos de recuperación se usan a menudo compactadores de neumáticos como compactadores de prueba para encontrar puntos blandos en la base. En algunos casos, se pueden usar para sellar la superficie de la base recién recuperada, o para cerrar la textura.

4. Se requiere también, un **camión cisterna o pipa** en estos trabajos para mantener húmeda la superficie de base recién recuperada, la cual requiere de la utilización de agua como aglomerante, misma que se aplica por medio del sistema de rociado de la máquina recuperadora.

5. Se necesitan **camiones de abastecimiento o camiones nodrizas** si el sistema de aditivos líquidos se usa para añadir aglomerante. O los camiones de abastecimiento pueden rociar el aditivo líquido directamente en la base tratada.

6. Se necesitan **unidades de acarreo** en el trabajo si se van a añadir agregados vírgenes a la nueva base.

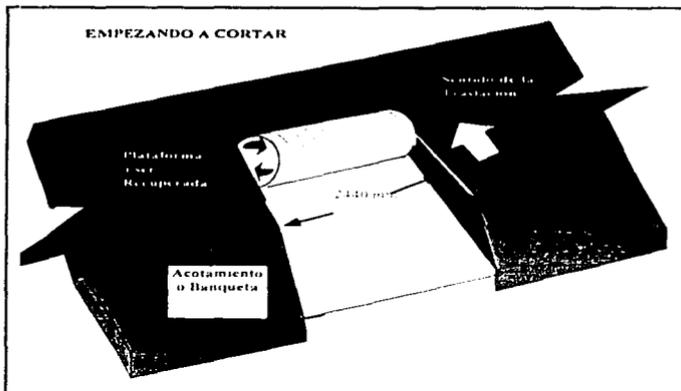
#### **3.2.4.- Recuperación de un Camino y factores que intervienen.**

La recuperación de caminos no es complicada. Siempre que se hayan considerado todos los elementos de la planificación mencionados anteriormente, los trabajos deben progresar sin problemas.

Es muy importante contar con un buen equipo de señalamiento. Para que se programen con anticipación todos los frentes de trabajo y evitar accidentes que pudieran retrasar el programa de obra establecido.

##### ***Empezando a Cortar.***

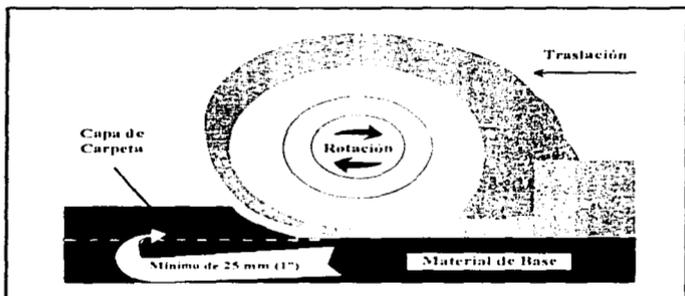
Hay dos maneras de empezar a cortar una estructura que se vaya a "recuperar". La primera es alinear la recuperadora en uno de los bordes de la zona del trabajo (plataforma, playa de estacionamiento, acotamiento, pista de aterrizaje, etc.). Con la máquina parada, se baja el rotor, se corta a través de la superficie fresando en la base hasta alcanzar la profundidad de corte. El problema de este método es que produce desgaste acelerado de las puntas. El área de contacto para cada punta es muy grande mientras se fresa a través de la capa de carpeta asfáltica. Se comienza el corte de esta manera sólo si la superficie de rodamiento es muy delgada [(2") o menos]; cuando la superficie está construida con materiales poco densos; o cuando corte en espacios limitados.



Una mejor manera de empezar el corte es con la máquina colocada lateralmente a través del área de trabajo con el rotor sobre una superficie sin pavimentar perpendicular al eje del camino. Cuando se baja el rotor, se corta material más blando, reduciendo el desgaste de las puntas. Desplazándose a lo ancho del área de trabajo se crea una junta limpia de 90° al comienzo de la obra.

#### *Profundidad del Corte.*

La profundidad del corte la especifica el proyectista según los resultados finales que espera considerando los daños que presenta la superficie de rodamiento.



LA PROFUNDIDAD DEL CORTE SERA POR LO MENOS DEL 100% DEL DIAMETRO DEL ESPESOR DE CARPETA.

La profundidad de corte debe ser por lo menos de 1" por debajo de la capa de carpeta asfáltica para aliviar el trabajo de las puntas del cortador. Pero, en última instancia, el proyectista decide la profundidad de corte basado en lo que quiere conseguir con la base recuperada.

Para ajustar la profundidad de corte, se conecta el rotor y se baja el capó del rotor hasta que las púas toquen apenas el pavimento. Se pone en cero el medidor de profundidad en el lado izquierdo del capó del rotor.

Después, se baja el rotor penetrando el material del pavimento o de la banqueta hasta que el medidor muestre que se ha alcanzado la profundidad determinada.

La profundidad de corte mientras la máquina está trabajando se puede mantener manual o automáticamente. En la modalidad manual, el operador controla la profundidad del rotor mediante los cilindros hidráulicos de la profundidad del rotor. En la modalidad automática, los cilindros de profundidad del rotor se controlan por una disposición de leva y microinterruptor que ajusta automáticamente la profundidad del rotor, para obtener una profundidad uniforme.

Si se va a hacer más de una pasada en la misma porción de superficie (para obtener la graduación de los materiales o mezclar un aglomerante o agregado virgen), se vuelve a fijar la profundidad de corte. Y es por lo siguiente: Durante la primera pasada de un camino pavimentado, la recuperadora trabaja sobre una superficie dura y compactada. Durante la segunda pasada, se desplaza sobre el material suelto que está más alto que la línea de nivelación o de la rasante original. Por esta diferencia, el rotor corta a menos profundidad por lo que la segunda pasada no mezcla completamente todo el material recuperado. Para compensarlo, se fija el rotor a un corte más profundo en una cantidad igual a la diferencia en altura.

### *Ancho del Corte.*

Pudiera parecer que el ancho de la obra se limita al ancho del camino. Pero esto no es siempre verdadero. Es posible que se quiera ampliar el ancho de un camino. Esto se logra recuperando las banquetas o los acotamientos a cada lado de los carriles de circulación de vehículos. Cuando se piensa en algo así, hay que planificarlo muy detenidamente.

Primero hay que preguntarse: ¿Se va a usar un agente o un agregado virgen? Si es así, se deben considerar las características del material del que están formadas las banquetas para calcular los aditivos que se necesitan para obtener las propiedades mecánicas que se buscan en la nueva base.

Segundo, al estimar los metros cuadrados de la obra, se asegura que se tomo en cuenta el ancho del camino ampliado, no el ancho del camino original. Una medida en metros cuadrados y los pesos volumétricos de material recuperado es la base para calcular las cantidades de aditivos y el costo del trabajo completo.

Tercero, el ancho total de la plataforma del camino recuperado afecta todo el plan, y hasta cierto punto, el equipo que se necesita. Si el ancho de corte va a ser de más de 6.1 m, se necesita una máquina con un rotor de 2.05 m de ancho para hacer el trabajo en tres pasadas. Un rotor de 1.98 m de ancho tendrá que hacer cuatro pasadas para recuperar caminos de

6.1 a 7.3 m de ancho. Esto añade un 33% más al tiempo de recuperación, y por consiguiente los costos de producción.

Finalmente, si las banquetas se van a mezclar en la mezcla recuperada, se saca toda vegetación ó material que pudieran contaminar la nueva base.

### ***Graduación.***

Hay un número de factores  $\varphi$  la mayoría controlados por el operador  $\varphi$  que determinan la graduación del material que deja la cámara de mezcla del rotor.

**Abertura de la Puerta Trasera de la Cámara de Mezcla.** La posición de la puerta trasera de la cámara de mezcla tiene gran efecto en la graduación. Mientras más cerrada la puerta, se retiene más tiempo el material dentro de la cámara de mezcla. Hay más contacto con las púas de carburo de tungsteno del cortador con la barra desmenuzadora debajo del capó, por lo que se trituran pedazos más grandes de concreto asfáltico y de aglomerados. El tamaño del agregado nunca será más pequeño de lo que era en la mezcla o de la base original, pero la mezcla será más fina cuando se abra menos la puerta de la cámara de mezcla.

Cuando se abre mucho la puerta trasera, la mezcla es más basta. Esto es aceptable en la primera pasada del material que se va a remezclar.

**Velocidad del Rotor.** La Recuperadora de Caminos tiene cuatro velocidades del rotor para escoger. Como regla general, mientras más alta la velocidad del rotor, es más fina la mezcla que se logra.

Típicamente se elige la velocidad más baja del rotor  $\varphi$  la que tiene el mayor par  $\varphi$  al mezclar materiales de base densos con la superficie de pavimento pulverizada. Se elige la segunda velocidad del rotor para trabajar en estructuras de una plataforma con capas de pavimentos de medianas a gruesas (de 76-152 mm). Se trabaja mejor al usar la tercera velocidad del rotor para pulverizar capas de pavimentos de ligeras a medianas (de menos de 76 mm de grosor) o para las pasadas de mezclado.

**Velocidad de la Máquina.** El tercer factor que controla el operador es la velocidad de trabajo de la recuperadora. En cuanto a la velocidad de trabajo, la regla es: mientras más baja la velocidad de la máquina, graduación más fina. Una velocidad de trabajo lenta significa, repetimos, que la mezcla está en contacto con las púas del cortador durante más tiempo.

Así, la velocidad de la máquina no está siempre determinada por la dificultad del corte. También puede estar afectada por la necesidad de controlar la graduación.

**Temperatura Ambiente.** Las propiedades físicas del concreto asfáltico se alteran por la temperatura ambiente. En cuanto a la graduación, una alta temperatura ambiente (de más de 32°C/90°F) aumenta la probabilidad de que el pavimento se rompa en losas grandes delante del cortador. Las cuarteaduras poligonales (piel de cocodrilo) pueden hacer que el pavimento se rompa en tamaños grandes, provocando que al final de la pasada queden algunos sobretamaños, pero también las altas temperaturas en las que el cemento asfáltico se convierte en una materia más moldeable. Los pedazos de carpeta asfáltica serán más difíciles de dimensionar en una pasada, a menos que la velocidad de la máquina se reduzca considerablemente.

### *Trazado del Plan.*

Establecer las pautas de trabajo, depende del flujo del tráfico, del ancho del camino, de la extensión total de la obra, de la velocidad de trabajo, del uso de aditivos y del tipo de superficie de rodamiento que se tienda. Un buen programa de trabajo satisficará la mayoría de estos objetivos: las menos interrupciones posibles al flujo del tráfico; el mejor uso de equipos; resultados de alta calidad y gran economía.

**Recuperación de un Camino en Tres Pasadas.** La mayoría del trabajo de recuperación se hace en caminos de dos carriles o calzadas de 5,5 a 7,3 m de ancho donde se requieren tres pasadas de 2,44 m de ancho para cubrir el ancho del camino. Normalmente, las dos primeras pasadas son por los lados de la plataforma; la tercera se hace por la línea media. La tercera pasada puede superponerse un poco a las dos primeras. Esta

superposición es útil para asegurar una mezcla completa del material a todo el ancho de la plataforma.

**Producción de Una Jornada.** En la mayoría de los casos, se puede utilizar la máquina de recuperación para pulverizar y mezclar un tramo de plataforma que también se pueda trabajar con otros equipos en la misma obra en el mismo día; Es decir, se puede trabajar dejando tramos terminados diariamente, para que de inmediato se proceda al tendido de la nueva superficie de rodamiento. Hay una doble razón para esto. Primero, no es prudente dejar un camino pulverizado abierto. El camino se debe conformar y compactar lo más pronto posible para sellar la superficie. Segundo, un camino compactado se puede abrir al tráfico de vehículos.

Por lo tanto, la longitud total de la obra puede afectar la manera como se planifique un trabajo. En una obra corta - digamos de menos de 1,6 km - es por lo general posible en el mismo día pulverizar, añadir aglomerante o agregado y mezclar la distancia total al ancho completo; y, después, conformar y compactar la nueva base para que al día siguiente se tienda la carpeta asfáltica nueva.

Pero, normalmente, las obras de recuperación de caminos se prolongan varios kilómetros - más de los que pueden tratar en un día. En esos casos, la máquina recuperadora debe pulverizar sólo la cantidad de plataforma de camino que se pueda conformar y compactar en el mismo día. Obviamente, la distancia depende del número de pasos que sigan a la pasada inicial con la recuperadora de caminos. La experiencia le dicta al contratista o a la empresa lo que se puede terminar en un día dejando subtramos terminados.

**Trabajando en Segmentos.** Para elevar al máximo el uso del equipo, cada día de trabajo se debe dividir en segmentos que cubran el ancho total de la plataforma en distancias de fácil ejecución. El método de segmentos se ejecuta así:

**Ejemplo:** En esta obra, la recuperadora de caminos pulveriza y mezcla la superficie pavimentada existente y el material de base a una profundidad de 2,54 cm y a un ancho de 7.3 m. Una motoconformadora conforma la nueva base.

La recuperadora de caminos empieza pulverizando 0.4 km de un camino a lo largo de uno de los lados. La segunda pasada lleva otra vez al punto inicial a lo largo del lado contrario. La tercera pasada se hace a lo largo de la línea media. Después, se empieza el segundo segmento de 0.4 km. A una velocidad promedio de trabajo de 12.2 m/min y a un índice de eficiencia del 90%, la máquina de recuperación tarda cerca de dos horas en completar el segmento.

Tan pronto como la recuperadora de caminos comienza su segundo segmento, la motoconformadora tiende el material de la nueva base en el primer segmento y el compactador empieza a compactar esta nueva base previa aplicación del agua requerida.

El equipo avanza de un segmento al siguiente hasta que completa la jornada. De esta manera, se trabaja simultáneamente con un tren de equipo para este tipo de actividad. Dejando listo el subtramo para la colocación de la carpeta asfáltica al día siguiente.

**Velocidad de Trabajo.** La velocidad de trabajo de la máquina de recuperación es uno de los determinantes principales de la longitud del tramo del camino que se puede tratar cada día. La velocidad de trabajo también determina la longitud de cada segmento dentro de la distancia diaria.

Con cuanta rapidez pueda trabajar la máquina depende principalmente del espesor y dureza de la superficie de rodamiento, de la densidad de la base subyacente y de la profundidad del corte. Además, la necesidad de controlar la graduación afecta la velocidad de trabajo.

La velocidad de trabajo de cualquier obra varía considerablemente según las condiciones de la misma. Pero, en términos generales, la velocidad de trabajo obtenida por un Recuperador de Caminos Cat está en una gama entre 5.0 m/min (aplicaciones de corte riguroso) y 24.0 m/min (aplicaciones de remezclado liviano).

**Más Pasadas para los Aditivos.** Cuando los aditivos líquidos o agregados vírgenes se mezclan en el nuevo material de la base, puede necesitarse más de una pasada con la recuperadora de caminos. Como es

natural, si aumenta el tiempo que se dedica a cada segmento, baja el rendimiento.

Sin embargo, las bases tratadas con emulsión asfáltica quedan inmediatamente conformadas y compactadas, pero normalmente sin la superficie de rodamiento que las cubre durante varios días ya que esta nueva capa se convierte en una base asfáltica. A las pasadas de pulverización y de mezclado siguen sólo la conformación y la compactación. Luego, puede haber un período de varios días de fraguado de la mezcla. Por eso, si no hay equipo de pavimentación en la obra, no es tan importante administrar la tarea en pequeños segmentos.

**Sellado de Superficie de la Base.** Después que el material de la base se conforma y compacta, la superficie recibe un riego de liga. Este riego evitará los desmoronamientos y asegurará un buen vínculo entre la base y la superficie de rodamiento. A veces, este riego de liga debe espolvorearse con arena para abrir el camino al tráfico y así evitar un desprendimiento del mismo con el paso de los neumáticos.

La aplicación de un riego de liga puede demorarse varios días cuando se mezcla el material de la nueva base con emulsiones asfálticas. Manteniendo una superficie sin sellar se promueve la evaporación del agua de la emulsión y, por tanto, se acelera el proceso de fraguado.

**La Nueva Superficie de Rodamiento.** El tipo de superficie de rodamiento que se coloca sobre la nueva base pulverizada, conformada y compactada influye en la manera con que se traza el plan de trabajo.

Por ejemplo, si se va a tender una capa de mezcla caliente de concreto asfáltico sobre la nueva base, se debe dejar suficiente tiempo para que la máquina extendidora cubra un carril de la plataforma y para que el equipo de compactación logre la densidad requerida antes de que la mezcla se enfríe demasiado.

O, quizás, el camino será rociado con una capa de gravilla. Este es un método rápido. Conformar la superficie de un camino de esta forma no lleva mucho tiempo y cubre un subtramo más largo.

Cualquiera que sea la técnica de conformación de superficie, la primera consideración es trazar el plan para que se pueda completar cada segmento diario.

#### ***Desgaste de púas.***

En cualquier máquina de recuperación, el reemplazo de púas puede ser un gasto mayor y demorar el proceso de producción. No se pueden controlar algunos de los factores que afectan el desgaste de púas tales como la dureza y profundidad de la capa del pavimento, la densidad de la capa existente y la temperatura ambiente. Pero hay técnicas de operación que ayudan a prolongar la vida útil de la herramienta.

#### ***Procedimiento Optimo.***

1. Se hace un corte inicial transversal a lo ancho de la plataforma. Para evitar que pueda producirse desgaste rápido o roturas de las púas si el rotor fresa a través del pavimento.

2. Para igualar el desgaste de las púas en el extremo derecho y en el extremo izquierdo del rotor, se hacen cortes largos alternadamente con los extremos opuestos del rotor en el material cortado previamente.

3. La dirección en las ruedas traseras reduce el desgaste de los anillos protectores de los extremos del cortador y en las herramientas de trabajo cuando se trabaja en plataformas curvas.

4. Se ajusta la profundidad de corte por lo menos 25 mm (1") por debajo de la capa del pavimento (parte de la base). El rotor de recuperación no está diseñado para fresar material denso (muy compactado). Las púas deben poder cortar desde abajo de la capa. Se obtienen los mejores resultados cuando el ángulo de ataque de las púas es agudo. La proporción que provee la mejor vida útil de las púas es cortar el pavimento a una profundidad que sea el doble de su grosor.

5. Aunque no es siempre posible, lo más conveniente es operar la máquina recuperadora cuando la temperatura ambiente esté entre 10°C (50°F) y 32° (90°F). El asfalto es más fácil de pulverizar entre estos límites de temperatura, ya que es más quebradizo.

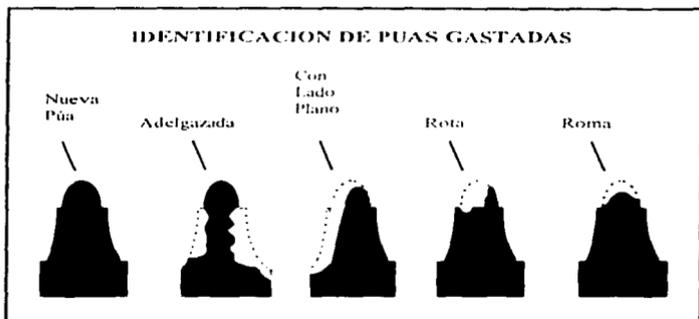
#### *Para Comprobar el Desgaste de las Púas.*

Es importante comprobar la condición de los dientes del cortador a intervalos regulares durante cada turno. Con qué frecuencia se deban hacer estas comprobaciones depende de una combinación de factores que producen el desgaste de las púas. Las púas severamente gastadas pueden obligar a la máquina a trabajar más duramente reduciendo las velocidades de trabajo y forzando el sistema de transmisión. Si las púas están rotas, se dañaran los portapúas, lo que requerirá soldar portapúas nuevos. El tiempo demorado en soldar reduce la productividad y puede parar las máquinas que trabajan detrás del recuperador. Para disminuir la necesidad de mantenimiento, se debe programar una inspección periódica.

Un buen momento para inspeccionar las púas es al final de cada segmento de trabajo. En este momento, el rotor se ha sacado completamente del corte. Si la máquina está trabajando en cortes largos e ininterrumpidos, se recomienda parar cada dos horas para comprobar las púas.

Durante la inspección, se reemplaza cualquier punta que esté excesivamente gastada o rota. Las púas se rompen por varias razones. Pero, por lo general, se rompen porque tropiezan con un obstáculo enterrado o con una roca grande. Si se chequea el rotor cada dos horas o menos, es probable que no se produzca mucho daño del portapúas y se requerirá soldar poco o nada. Es una buena idea reemplazar las púas rotas con las usadas para igualar la longitud de las otras púas del tambor. Esto impide romper una nueva punta.

Hay varios procedimientos para reemplazar las púas que no están rotas, sino desgastadas. Primero, si las púas están **rotas**, la máquina empezará a atascarse. El operador notará la diferencia en el rendimiento de la máquina.



Visualmente, hay varias señales para saber si una púa está desgastada. Se deben cambiar las púas cuando:

- el cuerpo se ha adelgazado alrededor de la punta de carburo de tungsteno
- se ha producido una superficie plana en uno de los lados de la punta, lo que indica que esta no puede girar en el sujetador
- la punta de carburo de tungsteno está truncada
- la punta de la púa se ha redondeado y está roma

Las púas son del tipo que se puede instalar y sacar fácilmente con un extractor. Se pueden sacar con el extractor de púas incluido en la caja de herramientas de la máquina. Les lleva alrededor de una hora a dos hombres reemplazar todas las púas.

Como el desbaste de las púas no siempre es parejo, se pueden guardar algunas púas para volver a usarlas como reemplazo de las rotas.

### 3.2.5.- Cálculo de la Producción.

Pocas veces se pueden establecer con precisión los índices de producción de la recuperación de un camino. Las variables tales como la dureza de los materiales, la profundidad del corte, la experiencia del operador y el control del tráfico pueden afectar la velocidad de terminación de la obra. Sin embargo, se puede estimar la velocidad de trabajo haciendo la recuperación en una franja de prueba. O se puede estimar la velocidad basándose en la experiencia de aplicación de materiales similares y de la profundidad de corte.

Si se puede mantener un índice constante de recorrido, se puede calcular con precisión el volumen de la plataforma recuperada y otros factores.

#### *Producción en m<sup>2</sup>/min.*

La producción en metros cuadrados por minuto se calcula multiplicando el ancho del rotor en metros por la velocidad de trabajo.

$$\text{ancho del rotor en metros} \times \text{veloc. de trabajo en m/min} = \text{m}^2/\text{min}$$

*Ejemplo:* Calcular el índice de producción en metros cuadrados por minuto de la RR-250 con una velocidad media de trabajo de 12.19 metros por minuto. Convierta el índice de producción horaria a un índice de eficiencia del 80%:

$$\text{índice de prod.} = 12.19 \text{ m/min (veloc. media)} \times 2.44 \text{ (ancho del rotor)}$$

$$\text{índice de prod.} = 29.74 \text{ m}^2/\text{min}$$

$$29.74 \text{ m}^2/\text{min} \times (60 \text{ min} \times 0.80) = \text{m}^2/\text{h}$$

$$29.74 \times 48 = 1451 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$\text{índice de producción horaria} = 1427.52 \text{ m}^2/\text{h}$$

### ***Producción en m<sup>3</sup>/min.***

Para calcular con precisión la producción en metros cúbicos por minuto, además de la producción en m<sup>2</sup>/min se debe conocer la profundidad de corte (expresada en metros). La fórmula se escribe:

$$\text{m}^2/\text{min} \times \frac{\text{profundidad de corte en m}}{100} = \text{m}^3/\text{min}$$

***Ejemplo:*** Calcule el índice de producción en metros cúbicos por minuto de una RR-250 con velocidad promedio de 9.14 m/min cortando a una profundidad de 0.23 m.

$$9.14 \text{ m/min (veloc. Media)} \times 2.44 \text{ m (ancho del rotor)} = 22.30 \text{ m}^2/\text{min}$$

$$22.30 \text{ m}^2/\text{min} \times 0.23 \text{ m (profundidad de corte)} = 5.13 \text{ m}^3/\text{min}$$

Calcule el índice de producción horaria a un índice de eficiencia del 90%.

$$5.13 \text{ m}^3/\text{min} \times (60 \times 0.90) = 277.02 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{índice de producción horaria} = 277.02 \text{ m}^3/\text{h}$$

## **3.3 RECICLADO EN FRÍO EN SITIO.**

### **3.3.1.- Introducción.**

El reciclado en frío se ha practicado, aunque con diferentes nombres y métodos por más de medio siglo. Gracias a la cooperación de los fabricantes de equipo, la industria petroquímica, los contratistas y las dependencias contratadoras, se han logrado grandes avances. Hoy en día, el proceso combina sofisticados procesos de ingeniería, pruebas y sistemas

de control de mezclado con microprocesadores, aditivos formulados especialmente y maquinaria de alta productividad para alcanzar tanto economía como una calidad superior.

Algunas dependencias contratadoras, responsables de la conservación y reconstrucción de superficies bituminosas, utilizan el proceso de reciclado en frío en sitio.

### **3.3.2.- Definición.**

**El reciclado en frío en sitio es una técnica que reutiliza la estructura existente de pavimento y en algunos casos la capa inferior de base no tratada.** Todo el trabajo tiene lugar en la carretera existente y no requiere de transportación de material, salvo el de la superficie de rodamiento cuando se requiere. El reciclado en frío en sitio resulta en una carretera estable con un costo del 40 al 50% menos que el requerido por métodos de construcción convencionales. Un aspecto muy importante en el reciclado es la reutilización de nuestros recursos naturales, agregados y productos petrolíferos.

### **3.3.3.- Método de Reciclado en Frío en Sitio.**

**El reciclado en frío en sitio no es un método para rehabilitar carreteras muy deterioradas.** En los últimos 50 años o más, el reciclado en frío, más comúnmente llamado estabilización, ha sido practicado mediante varios métodos. Estos métodos han incluido los "rippers", escarificadores, mezcladoras-pulverizadoras y estabilizadoras para recuperar la superficie y base existentes. El asfalto rebajado, las emulsiones y otros aditivos han sido mezclados mediante el rociado a un camellón con cuchilla mezcladora o mediante varios tipos de plantas portátiles. En el pasado, el material reciclado en frío se tendía mediante una motoconformadora y compactaba mediante un compactador "pata de cabra", neumático o de rodillos.

Hoy en día, mediante las innovaciones de los fabricantes de equipo, las dependencias contratadoras, los proyectistas y los contratistas, han hecho notables avances en el proceso de reciclado en frío en sitio. El

equipo mas importante que ha mejorado la calidad y economía del proceso es la perfiladora en frío (fresadora). La perfiladora en frío pulverizará el material existente hasta un tamaño cercano al especificado mientras corta hasta una profundidad determinada. El perfilado en frío es altamente productivo resultando en un método económicamente efectivo para rehabilitar una carretera desgastada.

Uno de los métodos desarrollados en el reciclado en frío en sitio es el tren de reciclado. Este tren incluye una perfiladora en frío en grandes dimensiones, una criba y una trituradora seguidas de un implemento para mezclar. La perfiladora en frío pulveriza el material y lo transporta hasta la criba y el sobretamaño cae en la trituradora para cumplir con el tamaño máximo especificado. El material, ya del tamaño adecuado se transporta mediante una banda a la unidad de mezclado. Un microprocesador controla la cantidad de aditivo a ser mezclado con el material. Esta unidad deposita el material procesado en un camellón desde donde es levantado (o nivelado directamente por una motoconformadora), también puede ser depositado directamente a una pavimentadora para ser tendido y posteriormente compactado con equipo para mezcla de asfalto caliente convencional.

Los aditivos líquidos son otro aspecto importante en el reciclado en frío. Se han desarrollado especialmente para el reciclado en frío así como el tipo de productos derivados del asfalto tales como catódicos, anódicos, emulsiones de polímeros modificados, rejuvenecedores y agentes de reciclado.

Por último, pero no menos importantes se encuentran los procesos de ingeniería y pruebas. La ingeniería se involucra en la determinación de la profundidad y ancho que deberá ser reciclada en frío así como el tipo de aditivo a incorporarse. La profundidad normalmente se determina por la cantidad de material apropiado disponible. Se considera que el espesor reciclado deberá compactarse hasta la densidad especificada. El ancho de corte deberá ser compatible con el de los tambores cortadores estándar de las perfiladoras. Las pruebas se definen mas adelante y es necesario determinar el aditivo adecuado y la cantidad de este que debe agregarse para obtener la máxima densidad.

### **3.3.4.- Ventajas del Reciclado en Frío en Sitio.**

Los caminos deteriorados pueden regresarse a sus estándares originales.

Con las siguientes ventajas:

- 1.- El pavimento se restaura hasta el perfil deseado, se eliminan las roderas leves, se devuelven a la corona las pendiente transversal, se eliminan los baches superficiales, irregularidades y áreas ásperas.
- 2.- Se destruye el patrón de grietas: el "acocodrilamiento" así como las grietas transversales y longitudinales desaparecen.
- 3.- La adecuada determinación del aditivo a emplearse, conforme el material existente, así como el correcto proporcionamiento del mismo, lograrán una restauración del pavimento viejo hasta sus propiedades originales.

En cuestion de Costos , se obtienen los siguientes beneficios:

- 1.- Bajos costos de movilización.
- 2.- Los costos de transporte de material se elimina excepto los del aditivo.
- 3.- Alta producción. Los equipos actuales pueden reciclar en frío hasta 500 ton/hr .
- 4.- Se requiere de solo una pequeña capa de concreto asfáltico o sello como superficie de rodamiento.
- 5.- Todos los materiales existentes se reutilizan. El único material nuevo es una pequeña cantidad de aditivo rejuvenecedor.
- 6.- Los costos de proyecto son mucho menores que para cualquier otro tipo de rehabilitación.

En cuanto a las conveniencias para evitar el tráfico se tienen las ventajas siguientes:

- 1.- Un carril puede dejarse siempre abierto durante el proyecto.
- 2.- La carretera completa puede abrirse al tráfico durante la noche (o día) o durante los fines de semana.
- 3.- La contaminación, incluyendo el polvo, ceniza y humo producidos son mínimos.
- 4.- Los proyectos pueden completarse en un mínimo de días laborables.

En cuanto a las ventajas ambientales tenemos que:

- 1.- Se reutiliza todo el material bituminoso.
- 2.- Se elimina el transporte y desecho del material deteriorado existente.

**CAPITULO 4**  
**MODIFICADORES**  
**DE**  
**ASFALTOS COMO**  
**AGENTES**  
**AUXILIARES DE**  
**REHABILITACION**

#### **4.1 IMPORTANCIA DE LOS MODIFICADORES DE ASFALTOS.**

Posterior a la terminación de la nueva capa de base recuperada y estabilizada, es necesario restituir la capa que sera la nueva superficie de rodamiento.

En este caso hablaremos de la construcción de una carpeta asfáltica elaborada en caliente, la cual deba cumplir con las especificaciones de diseño que determine el proyectista.

El uso de modificadores para mejorar la durabilidad de las carpetas elaboradas con mezcla caliente, continúa generando interés y atención mundial, debido a que, como resultado de estudios realizados durante los últimos años, se ha registrado un incremento en la vida de las carpetas que incluyeron algun producto de los que mencionaremos mas adelante .

Un rango amplio de aditivos, desde la cal para fibras hasta una amplia variedad de polimeros, están siendo considerados seriamente. El reporte de beneficios obtenidos van desde una mayor durabilidad para mejorar la resistencia al deslizamiento, hasta en una mayor estabilidad.

Un área de mayor interés es el desarrollo de mezclas de pavimento de alta estabilidad que mantienen buen comportamiento a bajas temperaturas. Los modificadores de mezcla caliente pueden ser una forma efectiva de conseguir estas características de rendimiento deseada.

#### **4.2 RESINA GILSONITA.**

##### **4.2.1 Definición y propiedades.**

La Gilsonita es conocida desde hace mucho como un reforzador y agente de endurecimiento.

La Gilsonita es un hidrocarburo natural, alto en asfálteno (70%), y compuestos nitrogenados (3%), y completamente compatible con materiales asfálticos de pavimentación. Forma una solución verdadera,

estable en asfalto que puede ser incorporada fácilmente pre-disolviendo en el asfalto con agitación o por medio del agregado directo durante la fabricación de mezclas calientes.

El uso de la resina Gilsonita está probando ser especialmente efectivo, ya sea usada sola o en combinación con ciertos modificadores poliméricos, como una solución a un rendimiento de pavimentos pobres en situaciones de alto esfuerzo.

Algunos productos están siendo considerados muy seriamente por proyectistas de pavimentación de carreteras y por los representantes de los órganos gubernamentales, quienes están enterados tanto del alto rendimiento, como de la efectividad del costo. La resina Gilsonita, ha sido por mucho tiempo conocida como un reforzador de asfalto y un agente de endurecimiento.

El beneficio principal de la Gilsonita es el de producir mezclas de pavimentos para caminos de estabilidad mucho mas alta que las convencionales. Un hidrocarburo único natural, alto en asfaltenos, maltenos y compuestos nitrogenados, la Gilsonita es un sólido granular que es totalmente compatible con el asfalto. Puede ser fundido en el asfalto caliente o puede ser agregado durante la fabricación de mezclas calientes. En cada caso, la Gilsonita se disuelve fácilmente en el asfalto y requiere solamente un pequeño aumento en el tiempo de mezclado para conseguir una mezcla uniforme fácilmente trabajable en caliente.

El incremento de la estabilidad debido al uso de la Gilsonita fortifica los pavimentos, y los hace más resistentes a los problemas de deformación, tales como surcado y empujado (roderas y ondulaciones) aumentando la capacidad estructural del pavimento. Además, ensayos de laboratorio y resultados de campo muestran que la resistencia a la deformación puede ser obtenida mientras el pavimento retiene mucha de su ductilidad original y la habilidad de resistir bajas temperaturas de ruptura. Otros beneficios positivos incluyen una mayor resistencia a la remoción por agua y al envejecimiento.

#### **4.2.2 Ventajas y Desventajas**

Cuando la Gilsonita es agregada al asfalto, lo modifica para bajar su penetración, aumenta su viscosidad e incrementa su punto de ablandamiento. Para la fabricación de mezclas para pavimentar caminos, la Gilsonita:

- Incrementa la estabilidad de la mezcla mejorando la adhesión del asfalto al agregado, reduciendo así, empujado, surcado y otro tipo de problemas de deformación, que ocurren debido al tráfico pesado y otras condiciones de alta temperatura.

- Reduce la susceptibilidad de la temperatura de la mayoría de los asfaltos obteniendo el rendimiento de alta temperatura con poco sacrificio de las características de alta temperatura.

- Representa una fracción del costo de la mayoría de los otros modificadores, aproximadamente un tercio del costo del copolímero etilvinilacetato (EVA) o la goma estireno butadieno estireno (SBS).

Varios otros beneficios son también obtenidos del uso del modificador Gilsonita. Estos beneficios pueden ser importantes durante la fabricación y ubicación de pavimentos mezclados en caliente.

La Gilsonita:

- Se combina fácilmente con otros componentes de mezcla caliente.

- Forma soluciones estables que no se separan durante el almacenamiento caliente.

- Es extremadamente fácil de agregar, ya sea directamente a la mezcla, a la mezcla de pavimentación o al asfalto caliente. También causa una interrupción mínima a la operación del contratista.

- No se requiere cambio en las prácticas de colocación de pavimento estandar.

-La Gilsonita es un producto económico que mejora la resistencia en las mezclas, teniendo el inconveniente de su empleo en climas fríos ya que en temperaturas inferiores a los cero grados centígrados, el asfalto se rigidiza y las propiedades adquiridas se pierden.

#### 4.2.3 Efectos Positivos de la Resina Gilsonita.

Son los diferentes agentes climatológicos los que provocan que el asfalto desarrolle un proceso continuo de endurecimiento. El asfalto contiene pequeñas partículas flotantes que están suspendidas en el fluido. Las reacciones químicas y el calor provocan que las pequeñas partículas se unan en pequeños grupos (clams). La Gilsonita consiste de: Asfaltenos, Resinas (Maltenos), y Constituyentes oleosos que están combinados como un sistema coloidal. En este sistema la fracción resina de la Gilsonita actúa como estabilizador, previniendo el agrietamiento y mejorando la ductilidad.

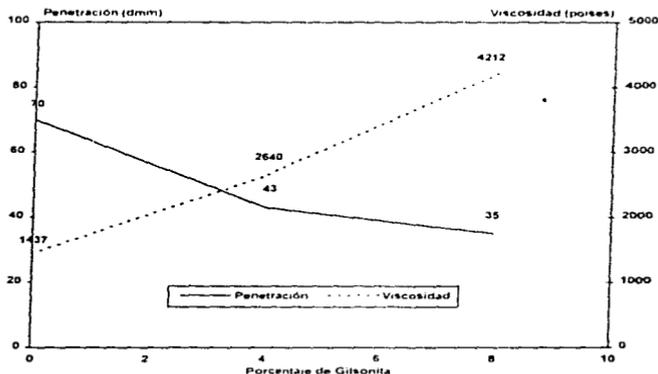
#### *PUNTO DE RUPTURA FRAASS*

El punto de ruptura Fraass está definido como la temperatura a la cual una capa de bitumen cubriendo una placa metálica, se vuelve quebradizo al mezclarlo.

Asfalto (ΔC=10)	Gilsonita Grado.HMA	SBS (Kraton_1101)	Punto Quebradizo Eras (°C)
100%	---	---	- 5
96%	4%	---	- 6
92%	4%	4%	- 13
96%	2%	2%	- 7
92%	6%	2%	- 6

### LA GILSONITA REDUCE LA PENETRACION Y AUMENTA LA VISCOSIDAD

La alta concentración de asfaltenos en la Gilsonita la hace muy eficiente al reducir la penetración del asfalto y al aumentar la viscosidad del asfalto. Como una referencia, el 3% de Gilsonita doblará aproximadamente la viscosidad del asfalto al cual se le agrega. La mezcla resultante puede ser aplicada utilizando procedimientos de pavimentación de rutina, sin interrumpir las operaciones del contratista.

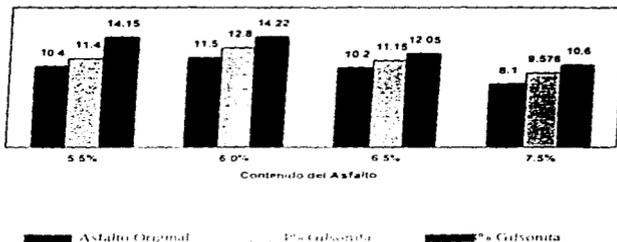


Pequeñas cantidades de Gilsonita en el asfalto reducen su penetración y aumentan su viscosidad.

### **ESTABILIDAD MARSHALL MEJORADA**

El agregado de Gilsonita puede aumentar dramáticamente la estabilidad de mezclas de pavimentos. El 8% de la Gilsonita (un nivel típico de agregado) va a aumentar la estabilidad Marshall en aproximadamente un 25%. Esto convierte un pavimento estandar en un pavimento de alto rendimiento.

### **ESTABILIDAD MARSHALL (KILONEWTONS)**



### **SENSIBILIDAD AL AGUA**

El uso de la Gilsonita ofrece otro beneficio importante de reducir la sensibilidad al agua de la mezcla. Se realizaron ensayos con un granito gneis conocido por ser muy sensible al agua. La estabilidad Marshall fue ensayada con inmersión estándar de 30 minutos en agua a 25 °C y con inmersión en agua de 60°C. Los datos ilustrados mas abajo muestran que la mezcla sin Gilsonita nunca alcanzaron un nivel adecuado de estabilidad de agua. El agregado de Gilsonita a un nivel modesto del 4%, produce

valores considerablemente mayores de estabilidad al mojado. Mayores adiciones de Gilsonita aumentan aún más ambos, la estabilidad original y la estabilidad después de 24 horas de inmersión a 60°C.

**ESTABILIDAD MARSHALL (NEWTON)  
DESPUES DE 24 HORAS DE INMERSION A 60°C.**

Contenido Asfalto	Mezcla Original	Gilsonita 4%	Gilsonita 8%
5.5%	Desintegrado	1,990	2,980
6.0%	Desintegrado	3,560	4,980
6.5%	845	4,560	6,690
7.0%	960	5,470	6,440

En términos prácticos, la Gilsonita puede ayudar cada vez que un problema tal como la deterioración de la carga (rutin y empujado), problemas relacionados con agua (agregados de adhesión o remoción por agua), o asfaltos susceptibles a la temperatura conllevan a pavimentos de rendimiento inaceptable.

#### **4.2.4 Estudio de Modulos Dinámicos**

Los ensayos de módulos dinámicos muestran que la Gilsonita aumenta el modulo complejo de mezclas calientes de una manera que sugiere el aumento de la vida fatigada en prácticas comerciales. Estos ensayos evalúan el modulo dinámico de la mezcla modificada con la Gilsonita y con combinaciones de Gilsonita/polimero. Cuando se usa con polimeros, la Gilsonita parece selectivamente incrementar el modulo a altas temperaturas, lo cual sugiere un nivel mas alto de mejoramiento en la resistencia del pavimento al surcado y empujado.

### *Mezcla de Asfalto y Gilsonita*

La tabla siguiente muestra los ensayos que fueron conducidos a tres temperaturas y tres frecuencias, simulando condiciones de tráfico de rápido movimiento, movimiento moderado y paradas frecuentes (stop & go).

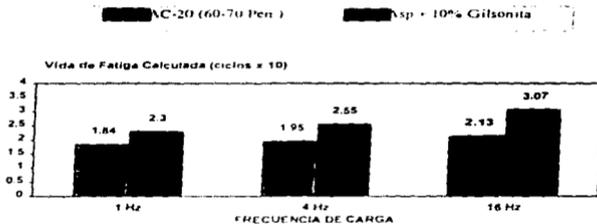
#### **MODULO DINAMICO DE UN ASFALTO MODIFICADO CON GILSONITA**

Frecuencia Hz	Temperatura 2C	Modulo (Kilos por m <sup>2</sup> x 10 <sup>4</sup> )	
		Asfalto (70 Pen)	Asfalto + 10% Gilsonita
16	4	13.2	17.1
4	4	11.1	14.6
1	4	8.9	12.9
16	25	4.2	7.4
4	25	3.1	6.1
1	25	2.0	4.6
16	40	1.4	3.4
4	40	0.8	2.5
1	40	0.5	1.6

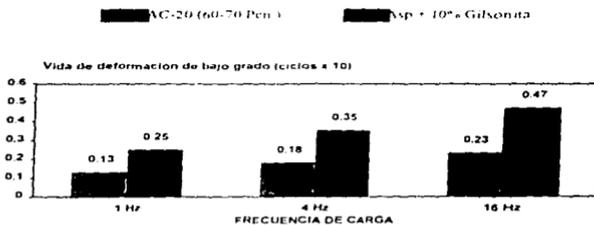
De estos datos un programa de computadora del Instituto del Asfalto fue usado para calcular la fatiga estimada y la vida de deformación de bajo grado. Mientras que estos cálculos pueden ser considerados únicamente como un indicador de laboratorio de rendimiento real de un pavimento bajo condiciones de esfuerzo, los resultados son suficientemente alentadores para ser reportados.

Los gráficos ilustrados a continuación demuestran como la vida del pavimento se le pronostica que va a aumentar aproximadamente 25% y la vida del pavimento de bajo grado se le pronostica que aumentará un 100% debido a la modificación con Gilsonita. En una experiencia comercial, el aumento de la vida del pavimento es usualmente entre 100 y 200% cuando el surcado y el empujado son las causas originales de las fallas del pavimento.

### VIDA DE FATIGA CALCULADA



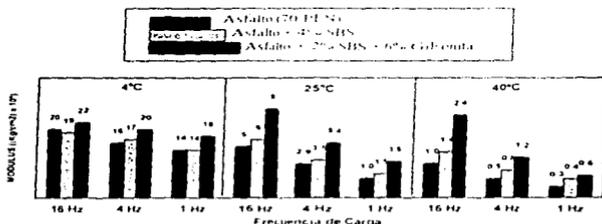
### VIDA DE DEFORMACION DE BAJO GRADO



### Mezclas de Gilsonita/Polimero/Asfalto

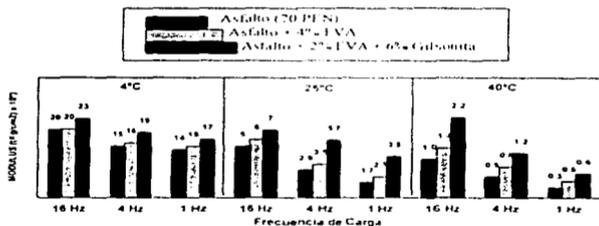
También se realizaron ensayos comparando asfalto sin modificar con un asfalto modificado con polimero y con asfalto modificado con una combinación de polimero y Gilsonita. Tal como las figuras siguientes muestran, las mezclas que contienen asfalto modificado con una combinación de Gilsonita y polimero, muestran un módulo dinámico mucho más alto a todas las frecuencias de carga. Los resultados de estos ensayos sugieren una excelente resistencia a la deformación y un rendimiento superior en general del pavimento en un rango amplio de temperaturas.

### ENSAYE DEL MODULO DINAMICO DE MEZCLAS USANDO GILSONITA Y GOMA SBS



Resultados a alta temperatura enfáticamente muestran la excelente resistencia a Sucedido para las mezclas de Gilsonita Polimero

## ENSAYE DEL MODULO DINAMICO DE MEZCLAS USANDO GILSONITA Y POLIMERO EVA



Resultados a alta temperatura enfáticamente  
muestran la creciente resistencia  
a Surcado para las mezclas de Gilsonita Polimero

### ENSAYES DE MARCA DE RUEDA

Una serie de ensayos fueron completados recientemente evaluando la resistencia al surcado de los pavimentos modificados con Gilsonita. Las condiciones de ensayo incluyen una carga en la rueda de 70 kg. Pasando sobre las muestras de pavimento a 21 pasadas por minuto durante 60 minutos a 60°C. La estabilidad dinámica es calculada de la siguiente manera:

$$DS = (42 \text{ pasadas por minuto}) \cdot RD \quad (\text{ecuación 1})$$

$$RD = (D2 - D1) / 15 \text{ minutos} \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde: DS = Estabilidad dinámica (pasadas por mm)  
 RD = Velocidad de deformación (mm/minuto)  
 D1 = Deformación después de 45 minutos (mm)  
 D2 = Deformación después de 60 minutos (mm)

El ensaye fue realizado en una matriz de mezcla de aglomerantes de asfalto, Gilsonita, SBS y EVA. Todas las muestras, (excepto la número 4) usaban asfalto de 70 pen; un agregado Japonés fue utilizado en todas las muestras de pavimento. La composición de la mezcla muestra que los mejores resultados de marca de rueda fueron conseguidos con la mezcla número 3 (asfalto + 8% de Gilsonita) y la mezcla número 6 (asfalto + 6% de Gilsonita y 2% de SBS).

### RESULTADO DE ENSAYES DE MARCA DE RUEDAS PARA DIFERENTES COMPOSICIONES DE MEZCLA

Estabilidad Dinámica (pases/mm)



Blend N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Asfalto (%)	100	96	92	100	96	92	96	96	92	96
Gilsonita (%)		4	8			6		2	6	
SBS (%)					2	2	4			
EVA (%)								2	2	4
Penetración (dmm)	70	43	35	42	76	18	65	61	43	77
Viscosidad (poise a 60°C)	1440	2640	4210	2920	2960	5260	6250	1870	3320	1350

#### 4.2.5 Incorporación de la Gilsonita al Asfalto

Este método es muy sencillo, debido a que la Gilsonita es totalmente soluble en casi todos los tipos de cemento asfáltico.

a) El asfalto deberá ser calentado entre 145 y 175°C, debiendo adicionarse la Gilsonita tan pronto como el asfalto caliente haya alcanzado esta temperatura.

b) Se pueden usar diferentes tipos de mezclador, que permitan alcanzar la turbulencia en la mezcla caliente. La clave es obtener una buena agitación que puede ser lograda con un agitador Vortex de tamaño mediano.

c) La Gilsonita deberá ser añadida poco a poco al asfalto caliente, mientras este se esté agitando; esto permitirá una apropiada dispersión y reducirá la aglomeración de Gilsonita.

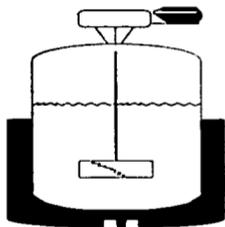
d) El tiempo usual de mezclado es de 15 a 30 minutos y puede ser chequeado visualmente, introduciendo una espátula en la mezcla para detectar grumos o aglomeraciones de Gilsonita. Otra manera de corroborar que la Gilsonita ha sido completamente disuelta, es cuando la mezcla tenga una apariencia uniforme.

NOTA: Debido a que la Gilsonita es un mineral natural, se pueden presentar pequeñas cantidades de material inorgánico (0.5 máximo de ceniza), éste se puede apreciar como granitos de arena, en la parte inferior del mezclador, pero que definitivamente no afectarán las propiedades finales de mezcla.

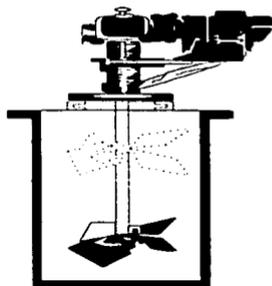
e) La Gilsonita puede ser disuelta en asfalto antes de la inyección del asfalto en el agregado pétreo en plantas de producción continua, para lo cual será necesario contar con un tanque de mezclado. Además la Gilsonita puede ser añadida directamente en el mezclador en las plantas de producción discontinua.

Como es seca y granular, la Gilsonita se puede añadir directamente en bolsas de plástico fundibles de 10 kilos, o bien a granel, a través de un tornillo de alimentación, en una proporción de acuerdo a la producción de mezcla asfáltica.

f) La Gilsonita se puede incorporar también, en el anillo de alimentación del reciclado, con que cuentan algunas plantas de mezcla en tambor. Igualmente, en este método la Gilsonita es añadida en una proporción de acuerdo a la producción de mezcla asfáltica.



**TANQUE DE MEZCLADO**



g) Aún cuando el asfalto es un solvente natural de la Gilsonita, en el mezclado son muy importantes las etapas de agitación, tiempo y temperatura. Si se provee suficiente agitación para dispersar la Gilsonita en el asfalto, ésta se mezclará completamente, el calor y la recirculación en el tanque de almacenamiento de asfalto que alimenta la planta de mezcla caliente, completarán o asegurarán el proceso de mezclado.

### **4.3 POLIMEROS.**

#### **4.3.1 Introducción.**

Según estimaciones de la SCT, los requerimientos de vías de comunicaciones para el año 2000, son de casi 16 mil kilómetros de autopista de altas especificaciones. El sector exportador indica que son

necesarias más y mejores carreteras, ya que por esta vía se traslada más del 60% de las mercancías del país y, con la puesta en vigor del T.L.C. se espera que este porcentaje aumente.

Por autopistas de altas especificaciones deberemos atender aquellas que permitan un tránsito continuo y ágil a un costo razonable. En este sentido la necesidad de una mayor duración con bajos costos de mantenimiento adquiere particular importancia dentro del costo total de las carreteras.

Una alternativa empleada exitosamente desde hace cerca de tres décadas en nuestro vecino país del norte, es la modificación de asfaltos con polímeros. La idea inicial tras la cual se empezaron a hacer las primeras pruebas con estos materiales fue la de impartirle a las mezclas asfálticas propiedades que se asemejaran a el comportamiento de los hules, es decir mayor ductibilidad, tenacidad y mejor resistencia a variaciones en las condiciones climáticas. De ahí que se hablara de "Ahular el Asfalto".

#### **4.3.2 Definición.**

Un polímero es una sustancia macromolecular con propiedades viscoelásticas que al ser incorporado al asfalto, dará lugar a interacciones entre las moléculas del polímero y los componentes del asfalto y producirá alteraciones en el sistema coloidal de este último, lo que provocará cambios en las propiedades originales.

#### **4.3.3 Propiedades Mejoradas de los Asfaltos modificados con polímeros.**

Las mejoras que se han observado al modificar asfalto con polímeros incluyen las siguientes:

##### Propiedades mejoradas al incorporar Polímeros al Asfalto.

- Mayor resistencia al rompimiento por fatiga.
- Mayor resistencia a la deformación permanente.
- Menor sensibilidad a cambios de temperatura.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- Mayor resistencia al rompimiento por temperatura.
- Mejor resistencia al impacto.
- Menor desprendimiento del agregado.
- Mejor resistencia a la humedad.
- Menor endurecimiento asociado al envejecimiento.

Las propiedades anteriores abarcarían toda la gama de las mismas que pueden ser mejoradas al agregar polímeros, las mejoras específicas dependerán en buena medida también de las propiedades iniciales del asfalto empleado. Un ejemplo de algunas de las propiedades mejoradas se observa en la siguiente tabla. El polímero usado en este caso para realizar la modificación corresponde a látex de neopreno.

**Efecto de la modificación de Asfalto con 1.5 % de Neopreno.**

PROPIEDAD	ASFALTO SIN MODIFICAR	ASFALTO + NEOPRENO
Ablandamiento (°F)	114	117
Penetración (77°/100g/5")	86	82
Ductibilidad (39.2 °F, cm)	10	56
% Recuperación		
30 segundos	5	18
30 minutos	7	25
Dureza (in-lb)	23	68
Tenacidad (in-lb)	4	50

#### **4.3.4 Materiales Tradicionales.**

Los polímeros empleados en los últimos años están formados básicamente por 4 diferentes tipos de materiales, todos ellos han mostrado ser adecuados para modificar asfalto aunque su principal mercado lo han constituido otras aplicaciones:

Polímeros tradicionales usados para la modificación de Asfaltos.

<u>POLIMERO</u>	<u>PRINCIPAL APLICACION</u>
Neopreno	Industria de adhesivos, hules-bandas mangueras.
Hule Estireno-Butadieno (SBR)	Adhesivos, Hules-llantas.
Estireno-Butadieno Estireno (SBS)	Industria de adhesivos, Hules.
Elvax* (Copolímero Etileno- Acetato de Vinilo)	Adhesivos, Plástico en general.

Al parecer la forma en que el polímero interactúa con el asfalto es formando una red elástica dentro del mismo. Esta estructura elástica es la que modifica las propiedades mecánicas y térmicas del asfalto.

Comparación entre Polímeros Tradicionales.

<u>Polímero</u>	<u>Desempeño</u>	<u>Mezclado</u>	<u>Presentación</u>	<u>Cantidad Requerida</u>	<u>Precio</u>
SBR	Moderado-Buena	1	Látex	1-3%	M
ELVAX*	Moderado-Buena	1	Pellets	2-5%	M
NEOPRENO	Buena-Alto	1	Látex	1-3%	A
SBS	Buena-Alto	2	Pellets	3%	M
1	FACIL MEZCLADO	M-MODERADO			
2	DIFICIL MEZCLADO	A-ALTO			

**4.3.5 Selección de Polímero.**

Para seleccionar cualquier polímero se recomienda siempre realizar pruebas a nivel laboratorio antes de hacerlo en campo, esto con el fin no

sólo de ver que polímero proporciona las mejores propiedades para el tipo de asfalto y agregado disponible, sino también para determinar el nivel de polímero óptimo a emplear.

En este punto es importante resaltar que para obtener los beneficios asociados a la modificación con polímeros, es necesario que la formulación asfalto-agregado-vacío este correctamente diseñada. Un nivel de asfalto superior al óptimo no sólo hace más cara la mezcla final, sino que además provoca un pobre desempeño aún con la presencia de alto nivel del polímero.

En la siguiente tabla se presentan los principales parámetros a considerar en la selección del polímero a emplear.

Parámetros para la selección del Polímero, puntos a considerar.

Equipo	Equipo requerido para realizar la mezcla como es, tipo y potencia del agitador.
Tiempo de mezclado	Tiempo requerido para lograr la completa integración del polímero.
Nivel	Cantidad de polímero requerido como porcentaje en peso de asfalto empleado.
Otros aditivos	Requerimiento de solventes o aditivos adicionales.
Manejo	Facilidad de manejo de la mezcla asfalto-polímero.
Estabilidad	Posibilidad de la mezcla a ser almacenada por periodos largos.
Presentación del asfalto	Posibilidad de integrarse al tipo de mezcla asfáltica disponible (cemento, emulsión, etc.)

Por supuesto la selección final deberá recaer en aquel material que cumpliendo con los estándares técnicos establecidos o buscados, resulte con el menor costo total.

Aún cuando el costo-desempeño de cada polímero varía dependiendo del tipo de asfalto disponible, diseño de la mezcla y nivel de polímero, la tabla de materiales tradicionales intenta presentar un resumen de las características promedio de los materiales tradicionalmente empleados en la modificación de asfalto.

#### 4.3.6 Adición del Polímero al Asfalto.

La forma de adicionar e integrar el polímero al asfalto dependerá de la presentación en que se tenga el asfalto, es decir, si se parte de un cemento asfáltico, cemento rebajado o emulsión asfáltica. Para el caso de modificación de emulsiones asfálticas la alternativa es emplear polímero en forma de látex.

La forma de adicionar el polímero en las emulsiones asfálticas dependerá mucho del tipo de equipo disponible y facilidad de operación de la planta de asfalto. Las alternativas pueden observarse en la siguiente figura:

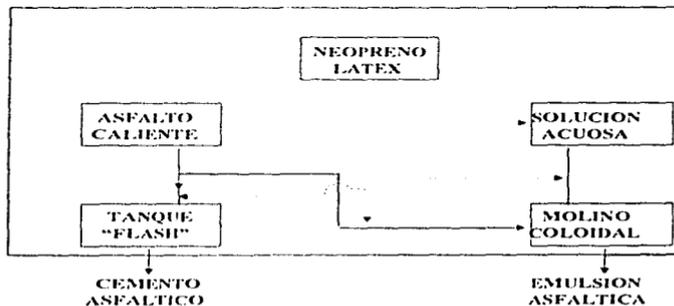


Fig. 1 Modificación de Asfalto con Neopreno Látex.

Cuando lo que se empleará será cemento asfáltico, se puede emplear tanto Neopreno Látex, como polímero en forma de pellets, siendo esta la alternativa más común por la facilidad de manejo del polímero sólido. La siguiente figura muestra un esquema simplificado del proceso de adición del polímero al cemento asfáltico.

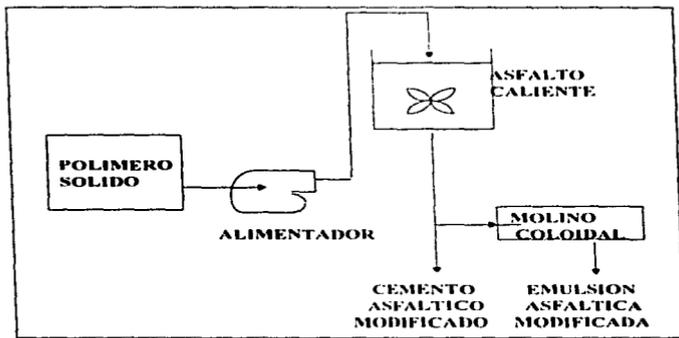
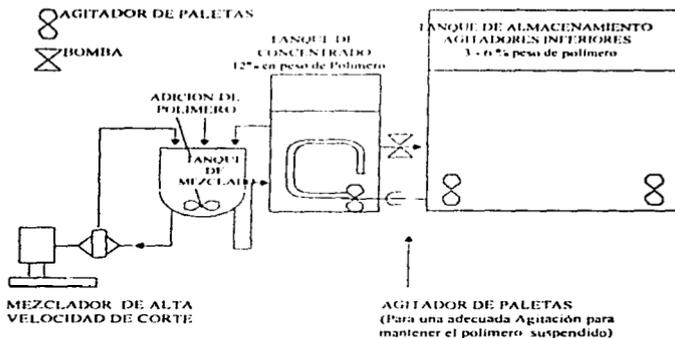


Fig. 3 Modificación de Asfalto con Polímero Sólido.

Para obtener una alta calidad del producto, es esencial desarrollar y llevar a cabo un riguroso proceso de mezclado, proceso que incluye mezclado, transferencia y almacenaje. Por otra parte se recomienda consultar al representante del fabricante de cada polímero para que proporcione la asesoría que se requiera, en el manejo específico de su producto.

## CONFIGURACION BASICA DE LA PLANTA



Básicamente este proceso tiene dos diferentes sistemas, uno de agitado lento y otro de agitado de alta velocidad de corte.

a) El agitado de baja velocidad, es el sistema mas ineficiente para la fabricación de un asfalto modificado con polimeros, ya que solo se logra una mínima modificación y con esto no se alcanza una apropiada dispersión de los polimeros, llegando eventualmente a aparecer pequeñas partículas de polimeros en la superficie, debido a la baja densidad de estos. En este proceso la adición cuidadosa de los polimeros es importante para una correcta incorporación molecular; en general el tiempo de incorporación varía de 4 a 24 horas, dependiendo de su compatibilidad con el asfalto. Con los SB y SBS la temperatura durante el mezclado e incorporación, deberá estar en un rango entre 160 y 190°C, mientras que los de tipo SEBS y EP, pueden soportar temperaturas de 225°C sin tener degradación, dependiendo del asfalto utilizado.

En el mezclado de baja velocidad de corte, se requiere adicionar lentamente el polímero, además en este tipo de molinos es mucho mayor el tiempo de mezclado, respecto a los de alta velocidad.

b) El mezclado con alta velocidad de corte, es probablemente el método más efectivo para fabricar asfalto modificado con polímeros, en virtud de que con este proceso, se produce una rápida dispersión de los polímeros en el asfalto, dependiendo también su eficiencia del grado de compatibilidad de los polímeros y el asfalto.

Para obtener una buena dispersión, son suficientes en muchos casos, dos pasadas por el molino de alta velocidad, pero debe efectuarse un mezclado con duración entre 4 y 24 horas, para que las propiedades físicas de la matriz de los polímeros se mantengan estables. La temperatura durante el proceso de mezclado e incorporación, es la misma para los procesos de alta y baja velocidad.

Otra ventaja del molino de alta velocidad de corte, es que no afecta la forma y el tamaño de las partículas de polímero, como en el caso del molino de baja velocidad. Asimismo, se debe controlar la velocidad de adición del polímero para evitar la aglomeración de estos.

En el sistema de alta velocidad de corte, se tienen dos fases en el proceso de mezclado, en la primera es factible preparar una mezcla concentrada de asfalto modificado con 10 a 15% en peso de polímeros, la cual en una segunda etapa se diluye para dar una concentración menor de polímero, lo que permite aumentar significativamente la producción, bajar los costos y da la posibilidad de obtener fácilmente diferentes concentraciones.

c) Almacenar los asfaltos modificados con polímeros es una fase crítica dentro del proceso de fabricación, debido a que la exposición de los polímeros saturados a altas temperaturas, puede causar la degradación del polímero, así como el envejecimiento prematuro del asfalto o la combinación de ambos.

Para los procesos de almacenaje, se recomienda mantener el asfalto en rango de 120 a 138°C, el fuego directo no es recomendable porque puede quemar las partículas del polímero.

Otra precaución que se debe tomar para maximizar la estabilidad del asfalto modificado con polímeros, es adicionar algodón nitrógeno o el uso de antioxidantes.

La agitación con las propelas de los tanques, tanto durante la producción, como durante el almacenamiento, son suficientes para mantener la homogeneidad del producto, sin necesidad de recircularlo.

El proceso de cambio de almacenamiento o transporte, no requiere de ningún trabajo especial, debido a que el asfalto modificado con polímero es de una estructura molecular única, similar a la de los asfaltos convencionales a temperaturas elevadas.

#### **4.3.7 Mezclado del Asfalto Modificado con Polímeros y el Material petreo.**

La incorporación de los asfaltos modificados con polímeros y los materiales petreos, se efectúa igual que la de los asfaltos convencionales, únicamente se deben tener las siguientes precauciones:

a) El asfalto modificado no se puede dejar almacenado por grandes periodos, siendo convenientes que estos no excedan de 2 semanas; en el caso de que se sobrepase este tiempo, se deberá checar el producto, para corroborar que no se ha separado el asfalto y el polímero.

b) La temperatura del asfalto almacenado no deberá bajar de los 120 grados C.

c) Los asfaltos modificados con polímero son más densos, y tienen una mayor viscosidad, por lo tanto requieren de una mayor energía para ser bombeados e integrar la mezcla, lo que hace necesario que se revise el correcto flujo del asfalto al mezclador, para que la dosificación sea adecuada.

d) No se deberá permitir que el asfalto modificado con polímeros se mezcle con otro tipo de asfaltos (normal o modificado con otros productos), en virtud de que se tendría el riesgo de que ocurra la separación del polímero con el asfalto,.

e) La temperatura de aplicación del polímero-asfalto, deberá ser entre 10 y 20 grados superior a la del asfalto sin modificar.

A fin de seleccionar adecuadamente el equipo para la producción de la mezcla asfalto-polímero los elementos a considerar son:

Elementos a considerar para la selección del equipo.

- Cantidad de asfalto a modificar por jornada.
- Temperatura requerida para realizar la mezcla.
- Tiempo requerido para el mezclado.
- Condiciones de almacenamiento de la mezcla.

#### **4.4 HULE MOLIDO.**

Actualmente, dependencias como LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, Y CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS han implementado como parte de su programa de modernización de las carreteras que operan, la construcción de carpetas delgadas de graduación abierta OPEN-GRADED, con la incorporación de hule molido de neumáticos en porcentajes que van del 6 al 17% en relación al peso del cemento asfáltico utilizado para la elaboración de la mezcla.

#### **4.4.1 Definición.**

Este producto se obtiene de la trituración de los neumáticos usados, es económico y da estupendos resultados en carpetas delgadas y de riegos y su empleo ayuda a resolver un problema ecológico ya que propicia el reciclado de gran número de neumáticos que se desechan anualmente.

En los últimos años los países industrializados han incorporado un nuevo material en la industria del asfalto y el sellado de juntas, dicho material es el hule vulcanizado en polvo, el cual aporta características especiales en servicio que no proporciona ningún otro material de construcción hasta ahora.

La MOLIENDA CRIOGENICA permite obtener un producto estable, de calidad uniforme y controlada, características imposible de conseguir con molienda mecánica.

Esta avanzada tecnología se basa en el aprovechamiento de la capacidad de enfriamiento del nitrógeno líquido (-196°C) para congelar el hule hasta el punto en que se torna quebradizo, se logra una temperatura por debajo de la transición vítrea, con la que se vuelve frágil, llevándose a cabo la pulverización en ausencia de oxígeno, permitiendo de esta manera proteger la superficie envolvente de cada partícula del polvo pulverizado con antioxidantes, antiozonantes, etc., evitando así, la degradación del producto.

#### **4.4.2 Propiedades Típicas del Hule.**

Las propiedades típicas del hule molido son las siguientes:

- Absorción de cargas y esfuerzos.
- Resiliencia.
- Resistencia al torque.
- Aislante térmico y eléctrico.
- Baja permeabilidad.

- Resistencia al intemperismo y luz solar, cambios bruscos de temperatura, lluvia, etc.
- Resistencia al ozono.
- Resistencia al envejecimiento, viscosidad constante.
- Resistencia al desgarre.
- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia a la humedad.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de la molienda criogénica y la molienda mecánica:

<i>CARACTERISTICAS</i>	<i>CRIOGÉNICA</i>	<i>MECÁNICA</i>
Obtención	Pulverización de partículas.	Desgarramiento de partículas.
Alteraciones	Ninguna por ser debajo de su transición vítrea.	Degradación de propiedades por rebasar límite de elasticidad llegando a deformaciones permanentes.
Cargas y esfuerzos	Inalterable	Disminuido al 45%
Resiliencia	Inalterable	Disminuido al 45%
Torque	Inalterable	Disminuido al 45%
Aislante Térmico	Inalterable	Inalterable
Aislante Eléctrico	Inalterable	Inalterable
Permeabilidad	Inalterable	Inalterable
Intemperismo	Inalterable	Inalterable
Ozono	Inalterable	Disminuido al 50%
Envejecimiento	Inalterable	Disminuido al 50%
Desgarre	Inalterable	Disminuido al 45%
Abrasión	Inalterable	Inalterable
Humedad	Inalterable	Disminuido al 50%

#### **4.4.3 Incorporación del Hule Molido al Asfalto.**

El equipo necesario para el procedimiento de modificación de asfalto con hule molido es el siguiente:

a) Tanque de Calentamiento del Asfalto:

Un tanque de calentamiento de asfalto con un sistema de transferencia de calor a través de aceite caliente o un sistema de calentamiento con retorno capaz de calentar cemento asfáltico ahulado a la temperatura necesaria para mezclarla con el hule granulado.

Esta unidad deberá ser capaz de calentar un mínimo de 10,000 litros de cemento asfáltico, a una temperatura de 200°C.

b) Mezcladora.

La mezcladora mecánica de asfalto ahulado deberá tener un proceso de mezclado continuo de dos etapas capaz de producir una mezcla homogénea de cemento asfáltico y hule granulado, con las relaciones especificadas en el diseño de la mezcla. Esta unidad deberá estar equipada con un sistema de alimentación de hule granulado capaz de alimentar al sistema de alimentación de cemento asfáltico, a manera de no interrumpir la continuidad del proceso de mezclado. La capacidad máxima del tanque de mezclado primario deberá ser de 2,000 litros. Tanto la mezcladora primaria como la secundaria deberán estar equipadas con un dispositivo de agitación orientado horizontalmente en el tanque de mezclado. La unidad de mezclado deberá ser capaz de mezclar por completo las partículas individuales de hule con el cemento asfáltico. Se requieren bombas separadas de alimentación de cemento asfáltico y de producto terminado. Esta unidad deberá tener tanto un medidor totalizador de cemento asfáltico en litros y un medidor de flujo en litros por minuto.

c) Tanque de Almacenamiento/Reacción.

Un tanque de almacenamiento/reacción de asfalto ahulado equipado con un sistema de calentamiento para mantener una temperatura de 155°C a 196°C para la reacción, el bombeado y para la adición del cemento al agregado. El tanque de almacenamiento/reacción

deberá estar separado de las mezcladoras primaria y secundaria de la unidad mezcladora. La capacidad máxima del tanque de almacenamiento/reacción deberá ser de 32,000 litros. Esta unidad deberá tener un dispositivo interno de mezclado capaz de mantener una mezcla uniforme de cemento asfáltico y de hule granulado. El dispositivo de mezclado interno deberá estar orientado horizontalmente en el tanque.

**d) Sistema de Alimentación.**

Un sistema de alimentación de asfalto ahulado equipado con una bomba y un dispositivo de medición interconectado directamente capaz de dosificar el cementante por volumen al agregado al porcentaje requerido por la fórmula de la mezcla de trabajo.

**e) Medidor de Temperatura.**

Un termómetro reforzado, del rango adecuado, con lectura de temperaturas, deberá estar fijo en la línea de alimentación del asfalto ahulado en la localización adecuada cerca de la unidad de mezclado.

#### **4.4.4 Características del Asfalto Ahulado.**

Algunas de las características que presenta la adición de hule de llanta pulverizada criogénicamente son las siguientes:

1. El polvo de llanta criogénicamente pulverizado conserva sus propiedades físicas originales al agregarlo al asfalto, condiciones necesarias de seguridad y servicio como "esfuerzos de tensión, compresión, torques" que comprenden resistencia, elasticidad, absorción de carga, desgarre, abrasión, resistencia a la humedad e intemperismo y ozono, así como aislamiento térmico y eléctrico.
2. Asimismo adiciona la compatibilidad de uso, considerando que sobre la carpeta asfáltica transitarán millones de neumáticos del mismo material, "hule", lo que además provocará una gran reducción en el ruido.

3. Consecuentemente cualquier otro hule no puede otorgar la garantía de uso que obviamente ofrece el hule de llanta tratado bajo la tecnología mas moderna y actual, la criogénica. Considerando que el costo de obtención de hule de llanta para su beneficio es verdaderamente bajo, en el caso de que se tuviera que producir un hule similar exclusivamente para ser agregado al asfalto con las mismas propiedades del hule de llanta.

4. El costo-beneficio por el uso de hule de llanta pulverizado criogénicamente, justifica su empleo en carpetas asfálticas, bacheos, etc., que se someten a trabajo rudo, altas velocidades y que se buscan un bajo costo de mantenimiento y largos periodos entre reparaciones y rehabilitaciones.

5. Hule reciclado de llanta, mezclado al asfalto en proporción de 10 a 20%, provoca mayor unión y duración de la molécula del asfalto para calles y carreteras.

6. En E.U.A. y Canadá, en donde ya se usan por ley, son increíbles los resultados de su uso y ofrecen de 10 a 15 veces mas duración del asfalto con hule que sin el.

7. El uso de hule de llanta no es circunstancial sino que es el único material normalizado en forma oficial por los gobiernos de cada país, debido a que en la formulación de sus componentes se utilizan materias primas de óptima calidad y previamente analizadas y aprobadas para ser sometidas a condiciones de trabajo rudo en la que está en juego la vida del usuario.

8. La desintegración del asfalto por su uso provoca resacamiento de sus componentes, produciendo polvo que está constantemente en la superficie ambiental, aire contaminado que al absorverlo el cuerpo humano motiva infecciones en la vista y problemas respiratorios.

#### **4.4.5 Procedimiento de Mezclado y Reacción del Asfalto Ahulado.**

a) **Temperatura del Cemento Asfáltico.**

La temperatura del cemento asfáltico deberá estar entre 177 y 204 grados centígrados en el momento de adicionarle el hule molido.

b) **Mezclado y Reacción.**

El asfalto y el hule granulado deberán ser combinados y mezclados en una unidad de mezclado, bombeado hacia el tanque de reacción y almacenamiento con agitador y luego dejarlo reaccionar por un mínimo de 45 minutos desde que se adiciona el hule granulado al cemento asfáltico. Se deberá mantener la temperatura de la mezcla de asfalto ahulado a no menos de 177 grados centígrados durante el período de reacción. Puede permitirse que se enfríe el asfalto ahulado hasta 155 grados centígrados después que ha reaccionado durante el periodo especificado.

c) Después de que el material ha reaccionado durante por lo menos 45 minutos el asfalto ahulado deberá ser medido al ser enviado a la cámara de mezclado de la planta de producción de concreto asfáltico al porcentaje requerido por la fórmula de la mezcla de trabajo aprobada.

d) **Almacenamiento.**

Cuando ocurra una dilación en el uso del cementante después que ha reaccionado por completo, deberá recalentarse el asfalto ahulado lentamente justo antes de usarlo, a una temperatura de entre 155 a 196 grados centígrados y deberá ser muy bien mezclado antes de medirlo al ser bombeado a la planta caliente para ser combinado con el agregado. El proveedor de asfalto ahulado deberá verificar la viscosidad del asfalto ahulado. Si la viscosidad está fuera del rango especificado, deberá ser ajustada con la adición de cemento asfáltico o hule granulado para producir un material con la viscosidad apropiada.

#### **4.4.6 Equipo de Mezclado de Asfalto Ahulado y Agregado.**

Deberá hacerse la adición y el mezclado del asfalto ahulado con el agregado con uno de los siguientes tipos de plantas de asfalto de mezclado en caliente:

a) Planta de mezclado por cargas consistiendo de almacenamiento y alimentación de agregado frío, secador, unidad de control de granulometría, torres de almacenamiento de agregado caliente, tolva de agregado y unidad de mezclado de doble flecha. También, la planta puede estar equipada con torres de almacenamiento o tolvas de la mezcla caliente para almacenar la mezcla por corto tiempo hasta que sea tendida.

b) Planta de mezclado en tambor secador consistiendo de almacenamiento y alimentación de agregado frío, sistema automático de pesaje, mezclador de tambor secador y torres de almacenamiento o tolvas de mezcla caliente para almacenar por corto tiempo la mezcla hasta que sea tendida (planta de producción continua).

El equipo de mezclado del asfalto ahulado con el agregado deberá ser capaz de producir una mezcla de pavimentación que reúna todos los requisitos contenidos en esta especificación. Específicamente la planta deberá proveer una granulometría apropiada del agregado, contenido apropiado de asfalto ahulado y una temperatura de mezclado apropiada.

c) El asfalto ahulado deberá estar a una temperatura de 155 a 196 grados centígrados al ser medida cuando sea bombeada a la planta de mezclado.

El agregado deberá ser secado y calentado para suministrar concreto asfáltico inmediatamente después de ser mezclado, teniendo una temperatura que no exceda 166 grados centígrados y un contenido de humedad que no exceda de 1.0 por ciento del peso de la mezcla.

La operación de mezclado deberá ser suficiente para alcanzar una mezcla satisfactoria con 100% de partículas recubiertas.

#### **4.4.7 Aplicaciones de Asfalto Ahulado.**

El asfalto ahulado es una mezcla de cemento asfáltico y hule recuperado de llantas, que ha reaccionado con el cemento asfáltico caliente lo suficiente para lograr una dilatación e integración de las partículas de hule.

El asfalto ahulado se puede aplicar en:

- a) Riegos de sello.
- b) Membrana intermedia para absorber esfuerzos.
- c) Concreto asfáltico ahulado de graduación abierta.
- d) Concreto asfáltico ahulado de graduación media.
- e) Sistema de tres capas.
- f) Sistema de dos capas.

##### a) *RIEGO DE SELLO (SAM)*

##### **Descripción.**

Es un tratamiento superficial de asfalto ahulado que se aplica en aspersión sobre las superficies del pavimento a razón de 2.3 a 3.2 litros por metro cuadrado ( $l/m^2$ ) y luego se cubre con agregado pétreo limpio de tamaño uniforme de 3/8" y 1/2". Se ajusta el índice de aplicación de asfalto ahulado de acuerdo a las características de la superficie del pavimento existente y se selecciona el tamaño del agregado de acuerdo al espesor de la membrana.

##### **Propósito.**

Proporcionar una superficie duradera a prueba de el agrietamiento y que se flexione para adecuarse a los movimientos de la superficie del pavimento existente.

##### **Significado.**

El asfalto ahulado mejora y extiende el nivel de servicio de los pavimentos de concreto de asfalto deteriorados tales como el agrietado tipo

cocodrilo y por bloques. La vida del pavimento se prolonga varias veces debido a:

a) La disminución de la cantidad de agua que entra a la base, subbase y subrasante, ya que proporciona una membrana a prueba de agua, para obtener una estabilidad máxima de la estructura.

b) La reducción de la oxidación de la superficie existente.

c) El sellado de la superficie existente.

d) La reducción del desmoronamiento alrededor de las grietas.

e) El residuo asfáltico existente de los sellos con asfalto ahulado es 3 veces mayor que los contruidos con emulsiones asfálticas.

#### **Usos Apropriados.**

Hay una variedad de situaciones donde los sellos de asfalto ahulado suministran alternativas altamente ventajosas sobre las estrategias, métodos y/o materiales convencionales existentes. La siguiente lista identifica algunos de los usos apropiados de un sello de asfalto ahulado:

a) Sobre pavimentos con agrietamientos por fatiga.

b) Sobre pavimentos con agrietamiento por bloques o por oxidación.

c) Sobre pavimentos con agrietamientos lineales.

d) Tratamiento superficial para carreteras de bajo volumen.

e) Para extender la vida de pavimentos muy trabajados que requieren reconstrucción y para los cuales no hay fondos disponibles.

f) Tratamiento de mantenimiento preventivo de rutina para extender la vida del pavimento, protegiéndolo de los factores de endurecimiento debido al ambiente.

g) Para mejorar las características de fricción (resistencia al deslizamiento).

**Para construcción nueva o reconstrucción:**

- a) Para proteger los pavimentos nuevos o reconstruidos del envejecimiento y de los efectos de la humedad.
- b) Membrana a prueba de agua sobre suelos expansivos.
- c) Membrana a prueba de agua para recubrimientos de lagunas, camas de lodos de drenajes, etc.
- d) Para impedir que se desarrolle la reflexión de grietas en las bases estabilizadas.

Deberá notarse que los sellos de asfalto ahulado pueden mejorar el perfil de la superficie de rodamiento existente por que son capas delgadas que siguen el perfil de éste, sin embargo, pueden mejorar la capacidad estructural permitiendo que se establezca el contenido de humedad de la base, subbase y subrasante, retrasando la entrada de humedad adicional.

b) MEMBRANA INTERMEDIA PARA ABSORBER ESFUERZOS (SAMI)

**Descripción.**

Es un riego de sello con asfalto ahulado construido sobre el pavimento existente y sobre el cual se construyen capas de concreto asfáltico convencional o concreto ahulado .

**Propósito.**

La utilización de las membranas intermedias (SAMI), extienden la vida y servicio de sobrecapas retardando significativamente la reflexión de las grietas, también protegen contra el agua el pavimento que está debajo de ella y retrasa significativamente su endurecimiento por envejecimiento.

**Significado.**

Muchos pavimentos que están necesitando rehabilitación debido al agrietamiento tan extensivo, también requieren mejoras en el confort de manejo y/o en la estructura.

También reduce significativamente los esfuerzos de tensión transmitidos a las capas superiores.

#### Usos Apropriados.

Los usos apropiados para las membranas intermedias incluye a la mayoría de los previamente enlistados para los riegos de sello (SAM) ahulado.

Pueden usarse en los casos donde es necesario mejorar el confort del manejo o la capacidad estructural construyendo una sobrecarpeta. Una función adicional para lo cual son apropiados es controlar la reflexión de grietas sobre bases tratadas con cemento o estabilizadas con cal.

Debido a que los bajos módulos de las membranas intermedias mejoran significativamente la resistencia a la reflexión de grietas puede reducirse por lo general el espesor de la sobrecarpeta de concreto asfáltico.

El uso de una membrana también reduce los trabajos de preparación de la superficie existente, particularmente el sellado de las grietas requerido antes de colocar la sobrecarpeta. Estos factores reducen el costo de la reparación.

#### c) CONCRETO ASEALTICO AHULADO DE GRADUACION ABIERTA

##### Descripción.

Es un concreto asfáltico convencional de graduación abierta excepto que en vez de utilizar el cemento asfáltico AC-20 se utiliza el asfalto ahulado con un residuo asfáltico mucho mayor que en los concretos asfálticos convencionales.

##### Propósito.

Suministrar una superficie de rodamiento más durable a la reflexión de grietas, a la oxidación, al desnudamiento y al desgaste en cadena. Para reducir significativamente los niveles de ruido. Para

aumentar la seguridad reduciendo el salpicado por otros vehículos aumentando la visibilidad y reduciendo el efecto de hidroplano al impedir la acumulación de agua en la superficie de rodamiento. Para aumentar el confort en el manejo y la resistencia al deslizamiento.

#### **Significado.**

El uso de asfalto ahulado como cementante para carpetas de fricción de concreto asfáltico de graduación abierta (OGFC) resuelve muchos de los problemas de durabilidad asociados con los cementos asfálticos convencionales de graduación abierta. El uso de asfalto ahulado en (OGFC) permite el uso de mayores contenidos de cementante y por lo tanto, de películas más gruesas (debido a la alta viscosidad del asfalto ahulado) sin drenado excesivo.

El resultado de esto es una durabilidad mayor debido a la mayor resistencia a la oxidación del asfalto ahulado y películas más gruesas de cementante. Los antioxidantes y el negro humo del hule de la llanta retrasan el envejecimiento del material de asfalto ahulado.

El asfalto ahulado es más flexible a menores temperaturas y más rígidos a temperaturas más altas que el cemento asfáltico base. Estas características, combinadas con el mayor espesor de la película dan por resultado una mezcla que es altamente resistente al agrietamiento reflectivo y térmico. La combinación de un cementante más rígido (a altas temperaturas del pavimento) con los agregados pétreos de un (OGFC) dan por resultado una mezcla que es altamente resistente a las deformaciones permanentes (roderas).

#### **Usos Apropriados.**

Las carpetas de graduación abierta propician el drenado relativamente libre. Por lo tanto, si el pavimento propuesto va a tener bordillo y cunetas, el bombeo para el drenaje de la superficie puede ser un factor crítico durante el diseño.

Las carpetas de asfalto ahulado de graduación abierta son altamente resistentes a la reflexión de grietas y a las variaciones térmicas. En climas moderados, se colocan sobrecarpetas de graduación abierta delgadas ( $\pm 1''$ ) directamente sobre pavimentos planos con grietas cercanas y han probado su efectividad en resistir a la reflexión de dichas grietas. El

alto contenido de cementante proporciona una mayor flexibilidad y resiliencia para resistir deformaciones permanentes, así como reducir problemas de envejecimiento y agrietamiento lineal. Deberá considerarse en el diseño, una membrana intermedia cuando va a colocarse una sobrecarpeta de graduación abierta sobre pavimentos con susceptibilidad a la humedad.

En áreas con índices altos de accidentes por condiciones climáticas húmedas, los pavimentos de graduación abierta pueden reducir la ocurrencia de accidentes. La naturaleza porosa de tales mezclas impide la acumulación de agua sobre la superficie, reduciendo el chapoteo, el deslumbramiento en las noches y el efecto hidropilano. Así, se mejoran tanto la visibilidad como las características de la fricción.

Donde el ruido del tráfico es un problema, carpetas muy delgadas de concretos de asfalto ahulado de graduación abierta disminuyen significativamente el ruido a costos económicos. Pueden alcanzarse fácilmente reducciones del 50 a 70% del ruido, según documentos de estudios realizados.

d) CONCRETO ASEALTICO AHULADO DE GRADUACIÓN MEDIA GAP GRADED.

**Descripción.**

Los agregados pétreos que se utilizan en el concreto asfáltico ahulado Gap-Graded son mucho más limpios, teniendo como objetivo que sólo el 20% pasan la malla N° 8 y un máximo de 7% pasan la malla N° 200. Los límites de granulometría caen a la mitad de los límites respectivos de las granulometrías densa y abierta. Al ser compactado el agregado grueso forma un esqueleto estructural (matriz) con un mínimo de vacíos en el agregado pétreo (VMA) de hasta un 19%, lo que permite alojar una mayor cantidad del cementante de asfalto ahulado en la mezcla. Esta mezcla resultante es muy densa, sella los pavimentos muy agrietados e impide que la humedad penetre a las capas inferiores y la estabilidad de la mezcla proviene de la estructura que forma con los agregados pétreos.

### **Propósito.**

Suministrar un pavimento de concreto asfáltico más durable y flexible, con mayor resistencia a la reflexión de grietas, de roderas y a la oxidación. Se obtiene una reducción importante en el ruido que produce el rodamiento del tráfico y proporciona un excelente soporte estructural.

### **Significado.**

El uso del cementante de asfalto ahulado en los concretos de Gap-Graded da por resultado un material flexible, el cual puede usarse como una sobrecarpeta para prolongar la vida del pavimento existente, para mejorar el soporte estructural, mejorar el confort en el manejo, la resistencia al deslizamiento y para disminuir el ruido del tráfico.

Las mezclas de agregado Gap-Graded demuestran una gran habilidad para acomodarse a las flexiones y suministrar un soporte estructural superior, reduciendo por lo tanto el espesor de la sobrecarpeta requerida al ser comparada con los concretos asfálticos convencionales. El mayor espesor y contenido de cementante reduce los problemas con las fisuras y el desgaste en cadena. Los contenidos de vacíos son generalmente similares a los del concreto de asfalto estándar de grado denso. Estas mezclas son relativamente impermeables, debido a que el contenido de vacíos es limitado.

### **Usos Apropriados.**

Las Carpetas de graduación media Gap-Graded pueden usarse como sobrecarpetas para aumentar la vida de los pavimentos existentes o como la carpeta superficial de un pavimento nuevo. Como sobrecarpetas estos pavimentos son altamente resistentes a la reflexión de grietas y a las roderas. Reducen el ruido de las llantas y mejoran el confort de manejo y las características de fricción. Pueden usarse estos concretos para reducir el espesor requerido de los pavimentos. Los concretos tienen altos valores de flujo (deformación) como resultado de las grandes cantidades de cementante de asfalto ahulado. Esto hace la mezcla muy flexible e impide la reflexión de grietas.

e) SISTEMA DE TRES CAPAS

**Descripción.**

Es la construcción de una carpeta de concreto asfáltico convencional o concreto asfáltico ahulado (ARC) seguido de una SAMI (membrana intermedia para absorber esfuerzos) y sobre esta se construye una sobrecarpeta de concreto asfáltico ahulado de graduación abierta o de concreto asfáltico convencional.

**Propósito.**

Proporcionar un medio para restaurar la calidad del manejo y la suavidad de pavimentos deteriorados de concreto asfáltico como una alternativa al fresado y al ranurado, a una sobrecarpeta gruesa o a la reconstrucción.

Para mejorar la capacidad estructural de pavimentos fatigados o pavimentos de concreto asfáltico que tienen grietas, fallas o roderas. También para extender la vida del pavimento suministrando una superficie durable sin reconstrucción.

**Significado.**

Los sistemas de tres capas de asfalto ahulado han proporcionado un medio efectivo de rehabilitar pavimentos de concreto deteriorados a un costo de hasta la mitad del fresado o al ranurado. Las características de absorción de esfuerzos de la capa de asfalto ahulado en forma de sandwich reduce la reflexión de las grietas a través del sistema. Cuando se usa una capa con superficie de concreto de asfalto ahulado en conjunto con una SAMI, se aumenta aún mas la resistencia a la reflexión de grietas junto con una reducción significativa del ruido de las llantas. La reducción del ruido es un beneficio adicional importante, particularmente en áreas urbanas y residenciales.

**Usos Apropriados.**

Puede incluirse en los sistemas de tres capas un cierto número de combinaciones de tipos de asfalto y/o pavimentos de concreto con

asfalto ahulado es decir, densos, grado abierto y Gap-Graded. La siguiente tabla presenta las combinaciones primarias recomendadas para consideraciones de diseño.

Para las capas superficiales, se recomienda mucho el concreto de asfalto ahulado para optimizar el comportamiento y vida de servicio del sistema de tres capas, debido a la mayor resistencia al agrietamiento.

CAPA	COMBINACIÓN #1	COMBINACIÓN #2	COMBINACIÓN #3
NIVELADO	CONCRETO DE ASFALTO AHULADO GAP-GRADED	CONCRETO ASFALTO REGULADO DENSO	CONCRETO ASFALTO REGULADO DENSO
MEDIO	SAMI	SAMI	SAMI
SUPERF	ASFALTO AHULADO GRADUACIÓN ABIERTA	ASFALTO AHULADO GRADUACIÓN ABIERTA	CONCRETO ASFALTO AHULADO GAP-GRADD

La selección de la graduación del concreto de la superficie depende mucho del tráfico supuesto y de las condiciones del pavimento existente. Ya se han descrito los usos apropiados de los tipos respectivos de concretos de asfalto ahulado. Todos los concretos de asfalto ahulado diseñados apropiadamente son altamente resistentes a las deformaciones permanentes (roderas) y reducen el ruido. Los concretos de asfalto ahulado de graduación abierta pueden suministrar un comportamiento superior y mayor seguridad en muchos casos, pero se requiere un drenaje adecuado. Los concretos Gap-Graded lo son relativamente y pueden suministrar una mayor estabilidad sin sacrificar resistencia en aras de mayor oponencia a la reflexión de grietas y a las variaciones térmicas.

#### 1) SISTEMA DE DOS CAPAS

##### **Descripción.**

Es la construcción de una SAMI (membrana intermedia para absorber esfuerzos) sobre lo que se construye una sobrecarpeta de concreto asfáltico ahulado.

**Propósito.**

La SAMI proporciona un sello a prueba de agua, minimizando y retrasando la reflexión de grietas. La sobrecarpeta restaura la manejabilidad reduce el ruido de las llantas, extiende la vida del pavimento existente y suministra una superficie del pavimento durable. También puede diseñarse la sobrecarpeta para aumentar la capacidad estructural.

**Significado.**

Prolonga la vida de servicio tanto de la estructura del pavimento existente como de la nueva sobrecarpeta. Suministra todos los beneficios previamente descritos de una SAMI más los de la sobrecarpeta de concreto de asfalto ahulado.

**Usos Apropriados.**

Se recomiendan los concretos de asfalto ahulado de graduación abierta o Gap-Graded como superficies de rodamiento para los sistemas de dos capas de asfalto ahulado.

Se recomiendan los sistemas de dos capas para usarse donde sea necesario poner una sobrecarpeta para aumentar la manejabilidad y donde la resistencia a la reflexión de grietas sea considerada crítica para el comportamiento y una larga vida de servicio.

**CAPITULO 5**  
**APLICACION A UN**  
**CASO REAL**

## **5.1 INTRODUCCION.**

Como medidas inmediatas para la eliminación de los daños que presentan diferentes Subtramos de la Red Carretera, a cargo del organismo descentralizado del estado CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS, Dependencia Gubernamental del Sector Comunicaciones y Transportes, responsable de la Administración operación y conservación de las autopistas de cuota no concesionadas, dentro de su programa multianual de modernización ejecuto la Conservación Mayor integral de dos Subtramos de la Autopista México-Veracruz, por medio de la Recuperación y Estabilización del Pavimento existente, construyendo posteriormente una sobrecarpeta Asfáltica con mezcla modificada con un polímero del tipo SBS. Y como superficie de rodamiento una carpeta delgada de graduación abierta Open-Graded con hule molido.

Los Subtramos de referencia son los siguientes:

- a) Del km. 252+000 al km. 262+000 Cuerpo "B"
- b) Del km. 269+000 al km. 291+500 Cuerpo "B".

## **5.2 DATOS GENERALES.**

Ambos subtramos, se componen geoméricamente por dos carriles de circulación de 3.70 m. De ancho y acotamiento de 2.50 m de ancho.

Topográficamente, la región se caracteriza por la presencia de zonas planas y lomeríos de suaves a fuertes, formando parte de la región fisiográfica del Eje Neovolcánico, el cual es una cadena montañosa compuesta de lavas y materiales piroclásticos. Entre los cerros volcánicos, se abren llanuras y cuencas formadas en su mayor parte por rellenos aluviales o lacustres, que contienen gran variedad de rocas mezcladas con cenizas volcánicas. Esta región está considerada como una zona de sismicidad frecuente en la República Mexicana.

La temperatura media anual de la zona baja es de 17.3 °C, con máximas y mínimas promedio de 23.6 °C y 10.4 °C , respectivamente; La precipitación media anual es de 834 mm. En la zona alta se tiene una temperatura media anual de 20.3 °C con máximas promedio de 31.9 y 17.3 °C, respectivamente; la precipitación media anual es de 2350 mm.

### **5.3 OBJETIVO.**

El objetivo del presente capítulo es analizar y conocer cual es el Costo por Kilometro lineal de Rehabilitación integral de Pavimento, por medio de la recuperación en frío en sitio de la superficie de rodamiento actual, la estabilización con cemento portland del material recuperado, posteriormente la construcción de una carpeta asfáltica, modificada con un polímero del tipo S.B.S., y como superficie de rodamiento una carpeta delgada de graduación abierta de 2 cm. de espesor compacto, la cual lleva un 17% de hule molido de neumáticos con respecto al peso del cemento asfáltico.

Para efectos de elaboración de éste presupuesto, se consideraron Precios Unitarios por Unidad de Obra terminada, los cuales fueron integrados en base a las especificaciones generales de construcción que para éste tipo de trabajos se indican en las normas de Calidad de Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, además de las Especificaciones Particulares de la propia dependencia.

En los Apéndices A, B y C, se podran observar los análisis correspondientes a :

- A). Análisis decostos horarios.
- B). Análisis de basicos.
- C). Análisis de Precios unitarios.

En éste Capitulo, unicamente se hara mencion a las especificaciones de construcción mas representativas, ya que el hecho de incluir todos los datos y especificaciones del proyecto ejecutivo, significaria desviarnos de nuestro objetivo principal.

#### **5.4 ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION.**

Estos trabajos se rigen en forma general por las Normas de Calidad de Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, libro: 4, parte:4.01, títulos:4.01.01 (Materiales para Terracerías),4.02(Materiales para Estructuras y obras de drenaje), y 4.01.03 (Materiales para pavimentos); Las Normas para Construcción e instalaciones ,libro:3, parte: 3.01, títulos: 3.01.01 (Terracerías) , 3.01.02 (Estructuras y obras de drenaje), y 3.01.03 (Pavimentos) y el Manual de Dispositivos para el control de Tránsito en Calles y Carreteras,Capítulo VI (Dispositivos para protección de obras).

#### **5.5 ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE CONSTRUCCION.**

##### **5.5.1 RECUPERACION DE PAVIMENTO.**

El equipo que se utilice para la recuperación del pavimento existente deberá tener la capacidad para tratar en un solo ciclo el espesor de 25 cm. A partir de la rasante actual, realizando el disgregado de los materiales existentes a un tamaño máximo de 38 mm., logrando al mismo tiempo una mezcla homogénea de pétreos, cemento portland y agua.

Para tal efecto se empleará una máquina recuperadora del tipo WIRTGEN 2100 DCR, CMI RS -500 o su equivalente, con igual o mayor rendimiento , que permita cumplir con la calidad y rapidez necesaria en la ejecución del trabajo, teniendo en cuenta que diariamente se deben de quedar completamente terminados los tramos tratados.

El ancho de la superficie por recuperar será el que tengan los dos carriles de circulación (7.40m.) , mismo que junto con la profundidad de corte , serán medidos directamente en el corte mismo. No se considerará, para efecto de pago , ningún abundamiento ni volúmenes de corte que se ejecuten en exceso , respecto a las dimensiones de la sección de proyecto.

### **5.5.2 ESTABILIZACION CON CEMENTO PORTLAND.**

El cemento portland que se utilice para la estabilización del material recuperado, será tipo 1, y de marca reconocida en el mercado, para que garantice su calidad.

Previo al corte y disgregado de la carpeta asfáltica y base hidráulica existentes, el cemento portland se dosificará y distribuirá mediante un sistema mecánico que garantice su uniformidad. La proporción del cemento portland con respecto al peso del material pétreo, será de seis por ciento (6%). En el mismo proceso de homogeneización, se le agregará la cantidad de agua necesaria para lograr la humedad óptima de compactación.

El cemento portland deberá estar uniformemente distribuido en todo el ancho a tratar, independientemente de que se hagan traslapes por la utilización de equipos de construcción mas anchos y solo se pagará el volumen de cemento que corresponda al proyecto.

### **5.5.3 COMPACTACION DE LA BASE ESTABILIZADA.**

Para el control de la compactación de la capa estabilizada , se deberán efectuar tramos de prueba, en los que se determinará el número de pasadas necesarias del equipo compactador para garantizar el máximo grado de compactación en todo su espesor.

Inmediatamente después de terminar las actividades de corte, disgregado, incorporación de cemento portland, aplicación de agua y mezclado , se procederá a compactar la capa recuperada y estabilizada con equipo vibratorio Dynapac modelo CC-43 o su equivalente , con igual o mayor rendimiento.

Durante el proceso, las pendientes longitudinales y transversales del camino deberán ser restituidas y serán las mismas que existían antes de la rehabilitación , previa corroboración del proyecto ejecutivo de rasantes.

La distancia máxima entre la recuperadora y el equipo de compactación, una vez que la primera termine su actividad, será de cincuenta metros (50 m.)

#### **5.5.4 CURADO CON AGUA.**

Una vez terminada la jornada de trabajo, se aplicarán dos (2) riegos superficiales con agua limpia, a razón de un litro y medio por metro cuadrado (1.5 lt/m<sup>2</sup>), con un intervalo de ocho (8) horas entre los mismos. No debe permitirse que la superficie de la capa se muestre seca. La carpeta será construida en un lapso no menor de 12 horas ni mayor de 24 horas, por lo que deberá contarse con un tren de equipo y una planta de concreto asfáltico, con producción suficiente para cumplir con ésta meta.

#### **5.5.5 RIEGO DE LIGA.**

El riego de liga se aplicara con emulsión asfáltica de rompimiento rápido . La dosificación se verificará en campo, y dependerá del tipo de textura que muestre la superficie de la base estabilizada; Sin embargo, para fines de presupuesto se deberá de considerar de cero punto siete litros por metro cuadrado (0.7 lt/m<sup>2</sup>). También se incluirá en el precio unitario, la limpieza con chillón de aire a presión por medio de un compresor de aire

#### **5.5.6 CARPETA ASFALTICA.**

En los subtramos donde se efectuo la recuperacion del pavimento, posterior a la aplicacion del riego de liga, se colocara una carpeta asfáltica con polimeros de 5 cm. de espesor en carriles de circulación, y en el acotamiento mezcla asfáltica normal con espesor promedio de 6 cm.

La carpeta asfáltica se compactará al 95 % de su peso volumétrico máximo marshall. Se utilizara para su tendido una máquina extendedora que garantice una buena distribución y compactación inicial de la mezcla

asfáltica y que además cuente con un sistema electrónico de sensores automatizados para el control de tendido

#### **5.5.7 MEZCLA ASFÁLTICA.**

La carpeta se construirá con mezcla asfáltica en caliente, elaborada en planta estacionaria de producción continua. Se utilizará material pétreo triturado a un tamaño máximo de 19 mm. El equivalente de arena para el agregado fino será mayor de 65%.

Además de lo anterior, se cumplirá con las tolerancias de granulometría especificadas, por lo cual la planta deberá de contar con el número adecuado de tolvas en frío para esta fin.

Es importante que las instalaciones de la planta de asfalto y trituración cuenten con los dispositivos y equipos auxiliares necesarios que permitan una dosificación adecuada de los materiales pétreos, conforme al diseño Marshall correspondiente.

Al respecto, es necesario que el sistema de trituración cuente por lo menos con primario y secundario, para una producción continua y suficiente de material triturado de 19 mm. (3/4")

Para la elaboración de la mezcla asfáltica normal se deberá de emplear cemento asfáltico No AC-20.

Para la elaboración de la mezcla asfáltica modificada se empleará cemento asfáltico AC-20 y polímero del tipo SBS. Solprene de negromex o similar.

La mezcla asfáltica deberá de cumplir con los requisitos siguientes conforme al método Marshall de pastillas elaboradas con 75 golpes por cara:

ESTABILIDAD.

700 KG. MIN.

VACIOS.	3 A 5 %
FLUJO.	2 A 4 MM.
VAM.	14 % MIN.

La mezcla asfáltica modificada debera cumplir ademas con:

TENSION INDIRECTA A 40 °c	4.0 KG/CM2 MIN.
DEFORMACION A LA TENSION A 40 °c	2.5% MIN.

#### **5.5.8 CARPETA ASFALTICA DELGADA DE GRADUACION ABIERTA.**

Este tipo de trabajo se realizará en un ancho de 7.40 m. (Carriles de circulacion ).

La elaboración de la mezcla asfáltica para el OPEN-GRADED,se realizara en una planta de concreto asfáltico tradicional de características similares a las descritas en el punto anterior. Se fabricara con material pétreo de tamaño máximo de 9.5 mm. (3/8") y cemento asfáltico AC-20. Se debera de adicionar hule molido de neumaticos usados en una proporcion del 17% en relacion al peso del cemento asfáltico utilizado.

La calidad de la mezcla asfáltica sera juzgada conforme al criterio Marshall debiendo cumplir el material pétreo con los requisitos siguientes:

#### **GRANULOMETRIA**

<b>MALLA</b>	<b>% QUE PASA</b>
3/8"	100
1/4"	55-100
Nº 4	26-55

Nº 10	4-16
Nº 20	3-12
Nº 40	2-10
Nº 60	1-8
Nº 100	0-6
Nº 200	0-4

DESGASTE DE LOS ANGELES.	30 % MAX.
PARTICULAS TRITURADAS CON DOS CARAS DE TRITURACION.	70 % MIN.
CON UNA CARA DE TRITURACION.	90 % MIN.
EQUIVALENTE DE ARENA.	65 % MIN.
LIMITE LIQUIDO.	25 % MIN.
CONTRACCION LINEAL.	0.0 %.
ADHERENCIA CON EL ASFALTO.	BUENA.
FORMA DE PARTICULA: (LAJE Y/O ALARGAMIENTO).	35% MAX.

#### 5.5.9 MEZCLA ASFALTICA PARA CARPETA OPEN-GRADED.

Las características físicas de las pastillas elaboradas conforme al procedimiento Marshall, con 75 golpes por cara, a una temperatura entre los 100 °C y los 120 °C, deberán de cumplir con lo siguiente:

ESTABILIDAD MIN (KG.).	± 20 % DE DISEÑO MARSHAL.
VACIOS (%).	10-15

VAM. (%)	20 MIN.
FLUJO (MM)	2.5-4.5
TENSION INDIRECTA A 40°C	3.0 KG/CM2 MIN.
DEFORMACION A LA FALLA A 40°C (TENSION INDIRECTA).	2.5% MIN

#### 5.5.10 HULE MOLIDO DE NEUMATICOS USADOS.

Durante la elaboracion de la mezcla asfáltica para la carpeta OPEN-GRADED, se adicionara a la misma hule molido, producto de la trituración de llantas, que debera de estar libre de polvo y particulas metalicas o de nylon. Durante el procesode molienda o transporte, no se deberan de utilizar aceites que impregnen el hule; a su vez, debera de tener un proceso de cribado para obtener un tamaño de particulas menores a la malla N° 20, debiendo cumplir con la siguiente granulometria:

<b>MALLA</b>	<b>% QUE PASA</b>
16	100
20	95-100
40	35-70
200	0-5

#### 5.5.11 ASFALTO AHULADO.

El porcentaje de hule molido que se adicionara sera del 17 % en peso con relacion al cemento asfáltico. El proceso de incorporacion del hule al cemento asfáltico se efectuara en una planta industrial que tenga el equipamiento necesario para que el asfalto ahulado cumpla con las siguientes características :

PENETRACION A 25°C, 100 GR, 5 SEG, 1/10 MM.	25 A 75
PENETRACION A 5°C, 200GR, 60 SEG, 1/10MM.	10 A 3

PUNTO DE REBLANDECIMIENTO °C	55 MIN.
VISCOSIDAD BROOKFIELD TIPO KAAK	1,500 A 6,000
PERDIDA EN PESO EN PESOTFOT.	1.0 % MAX
RETENCION DE LA PENETRACION A 5°C (DESPUES TFOT).	75 % MIN
RETENCION DE LA DUCTILIDAD A 4°C (DESPUES TFOT).	50 % MIN
HULE MOLIDO DE NEUMATICOS.	17 %
MODULO COMPLEJO SHRP G* SEN & (DELTA) A 64°C	1.0KPA MIN
MODULO COMPLEJO SHRP (DESPUES TFOT) G* SEN & (DELTA) A 64°C	2.20 KPA.

#### **5.5.12 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DEL DEL ASFALTO AHULADO.**

El asfalto ahulado se debera transportar en autotánques que tengan sistema de calentamiento para mantener una temperatura adecuada, para transferirlo al tánque de almacenamiento de la planta de asfáltos, considerando su alta viscosidad,debera tener una temperatura superior a 140°C.

El asfalto ahulado se calentara lentamente justo antes de usarlo, a una temperatura que fluctue entre 150°C y 164°C. Debera de estar bien mezclado antes de ser bombeado a la planta de asfáltos, para ser combinado con el agregado. Antes de suministrarlo, el proveedor debera de verificar la viscosidad del producto.

### 5.5.13 CEMENTO ASFALTICO AC-20

Para la elaboracion de todos los tipos de mezclas se utilizara cemento asfáltico AC-20, el cual debera de cumplir con las siguientes especificaciones particulares de la S.C.T.:

PENETRACION 100 GR,5SEG,25°C.	80-100
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL A 135°C.	85 MIN
PTO DE INFLAMACION EN COPA DE CLIVELAND.	232°C
SOLUBLILIDAD EN TETRA CLORURO DE CARB. 99.5%MIN	
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO.	452°C
PRUEBA DE LA PARTICULA DELGADA 50 CM3, 5 HR,163°C.PENETRACION RETENIDA:	50 %MIN
PERDIDA POR CALENTAMIENTO	1.0 % MAX
DUCTILIDAD A 25°C	100 MIN

### 5.5.14 ADITIVO MODIFICADOR PARA CEMENTO ASFALTICO

En la mezcla asfáltica que se emplee para la construcción de la carpeta sobre la base estabilizada , se utilizara un polimero de tipo SBS solprene 411 Para modificar el cemento asfáltico,el cual se adicionara en un 3 % con relacion al peso del cemento asfáltico y debera de cumplir con las siguientes especificaciones:

PENETRACION A 25°C,100 GR,5 SEG.	50-75
PENETRACION A 5°C,200 GR,60 SEG.	25-50
VISCOSIDAD ABSOLUTA A 60°C POISES.	5,000 MIN
VISC.CINEMATICA A 135°C CENTISTOKES.	2,000 MAX
VISC. BROKFIELD TIPO KAKE A 135°C CCP.	3,000 MAX
PTO.REBLANDECIMIENTO ANILLO Y BOLA	54 °C MIN
PUNTO DE ENCENDIDO	240 °C MIN
SOLUB. EN TETRACLORURO DE CARBONO	99.5 % MIN
PERDIDA POR CALENTAMIENTO TFOT.	1.0 % MAX
RETENCION DE LA PENETRACION A 5°C	75 % MIN
RETENCION DE LA DUCTILIDAD A 4°C	50 % MIN
MODULO COMPLEJO SHRP.A 70 °C:	
G* SEN d KPa(ASFALTO ORIGINAL)	1.0 MIN.
G* SEN d KPa(DESPUES DE TFOT)	2.2 MIN.

#### **5.5.15 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA CARPETA OPEN-GRADED.**

La mezcla se tenderá con Maquina terminadora para proporcionar una Superficie de Rodamiento uniforme y de espesor constante de 2 cm. de capa compacta. La extendedora debera de estar en buenas condiciones de Operación, especialmente su Plancha, para que no provoque arrastre de Particulas Gruesas ni Rallado. Debera de restringirse el uso de Rastrilleros .

La Compactación se realizará inmediatamente en un rago de Temperatura del Material de 110 °C a 130 °C, exclusivamente con Rodillo liso tipo Tándem con Peso de 8 a 10 Toneladas, sin aplicar Vibración, hasta lograr el mejor acomodo posible sin que se provoque desplazamiento o corrimiento de la capa.

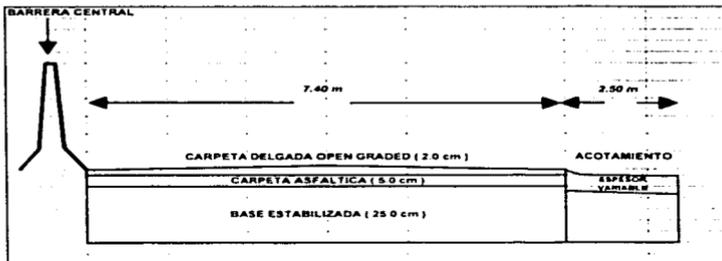
Es responsabilidad de la Constructora contar con un Laboratorio de Control de Calidad tanto en la Planta de Asfáltos como en el campo, con el Personal calificado, el equipo y demas elementos necesarios para llevar a cabo un estricto Control de Calidad de todos los Materiales de Construcción empleados en la Obra .

Independientemente de la Constructora ,la Supervision por su parte, se encargara de verificar que todo esto se lleve acabo mediante la ejecucion de todas las Pruebas de Calidad que señalan las Especificaciones Generales y Particulares de Construccion . bajo la mas estricta vigilancia y debera de contar tambien con personal calificado y equipo en óptimas condiciones, tanto en campo como en planta y laboratorio.

## **5.6 CUANTIFICACION GEOMETRICA DE VOLUMENES DE OBRA.**

Como ya se comento anteriormente, el objetivo de éste capítulo es conocer el costo por kilometro de rehabilitación integral con el procedimiento ya descrito, por lo que, para este caso, la cuantificación para la obtención de volúmenes, se hará Geométricamente a partir de una sección tipo ; ya que para conocer los volúmenes reales ejecutados en campo, previo al inicio y despues de la construcción de cada capa, es necesario, realizar levantamientos topograficos, los cuales deberan de considerar la corrección de deformaciones longitudinales y transversales, y los volúmenes reales ejecutados en campo pueden variar de un tramo a otro.

## SECCION TIPO.



### A.- RECUPERACION DE PAVIMENTO.

$$(7.40\text{m})(0.25\text{m})(1,000.00 \text{ m}) = 1,850.00 \text{ m}^3$$

### B.- CEMENTO PORTLAND PARA ESTABILIZAR.

PVSM.del material recuperado = 2,130.00 kg.

$$(1,850.00 \text{ m}^3)(2,130.00 \text{ kg/m}^3)(0.06) = 236,430.00 \text{ kg}$$

### C.- RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASEALTICA RR-2K. A RAZON DE 0.7 lt/m<sup>2</sup>

$$(1,000.00 \text{ m})(7.40 \text{ m})(0.7 \text{ lt/m}^2) = 5,180 \text{ lt}$$

**D.- CARPETA ASFALTICA CON MATERIAL PETREO DE 19 mm. (TMA) EN CARRILES Y ACOTAMIENTO.**

Volúmen en carriles.

$$(1,000.00 \text{ m})(7.40 \text{ m})(0.05 \text{ m}) = 370.00 \text{ m}^3.$$

Volúmen en acotamiento.

$$(0.07 \text{ cm} + 0.05 \text{ cm})(2.50 \text{ m})(1,000.00 \text{ m}) = 150.00 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 520.00 \text{ m}^3.$$

**E.- CEMENTO ASFALTICO AC-20 PARA CARPETA EN CARRILES Y ACOTAMIENTO A RAZON DE 130 KG/M3**

Volúmen de carpeta = 520.00 m<sup>3</sup>.

Volúmen de cemento asfáltico:

$$(520.00 \text{ m}^3)(130.00 \text{ kg/m}^3) = 67,600.00 \text{ kg.}$$

**F.- CARPETA ASFALTICA DELGADA DE GRADUACION ABIERTA DE 2 cm DE ESPESOR COMPACTO. EN CARRILES DE CIRCULACION.**

$$(1,000.00 \text{ m})(7.40 \text{ m})(0.02 \text{ m}) = 148.00 \text{ m}^3.$$

**G.- RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA RR-2K A RAZON DE 0.7 lt/m2 PARA CARPETA OPEN-GRADED**

$$(1,000.00 \text{ m})(7.40 \text{ m})(0.7 \text{ lt/m}^2) = 5,180 \text{ lt.}$$

**H.- CEMENTO ASFALTICO AC-20 PARA CARPETA**

### **DELGADA OPEN GRADED A RAZON DE 120 KG/M3**

Volúmen de carpeta: 148.00 m3.

Cantidad de cemento AC-20.  
(148.00 m3)(120.00 kg) = 17,760 kg.

### **I.- ADITIVO SBS SOLPRENE 411 DE NEGROMEX A RAZON DE 3% DEL PESO DEL CEMENTO ASEALTICO PARA MEZCLA ASEALTICA MODIFICADA.**

Cantidad de Cemento Asfáltico AC-20 = 67,600 kg.

Aditivo SBS 411 solprene:  
(67,600 kg)(0.03) = 2,028.00kg.

### **J.- HULE MOLIDO PARA CARPETA DELGADA OPEN GRADED, AL 17% EN RELACION AL PESO DEL CEMENTO ASEALTICO.**

Cantidad de cemento asfáltico AC-20 = 17,760.00 kg.

Cantidad de hule molido:  
(17,760.00 kg)(0.17) = 3,019.20 kg.

## **5.7 PRESUPUESTO DE LOS TRABAJOS.**

El presupuesto de los trabajos, se obtiene Atraves de las cantidades de Obra que fueron obtenidas por medio de la cuantificación geométrica multiplicadas por los precios unitarios por unidad de obra terminada, que previamente fueron estructurados, considerando todos los materiales , mano de obra y equipo, así como todos los elementos que intervienen en la ejecución de los trabajos .

En el apéndice "A", se localizan los costos horarios de la maquinaria y equipo utilizado en la ejecución de los trabajos.

En el apéndice "B", se localizan los básicos de costos que se realizaron en forma previa a los precios unitarios. En ellos se pueden conocer las diferentes distancias de acarreo de los materiales pétreos, de los asfaltos, la mano de obra, las diferentes actividades y todos los elementos que se consideraron para su realización.

En el apéndice "C" se localizan los precios unitarios que se realizaron. En ellos también se pueden conocer los porcentajes de indirectos, financiamiento y utilidad, así como también los de S.A.R. INFONAVIT, y de INSPECCION DE LA SECODAM.

## CATALOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA

Nº	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (\$)
1.	RECUPERACION DEL PAVIMENTO EXISTENTE, EN UN ESPESOR DE 25 CM INCORPORANDO 6% DE CEMENTO PORTLAND	M3	1.850.00	48.06	88.911.00
2.	CEMENTO PORTLAND PARA ESTABILIZACION DEL PAVIMENTO EXISTENTE, INCLUYE SUMINISTRO Y ACARREO P.U.O.T	KG	256.430.00	0.49	115.850.70
3.	RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO INCLUYE ACARREO, LIMPIEZA CON CHIFLON DE AIRE P.U.O.T	LT	5.180.00	1.76	9.116.80
4.	CARPETA ASFALTICA EMPLEANDO MATERIAL PETREO DE TAMA DE AGREGADO DE 19 MM Y CEMENTO ASFALTICO AC-20 COMPACTADA AL 95% DE SUP/MVM INCLUYE TENDIDO P.U.O.T	M3	520.00	242.55	126.115.60
5.	CEMENTO ASFALTICO AC-20 PARA CARPETA ASFALTICA INCLUYE ACARREO P.U.O.T	KG	67.660.00	1.35	91.260.00
6.	CARPETA DE LIGADA DE GRADACION ABIERTA OPEN-GRABED DE 2 CM DE ESPESOR CON MATERIAL PETREO DE TAMA DE 9.5 MM COMPACTADA AL 95% DE SUP/MVM P.U.O.T	M3	148.00	354.85	50.290.84
7.	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA OPEN-GRABED CON EMULSION ASFALTICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO INCLUYE ACARREO, LIMPIEZA CON CHIFLON DE AIRE P.U.O.T	LT	5.180.00	1.76	9.116.80
8.	CEMENTO ASFALTICO AC-20 PARA CARPETA DE LIGADA OPEN-GRABED INCLUYE ACARREO P.U.O.T	KG	17.760.00	1.40	24.864.00
9.	ADITIVO PARA CEMENTO ASFALTICO AC-20 TIPO SBS DE NEGROMEX AL 3% DEL CEMENTO ASFALTICO P.U.O.T	KG	2.028.00	35.93	72.866.04
10.	HELE MOLIDO PARA CEMENTO ASFALTICO AC-20 AL 17% DE SUPLESO PARA CARPETA OPEN-GRABED P.U.O.T	KG	3.019.00	9.26	27.955.94
	<b>TOTAL</b>				<b>5616347.72</b>

El costo de los Trabajos de Rehabilitación integral de Pavimento por Kilometro lineal, realizado con el Procedimiento Constructivo anteriormente descrito es de:

**S 616,347.72 (Seiscientos Diez y Seis Mil Trescientos Cuarenta y Siete Pesos 72/100.MN.) mas el impuesto al valor agrado.**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En virtud de que las carreteras constituyen el principal medio de desplazamiento de personas y bienes, y son al mismo tiempo, un instrumento primordial para la integración y el desarrollo de toda la nación, es necesario que éstas importantes vías de comunicación se encuentren en condiciones óptimas de servicio.

Como hemos podido constatar durante el desarrollo del presente trabajo de tesis, la recuperación en frío es complementada con el uso de modificadores de asfaltos, como parte de un proyecto de rehabilitación integral para un camino con daños severos, se muestra como una de las técnicas más completas que actualmente se llevan a cabo.

Una gran ventaja de este procedimiento, es que puede ser utilizado en zonas urbanas, ya que las interrupciones de tráfico son mínimas comparativamente con otras técnicas, pudiéndose trabajar por carriles alternadamente, auxiliándose de un señalamiento adecuado, sin ocasionar molestias a los usuarios.

No obstante, para obtener los mejores resultados, es necesario que durante el proceso de planeación y ejecución de los trabajos en campo, se implemente un estricto control de calidad por parte de las partes involucradas; sobre todo durante el proceso de incorporación tanto del material estabilizador del producto recuperado, como de los diferentes modificadores del cemento asfáltico; esto es posible únicamente con la utilización de mano de obra y equipo calificado, que permita detectar al momento cualquier irregularidad que vaya en contra de lo especificado, para que sea corregido de inmediato, por lo cual, las personas encargadas de este tipo de trabajos, tienen que estar conscientes de su responsabilidad dentro de los alcances que les confiere una obra de esta naturaleza.

También, es muy importante, y quizá sea necesario ubicar en primer lugar, el que los órganos gubernamentales encargados de la conservación y reconstrucción de las carreteras, adecúen la programación del capital destinado a este tipo de obras, a fin de que se aplique fuera de la época de lluvias, para maximizar su aprovechamiento, ya que, generalmente, cuando se realizan trabajos de este tipo, durante este periodo, es necesario suspender constantemente las actividades, ocasionando atrasos en los programas de obra establecidos.

**El sistema implementado por las dependencias encargadas de la planeación y distribución de los recursos, obliga muchas veces a que los proyectos sufran un retraso desde su concepción hasta la conclusión final de la obra. Generando una serie de problemas durante este proceso, los cuales en algunos casos van en contra de la capacidad económica de las empresas que participan en la ejecución de estos trabajos.**

**Esperamos que aún cuando la evolución de las técnicas de rehabilitación, están cambiando día a día, como resultado de la necesidad de encontrar mejores productos y equipos que permitan a los interesados ubicarse a la vanguardia, esta tesis sirva de apoyo a quienes deseen ampliar sus conocimientos en este campo tan amplio y por demás interesante.**

# APENDICE A





### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ00013A CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA-380-1	
V. Adquisición	\$ 1.678.421,16
Menos valor rentas	11.892,00
Valor inicial (Va)	1.666.529,16
Valor rescate (Vr)	10,00%
Tasa de interés (i)	20,00%
Prima seguros (s)	2,00%
	166.652,42

Modelo KOMATSU WA380-1	
HP	160,00
Potencia de operación	162,00 HP
Velocidad Económica (Ve)	20000 Ft/h
Horas por Año (Ha)	7000 H/año
Coefficiente de utilización (U)	0,9000
Factor de mantenimiento (Q)	0,7500

### I.- CARGOS FIJOS

				II. ACTIVA	III. INACTIVA
DEPRECIACIÓN	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{1.666.524,16 - 166.652,42}{20.000}$	=	74,99	15%
				11,25	
INVERSIÓN	$I = \frac{(Va + Vr) \times i}{2 Ha}$	$\frac{(1.666.524,16 + 166.652,42) \times 0,2000}{2 \times 2.000}$	=	91,66	100%
				91,08	
SEGUROS	$S = \frac{(Va + Vr) \times s}{2 Ha}$	$\frac{(1.666.524,16 + 166.652,42) \times 0,0200}{2 \times 2.000}$	=	9,17	100%
				9,17	
ALMACENAJE	$A = KD$	$0,0000 \times 74,99$	=	0,00	0%
MANTENIMIENTO	$T = QD$	$0,7500 \times 74,99$	=	56,25	0%
				0,00	
		SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$	232,06	112,07

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE											
DIESEL	E =	0,1514	x	162,00	HP op	x	1,85 / lt	=	45,37	5%	2,27
GASOLINA	E =	0,2271	x	0,00	HP op	x	2,43 / lt	=	0,00	5%	0,00
OTRAS FUENTES DE ENERGIA											
LUBRICANTES DE MOTOR											
CAPACIDAD CARTER	C =			18,0	Litros						
CAMBIO DE ACEITE	T =			100	Horas						
	C =	C / T	x	0,0035	x	162,00	HP	x	0,7470	lt/hv	5,79
	L =	0,7470	lt/hv							5%	0,29
LUBRICANTES MAQUINA											
TRANSMISIÓN		0,00									
MANDOS FINALES		0,00									
GRASA		0,00									
	N =	Vr (VALOR LLANTAS)	x	11,897,00						5%	0,00
	H =	(VIDA ECONOMICA)	x	2,000						15%	0,89
				SUMA DE CONSUMOS POR HORA				\$	57,17		3,45

### III.- OPERACION

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	So =	258,72	MO000201 OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL WA-380-1
HORAS POR TURNO	H =	0,75 (FACTOR DE REND.)	x 6,00 Horas
		258,72	
OPERACIÓN	Co =	6,00	
			43,12
		SUMA DE OPERACION POR HORA	\$ 43,12 100% 43,12

**COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD)**

**\$ 332,30 158,64**





### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ00022A COMPRESOR 263 P.C.M. XA-125  
 V. Adquisición \$ 233 629 00  
 Menos valor libartas 0 00  
 Valor inicial (Va) 233 629 00  
 Valor rescate (Vr) 10 00% 23 362 90  
 Tasa de interés (i) 20 00%  
 Prima seguros (s) 2 00%

Modelo XA-125  
 HP 75 00 Factor de operación 0 90  
 Potencia de operación 67 50 HP  
 Vida Económica (Ve) 16 000 Hs  
 Horas por Año (Ha) 2 000 Hrs/año  
 Coeficiente de almacenaje (K) 0 0000  
 Factor de mantenimiento (Q) 1 2500

### I.- CARGOS FIJOS

		Val-Vi	233 629 00	- 23 362 90		H ACTIVA	H INACTIVA	
DEPRECIACION	D =	$\frac{Va-Vi}{Ve}$			=	13 14	15%	1 27
				16 000				
INVERSION	I =	$\frac{(Va+Vi) \times i}{2 \times Ha}$	$(233 629 00 + 23 362 90)$	$\times 0 2000$	=	12 85	100%	12 85
				2 = 2 000				
SEGUROS	S =	$\frac{(Va+Vi) \times s}{2 \times Ha}$	$(233 629 00 + 23 362 90)$	$\times 0 0200$	=	1 28	100%	1 28
				2 = 2 000				
ALMACENAJE	A = KD		0 0000	$\times 13 14$	=	0 00	0%	0 00
MANTENIMIENTO	T = GD		2 2500	$\times 13 14$	=	16 43	0%	0 00
			SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA		\$	43 70		16 11

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE									
DIESEL	E =	0 1514	67 50	HP op	$\times 1 85 / H$	=	18 91	5%	0 95
GASOLINA	E =	0 2271	0 00	HP op	$\times 2 43 / H$	=	0 00	5%	0 00
OTRAS FUENTES DE ENERGIA									
LUBRICANTES DE MOTOR									
CAPACIDAD CARTER	C =		27 0 Litros						
CAMBIOS DE ACELITE	T =		100 Horas						
	Ca =	C / T	0 0030		67 50 HP	=	0 4725 R/H		
	L =	0 4725		$\times 7 75 / H$		=	3 66	5%	0 18
LUBRICANTES MAQUINA									
TRANSMISION			0 00						
MANDOS FINALES			0 00						
GRASA			0 00				0 00	5%	0 00
	N =	$\frac{Vn \text{ (VALOR LLANTAS)}}{Hn \text{ (VIDA ECONOMICA)}}$	0 00				0 00	15%	0 00
			0						
			SUMA DE CONSUMOS POR HORA		\$	22 57		1 13	

### III.- OPERACION

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	So =	96 11	MO606205 OPERADOR DE COMPRESOR
HORAS POR TURNO	H =	6	$\times 0 75 \text{ (FACTOR DE REND.)} = 6 00 \text{ Horas}$
	So	16 11	
OPERACION	Co =		$\times 16 02$
	H	6 00	
		SUMA DE OPERACION POR HORA	
		\$	16 02 100% 16 02

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)

\$ 82.29 33.25

### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ00036A GRUA 40 TON RT-740	
V. Adquisición	\$ 3 891,901 60
Menos valor fiamas	16,800 00
Valor inicial (Va)	3 875,101 60
Valor rescate (Vr)	10 00%
Tasa de interés (i)	20 00%
Prima seguros (s)	2 00%

Museli RT-740	
HP	100 00
Potencia de operación	94 50 HP
Veloc. Económica (Ve)	20000 Hs
Horas por Año (Ha)	2000 Hra/año
Coefficiente de almacenaje (F)	0 0000
Factor de mantenimiento (G)	0 7500

### I.- CARGOS FIJOS

			H ACTIVA	H INACTIVA
DEPRECIACIÓN	$D = \frac{V_a - V_r}{V_e} \times$	3 875,101 60 - 387 510 16		
		20 000	174 38	15%
			26 16	
INVERSION	$I = \frac{(V_a + V_r) \times i}{2 \times H_a} \times$	( 3 875 101 60 + 387 510 16 ) \times 0 2000	213 13	100%
		2 \times 2 000		213 13
SEGUROS	$S = \frac{(V_a + V_r) \times s}{2 \times H_a} \times$	( 3 875,101 60 + 387 510 16 ) \times 0 0200	21 31	100%
		2 \times 2 000		21 31
ALMACENAJE	$A = KD =$	0 0000 \times 174 38	0 00	0%
MANTENIMIENTO	$T = GD =$	0 7500 \times 174 38	130 78	0%
		SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 539 61	260 60

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE							
DISEL	$E = 0 1514 \times$	94 50	HP op	1 85 / H	26 47	5%	1 32
GASOLINA	$E = 0 2271 \times$	0 00	HP op	2 43 / H	0 00	5%	0 00
OTRAS FUENTES DE ENERGIA							
LUBRICANTES DE MOTOR							
CAPACIDAD CARTER	$C =$	40 0	Litros				
CAMBIOS DE ACEITE	$T =$	100	Horas				
	$Ca = \frac{C}{T} \times$	0 0035		94 50 HP	0 7308 H/Hr	5 66	5%
	$Ca = \frac{C}{T} \times$	0 7308	H/Hr	7 75 / H			0 28
LUBRICANTES MAQUINA							
TRANSMISION		0 00			0 00	5%	0 00
MANDOS FINALES		0 00			0 00	5%	0 00
GRASA		0 00			0 00	5%	0 00
	$N = \frac{V_h \text{ (VALOR LLANTAS)}}{H_v \text{ (VIDA ECONOMICA)}} \times$	16 800 00			2 000	8 40	15%
		2 000					1 26
		SUMA DE CONSUMOS POR HORA			\$ 40 53		2 87

### III.- OPERACIÓN

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	$So =$	271 05	MOD00210 OPERADOR DE GRUA	
HORAS POR TURNO	$H = H \times$	0 75 (FACTOR DE REND.)	6 00 Horas	
		So	271 05	
OPERACION	$Co =$		6 00	45 18
		SUMA DE OPERACION POR HORA		\$ 45 18
				100%
				45 18

### COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)

\$ 625.31 308.64

### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ000424 MOTOCONFORMADORA KOMATSU GD511A-1  
 V Adquisición \$ 1.354.141 05  
 Menos valor Bantías 5.670 00  
 Valor inicial (Va) 1.348.471 05  
 Valor rescate (Vr) 10 00% 134.847 11  
 Tasa de interés (i) 20 00%  
 Prima seguros (s) 2 00%

Modelo KOMATSU GD511A-1  
 HP 135 00 Factor de operación 0 90  
 Potencia de operación 121 50 HP  
 Vida Economica (Ve) 20000 Hs  
 Horas por Año (Ha) 2000 H/año  
 Coeficiente de almacenaj (K) 0 0000  
 Factor de mantenimiento (Q) 0 7500

### I.- CARGOS FIJOS

					H ACTIVA	H INACTIVA	
DEPRECIACION	D =	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	=	$\frac{1.348.471 05 - 134.847 11}{20.000}$	=	60 68 15%	9 10
INVERSION	I =	$(Va + Vr) \times i$	=	$(1.348.471 05 + 134.847 11) \times 0 2000$	=	74 17 100%	74 17
SEGUROS	S =	$(Va + Vr) \times s$	=	$(1.348.471 05 + 134.847 11) \times 0 0200$	=	7 42 100%	7 42
ALMACENAJE	A =	$V \times KD$	=	0 0000	=	0 00 0%	0 00
MANTENIMIENTO	T =	$GD$	=	0 7500	=	45 51 0%	0 00
				SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$	167 77	90 68

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE							
DIESEL	E =	0 1514	x	121 50	HP op x	1 85 / H = 34 03 5%	1 70
GASOLINA	E =	0 2271	x	0 00	HP op x	2 43 / H = 0 00 5%	0 00
OTRAS FUENTES DE ENERGIA							
LUBRICANTES DE MOTOR							
CAPACIDAD CARTER	C =	9 0	Litros				
CAMBIOS DE ACEITE	T =	100	Horas				
	$\frac{Ca}{T}$	=	0 0035	x	121 50 HP	=	0 5153 R/hr
	$\frac{E}{T} + \frac{C}{T}$	=	0 5153	R/hr			3 99 5%
LUBRICANTES MAQUINA							
TRANSMISION		0 00					
MANDOS FINALES		0 00					
GRASA		0 00					
	$Vn$ (VALOR LLANTAS)	=	5 670 00				0 00 5%
	$N$	=	2 000				2 84 15%
	$Hv$ (VIDA ECONOMICA)	=	2 000				0 43
				SUMA DE CONSUMOS POR HORA	\$	40 86	2 33

### III.- OPERACION

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	So =	344 56	M0000207 OPERADOR DE MOTOCONFORMADORA				
HORAS POR TURNO	H =	6 00	(FACTOR DE REND) = 6 00 Horas				
	$\frac{So}{H}$	=	344 56				
OPERACION	Co =	6 00					
	$\frac{Co}{H}$	=	57 49				
				SUMA DE OPERACION POR HORA	\$	57 49 100%	57 49

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)

\$ 286.13 150.50

### DATOS GENERALES

MAQUINA EG00048A PAVIMENTADORA EXTENDEORA ASFALTO PF-172	
V. Adquisición	\$ 2 086 004 22
Menor valor llantas	7 711 00
Valor inicial (V <sub>i</sub> )	2 078 293 22
Valor rescate (V <sub>r</sub> )	207 824 32
Tasa de interés (i)	20 00%
Prima seguros (s)	7 00%

Modelo	BLAN KNOX PF-172		
HP	90 00	Factor de operación	0 90
Potencia de operación		81 00	HP
Vida Económica (V <sub>e</sub> )		20000	Hs
Horas por Año (H <sub>a</sub> )		2000	Hrs/año
Coefficiente de almacenaje (K)		0 0000	
Factor de mantenimiento (Q)		0 7500	

### I.- CARGOS FIJOS

				H ACTIVA	H INACTIVA	
DEPRECIACIÓN	$D = \frac{V_i - V_r}{V_e}$	$= \frac{2 078 293 22 - 207 829 32}{20 000}$		93 52	15%	14 03
INVERSIÓN	$I = \frac{(V_i + V_r) \times i}{2 H_a}$	$= \frac{(2 078 293 22 + 207 829 32) \times 0 2000}{2 \times 2 000}$		114 31	100%	114 31
SEGUROS	$S = \frac{(V_i + V_r) \times s}{2 H_a}$	$= \frac{(2 078 293 22 + 207 829 32) \times 0 0200}{2 \times 2 000}$		11 43	100%	11 43
ALMACENAJE	$A = KD$	$= 0 0000 \times 93 52$		0 00	0%	0 00
MANTENIMIENTO	$T = QD$	$= 0 7500 \times 93 52$		70 14	0%	0 00
		SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$	289 40		139 77

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE																		
DIESEL	$F = 0 1514$	$\times$	81 00	HP op	$\times$	1 85 / R	$=$	22 69	5%	1 13								
GASOLINA	$f = 0 2271$	$\times$	0 60	HP op	$\times$	2 43 / R	$=$	0 00	5%	0 00								
OTRAS FUENTES DE ENERGÍA								0 00										
LUBRICANTES DE MOTOR																		
CAPACIDAD CARTER	$C =$		6 0	Litros														
CAMBIO DE ACEITE	$T =$		100	Horas														
	$C_A = C / T$	$=$	0 0600															
	$L = 0 3030$	$/hr$			$\times$	7 75	lit	81 00	HP	$=$	0 3030	lit/hr	2 35	5%	0 12			
LUBRICANTES MAQUINA																		
TRANSMISIÓN			0 00															
MANDOS FINALES			0 00															
GRASA			0 00										0 00	5%	0 00			
	$V_n$ (VALOR LLANTAS)		7 711 00															
	$N = \frac{V_n}{H_v}$ (VIDA ECONOMICA)		2 000												3 86	15%	0 58	
			SUMA DE CONSUMOS POR HORA												\$	28 89		1 83

### III.- OPERACIÓN

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	$S_o =$	381 92	M0000208	OPERADOR DE PAVIMENTADORA						
HORAS POR TURNO	$H =$	8	$\times$	0 75 (FACTOR DE REND)	$=$	6 00	Horas			
		$S_o$		381 92						
OPERACIÓN	$C_o =$						63 65			
		$H$		6 00						
		SUMA DE OPERACION POR HORA					\$	63 65	100%	63 65

### COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)

\$ 381,95 205,25

138

### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ00051A PETROLIZADORA MOD 1580-SR	
V. Adquisición	\$ 275 830 87
Menos valor llantas	4 568 00
Valor inicial (Va)	271 262 87
Valor rescate (Vr)	10 00%
Tasa de interés (i)	20 00%
Prima seguros (s)	2 00%

Modelo	1580-SR	Factor de operación	0 90
HP	140 00	Potencia de operación	129 00 HP
Vida Económica	(Ve)	10000	Hs
Horas por Año	(Ha)	2000	Hr/año
Coefficiente de almacenaj	(K)	0 0000	
Factor de mantenimiento	(Q)	0 7500	

### I.- CARGOS FIJOS

				H ACTIVA	H INACTIVA	
DEPRECIACIÓN	$D = \frac{Va-Vr}{Ve}$	$= \frac{261.162.87}{10.000}$	$= 26.116.27$	23.50	15%	3.53
INVERSIÓN	$I = \frac{(Va+Vr) \times i}{2 Ha}$	$= \frac{(261.162.87 + 26.116.27) \times 0.2000}{2 \times 2.000}$	$= 14.36$	100%		14.36
SEGUROS	$S = \frac{(Va+Vr) \times s}{2 Ha}$	$= \frac{(261.162.87 + 26.116.27) \times 0.0200}{2 \times 2.000}$	$= 1.44$	100%		1.44
ALMACENAJE	$A = KD$	$= 0.0000 \times 23.50$	$= 0.00$	0%		0.00
MANTENIMIENTO	$T = QD$	$= 0.7500 \times 23.50$	$= 17.83$	0%		0.00
		SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 56.93			19.33

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE									
DIESEL	$E = 0.1514$	$\times$	129 00	HP op	$\times$	1.85 / R	$= 35.29$	5%	1.76
GASOLINA	$E = 0.2271$	$\times$	0 00	HP op	$\times$	2.43 / R	$= 0 00$	5%	0 00
OTRAS FUERTES DE ENERGIA							$= 0 00$		
LUBRICANTES DE MOTOR									
CAPACIDAD CARTER	$C =$		18 0 Litros						
CAMBIO DE ACEITE	$T =$		100 Horas						
	$Ca = C / T$	$\times$	0.0035	$\times$	126 00 HP	$=$	0.6210 R/hr		
	$L = 0.6210$	R/hr	$\times$	7.75 /R		$=$	4.81	5%	0.24
LUBRICANTES MAQUINA									
TRANSMISION			0 00						
MANDOS FINALES			0 00						
GRASA			0 00						
	$N = \frac{Vr}{Hv}$ (VALOR LLANTAS)	$\times$	4.568 00				$= 0 00$	5%	0 00
	$Hv$ (VIDA ECONOMICA)	$\times$	2.000				$= 2.33$	15%	0.35
			SUMA DE CONSUMOS POR HORA				\$ 42.44		2.36

### III.- OPERACIÓN

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	$So = 151.54$	MO000209 OPERADOR DE PETROLIZADORA	
HORAS POR TURNO	$H = 8$	$\times 0.75$ (FACTOR DE REND.)	$= 6.00$ Horas
	$Op = 151.54$		
OPERACION	$Co =$		$= 25.26$
		$H = 6.00$	
		SUMA DE OPERACION POR HORA	\$ 25.26 100% 25.26

### COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)

\$ 124.63 46.94

### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ00052A PIPA PARA AGUA	
V. Adquisición	\$ 201,315.70
Menos valor ventas	4,668.00
Valor inicial (Vi)	196,647.70
Valor rescate (Vr)	10.00%
Tasa de interés (i)	20.00%
Prima seguros (s)	2.00%

Modelo	170 00	Factor de operación	0.90
HP	170 00	Potencia de operación	153.00 HP
Velocidad Económica (Ve)	10000	Hts	
Horas por Año (Ha)	2000	Hts/Año	
Coefficiente de almacenaje (K)	0.0000		
Factor de mantenimiento (Q)	0.7500		

### I.- CARGOS FIJOS

		Vi	Vr		H ACTIVA	H INACTIVA	
DEPRECIACION	$D = \frac{Vi - Vr}{Ha}$	196,647.70		19,664.77	17.70	15%	2.65
				10,000			
INVERSION	$I = \frac{(Vi + Vr) \times i}{2 \times Ha}$	196,647.70		19,664.77		0.2000	10.82
				2 x 2,000			100%
SEGUROS	$S = \frac{(Vi + Vr) \times s}{2 \times Ha}$	196,647.70		19,664.77		0.0200	1.08
				2 x 2,000			100%
ALMACENAJE	$A = KD$	0.0000		17.70		0.00	0.00
MANTENIMIENTO	$T = QD$	0.7500		17.70		13.27	0%
				SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$	42.67	14.55

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE							
DIESEL	$E = 0.1514$	153.00	HP hp	1.85 / R	42.85	5%	2.14
GASOLINA	$F = 0.2271$	0.00	HP hp	2.43 / R	0.00	5%	0.00
OTRAS FUENTES DE ENERGIA							
LUBRICANTES DE MOTOR							
CAPACIDAD CARTER	$C =$	18.0 Litros					
CAMBIO DE ACEITE	$T =$	100 Horas					
	$C \times \frac{1}{T} \times E$	0.0035		153.00 HP	0.7155	R/hr	
	$L = 0.7155$	R/hr		75 R	5.55	5%	0.28
LUBRICANTES MAQUINA							
TRANSMISION	$G =$	0.00					
MANDOS FINALES	$H =$	0.00					
GRASA	$Vr$ (VALOR LLANTAS)	0.90			0.00	5%	0.00
	$N = \frac{Vr}{Hv}$ (VALOR ECONOMICA)	4,668.00			2.33	15%	0.35
		2,000					
				SUMA DE CONSUMOS POR HORA	\$	50.73	2.77

### III.- OPERACION

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	$Sa =$	151.54	M0000270	OPERADOR DE CHOFER PIPA			
HORAS POR TURNO	$H =$	0.75	(FACTOR DE REND.)	6.00 Horas			
				151.54			
	$C6 =$				25.26		
					0.00		
				SUMA DE OPERACION POR HORA	\$	25.26	100%
							25.26

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)**

**\$ 118.86 42.58**

### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ00056A PLANTA DE ASFALTO		Modelo	
V Adquisición	\$ 3 955,992 05	HP	750 00
Menos valor llantas	0 00	Potencia de operación	675 00 HP
Valor inicial (Va)	3 955,992 05	Velocidad Económica	18000
Valor rescate (Vr)	10 00%	Horas por Año	(Ha) 2000 H/año
Tasa de interés (i)	20 00%	Coefficiente de almacenaj (K)	0 0000
Prima seguros (s)	2 00%	Factor de mantenimiento (Q)	0 7500

### I.- CARGOS FIJOS

					H ACTIVA	H INACTIVA	
DEPRECIACION	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$= \frac{3 955,992 05 - 395,599 21}{10,000}$			222 52	15%	33 38
INVERSION	$I = \frac{(Va + Vr) + (2 \cdot Ha)}{2 \cdot Ha}$	$= \frac{3 955,992 05 + 395,599 21}{2 \cdot 2 000}$		$I = 0 2000$	217 58	100%	217 58
SEGUROS	$S = \frac{(Va + Vr) + S}{2 \cdot Ha}$	$= \frac{3 955,992 05 + 395,599 21}{2 \cdot 2 000}$		$S = 0 0200$	21 76	100%	21 78
ALMACENAJE	$A = K \cdot D$	$= 0 0000 \cdot 222 52$			0 00	0%	0 00
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot D$	$= 0 7500 \cdot 222 52$			166 89	0%	0 00
		SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA			629 75		272 72

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE								
DIESEL	$L = 0 1514$	$\cdot 675 00$	HP <sup>2</sup> / H	$\cdot 1 85$	/ H	$= 189 05$	5%	9 45
GASOLINA	$L = 0 2271$	$\cdot 675 00$	HP <sup>2</sup> / H	$\cdot 2 43$	/ H	$= 0 00$	5%	0 00
OTRAS FUENTES DE ENERGIA QUEMA DE DIESEL						$= 105 00$		
LUBRICANTES DE MOTOR								
CAPACIDAD CARTER	C =	90 0 Litros						
CAMBIO DE ACEITE	T =	110 Horas						
	$L = \frac{C \cdot T}{H}$	$= \frac{0 0035 \cdot 90}{110}$		$\cdot 675 00$	HP <sup>2</sup> / H	$= 3 1807$	5%	1 23
LUBRICANTES MAQUINA		0 00				$= 24 65$		
TRANSMISION		0 00						
MANDOS FINALES		0 00						
GRASA		0 00				$= 0 00$	5%	0 00
	$N = \frac{Vr}{Va}$	(VALOR LLANTAS)				$= 0 00$	15%	0 00
	$H = \frac{Vr}{Va}$	(VIDA ECONOMICA)				$= 0$		
		SUMA DE CONSUMOS POR HORA				\$ 318 71		10 89

### III.- OPERACION

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	$Su = 104 12$		M0000116	OPERADOR DE PLANTA DE ASFALTO				
HORAS POR TURNO	$H = 6 75$	(FACTOR DE REND)	$\cdot 6 00$	Horas				
	$Su \cdot H$	$= 104 12 \cdot 6 00$				$= 84 19$		
		SUMA DE OPERACION POR HORA				\$ 84 19	100%	84 19

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)**

\$ 1,031.65 367.59

141

### DATOS GENERALES

MAQUINA FOMODORA RECLAMADORA ESTABILIZADORA #5 500	
V. Adquisición	\$ 2.785.103,13
Menos valor Rantías	8.800,00
Valor inicial (Va)	2.776.303,13
Valor rescate (Vr)	10,00%
Tasa de interés (i)	20,00%
Prima seguros (s)	2,00%

Modelo	#5 500	Factor de operación	0,90
HP	525,00		
Utilencia de operación		472,50 HP	
Vida Económica	(Ve)	16000	Hs
Horas por Año	(Ha)	2000	Hrs/Año
Coefficiente de amonajaj	(K)	0,0000	
Factor de mantenimiento	(Q)	0,7500	

### I.- CARGOS FIJOS

		Va-Vr	2.776.303,13	- 277.630,31		H ACTIVA	H INACTIVA		
DEPRECIACION	D =	Ve	16.000		=	156,17	15%	23,43	
INVERSION	I =	(Va+Vr) x i	2.776.303,13	+ 277.630,31	) x 0,2000	=	152,70	100%	152,70
		2 Ha	2 x 2.000						
SEGUROS	S =	(Va+Vr) x s	2.776.303,13	+ 277.630,31	) x 0,0200	=	15,27	100%	15,27
		2 Ha	2 x 2.000						
ALMACENAJE	A = KD		0,5000	x 156,17		=	0,00	0%	0,00
MANUTENIMIENTO	T = QD		0,7500	x 156,17		=	117,13	0%	0,00
			SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA			\$	441,25		161,39

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE												
DIESEL	F =	0,1514	x	472,50	HP/OP	x	1,85	/R	=	132,34	5%	6,82
GASOLINA	E =	0,2271	x	5,00	HP/OP	x	2,43	/R	=	0,00	5%	0,00
OTRAS FUENTES DE ENERGIA												
LUBRICANTES DE MOTOR												
CAPACIDAD CARTER	C =			5,0	Litros							
CAMBIO DE ACEITE	T =			100	Horas							
	Ca =	0,7 T	x	0,0035	litros	x	472,50	HP	x	2,2238	litros	
	E =	2,2238	litros							17,23	5%	0,86
LUBRICANTES MAQUINA												
TRANSMISION		0,00										
MANDOS FINALES		0,00										
GRASA		0,00										
	N =	Vr (VALOR LLANTAS)		8.850,00						0,00	5%	0,00
		Hv (VIDA ECONOMICA)		2.000						4,40	15%	0,66
				SUMA DE CONSUMOS POR HORA			\$	153,98				6,14

### III.- OPERACION

SALARIO HATE GRADO POR TURNO		So =	100,00	MO900,212	OPERADOR DE RECLAMADORA ESTABILIZADORA	
HORAS POR TURNO		H =	R =	0,75	(FACTOR DE REND.) x 6,00 Horas	
		So	100,00			
OPERACION	Co		6,00		100,00	
			SUMA DE OPERACION POR HORA			
			\$	100,00	100%	100,00

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)**

\$ **695,24**      **299,53**

### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ00071A TRACTOR AGRICOLA M.F.	302-G
V. Adquisición	\$ 102,311.44
Menos valor llantas	3,415.00
Valor inicial (Va)	98,896.44
Valor rescate (Vr)	0.00
Tasa de interés (i)	20.00%
Prima seguros (s)	2.00%

Modelo M.F. 302-G	HP	84.00	Factor de operación	0.90
Potencia de operación	75.60 HP			
Vida Económica (Vm)	12000	Hrs		
Horas por Año (Ha)	2000	Hr/año		
Coefficiente de almacenaj (K)	0.0000			
Factor de mantenimiento (Q)	0.7500			

### I.- CARGOS FIJOS

					H ACTIVA	H INACTIVA	
DEPRECIACION	$D = \frac{Va - Vr}{Vm}$	$= \frac{98,896.44}{12,000}$	$= 8.24137$	$\times 0.2000$	7.42	15%	1.11
INVERSION	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	$= \frac{98,896.44 + 0.00}{2 \times 2,000}$	$= 24.72411$	$\times 0.2000$	5.44	100%	5.44
SEGUROS	$S = \frac{(Va + Vr) \times s}{2 Ha}$	$= \frac{(98,896.44 + 0.00) \times 0.0200}{2 \times 2,000}$	$= 0.49448$	$\times 0.2000$	0.54	100%	0.54
ALMACENAJE	$A = K D$	$= 0.0000 \times 8.24137$	$= 0.00000$	$\times 0.2000$	0.00	0%	0.00
MANUTENIMIENTO	$T = Q D$	$= 0.7500 \times 8.24137$	$= 6.18103$	$\times 0.2000$	5.56	0%	0.00
			SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA		\$ 18.99		7.10

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE								
DIESEL	$E = 0.1514$	$\times 75.60$	HP ep	$\times 1.85$	/R	$= 21.17$	5%	1.06
GASOLINA	$E = 0.2271$	$\times 0.00$	HP ep	$\times 2.43$	/R	$= 0.00$	5%	0.00
OTRAS FUENTES DE ENERGIA						$= 0.00$		
LUBRICANTES DE MOTOR								
CAPACIDAD CARTER	$C = 4.0$	Litros						
CAMBIOS DE ACEITE	$T = 100$	Horas						
	$Ca = C / T$	$= 0.0030$				$75.60 \text{ HP} \times 0.2668 \text{ R/hr}$		
	$L = 0.2668$	R/hr	$\times 7.75$	/R	$\times 2.07$		5%	0.10
LUBRICANTES MAQUINA								
TRANSMISION	0.00							
MANDOS FINALES	0.00							
GRASA	0.00							
	$Vn$ (VALOR LLANTAS)	3,415.00					5%	0.00
	$N = \frac{Vn}{Hv}$ (VIDA ECONOMICA)	$= \frac{3,415.00}{2,000}$				$= 1.71$	15%	0.26
			SUMA DE CONSUMOS POR HORA		\$ 24.95			1.42

### III.- OPERACION

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	$So = 151.54$	MO000213	OPERADOR DE TRACTOR AGRICOLA				
HORAS POR TURNO	$H = 6$	$\times 0.75$ (FACTOR DE REND.)	$= 6.00$	Horas			
	$Co = \frac{So}{H}$	$= \frac{151.54}{6.00}$	$= 25.26$				
			SUMA DE OPERACION POR HORA		\$ 25.26	100%	25.26

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)**

\$ 69.17 33.77

### DATOS GENERALES

MÁQUINA EQ00073A TRACTOR KOMATSU D155-A2 BILLENZER	
V. Adquisición	\$ 2.762.487,50
Menos valor llantas	0,00
Valor inicial (Va)	2.762.487,50
Valor rescate (Vr)	276.248,75
Tasa de interés (i)	20,00%
Prma seguros (s)	2,00%

Modelo KOMATSU D155-A2	
HP	320,00
Factor de operación	0,90
Potencia de operación	288,00 HP
Vida Económica (Ve)	20000 Hrs
Horas por Año (HA)	2000 Hrs/año
Coefficiente de almacenaje (K)	0,0000
Factor de mantenimiento (G)	0,7500

### I.- CARGOS FIJOS

			H ACTIVA	H INACTIVA	
DEPRECIACIÓN	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{2.762.487,50 - 276.248,75}{20.000}$	124,31	15%	18,65
INVERSIÓN	$I = \frac{(Va + Vr) \times i}{2 \times Ha}$	$\frac{(2.762.487,50 + 276.248,75) \times 0,2000}{2 \times 2.000}$	151,94	100%	151,94
SEGUROS	$S = \frac{(Va + Vr) \times s}{2 \times Ha}$	$\frac{(2.762.487,50 + 276.248,75) \times 0,0200}{2 \times 2.000}$	15,19	100%	15,19
ALMACENAJE	$A = KD$	$0,0000 \times 124,31$	0,00	0%	0,00
MANTENIMIENTO	$T = GD$	$0,7500 \times 124,31$	93,23	0%	0,00
		SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 384,56		185,78

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE								
DIESEL	$E = Q \times 1514$	$293,00$	HP op	$1,85 / \text{hr}$	$80,57$	5%	4,03	
GASOLINA	$E = Q \times 2271$	$0,99$	HP op	$2,43 / \text{hr}$	$0,00$	5%	0,00	
OTRAS FUENTES DE ENERGIA					$0,00$			
LUBRICANTES DE MOTOR								
CAPACIDAD CARTEER	$C =$	$57,0$	litros					
CAMBIO DE ACEITE	$T =$	$100$	Horas					
	$C_a = \frac{C}{T} \times$	$0,0035$		$288,00$	HP	$1,5780$	litros	
LUBRICANTES MAQUINA	$L =$	$1,5780$				$12,23$	5%	0,81
TRANSMISION		$0,00$						
MANDOS FINALES		$0,00$				$0,00$	5%	0,00
LUBRICA		$0,00$						
	$N = \frac{Va - VALOR (LANTAS)}{Hv (VIDA ECONOMICA)}$	$0,00$				$0,00$	15%	0,00
						SUMA DE CONSUMOS POR HORA	\$ 92,90	4,84

### III.- OPERACIÓN

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	$So =$	$344,99$	MO000214 OPERADOR DE TRACTOR
HORAS POR TURNO	$H =$	$8 \times 0,75$ (FACTOR DE REND.)	$= 6,00$ Horas
			$344,99$
OPERACION	$Co =$	$0$	$= 57,49$
		$H =$	$6,00$
		SUMA DE OPERACION POR HORA	\$ 57,49
			100%
			57,49

### COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD)

\$ 535,07 247,92



## DATOS GENERALES

MAQUINA E000070A TRITURADORA PRIMARIA MOD 3042 PP-VGF	Modelo 3042 PP-VGF		
V Adquisición	\$ 3.599.183,96	Potencia de operación	0 00 HP
Menos valor Reservas	0 00	Factor de operación	0 00 HP
Valor inicial (Va)	3.599.183,96	Vida Económica (Ve)	2000 Hs
Valor Resaca (Vr)	359.918,40	Horas por Año (Ha)	2000 H/año
Tasa de interés (i)	20 00%	Coefficiente de amortización (K)	0 0000
Premia seguros (s)	2 00%	Factor de mantenimiento (F)	0 7500

## I.- CARGOS FIJOS

				H ACTIVA	H INACTIVA
DEPRECIACION	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{3.599.183,96}{20.000}$	$\frac{359.918,40}{20.000}$	161,96	24,29
INVERSION	$I = \frac{(Va + Vr) \cdot i}{2 \cdot Ha}$	$\frac{(3.599.183,96 + 359.918,40) \cdot 0,20}{2 \cdot 2.000}$		197,96	197,96
SEGUROS	$S = \frac{(Va + Vr) \cdot s}{2 \cdot Ha}$	$\frac{(3.599.183,96 + 359.918,40) \cdot 0,02}{2 \cdot 2.000}$		19,80	19,80
ALMACENAJE	$A = KD$	$0,0000 \cdot 161,96$		0,00	0,00
MANTENIMIENTO	$T = GD$	$0,7500 \cdot 161,96$		121,47	0,00
		<b>SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA</b>		<b>\$ 481,19</b>	<b>242,05</b>

## II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE					
DIESEL	$E = 0,1514$	$0,00$	$HP \cdot op$	$1,85 / R$	$0,00$
GASOLINA	$E = 0,2271$	$0,00$	$HP \cdot op$	$2,43 / R$	$0,00$
OTRAS FUENTES DE ENERGIA					$0,00$
LUBRICANTES DE MOTOR					
CAPACIDAD CARTER	$C =$	$40,0$	Litros		
CAMBIOS DE ACEITE	$T =$	$100$	Horas		
	$Ca = C / T$	$0,4000$	$R/hr$	$0,00$	$0,4000$
	$L =$	$7,75$	lit		$3,10$
LUBRICANTES MAQUINA					
TRANSMISION	$0,00$				
MANGOS FINALES	$0,00$				
GRASA	$0,00$				
	$N = \frac{Vr}{Hv}$ (VALOR LANTAS)	$0,00$			$0,00$
	$Hv$ (VIDA ECONOMICA)	$0$			$0,00$
		<b>SUMA DE CONSUMOS POR HORA</b>		<b>\$ 3,10</b>	<b>0,16</b>

## III.- OPERACION

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	$So =$	$271,05$	MOD00226 OPERADOR DE PLANTA TRITURADORA		
HORAS POR TURNO	$H =$	$6$	(FACTOR DE HEND) = 6,00 Horas		
		$So$	$271,05$		
OPERACION	$Co =$			$45,18$	
		$H$	$6,00$		
		<b>SUMA DE OPERACION POR HORA</b>		<b>\$ 45,18</b>	<b>100%</b>

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)**

**\$ 549,46**



### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ00089A TRACTOR AGRICOLA CON CAJA REMOLQUE	
V. Adquisicion	\$ 143.722.45
Menos valor llantas	3.545.00
Valor inicial (Vi)	140.177.45
Valor rescate (Vr)	10.00%
Tasa de interes (i)	20.00%
Premia seguros (s)	2.00%

Modelo	HP	84.00	Factor de operacion	0.00
Potencia de operacion				75.60 HP
Veloc. Economica	(Ve)	12.000		Hs
Horas por Año	(Hta)	2.000		Hr/año
Coefficiente de almacenaj	(K)	0.0000		
Factor de mantenimiento (Q)		0.7500		

### I.- CARGOS FIJOS

					H ACTIVA	H INACTIVA	
DEPRECIACION	D =	$\frac{V_i - V_r}{V_e}$	$\frac{140.177.45 - 10.017.75}{12.000}$	=	10.51	15%	1.58
INVERSION	I =	$\frac{(V_i + V_r) \times i + (V_i - V_r) \times (1 + i)^n}{2 \times H_a}$	$\frac{(140.177.45 \times 0.20 + (140.177.45 - 10.017.75) \times (1 + 0.20)^{20})}{2 \times 2.000}$	=	7.71	100%	7.71
SEGUROS	S =	$\frac{(V_i + V_r) \times s}{2 \times H_a}$	$\frac{(140.177.45 + 10.017.75) \times 0.0200}{2 \times 2.000}$	=	0.77	100%	0.77
ALMACENAJE	A =	KD	$0.0000 \times 10.51$	=	0.00	0%	0.00
MANTENIMIENTO	T =	GD	$0.7500 \times 10.51$	=	7.88	0%	0.00
			SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$	26.88		10.00

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE								
DIESEL	E =	0.1514	75.60	HP op	1.85 / hr	21.17	5%	1.06
GASOLINA	E =	0.2271	0.00	HP op	2.43 / hr	0.00	5%	0.00
OTRAS FUENTES DE ENERGIA						0.00		
LUBRICANTES DE MOTOR								
CAPACIDAD CARTER	C =		4.0	Litros				
CAMBIO DE ACEITE	T =		100	Horas				
	C =	C / T	0.0030		75.60 HP	0.2668		
	L =	C / H	7.75	lit		2.07	5%	0.10
LUBRICANTES MAQUINA								
TRANSMISION		0.00						
MANDOS FINALES		0.00						
GRASA		0.00				0.00	5%	0.00
N =		Vn (VALOR LLANTAS)	3.545.00			1.77	15%	0.27
		Hv (VIDA ECONOMICA)	2.000					
			SUMA DE CONSUMOS POR HORA	\$	25.02			1.43

### III.- OPERACION

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	Sa =	151.54	M0000213 OPERADOR DE TRACTOR AGRICOLA					
HORAS POR TURNO	H =	R =	0.75 (FACTOR DE REND.)	=	6.00	Horas		
OPERACION	C <sub>0</sub> =				25.26			
					6.00			
					S	25.26	100%	25.26

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)**

\$ 77.15 36.74

### DATOS GENERALES

MAQUINA EQ00137A RECICLADORA CAT PR-450	
V. Adquisición	\$ 3 892,112 06
Menos valor ventas	0 00
Valor inicial (Va)	3 892,112 06
Valor rescate (Vr)	389,211 21
Tasa de interés (i)	20.00%
Prima seguros (s)	2 00%

Motor	450 00	Factor de operación	0 75
HP			
Potencia de operación	337 50 HP		
Vida Económica (Ve)	14000 Hrs		
Horas por Año (Ha)	2000		
Coefficiente de almacenaje (K)	0 0000		
Factor de mantenimiento (Q)	0 7500		

### I.- CARGOS FIJOS

				H ACTIVA	H INACTIVA
DEPRECIACIÓN	$D = \frac{Va-Vr}{Ve}$	$= \frac{3 892,112 06 - 389 211 21}{14 000}$		250 21	15% 37 53
INVERSIÓN	$I = \frac{(Va+Vr) \times i}{2 Ha}$	$= \frac{(3 892,112 06 + 389 211 21) \times 0 2000}{2 \times 2 000}$		214 07	100% 214 07
SEGUROS	$S = \frac{(Va+Vr) \times s}{2 Ha}$	$= \frac{(3 892,112 06 + 389 211 21) \times 0 0200}{2 \times 2 000}$		21 41	100% 21 41
ALMACENAJE	$A = KD$	$= 0 0000 \times 250 21$		0 00	0% 0 00
MANTENIMIENTO	$T = QD$	$= 0 7500 \times 250 21$		187 66	0% 0 00
		SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$	673 34	273 00

### II.- CONSUMOS

COMBUSTIBLE										
DIESEL	$E = 0 1514$	$\times$	337 50	HP op	$\times$ 1 85 / H	$=$	94 53	5%	4 73	
GASOLINA	$E = 0 2271$	$\times$	0 00	HP op	$\times$ 2 43 / H	$=$	0 00	5%	0 00	
OTRAS FUENTES DE ENERGIA										
LUBRICANTES DE MOTOR										
CAPACIDAD CARTER	$C =$		40 0	Litros						
TIPO DE ACEITE	$T =$		100	Horas						
	$C_a \times C / T$	$\times$	0 0035		$\times$	337 50 HP	$\times$	1 5813 R/Hr	12 25	5% 0 61
LUBRICANTES MAQUINA	$L =$		1 5813	R/Hr						
TRANSMISION			0 00							
MANDOS FINALES			0 00						0 00	5% 0 00
GRASA			0 00							
	$Vn$ (VALOR LLANTASI)		0 00						0 00	15% 0 00
	$N = \frac{Vn}{Hv}$ (VIDA ECONOMICA)		0						0 00	15% 0 00
			SUMA DE CONSUMOS POR HORA			\$	106 79		5 34	

### III.- OPERACIÓN

SALARIO INTEGRADO POR TURNO	$So =$	497 62	MO000250 OPERADOR DE RECICLADORA CAT PR-450
HORAS POR TURNO	$H =$	6 $\times$ 0 90 (FACTOR DE REND)	$\times$ 7 20 Horas
	$So$	497 62	
OPERACION	$Co =$		69 11
	$H$	7 20	
	SUMA DE OPERACION POR HORA		\$ 69 11 100% 69 11

### COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)

\$ 849.23 347.46  
1.49

## **APENDICE B**

ANÁLISIS DE BÁSICOS

BÁNCO BAAGUADI  
BÁSICO DE AGUA

UNIDAD DE MEDIDA: M3

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	IMPORTE
I.- REGALÍAS	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
REGALÍAS DE AGUA	M3	1 00	1 000000	1 00	
COSTO:				1 00 /	
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	1 00

II.- BOMBA DE AGUA

TIEMPO DE LLENADO 10 MIN

(22 67 \* 10)

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
BOMBA PARA AGUA DE 3"	HR	22 67	10 000000	226 70	
COSTO:				226 70 /	
	RENDIMIENTO		480 000000	CARGO	0 47

III.- TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA PIPA

LLENADO 10 MIN (INACTIVA) = 0 17 H  
MANIOBRAS 3 MIN (ACTIVA) = 0 05 H  
DESCARGA 10 MIN (ACTIVA) = 0 17 H

(118 87 \* 0 22) + (42 59 \* 0 17)

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
PIPA PARA AGUA	HR	118 87	0 220000	26 15	
PIPA PARA AGUA (INACTIVA)	HR	42 59	0 170000	7 24	
COSTO:				33 39 /	
	RENDIMIENTO		11 000000	CARGO	3 04

IV.- ACARREO A L LUGAR DE UTILIZACIÓN

DISTANCIA PROMEDIO 10 KM

VELOCIDAD CARGADA 25 KM/HR

VELOCIDAD VACÍA 30 KM/HR

TIEMPO CARGADA = 10 KM/ 25 KM/HR = 0 40

TIEMPO VACÍA = 10 KM/ 30 KM/HR = 0 33

(118 87 \* 0 73)

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
PIPA PARA AGUA	HR	118 87	0 730000	86 78	
COSTO:				86 78 /	
	RENDIMIENTO		12 000000	CARGO	7 23
TOTAL:					11 74

COSTO DIRECTO

\$ 11 74

(\*ONCE PESOS 74/100 M N \*)

## ANALISIS DE BASICOS

## TÁSICO HAPLATAI

BÁSICO DE CARGO POR INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DE PLANTA DE ASFALTOS

UNIDAD DE MEDIDA: INST

UNIDAD COSTO UNITARIO

CANTIDAD

IMPORTE

## PARTES QUE CONSTA LA PLANTA DE ASFALTO

\*\*\*\*\*

1 TREN DE TOLVAS DE MATERIAS  
 1 TRANSPORTADOR CON BANDAS  
 1 HORNO SEGADOR  
 1 PLANTA MEZCLADORA  
 1 SISTEMA ANTICONTAMINANTE  
 1 CICLÓN O EXTRACTOR DE POLVO  
 6 TENQUES  
 1 LOTE DE REFACCIONES E IMPLEMENTOS  
 \*\*\*\*\*

## I.- INSTALACION

## A) MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA

SE REQUIEREN DE 25 TURNOS

10,000 JOR PEÓN = 250,000 JOR PEÓN  
 1,000 JOR CABO = 25,000 JOR CABO

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
PEÓN	JOR	59.15	250 000000	14 787.50
CABO	JOR	117.05	25 000000	2 926.25
HERRAMIENTA	%MO	17,713.75	0.030000	531.41
PORCENTAJE PARA MATERIALES	%MO	17,713.75	0.400000	7 085.50
COSTO:				25 230.66
	VOLUMEN		1 000000	CARGO

25 230.66

## B) EQUIPO AUXILIAR

TRACTOR KOMATSU D155-A2 BULLDOZER  
 CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA-380-1  
 GRUA 40 TON RT-740  
 PORCENTAJE PARA MATERIALES  
 COSTO:

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	HR	535.06	28 000000	14 981.68
	HR	132.29	28 500000	9 304.12
	HR	625.32	30 000000	18 759.60
	%EQ	43 045.40	0.400000	17 218.56
COSTO:				60 263.96
	VOLUMEN		1 000000	CARGO

60 263.96

## II - DESMANTELAMIENTO

## A) MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA

SE REQUIEREN DE 20 TURNOS

10,000 JOR PEÓN = 200,000 JOR PEÓN  
 1,000 JOR CABO = 20,000 JOR CABO

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
PEÓN	JOR	59.15	200 000000	11 832.00
CABO	JOR	117.05	20 000000	2 341.00
HERRAMIENTA	%MO	14 171.00	0.030000	425.13
COSTO:				14 598.13
	VOLUMEN		1 000000	CARGO

14 598.13

## B) EQUIPO AUXILIAR

CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA-380-1  
 COSTO:

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	HR	332.29	33 000000	10 965.57
COSTO:				10 965.57
	VOLUMEN		1 000000	CARGO

10 965.57

## COSTO DIRECTO

111,155.92

(\* CIENTO ONCE MIL CIENTO CINCUENTA Y CINCO PESOS 92/100 M N \*)

\$ 111,155.92

152

**ANALISIS DE BASICOS**

**BÁSICO BAPLATA2**

**BASICO DE CARGO POR INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DE PLANTA DE ASFALTOS**

UNIDAD DE MEDIDA: M3

UNIDAD COSTO UNITARIO

CANTIDAD

IMPORTE

**I- VOLUMEN POR ELABORAR**  
 =====

FACTOR DE ABUNDAMIENTO: 1.30

OPEN GRADED	4 810 00 M3
CARPETA ASFALTICA	20 725 00 M3
MEZCLA PARA BACHEO	496 00 M3
<b>TOTAL</b>	<b>26 071 00 M3</b>

26 071 00 \* 1.30 = 33 892 00 M3

=====

SE REQUIERE DE UNA INSTALACION  
 BASICO DE INST Y DESMAT PLANTA ASF  
 COSTO:

UNIDAD  
 INST

COSTO UNITARIO  
 111.155 92

CANTIDAD  
 1 000000

PARCIAL  
 111.155 92

111.155 92 /  
 CARGO

3.28

RENDIMIENTO 33892 000000

TOTAL:

3.28

COSTO DIRECTO

3.28

( TRES PESOS 28/100 M.N. )

**ANÁLISIS DE BASICOS**

**BÁSICO BATRIFI**

**BÁSICO DE CARGO POR INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DE PLANTA TRITURADORA**

UNIDAD DE MEDIDA: INST

UNIDAD COSTO UNITARIO CANTIDAD IMPORTE

**PARTES DE QUE CONSTA LA PLANTA**

\*\*\*\*\*

- 1 TRITURADORA PRIMARIA
- 1 TRITURADORA SECUNDARIA
- 1 GRUPO ELECTROGENO
- 3 TRANSPORTADORES
- 1 LOTE DE REFACCIONES E IMPLEMENTOS

**I.- INSTALACION**

**A) MANO DE OBRA**

SE REQUIEREN DE 20 TURNOS

10.000 JOR PEON = 200.000 JOR CABO					
1.000 JOR CABO = 20.000 JOR CABO					
PEON	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
CABO	JOR	59 15	200 000000	11 830 00	
PORCENTAJE PARA MATERIALES	%MO	14 171 00	0 400000	2 341 00	
HERRAMIENTA	%MO	14 171 00	0 030000	5 666 40	
COSTO:				20 264 53 /	20,264 53
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	
<b>B) EQUIPO AUXILIAR</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
TRACTOR KOMATSU D155A2 BULLDOZER	HR	535 04	38 000000	20 332 28	
CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA 350 1	HR	332 29	38 000000	12 627 02	
PORCENTAJE PARA MATERIALES	%MO	32 959 30	0 400000	13 183 72	
COSTO:				46 143 02 /	46,143 02
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	46,143 02

**II.- DESMANTELAMIENTO**

**A) MANO DE OBRA**

SE REQUIEREN DE 15 TURNOS

10.000 JOR PEON = 150.000 JOR PEON					
1.000 JOR CABO = 15.000 JOR CABO					
PEON	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
CABO	JOR	59 15	150 000000	8 872 50	
HERRAMIENTA	%MO	10,628 25	0 030000	1 755 75	
COSTO:				318 85	
	VOLUMEN		1 000000	10 947 10 /	10,947 10
	CARGO				
<b>B) EQUIPO AUXILIAR</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA 350 1	HR	332 29	34 000000	11 962 44	
COSTO:				11 962 44 /	11,962 44
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	11,962 44
<b>TOTAL:</b>					<b>89,317 09</b>

COSTO DIRECTO

**5 89,317 09**

( OCHENTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS DIECISIETE PESOS 09/100 M N \* )

ANÁLISIS DE BÁSICOS

BÁNICO BATRITU2

BÁSICO DE CARGO POR INSTALACIÓN Y DESMANTELAMIENTO DE PLANTA TRITURADORA

UNIDAD DE MEDIDA: M3

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
<b>I.- VOLUMEN POR TRITURAR</b>				
*****				
FACTOR DE ABUNDAMIENTO		1.30		
CARPETA ASFALTICA		20.765 00 M3		
MEZCLA PARA BACHEO		4.96 00 M3		
TOTAL		21.261 00 M3		
		$21.261.00 \times 1.30 = 27.639.00 \text{ M3}$		
*****				

SE REQUIERE UNA INSTALACIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
BÁSICO DE INST Y DESMANT PLANTA TRIT	INST	89.317.09	1.000000	89.317.09	
COSTO				89.317.09 /	
	RENDIMIENTO		27639.000000	CARGO	3.23
	TOTAL:				3.23

COSTO DIRECTO

\$ 3.23

(\*TRES PESOS 23/100 M N \*)

# **APENDICE C**

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: 10-0001 UNIDAD DE MEDIDA: M3

RECOMPOSICIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE EN UN ESPESOR DE VEINTICINCO (25) CENTÍMETROS INCORPORANDO SEIS POR CIENTO (6%) EN PESO DE CEMENTO PORTLAND (DISPONIBILIDAD HOMOGENIZADA) Y COMPACTADO AL CILINDRO CILINDRO (100%) DE SU PUNTO REALIZANDO ESTOS TRABAJOS EN UNA SOLA OPERACIÓN MEDIANTE EL EMPLEO DE EQUIPO ESPECIAL PROPICHO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE	
<b>I.- RECICLADO</b>					
A) CORTE DISCREGADO, MEZCLADO Y TENDIDO RECLAMADORA ESTABILIZADORA 500 PIPA PARA AGUA	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
	MH	695.24	1.000000	695.24	
	MH	118.87	1.000000	118.87	
COSTO:	RENDIMIENTO		05.000000	CARGO	12.52
<b>B) MATERIALES DE CONSUMO DE LA RECLAMADORA 85.000</b>					
ACCESORIOS DE CONSUMO 85.000	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
	M3	1.12992	0.250000	294.92	
COSTO:	RENDIMIENTO		0.500000	CARGO	4.54
<b>C) CARGO DE SOBRE CORTE POR TRASLAPE DE FRANJA 12.20 M</b>					
			17.06	0.300000	5.12
<b>D) MANO DE OBRA AUXILIAR EN RECLAMADO</b>					
AYUDANTE GENERAL	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
	JOR	69.53	4.000000	296.12	
CABO	JOR	117.05	0.330000	38.63	
HERRAMIENTA	% M.O	304.75	0.030000	9.14	
COSTO:	RENDIMIENTO		210.000000	CARGO	1.49
<b>II.- MANO DE OBRA AUXILIAR EN JUNTAS Y RECORTES</b>					
AYUDANTE GENERAL	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
	JOR	69.53	10.000000	695.30	
CABO	JOR	117.05	0.330000	38.63	
HERRAMIENTA	% M.O	703.91	0.030000	21.12	
COSTO:	RENDIMIENTO		190.000000	CARGO	3.82
<b>III.- COMPACTACIÓN 100% BASE ESTABILIZADA</b>					
COMPACTADOR VIBRATORIO (TAREM 60.4)	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
	MH	185.33	1.000000	185.33	
COSTO:	RENDIMIENTO		0.500000	CARGO	2.85
<b>IV.- AGUA PARA MEZCLA</b>					
BÁSICO DE AGUA	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
	M3	11.74	1.000000	11.74	
COSTO:	VOLUMEN		0.120000	CARGO	1.41
<b>V.- AFINE DE LA BASE ESTABILIZADA</b>					
MOTOCORCHONERA KOMATSU CD511A	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
	MH	286.13	1.000000	286.13	
COSTO:	RENDIMIENTO		40.000000	CARGO	3.58
<b>VI.- AGUA PARA MANTENER HUMEDA LA SUPERFICIE TERMINADA</b>					
7.40 x 10.000 x 1.5 LT = 2 x 222.050 LT					
222.050 LT = 222.00 M3					
BÁSICO DE AGUA	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
	M3	11.74	222.000000	2.606.28	
COSTO:	RENDIMIENTO		14500.000000	CARGO	0.14

COSTO DIRECTO  
 INDIRECTOS

FINANCIAMIENTO

UTILIDAD

2.00% DE S.A.R. SOBRE SALARIOS INTEGRADOS  
 5.00% DE INFONAVIT SOBRE SALARIOS INTEGRADOS  
 8.55% CARGO POR INSPECCIÓN (SECOGAM)  
 PRECIO UNITARIO

M3

TOTAL:

	<u>38.47</u>
	35.47
\$	7.03
\$	42.50
\$	1.20
\$	43.70
\$	3.50
\$	47.20
	0.18
	0.44
	0.24
\$	<u>48.06</u>

(\*CUARENTA Y OCHO PESOS 06/100 M.N.\*)



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: 10-0003-07 UNIDAD DE MEDIDA: LT

RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA DE BOMBIMIENTO RÁPIDO INCLUYE ACABADO Y LIMPIEZA CON CHIFLON DE AIRE, PRECIO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE	
<b>I. ADQUISICIÓN</b>					
EMULSIÓN ASF. BDMH* RÁPIDO HR JK	LT	0.82	1 000000	0.82	
ALMACENAMIENTO	%MA	0.82	0 050000	0.04	
COSTO:				0.86	0.86
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	
<b>II. FLETE DE EMULSIÓN</b>					
FLETE DE EMULSIÓN	LT	0.13	1 000000	0.13	
COSTO:				0.13	0.13
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	
<b>III. LIMPIEZA DEL TRAMO</b>					
<b>AI EQUIPO</b>					
TRACTOR AGRÍCOLA M.F. 392 S	HR	69.18	1 000000	69.18	
BARRIDORA DE JALÓN MD MODELO RTM	HR	27.38	1 000000	27.38	
COMPRESOR 263 P.C.M. XA-125	HR	82.29	1 000000	82.29	
COSTO:				178.85	178.85
	RENDIMIENTO		1700 000000	CARGO	0.11
<b>BI MANO DE OBRA</b>					
AYUDANTE GENERAL	JOR	64.53	2 000000	133.06	
CABO	JOR	117.04	0 300000	35.12	
HERRAMIENTA	%MO	168.18	0 030000	5.05	
COSTO:				173.23	173.23
	RENDIMIENTO		1700 000000	CARGO	0.10
<b>IV. APLICACIÓN</b>					
MEZCLADORA MOD 15AU DR	HR	124.62	1 000000	124.62	
COSTO:				124.62	124.62
	RENDIMIENTO		1700 000000	CARGO	0.07
<b>V.- MERMAS Y DESPERDICIOS 3% DE LOS INCISOS I AL IV</b>					
			1.27	0.030000	0.04
				TOTAL:	1.31
					1.31
					0.28
					1.57
					0.04
					1.61
					0.13
					1.74
					0.00
					0.01
					0.01
					1.76

(\*UN PESO 76/100 M.H.\*)

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: 10-0004

UNIDAD DE MEDIDA, M3

CARPETA ASFALTICA EMPLEANDO MATERIAL PÉTRICO DE TAMAÑO MÁXIMO DE (DE GRUPO VI) 100 MILÍMETROS, Y CEMENTO ASFALTICO No 6 ESPESOR VARIABLE COMPACTO AL MOMENTO Y CARGO POR CIERRE (PUN) DE 50 PESO VOLUMETRICO, MÁXIMO MATERIAL, REFUYE TENDIDO, COMPACTACIÓN Y ACABRE. PRECIO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
<b>I - REGALIAS</b>				
REGALIAS DEL BANCO DE TRITURACIÓN	M3	7.00	1.00000	7.00
COSTO:	VOLUMEN	1.00000	CARGO	7.00 #
<b>II - DESPALME</b>				
RELACION DESPALME/ALTURA UTIL 0.10	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
TRACTOR KOMATSU D155 A2 BULLDOZER II	HRE	535.74	0.10000	53.57
COSTO:	RENDIMIENTO	1.10.00000	CARGO	53.57 #
<b>III - EXTRACCIÓN Y REMOCIÓN</b>				
TRACTOR KOMATSU D155 A2 BULLDOZER II	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
COSTO:	HRE	535.74	1.00000	535.00
	RENDIMIENTO	7.0.00000	CARGO	535.00 #
<b>IV - CARGA A CAMION VOLTEO</b>				
TRACTOR KOMATSU D155 A2	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
COSTO:	HRE	351.39	1.00000	351.39
	RENDIMIENTO	7.0.00000	CARGO	351.39 #
<b>V - ACABRE A TRITURADORA 1 KILOMETRO</b>				
ACABRE TAP FM 5-PAV	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
COSTO:	M3	2.53	1.00000	2.53
	VOLUMEN	1.00000	CARGO	2.53 #
<b>VI - TRITURACIÓN A 3/4"</b>				
TRITURADORA PRIMARIA MOD 342 P-750	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
TRITURADORA SECUNDARIA CIGRO ELE CTROGENO	HRE	549.47	1.00000	549.47
COSTO:	HRE	754.51	1.00000	754.51
	RENDIMIENTO	06.00000	CARGO	1.303.96 #
<b>VII - ELABORACIÓN DE LA MEZCLA</b>				
PLANTA DE ASIALTO	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA 350 I	HRE	1.031.65	1.00000	1.031.65
COSTO:	HRE	332.29	1.00000	332.29
	RENDIMIENTO	55.00000	CARGO	1.363.94 #
<b>VIII - MEHMAS Y DESPERDICIOS 3% DE LOS INCISOS I AL VII</b>				
			62.19	0.03000
<b>IX - CARGO POR INSTALACIÓN Y DESMANTE- LAMIENTO DE PLANTA TRITURADORA</b>				
BASIDOCARGO POR INST DE PLANTA TRITURADORA	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
COSTO:	M3	3.23	1.00000	3.23
	VOLUMEN	1.00000	CARGO	3.23 #
<b>X - CARGO POR INSTALACIÓN Y DESMANTE- LAMIENTO DE PLANTA DE ASIALTO</b>				
BASIDOCARGO POR INST DE PLANTA ASIALTO	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
COSTO:	M3	3.28	1.00000	3.28
	VOLUMEN	1.00000	CARGO	3.28 #

XI - ACARREO PROMEDIO A 40 KM	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
ACARREO KM "M" SPAV	M3	2.53	1 000000	2 53	
ACARREO KM SUBCIC <i>Grind</i>	M3 KM	1.12	19 000000	21.28	
ACARREO DEL KM 21 EN ADLANTE SPAV	M3 KM	1.09	20 000000	21.20	
COSTO:				43.01	
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	45.01

XII.- TENDIDO Y COMPACTADO

A) EQUIPO	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
PAYMENTADORA EXTE. NR. (UNDA AD. ALTO) H 172	HHR	341.95	1 000000	341.95	
COMPACTADOR VIBRATORIO TANDEM CC 43	HHR	185.33	1 000000	185.33	
COMPACTADOR PNEUMÁTICO CP 30	HHR	187.15	1 000000	187.15	
COSTO:				714.43	
	RENDIMIENTO		45 000000	CARGO	16.77

BI MANO DE OBRA	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
AYUDANTE GENERAL	JDH	66.53	8 000000	532.24	
OFICIAL TORNERILERO	JCH	96.11	1 000000	96.11	
CAIDO	JCH	117.05	1 000000	117.05	
HERRAMIENTA	% M O	745.40	0.030000	22.36	
COSTO:				787.76	
	RENDIMIENTO		250 000000	CARGO	3.07

C) AGUA PARA COMPACTACIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
USICO DE AGUA	M3	11.74	1 000000	11.74	
COSTO:				11.74	
	VOLUMEN		0 060000	CARGO	0.70

XIII.- REDUCCIÓN POR COMPACTACIÓN 30% DE LOS INCISOS I AL XII

XIV.- LIMPIEZA Y RECORTES	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
PEÓN	JCH	59.15	4 000000	236.60	
CARGO	JCH	117.05	0.250000	29.26	
HERRAMIENTA	% M O	245.85	0.030000	7.98	
COSTO:				273.84	
	RENDIMIENTO		250 000000	CARGO	1.10

XV.- PEAJE

(18.00 x 2) x 0.50	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
7	CASÍ	15.00	1 000000	15.00	
COSTO:				15.00	
	RENDIMIENTO		7 000000	CARGO	2.57

TOTAL: 180.57

COSTO DIRECTO					
INDIRECTOS			19.8100 %	\$	35.77
FINANCIAMIENTO			2.8200 %	\$	218.34
UTILIDAD			8.10 %	\$	8.10
			2.2200 %	\$	222.44
			17.84 %	\$	17.84
			240.28 %	\$	240.28
			0.30 %	\$	0.30
			0.75 %	\$	0.75
			1.20 %	\$	1.20
				\$	243.53

( \* DOSCIENTOS CUARENTA Y DOS PESOS 53/100 M N \* )

CONCEPTO: EG-0005

UNIDAD DE MEDIDA: KG.

ANÁLISIS No 5  
PÁGINA No 1

CEMENTO ASFALTICO No 8 PARA CARPETA ASFALTICA, INCLUYE ACARREO, PRECIO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA

UNIDAD DE MEDIDA: KG

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE	
<b>I. ADQUISICION DE CEMENTO</b>					
CEMENTO ASFALTICO No 8	KG	0 78	1 000000	0 78	
ALMACENAMIENTO	%MA	0 76	0 020000	0 02	
CALENTAMIENTO	%MA	0 78	0 050000	0 04	
COSTO:				0 82	
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	0 82
<b>II. FLETE DE CEMENTO</b>					
FLETE DE CEMENTO No 8	KG	0 13	1 000000	0 13	
ALMACENAMIENTO	%MA	0 13	0 020000	0 00	
CALENTAMIENTO	%MA	0 13	0 050000	0 01	
COSTO:				0 14	
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	0 14
<b>III. MERMAS Y DESPERDICIOS 5% DEL INCISO I AL II</b>					
			0 96	0 050000	0 05
				<b>TOTAL:</b>	<b>1 01</b>
COSTO DIRECTO				1 01	
INDIRECTOS			19 8100 %	\$ 0 20	
FINANCIAMIENTO			2 8200 %	\$ 0 21	
UTILIDAD			8 0200 %	\$ 0 03	
2 00% DE S A R SOBRE SALARIOS INTEGRADOS				\$ 1 24	
3 00% DE INFONAVIT SOBRE SALARIOS INTEGRADOS				\$ 0 10	
0 50% CARGO POR INSPECCION (SECODAM)				\$ 1 34	
PRECIO UNITARIO	KG			\$ 0 00	
				\$ 0 00	
				\$ 0 01	
				\$ 1 35	

(\*UN PESO 35/100 M N \*)

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

## CONCEPTO: 10.0006

CARPETA ASFÁLTICA DELGADA DE GRADUACIÓN ABIERTA (OPEN GRADE) DE DOS (2) CENTÍMETROS DE ESPESOR, CONSTRUIDA CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EMPLEANDO MATERIAL PÉTRICO EN NUEVE (9) PUNTO CINCO (9.5) MILÍMETROS DE TAMAÑO MÁXIMO Y CEMENTO ASFÁLTICO NO. 8 COMPACTADA AL NOVENTA Y CINCO (95%) DE SU PESO VOLUMÉTRICO MÁXIMO MARSHALL. PRECIO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
<b>I. MATERIALES</b>				
<b>A) ADQUISICIÓN MATERIAL DE 3/8" COSTO:</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	M3	43.60	1.000000	43.60
	VOLUMEN		1.000000	CARGO
				43.60
<b>B) ACARREO A PLANTA DE ASFALTO FLETE DE MATERIAL DE 3/8" COSTO:</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	M3	41.60	1.000000	41.60
	VOLUMEN		1.000000	CARGO
				41.60
<b>B. ELABORACIÓN DE LA MEZCLA PLANTA DE ASFALTO CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA 380-1 COSTO:</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	HR	1.031.65	1.000000	1.031.65
	HR	332.29	1.000000	332.29
	RENDIMIENTO		5.000000	1.363.94
				27.28
<b>III. MERCEDES Y DESPERDICIOS 3% DE LOS INCISOS I Y B</b>			112.48	0.030000
				3.37
<b>IV. CARGO POR INSTALACIÓN Y DESMANTE- LAMIENTO DE PLANTA DE ASFALTO BÁSICO CARGO POR INST. DE PLANTA ASF. COSTO:</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	M3	3.28	1.000000	3.28
	VOLUMEN		1.000000	CARGO
				3.28
<b>V. ACARREO PROMEDIO A 40 KM ACARREO 1M KM SPAV. ACARREO KM SUJEC- TIVO SPAV. ACARREO DEL KM 21 EN ADELANTE SPAV. COSTO:</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	M3	2.53	1.000000	2.53
	M3 KM	1.12	1.000000	21.28
	M3 KM	1.09	70.000000	21.20
	VOLUMEN		1.000000	CARGO
				45.01
<b>VI. TENDIDO Y COMPACTADO</b>				
<b>A) EQUIPO PAVIMENTADORA EXTENSIÓN ASFALTO 11-172 COMPACTADOR VIBRATORIO TANDEM CC-43 COMPACTADOR NEUMÁTICO CP-30 COSTO:</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	HR	341.95	1.000000	341.95
	HR	155.33	1.000000	165.33
	HR	187.15	1.000000	187.15
	RENDIMIENTO		34.000000	754.43
				22.19
<b>B) PERSONAL AYUDANTE GENERAL CABO TORNERILERO CADO HERRAMIENTA COSTO:</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	JOR	40.53	0.000000	399.78
	JOR	46.19	1.000000	96.11
	JOR	117.05	1.000000	117.05
	% M.O	6.12.34	0.030000	18.37
	RENDIMIENTO		155.000000	630.77
				4.07
<b>C) AGUA PARA COMPACTACIÓN BÁSICO DE AGUA COSTO:</b>	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
	M3	11.74	1.000000	11.74
	VOLUMEN		0.100000	CARGO
				1.17

II.- REDUCCIÓN POR COMPACTACIÓN 30%  
DE LOS INCISOS I AL VI

191.57 0.300000

57.47

III.- LIMPIEZA Y RECORTE

UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
MANO DE OBRA			
EOR	JOR	59.15	4.000000
ABO	JOR	117.05	0.250000
ERRAMIENTA	% M O	265.86	0.030000
COSTO:			273.86 /
RENDIMIENTO		155.000000	CARGO

1.77

IV.- PEAJE

(18.00 x 2)  
= 0.50

UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL
7			
ASEYA DE COBRO	CAS	18.00	1.000000
COSTO:			18.00 /
RENDIMIENTO		7.000000	CARGO

2.57

TOTAL:

0.00

COSTO DIRECTO

0.00

INDIRECTOS

19.8100 %

FINANCIAMIENTO

2.8200 %

UTILIDAD

8.0200 %

2.00% DE S.A.R. SOBRE SALARIOS INTEGRADOS  
5.00% DE INFONAVIT SOBRE SALARIOS INTEGRADOS  
0.50% CARGO POR INSPECCIÓN (SECODAM)  
PRECIO UNITARIO

0.00  
0.28  
0.70  
0.00  
0.98

M3

(TRESCIENTOS TREINTA Y NUEVE PESOS. 83/100 M N °)

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO : 18-0068 UNIDAD DE MEDIDA: KG  
 CEMENTO ASFALTICO No 6 PARA CARRETA ASFALTICA (ETIQUETA 100 N CHAPETON) INCLUYE ACARRIO PRECIO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE	
<b>I. ADQUISICION DE CEMENTO</b>					
CEMENTO ASFALTICO No 6	KG	0 78	1 000000	0 78	
ALMACENAMIENTO	%MA	0 78	0 050000	0 02	
CALENTAMIENTO	%MA	0 78	0 050000	0 04	
COSTO:				0 82 /	
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	0 82
<b>II. FLETE DE CEMENTO</b>					
FLETE DE CEMENTO No 6	KG	0 18	1 000000	0 18	
ALMACENAMIENTO	%MA	0 18	0 020000	0 00	
CALENTAMIENTO	%MA	0 18	0 050000	0 01	
COSTO:				0 19 /	
	VOLUMEN		1 000000	CARGO	0 19
<b>III. BERMAS Y DESPERDICIOS 3% DE LOS INCISOS I Y II</b>					
			1 01	0 030000	0 03
<b>TOTAL:</b>				<u>1 04</u>	
COSTO DIRECTO INDIRECTOS				1 04	
			19 8100 %	\$ 1 25	
FINANCIAMIENTO			2 8200 %	\$ 0 04	
UTILIDAD			8 0200 %	\$ 1 26	
2 00% DE S A R SOBRE SALARIOS INTEGRADOS				\$ 0 00	
5 00% DE INFONAVIT SOBRE SALARIOS INTEGRADOS				\$ 0 00	
0 30% CARGO POR INSPECCION (SECODAM)				\$ 0 01	
PRECIO UNITARIO	KG			<u>\$ 1 40</u>	

( \*UN PESO 40/100 M N \* )

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: 18-0009 UNIDAD DE MEDIDA: KG  
ADITIVO PARA CEMENTO ASFÁLTICO No. 6 TIPO SBS. SOLVENTE 411 DE NEGROMEX O SIMILAR DOSIFICADO EN UN TRES POR CIENTO (3%)  
CON RELACIÓN AL PESO DEL CEMENTO ASFÁLTICO PARA EMPLEARSE EN LA CARPETA ASFÁLTICA PRECIO POR UNIDAD DE OBRA  
TERMINADA

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
I. COSTO POR KG. DE S.B.S. AL 3% YA INCORPORADO				
( 12.088.430 00 = 0 78 )				
62,654 00			25 33	1 000000
				25 33
II. RECIRCULACIÓN POR BOMBEO 3% DEL INCISO I			25 33	0 030000
				0 78
III. MERMAS Y DESPERDICIOS 3% DE LOS INCISOS I AL II			26 09	0 03
				0 78
			TOTAL:	26 87
COSTO DIRECTO				26 87
INDIRECTOS			19 8100 %	\$ 5 32
FINANCIAMIENTO			2 8200 %	\$ 37 19
UTILIDAD			8 0200 %	\$ 0 91
2 00% DE S A R SOBRE SALARIOS INTEGRADOS				\$ 33 10
5 00% DE INFONAVIT SOBRE SALARIOS INTEGRADOS				\$ 2 85
0 50% CARGO POR INSPECCIÓN (SECCOAM)				\$ 35 75
PRECIO UNITARIO	KG			0 00
				0 00
				0 18
				\$ 35 93

( TREINTA Y CINCO PESOS 93/100 M.N. )

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: 10-0010 UNIDAD DE MEDIDA: KG  
 HULE MOLIDO PARA CEMENTO ASFÁLTICO No. 6 DOSIFICADO A UN DIECISIETE POR CIENTO (17%) CON RELACIÓN AL PESO DEL CEMENTO  
 ASFÁLTICO PARA EMPLEARSE EN LA CARPETA ASFÁLTICA DELGADA (OPT. NEGATIVA) PUNTO CIG POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.

	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE	
<b>I.- COSTO POR KILO DE HULE MOLIDO AL 17% YA INCORPORADO</b>					
(399.800 00 x 1.05)					
		87.932 00			
HULE MOLIDO AL 17%	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	PARCIAL	
COSTO:	KG	1.05	104900 000000	431.568 00	
	VOLUMEN		67932 000000	431.568 00 / CARGO	6.35
<b>II.- MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA 3% DEL INCISO I</b>					
			6.35	0.030000	0.19
<b>III.- RECIRCULACIÓN POR BOMBEO 3% DEL INCISO I</b>					
			6.35	0.03	0.19
<b>IV.- MERMAS Y DESPERDICIOS 3% DE LOS INCISOS I AL III</b>					
			6.73	0.03	0.20
				<b>TOTAL:</b>	<b>6.93</b>
COSTO DIRECTO					6.93
INDIRECTOS			19.8100 %		1.37
FINANCIAMIENTO			2.8200 %		0.30
UTILIDAD			8.0200 %		0.23
2.00% DE S.A.R. SOBRE SALARIOS INTEGRADOS					0.68
5.00% DE INFONAVIT SOBRE SALARIOS INTEGRADOS					0.21
0.50% CARGO POR INSPECCIÓN (SECODAM)					0.00
PRECIO UNITARIO	KG				0.05
					3.26

(\*NUEVE PESOS 26/100 M N \*)

## **APENDICE D**

COMPARATIVO DE PERFILADORA		CMI PRT-525	CMI PR-500C	CMI PR650	CMI PR800-7	CMI PR800	CMI PR1050	CMI PR1200
MOTOR	MARCA	CAT	CAT	CAT	CAT	CAT	CAT	CUMMINS
	MODELO	3408 DITA	3408 DITA	3412 DITT	3412 DITA	3412 DHA	3412 DHA 3116 TA	KTA 38
	POTENCIA HP.	525	525	650	800	800	800 230	1200
	ANCHO DEL CORTADOR STD. in.	75	86	86	86	150	150	150
	DIAMETRO DEL CORTADOR STD. in.	40	44	44	44	44	44	54
	PROFUNDIDAD DE CORTE MAX. in.	12	12	12	12	12	12	15
	ANCHO DE CORTE ESTANDAR in.	75	86	86	86	120/150	120/150	120/150
	ACCIONAMIENTO DEL CORTADOR	V8	V8	V12	V12	V12	V16	
	NUMERO DE DIENTES	140	166	166	166	263	263	271
	No. DE TRACKS	3 LLANTAS	3	3	3	3	3	3
	MODOS DE DIRECCION	4	4	4	4	4	4	4
	TIPO DE SENSORES	HIDRAUL.	HIDRAUL.	HIDRAUL.	HIDRAUL.	HIDRAUL.	HIDRAUL.	HIDRAUL.
	PESO kg.	26,422	36,969	37,671	37,671		53,752	72,711

COMPARATIVO DE RECUPERADORAS		CMI RS 425	CMI RS 500B	CMI RS 650B	
MOTOR	MODELO	CAI 3406B D11A	CAI 3408 D11A	CAI 3412 D11E	
	HP	425	525	650	
	CILINDROS	6	8	12	
CORTADOR	DIAMETRO (cm)	127 (50")	127 (50")	127 (50")	
	ANCHO (cm)	244 (8")	244 (8")	244 (8")	
	VELOCIDADES (RPM)	1a	110	85	101
		2a	151	150	150
		3a	209	170	160
		4a	-----	205	198
PROFUNDIDAD DE CORTE STD.	MAX (mm)	406 (16")	406 (16")	406 (16")	
ANCHO DE CORTE STD.	MAX (mm)	2438 (96")	2438 (96")	2438 (96")	
PUNTAS DE CORTE	No	232	218	218	
DIRECCION		4 RUTAS	4 RUTAS	4 RUTAS	
TRANSMISION		4 RUTAS	4 RUTAS	4 RUTAS	
OPERACION BIDIRECCIONAL		OPCIONAL	ESTANDAR	ESTANDAR	
RADIO DE GIRO	(m)	5.79	4.42	4.42	
PESO	(KG)	23,086	27,216	29,484	

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## **BIBLIOGRAFIA:**

- **PROCESO CONSTRUCTIVO DE CAMINOS RURALES.**  
TESIS PROFESIONAL DE BALTAZAR CONTRERAS SOLANO  
Y PAULINO FRANCO FRANCO  
FACULTAD DE INGENIERIA C.U. 1990.
- **MANUAL PARA CALIFICAR LAS CONDICIONES DE  
SERVICIO EN CAMINOS DE CUOTA.**  
DE CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y  
SERVICIOS CONEXOS  
CUERNAVACA MOR 1991
- **NORMAS PARA CALIFICAR EL ESTADO FISICO  
DE UN CAMINO.**  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
- **NORMAS PARA CONSTRUCCION E INSTALACIONES PARA  
CARRETERAS Y AEROPISTAS.**  
DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
- TERRACERIAS 3.01.01
- ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE 3.01.02
- PAVIMENTOS 3.01.03
- **MANUAL DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE TRANSITO  
EN CALLES Y CARRETERAS.**  
DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
- **XI REUNION NACIONAL DE LA ASOCIACION MEXICANA  
DE INGENIERIA DE VIAS TERRESTRES.**  
" INNOVACIONES TECNOLOGICAS EN VIAS TERRESTRES ".  
MORELIA, MICH. JULIO DE 1994.
- **XII REUNION NACIONAL DE LA ASOCIACION MEXICANA  
DE INGENIERIA DE VIAS TERRESTRES.**  
" TECNOLOGIA Y DESARROLLO ".  
SAN LUIS POTOSI S. L. P. AGOSTO DE 1996.

- LAS CARRETERAS DE MEXICO. (1981-1991).  
BERNARDO GARCIA MARTINEZ.  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.  
MEXICO. 1992
- MANUAL DE RECUPERACION DE CAMINOS.  
MEXTRAC - CATERPILLAR.
- SEMINARIO DE "TECNOLOGIAS PARA LA RECUPERACION  
DE CAMINOS".  
IMPARTIDO POR LA CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE  
LA CONSTRUCCION.  
MEXICO D.F. 1995
- GUIA PARA EL PERFILADO DE PAVIMENTOS.  
CONSTRUMAC. S.A.  
CMI CORPORATION.  
OKLAHOMA CITY. U.S.A.
- GUIA DE ESPECIFICACIONES PARA LA RECUPERACION  
DE PROFUNDIDAD TOTAL.  
CONSTRUMAC. S.A.  
CMI CORPORATION.  
OKLAHOMA CITY. U.S.A.
- GUIA PARA EL RECICLADO EN FRIO EN SITIO.  
CONSTRUMAC. S.A.  
CMI CORPORATION.  
OKLAHOMA CITY. U.S.A.
- CATALOGO Y GUIA DE EQUIPO Y MAQUINARIA IGSA-BITELLI  
ESTABILIZADORAS, RECICLADORAS Y PERFILADORAS EN FRIO.  
40061 MINERBIO (Bologna) - ITALIA.
- CURSO DE ASFALTOS PARA PAVIMENTOS.  
"LA EXPERIENCIA AMERICANA" (ASPHALT INSTITUTE).  
IMPARTIDO POR LA ASOCIACION MEXICANA DE  
INGENIERIA DE VIAS TERRESTRES.  
MEXICO.D.F. FEBRERO DE 1984.

- "PROCESO GENERAL DE PRODUCCION, ALMACENAMIENTO,  
TRANSPORTE Y APLICACION DE ASFALTOS MODIFICADOS."  
PRIDARSA (PROMOTORA E INDUSTRIALIZADORA DE ASFALTOS Y  
REBAJADOS, S.A. DE C.V.  
CAMINO AL CARRIZALITO KM. 12 IRAPUATO GTO.

- NORMAS PARA EL PROCESAMIENTO DEL ASFALTO AHULADO.  
EDITADAS POR LA EMPRESA  
"LLANTAS Y SERVICIOS DE MEXICO"  
MANUEL M. FLORES N° 35-B. COL. SANTIAGO  
ZAPOTTLAN, MEXICO, D.F.